

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-01**

Agosto | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 10/07/2018 no período de 08h00min as 10h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

FONTE – Estação de tratamento de água

BAIRRO: Fonte Luminosa

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional enterrada, com área de 777,85 m² e altura de 4 metros, cobertura em laje de concreto armado, composto por uma câmara de 2.000.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado crítico de conservação.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

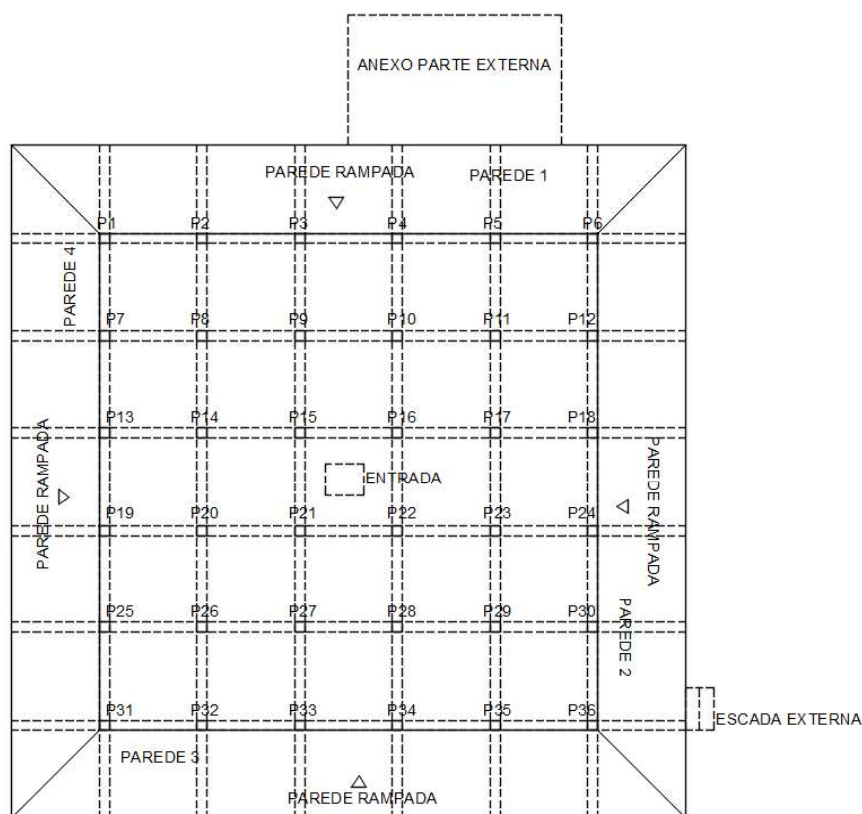
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede do reservatório, com medições de velocidade de pulso de 1.195 m/s conferindo péssima qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes e pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade para as paredes (< 20MPa) e dentro dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual para os pilares (40 MPa):

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos		
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-01				Data:	10/07/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
PILAR INTERNO	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6	
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8	
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6	
	>1800	90º	48	39	0,2	0,99	39,0	39,0	
	>1800	90º	46	38	0,2	0,99	37,3		
	>1800	90º	58	48	0,2	0,99	47,1	47,1	
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5	
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6	
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5	
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8	
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5	
	>1800	90º	58	48	0,2	0,99	47,1	47,1	
			MÉDIA	43			MÉDIA	43,2	43,5

PAREDE INTERNA	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	30	25	1,1	0,92	22,6		
	>1800	90º	30	25	1,1	0,92	22,6		
	>1800	90º	28	23	1,1	0,92	21,1	21,1	
	>1800	90º	30	25	1,1	0,92	22,6		
	>1800	90º	25	21	1,1	0,92	18,9	18,9	
	>1800	90º	28	23	1,1	0,92	21,1	21,1	
	>1800	90º	30	25	1,1	0,92	22,6		
	>1800	90º	32	26	1,1	0,92	24,1		
	>1800	90º	26	21	1,1	0,92	19,6	19,6	
	>1800	90º	24	20	1,1	0,92	18,1		
	>1800	90º	20	16	1,1	0,92	15,1		
	>1800	90º	20	16	1,1	0,92	15,1		
			MÉDIA	22			MÉDIA	20,1	DESCARTAR

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução

alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilar interno verificou-se profundidade das mesmas em 2 mm.



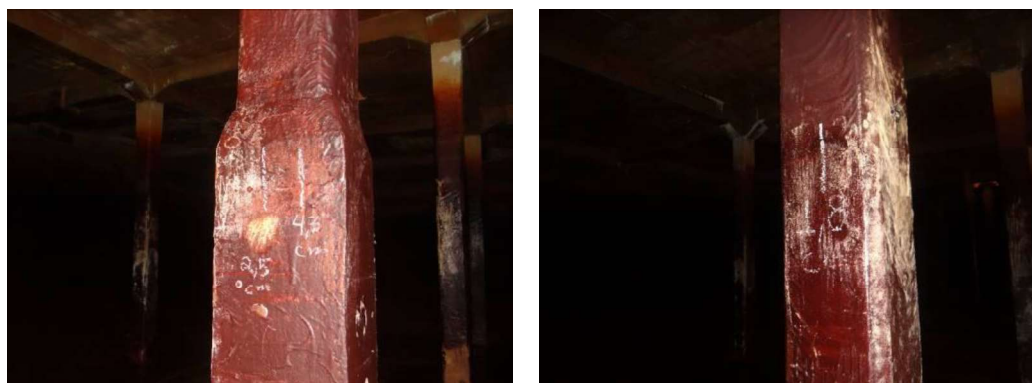
Vista da aspersão da solução de fenolftaleína
em pilar do Reservatório

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede e pilar do Reservatório, com os seguintes resultados:

CÂMARA 1
Pilar: Ferro 16mm Profundidade: 18 ~ 43mm



Detalhe do ensaio de pacometria em pilar e parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
1	Pilar		0,2	<5	OK	1195	>3000	NÃO	41,0	>40	OK	25	>50	NÃO
2	Parede								<20	>40	NÃO	18	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

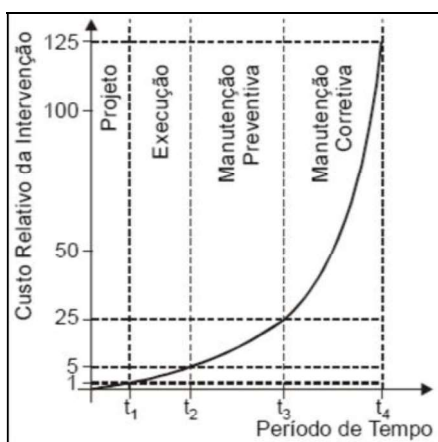
LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.682,00	1.050,00	62,4%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado não tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica vigente (NBR-6118), e as anomalias identificadas sugerem falha de desempenho das lajes, com prejuízo a estabilidade e a durabilidade. Há insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto.
- 12.3.** As falhas identificadas estão relacionadas à baixa resistência do concreto e insuficiência de armaduras nas lajes, com ocorrências significativas de fissuração e deformações nas lajes de cobertura.
- 12.4.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco crítico, sendo recomendada a intervenção em curto prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.5. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES E PILARES:

- Remover o sistema de impermeabilização e revestimentos existente.
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas promover a restauração dos revestimentos com argamassa de cimento e areia e pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Promover a substituição de todas as vigas e lajes por novas com utilização de concreto de fck = 40 MPa e cobrimento das armaduras de 5 cm. Novo cálculo de dimensionamento estrutural deverá ser feito.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra.

-Promover a adequação das instalações elétricas à NBR 5410.

São Lourenço, 24 de agosto de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara

Reservatório R-04

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:.....	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:.....	15
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:.....	16
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	17

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 29/06/2018 no período de 08h00min as 09h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

FONTE – Estação de tratamento de água

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional enterrada, com área de 510,0 m² e altura de 4 metros, cobertura em telha de fibro cimento, tipo canaleta, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por duas câmaras de 1.000.000 litros cada, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 30 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b} Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 carpetê 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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

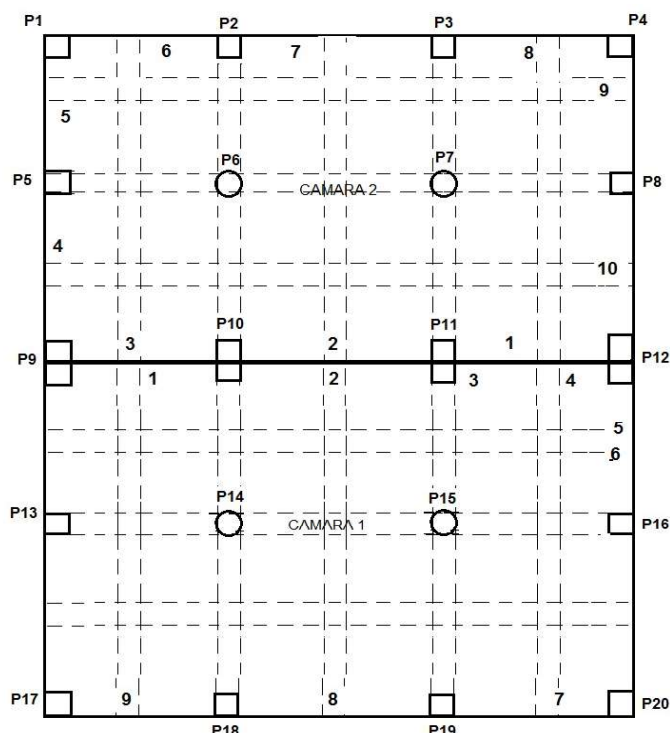
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 3.050 m/s e 3.322 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes e pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA						 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos		
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-04			Data:	26/06/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Camara 1 Parede	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	41	34	0,8	0,94	31,6	
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	27	22	0,8	0,94	20,8	
>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2	
			MÉDIA	30		MÉDIA	28,0	27,9
Camara 1 Pilar 15	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	24,7
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1	
	>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	24,7
>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7	
			MÉDIA	29		MÉDIA	26,8	27,2

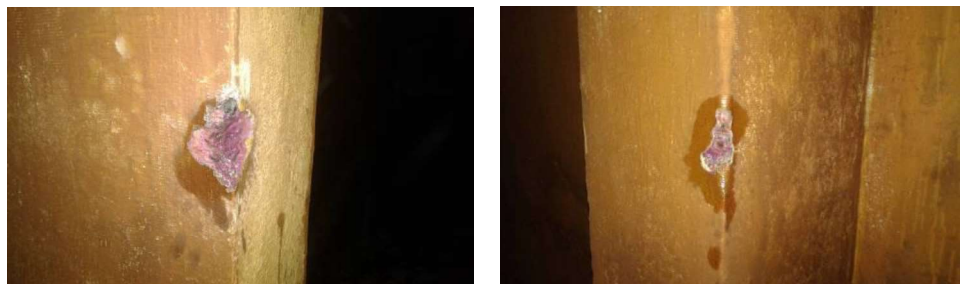
RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-04				Data:	26/06/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Camara 2 Parede	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
			MÉDIA	30		MÉDIA	27,9	27,6
Camara 2 Pilar 3	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
			MÉDIA	30		MÉDIA	28,3	28,9

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 0,2mm.



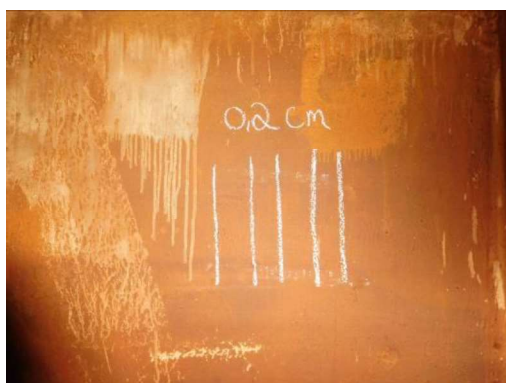
Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em paredes e pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:

CÂMARA 1
Parede: Ferro 12.5mm Profundidade: 0,2mm
Pilar: Ferro 16mm Profundidade: 21mm



Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 1

CÂMARA 2
Parede: Ferro 12,5mm Profundidade: 20mm
Pilar: Ferro 12,5mm Profundidade: 18mm



Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
LOCAL	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
CÂMARA 1	Parede interna					3050	>3000	NÃO	28,0	>40	NÃO	2	50	NÃO
CÂMARA 1	Pilar externo		0,2	<5,0	OK				27,0	>40	NÃO	21	50	NÃO
CÂMARA 2	Parede interna					3322	>3000	NÃO	28,0	>40	NÃO	20	50	NÃO
CÂMARA 2	Pilar externo		0,2	<5,0	OK				29,0	>40	NÃO	18	50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

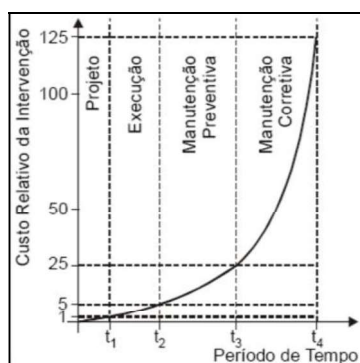
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.504,85	3,01	0,2%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado não tem boa qualidade e com resistência característica (f_{ck}) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porém com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** No telhado de cobertura do reservatório foram identificadas telhas quebradas e trincadas, bem como telhas mal fixadas;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma é inexpressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES e PILARES:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

13.1.1.3. ALVENARIAS EXTERNAS

-Nas paredes externas promover tratamento de fissuras com aplicação de mastique a base de poliuretano e pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. TELHADO

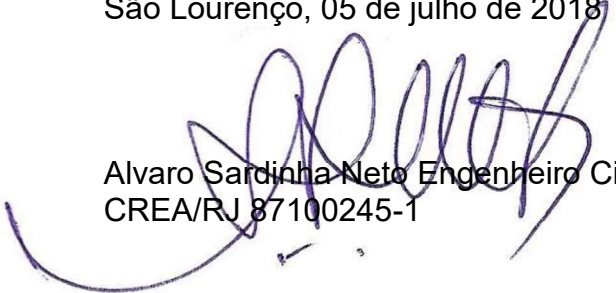
-Substituir telhas trincadas e quebradas;

-Promover revisão do sistema de fixação das telhas com substituição de parafusos danificados/deteriorados.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra
- Promover adequação das instalações elétricas a norma técnica NBR-5410

São Lourenço, 05 de julho de 2018


Alvaro Sardinha Neto Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-06**

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:.....	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:.....	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:.....	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 26/06/2018 no período de 08h00min as 11h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua José Palamore Lepre (Elevadinho)

Jd. Martinez

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional, em formato cilíndrico, elevada sobre conjunto de pilares e vigas, construída em 1961/1965, com área de projeção de 80,00 m² e altura de 16,5 metros, composto por uma câmara com capacidade para 400.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado entre regular e crítico de conservação.

Na base da estrutura encontra-se instalado conjunto de bombas para manobras hidráulicas, existindo alvenarias de vedação fechando o perímetro da estrutura no pavimento térreo.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas,

juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:

- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e

determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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, respeitando 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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura

máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).
 NOTAS
 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.
 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.
 3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Do ensaio de ultrassom:

10.1.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

10.1.2. Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.1.3.** Realizado ensaio de ultrassom parede interna do reservatório com medição da velocidade de pulso de 3.050 m/s, conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.



Vista do local de execução do ensaio

10.2. Do ensaio de esclerometria:

- 10.2.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.2.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.2.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.2.4.** Foi realizados ensaio de esclerometria em parede interna com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem dentro dos limites estabelecidos pela norma vigente à época da construção, com o seguinte resultado:

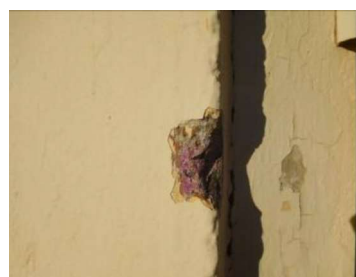
RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-06				Data:	26/06/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
Parede interna	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	58	48	0,8	0,94	44,7		
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4	
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5	
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7		
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7		
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3		
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3		
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5	
>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5		
			MÉDIA	36		MÉDIA	33,1	35,1	

10.3. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.3.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.3.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.3.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna e pilar externo verificou-se profundidade da mesma em, respectivamente 1,0cm e 0,5cm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede interna e pilar externo

10.4. Do ensaio de pacometria:

10.4.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.4.2. Realizado ensaio de pacometria em pilar de sustentação com o seguinte resultado:



Parede: Ferro 12.5mm
Profundidade: 1,8 cm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Ponto 1	Parede interna		1,0	<5,0	OK	3050	>3000	OK	35,1	>40	NÃO	18	50	NÃO
Ponto 2	Pilar externo		0,5	<5,0	OK									

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

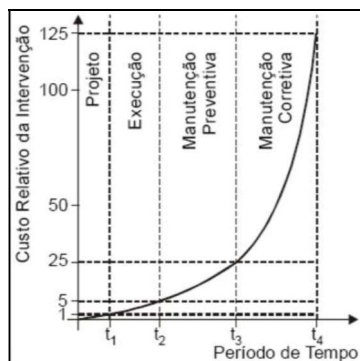
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	362,00	76,02	21,0%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) superior a mínima determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), e abaixo da resistência recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto a estabilidade estrutural e com prejuízo quanto a durabilidade, haja vista insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** No fundo da laje de cobertura foram identificadas exposição e expressiva corrosão de armaduras – superior a 10% da seção em alguns pontos, sem deformações nos elementos de concreto armado e com ocorrência de deslocamentos da camada de cobrimento devido à corrosão das armaduras.
- 12.3.** O avanço da frente de carbonatação identificado é inexpressivo diante do tempo e característica agressiva do ambiente, indicando concreto de boa qualidade, pouco poroso e homogêneo, no entanto a pouca espessura da camada de cobrimento permitiu a despassivação das armaduras e início do processo de corrosão, que se evidências de forma bastante expressiva no fundo da laje de cobertura.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto e insuficiência de cobrimento das armaduras.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco crítico na laje de cobertura e mínimo em vigas, pilares e paredes, sendo recomendada a intervenção em curto prazo na laje de cobertura, principalmente porquanto estudos

técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado.

12.7. Além dos danos estruturais antes mencionados foram constatadas fissuras e deslocamentos das alvenarias de vedação no nível térreo, devido à deformação dos elementos de fundação das mesmas, que pelo que se verificou são independentes das do reservatório propriamente dito, onde não há indícios de recalques ou falhas de desempenho.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

-Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente.
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutural semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5,0 cm internamente e 3,0 cm externamente.
- Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica,.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos.

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

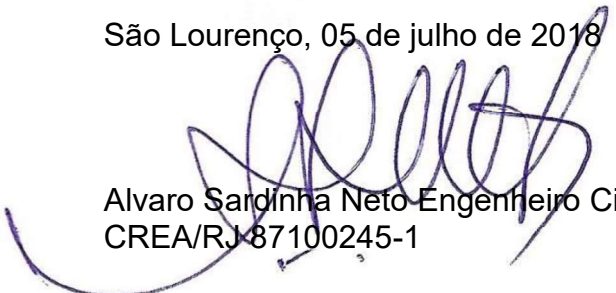
-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3 cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra e tubulações.
- Substituir os alçapões de entrada existente na laje de cobertura, com instalação de escada de fibra de vidro para acesso seguro.
- Promover reforma das instalações elétricas adequando-as a norma técnica NBR-5410.

São Lourenço, 05 de julho de 2018


Alvaro Sardinha Neto-Engenheiro Civil
CREA/RJ-87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-9**

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	5
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	6
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	7
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 15/05/2018 no período de 08h00min as 09h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

FONTE – Estação de tratamento de água

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura mista de concreto armado convencional para sustentação da cobertura de telhas metálicas e argamassa armada no fundos e laterais, construído em 1974, medindo 42m x 22,5m com 5 m de altura, composto por vigas e pilares de concreto armado e lajes de argamassa armada impermeabilizado com manta asfáltica com revestimento somente no piso, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação:



Vista exterior e interior



Vista interna do piso e lateral

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

- 6.1.** Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

- 6.2.** Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;

- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
 - 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
 - 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
 - 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
 - 7.3.5.** Deformação estrutural e
 - 7.3.6.** Vibrações
- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;

- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 azulejados e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respaldado 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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;
- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental			
Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;

- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

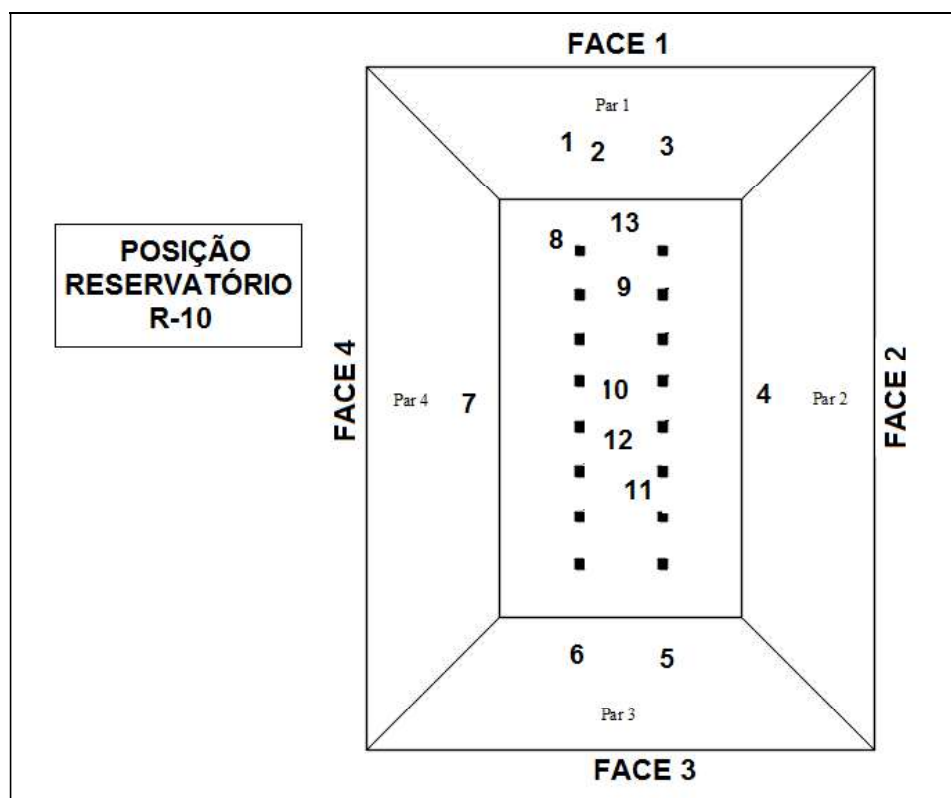
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático de localização dos pontos de ensaios:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom no Pilar 2 – Anexo 1, com medição de velocidade de 3.900m/s, conferindo boa qualidade e capacidade de resistência:



Vista ensaio no pilar 2

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria nos pilares 2 e 5 com indicação de resistência superior a mínima estabelecida pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1):

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-09				Data:	15/05/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
PILAR 2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDA DE	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	24	20	0,8	0,94	18,5	18,5
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	24	20	0,8	0,94	18,5	18,5
			MÉDIA	18		MÉDIA	17,1	17,1
PILAR 5	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDA DE	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	17,0
			MÉDIA	18		MÉDIA	17,0	17,0

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em vigamento da estrutura do telhado verificou-se completa carbonatação da camada de cobrimento das armaduras.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria no pilar 15 com os seguintes resultados:



Face Lateral: Ferro Φ :25 mm
Profundidade: 62 mm

Face Lateral: Ferros Φ :25 mm
Profundidade: 46 mm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante temos a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
1	Pilar	P2				3900	>3000	OK	17,1	>40	NÃO			
2	Pilar	P5							17,0	>40	NÃO			
3	Pilar	P15										>46	>50	NÃO
4	Viga	V1	>4	<3	NÃO									

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

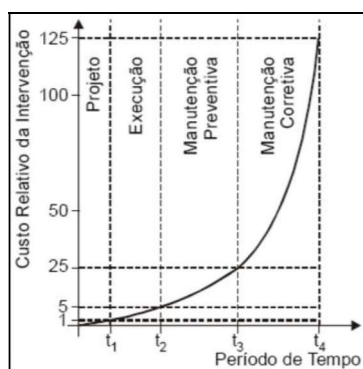
	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.671,67	0,00	0,0%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado é de boa qualidade, compacto e homogêneo e com resistência característica ($f_{ck} = 17 \text{ MPa}$) compatível com a determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), em que pese os valores estarem abaixo do mínimo estabelecido pelas normas técnicas vigentes (NBR-6118), que seria de 40 MPa, não havendo prejuízo quanto a estabilidade estrutural, mas com prejuízo quanto a durabilidade em razão do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Não foram identificadas exposição ou corrosão de armaduras, nem deformações ou deslocamentos nos elementos de concreto armado da estrutura;

- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma é expressivo, em razão do decurso do tempo, agressividade e da resistência do concreto, encontrando-se as armaduras despassivadas ou em momento próximo à despassivação e portanto, sujeitas ao início do processo de corrosão, principalmente porquanto o pH medido está próximo ao limite inferior mínimo que inibiria o processo.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto, sem ocorrência de expansões, fissuras ou deslocamentos;
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada intervenção em médio prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.6.** As fissuras identificadas nas alvenarias de fechamento do telhado são devido à movimentação térmica diferencial e não afetam a segurança estrutural do reservatório.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

- 13.1.1.** Reparo superficial para impedir o acesso de gases de dióxido de carbono, oxigênio, água, bem como o ataque de cloretos e sulfatos, de forma a deter

ou retardar o avanço da frente de carbonatação e lixiviação, compreendendo o preparo do substrato com escarificação da camada carbonatada do concreto, reconstituição ou complementação da seção das armaduras com tratamento das mesmas com remoção dos resíduos superficiais da corrosão e aplicação de tinta anti corrosiva à base de zinco, recomposição da camada de cobrimento com argamassa industrializada bi-componente ($F_{ck} \geq 40\text{MPa}$) com 4 cm de espessura e tratamento superficial com aplicação de tinta epóxi a base de água com consumo de 350gr/m^2 .

13.1.2. Substituição das telhas deformadas;

13.1.3. Revisão do sistema de fixação das telhas da cobertura, com complementação e substituição de parafusos faltantes e danificados.

13.1.4. Promover a execução de proteção mecânica sobre a camada impermeabilizante das laterais, pois o contato direto da manta asfáltica com a água não é recomendado, adotando o seguinte procedimento:

Sobre a manta asfáltica executar camada separadora com papel kraft betumado ou filme de polietileno e executar a proteção mecânica com uma argamassa de cimento e areia no traço 1:4 ou 1:5 e espessura mínima de 3 cm em quadros de 2x2 metros com juntas de trabalho na largura mínima de 1 cm e juntas perimetrais com largura mínima de 2 cm, preenchidas com mástique. A argamassa deverá estar armada com tela galvanizada.

13.1.5. Promover o tratamento das fissuras nas alvenarias de fechamento do telhado com mastique a base de poliuretano.

São Lourenço, 12 de junho de 2018.



Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-12**

Agosto | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:.....	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:.....	15
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:.....	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados nos dias 05 e 06/07/2018 no período de 07h30min as 10h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Av. São José entre Rua dos Libanezes e Rua Ten. Joaquim N.Cabral

BAIRRO: Carmo

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional parcialmente enterrada, composto por duas câmaras cilíndricas de 2.000.000 litros com área de 255 m² e altura de 9 metros cada uma, cobertura em laje de concreto, impermeabilizadas com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 30 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 carpetê 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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

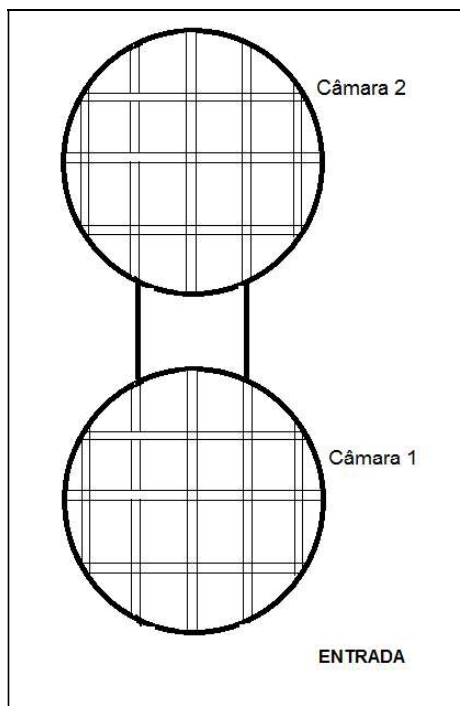
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 3.807 m/s e 3.434 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes e pilar das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção, com resultado inconclusivo pra o pilar da câmara 2:

Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-12				Data:	05/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
CÂMARA 1 Pilar	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	24,7
	>1800	90º	24	20	0,8	0,94	18,5	
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1	23,1
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1	23,1
	>1800	90º	24	20	0,8	0,94	18,5	
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	24,7
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	24,7
			MÉDIA	25		MÉDIA	22,7	24,0

CÂMARA 1 Parede	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
			MÉDIA	35		MÉDIA	33,2	33,5

	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
CÂMARA 2 Parede	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
			MÉDIA	16		MÉDIA	14,6	14,6
CÂMARA 2 Pilar	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	
	>1800	90º	22	18	0,8	0,94	17,0	
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
			MÉDIA	15		MÉDIA	13,9	DESCARTAR

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto está carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 0,8mm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em paredes e pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:



CÂMARA 1
Pilar : Ferro 12.5mm
Profundidade: 24 ~ 28mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 1



CÂMARA 2
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 29mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
CÂMARA 1	Parede				3870	>3000	OK	33	>40	NÃO			
CÂMARA 1	Pilar	0,8	< 5,0	OK				24	>40	NÃO	24	50	NÃO
CÂMARA 2	Parede							15	>40	NÃO			
CÂMARA 2	Pilar	0,8	< 5,0	OK	3434	>3000	OK	14,0	>40	NÃO	29	50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

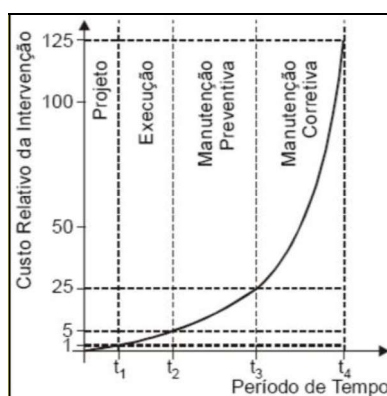
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	2.040,00	120,00	5,9%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado TEM boa qualidade, com resistência característica (fck) ACIMA da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência INFERIOR a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), SEM prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porem com prejuízo quanto à durabilidade, COM insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

- 12.2.** Na laje de cobertura do reservatório foram identificadas fissuras, com pontos de infiltração, bem como ferragem aparente em processo de corrosão;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente e movimentação térmica, sem ocorrência deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.6.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES e PILARES:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.
- Nas paredes externas, após o tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO/PILARES

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;
- Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;
- No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

- Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra e tubulações.

-Restaurar instalações de sistema de monitoramento.

-Substituir os alçapões de entrada nas câmaras.

-Executar junta nas passagens de tubulações pela laje de cobertura.

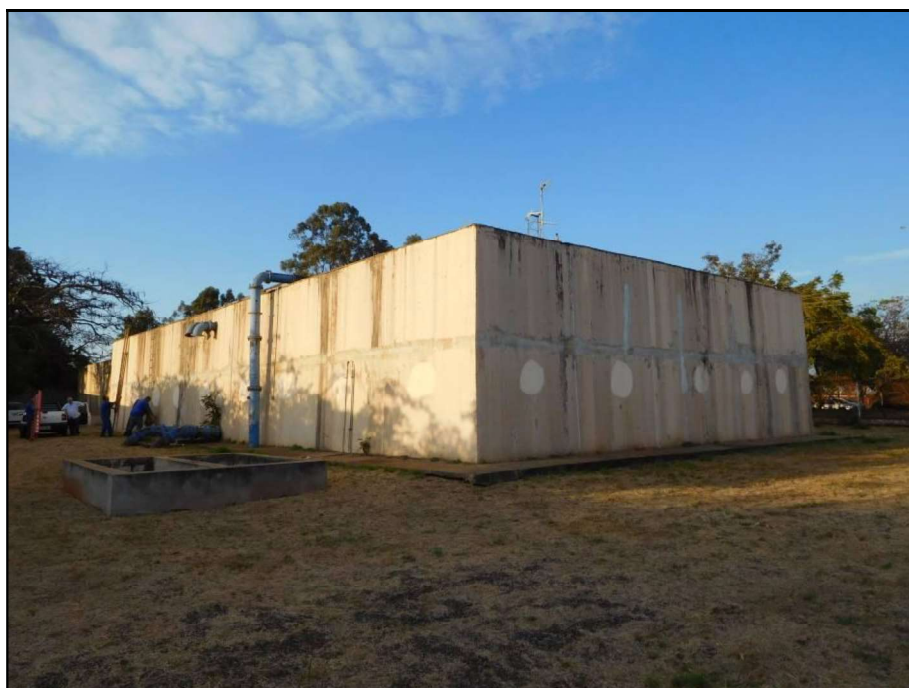
-Restaurar pontos de apoio do guarda corpo.

-Adequar as instalações elétricas a NBR-5410.

São Lourenço, 27 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-15**

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:.....	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:.....	15
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:.....	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	17

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 29/06/2018 no período de 08h00min as 09h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua Papa João Paulo I esquina c/ Av. Papa Leão XIII

Jd. Martinez

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional enterrada, construída em 1989, com área de 364,50 m² com 5 metros de altura, composto por duas câmaras de igual volume interligadas por câmara intermediária, com capacidade para 1.400.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado crítico de conservação.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de

	propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;

7.3.4. Deformação dos componentes da alvenaria;

7.3.5. Deformação estrutural e

7.3.6. Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 carpetê 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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom parede da câmara 1 e Pilar da câmara 2, respectivamente com medições das seguintes velocidades de pulso: 3.190 m/s e 2.931 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto das alvenarias e qualidade e capacidade de resistência ruim ao concreto do pilar:



Vista dos locais de execução do ensaio na câmara 1 e 2

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual:

Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Câmara 1 Parede 1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	13	11	0,8	0,94	10,0	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	
>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0		
>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	12,3	
			MÉDIA	14		MÉDIA	13,4	DESCARTAR
Camara 1 Pilar	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	12,3
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	12,3
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	12,3
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	15	12	0,8	0,94	11,6	11,6
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	12,3
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	12,3	
>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6		
			MÉDIA	14		MÉDIA	12,8	12,2

	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
Câmara 2 Parede 1	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	20	16	0,8	0,94	15,4	15,4
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	13,9
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3	
			MÉDIA	16		MÉDIA	14,6	14,6
Câmara 2 Pilar	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	10,8
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	10,8
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	10,8
	>1800	90º	18	15	0,8	0,94	13,9	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	9,2
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	10,8
	>1800	90º	10	8	0,8	0,94	7,7	
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	10,8
	>1800	90º	14	11	0,8	0,94	10,8	10,8
	>1800	90º	10	8	0,8	0,94	7,7	
	>1800	90º	12	10	0,8	0,94	9,2	9,2
	>1800	90º	10	8	0,8	0,94	7,7	
			MÉDIA	11		MÉDIA	10,0	10,4

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade da mesma em, respectivamente 2 cm e 3 cm.

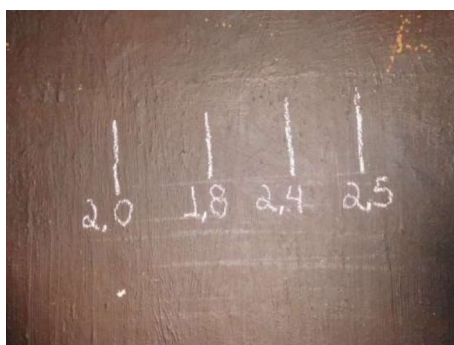


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria nas paredes das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:



CAMARA 1
Parede: Ferro 12.5mm
Profundidade: 1,8cm



CAMARA 2
Parede: Ferro 12.5mm
Profundidade: 0,7cm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Camara 1 - Parede						3190	>3000	OK	<12	>40	NÃO	18	50	NÃO
Camara 1 - Pilar			2,0	5,0	NÃO				12,2	>40	NÃO			
Camara 2 - Parede									14,6	>40	NÃO	7	50	NÃO
Camara 2 - Pilar			3,0	5,0	NÃO	2931	>3000	NÃO	10,4	>40	NÃO			

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

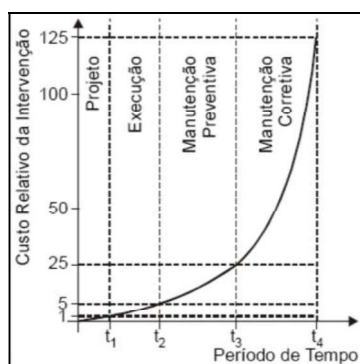
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.247,52	224,55	18,0%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado não tem boa qualidade e com resistência característica (fck) inferior a mínima determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), e pela norma técnica vigente (NBR-6118), com prejuízo quanto a estabilidade estrutural e a durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

- 12.2.** No fundo da laje de cobertura foram identificadas exposição e corrosão de armaduras em pontos isolados e em especial nos fundos dos vigamentos, sem deformações nos elementos de concreto armado da estrutura;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma é expressivo, em razão do decurso do tempo, agressividade e da baixa resistência do concreto, encontrando-se as armaduras em região despassivada ou em momento próximo à despassivação e, portanto, sujeitas ao início do processo de corrosão, principalmente porquanto o pH medido está próximo ao limite inferior mínimo que inibiria o processo.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto e insuficiência de cobrimento das armaduras aliadas à baixa resistência do concreto sem ocorrência deformações diferenciais entre tampa e paredes.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco crítico, sendo recomendada a interdição e intervenção em curto prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.6.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, tanto interna quanto externamente.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

Obs: Deverá ser promovido o devido escoramento das lajes de cobertura para realização do trabalho.

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

- Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO – PILARES

- Executar reforço estrutural com remoção de toda a camada superficial do concreto, tratamento das armaduras com pintura monocomponente com alto teor de zinco e execução de reforço por encamisamento dos pilares com instalação de novas armaduras longitudinais e transversais, devendo ser utilizado adesivo epóxi sobre as faces remanescentes do concreto para aderência da nova argamassa.

13.1.1.4. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos

sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

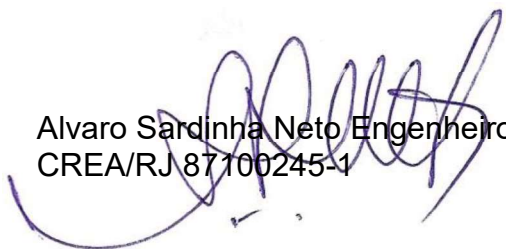
13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra

- Restaurar instalações de sistema de monitoramento
- Substituir os alçapões de entrada nas câmaras internas.
- Promover reforma do sistema de proteção de descargas atmosféricas SPDA.

São Lourenço, 05 de julho de 2018

Alvaro Sardinha Neto Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1



LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-19**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração de laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 27/06/2018 no período de 07h00min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Usina de Reciclagem de Lixo da P.M.A.

Bairro: Pinheirinho

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional apoiada, com área de 285 m² e altura de 4,50 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por duas câmaras de 520.000 litros cada, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 25 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3. Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4. Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5. Deformação estrutural e
- 7.3.6. Vibrações

- 7.4. Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5. As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6. As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7. Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8. Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1. A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

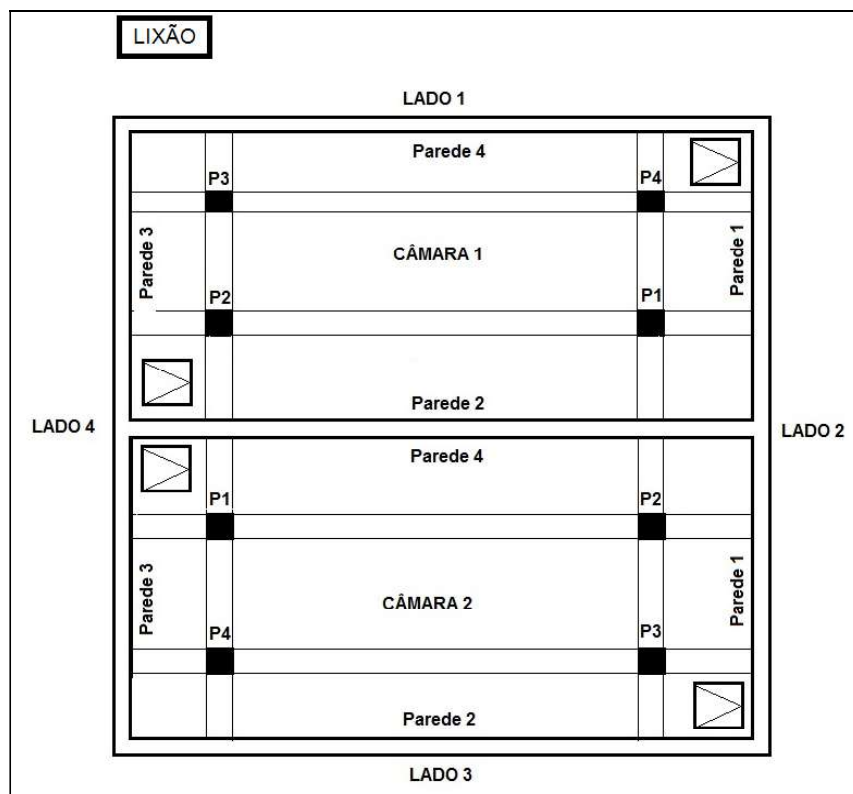
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

9.2. Croqui esquemático do reservatório:



9.3. Do ensaio de ultrassom:

9.3.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

9.3.2. Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

9.3.3. Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 2.826 m/s e 2.906 m/s conferindo uma ruim qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

9.4. Do ensaio de esclerometria:

9.4.1. O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;

9.4.2. Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

9.4.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

9.4.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes e pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-19				Data:	27/06/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
Parede Interna 1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8	18,8	
	>1800	90º	18	15	1,5	0,88	13,0		
	>1800	90º	24	20	1,5	0,88	17,3	17,3	
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8	18,8	
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8	18,8	
	>1800	90º	20	16	1,5	0,88	14,4		
	>1800	90º	20	16	1,5	0,88	14,4		
	>1800	90º	20	16	1,5	0,88	14,4		
	>1800	90º	50	41	1,5	0,88	36,1		
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8	18,8	
	>1800	90º	20	16	1,5	0,88	14,4		
	>1800	90º	18	15	1,5	0,88	13,0		
			MÉDIA		20	MÉDIA		17,6	18,5
Parede Interna 2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8		
	>1800	90º	32	26	1,5	0,88	23,1	23,1	
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8		
	>1800	90º	22	18	1,5	0,88	15,9		
	>1800	90º	28	23	1,5	0,88	20,2		
	>1800	90º	20	16	1,5	0,88	14,4		
	>1800	90º	44	36	1,5	0,88	31,8		
	>1800	90º	26	21	1,5	0,88	18,8		
	>1800	90º	22	18	1,5	0,88	15,9		
	>1800	90º	48	39	1,5	0,88	34,6		
	>1800	90º	32	26	1,5	0,88	23,1	23,1	
	>1800	90º	50	41	1,5	0,88	36,1		
			MÉDIA		26	MÉDIA		23,0	DESCARTAR

9.5. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 9.5.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 9.5.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 9.5.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 4 mm.



Vista da asperção da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

9.6. Do ensaio de pacometria:

- 9.6.1.** O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;
- 9.6.2.** Realizado ensaio de pacometria em paredes e pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:



CÂMARA 1
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 8mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede da câmara 1



CÂMARA 2
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 10mm

Detalhe do ensaio de pacometria em pilar da câmara 2

10. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

10.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Parede				2.826	>3000	NÃO	18	>40	NÃO	8	50	NÃO
Câmara 1	Pilar	0,4	<5,0	OK									
Câmara 2	Parede				2.906	>3000	NÃO	23	>40	NÃO			
Câmara 2	Pilar	0,4	<5,0	OK							10	50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

10.2. Percentual de concreto deteriorado:

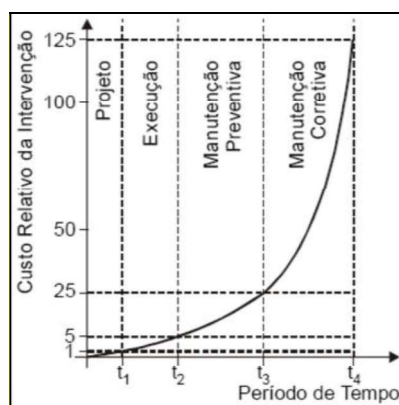
	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.342,00	60,00	4,5%

11. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

11.1. Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) próximo de limite da mínima determinada pela norma técnica

vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porem com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

- 11.2.** Na laje de cobertura, foram identificados alguns pontos de infiltração, bem como inexistência de sistema de impermeabilização e ocorrência de fissuras e exposição e oxidação de armaduras. O vigamento de sustentação da laje de cobertura se apresenta bastante fissurado e com pontos de exposição e oxidação de armaduras;
- 11.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 11.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência deformações.
- 11.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



11.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

12. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

12.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

12.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES e PILARES:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas, após tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

12.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

12.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

12.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

12.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama da regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

10.1.1. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra e tubulações;

-Promover instalação de juntas adequada nas tubulações que atravessam a laje de teto.

-Restaurar caixa metálica do sistema de monitoramento.

São Lourenço, 25 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara

Reservatório R-28

Setembro | 2018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 13/07/2018 no período de 07h30min as 10h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua Nelson Sotratti esq. Av. Paulino Rodella

BAIRRO: Jardim das Flores

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado cilíndrica, convencional e elevada, com área 29,22 m² e altura de 28 metros, composto por uma câmara de 200.000 Litros, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 18 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

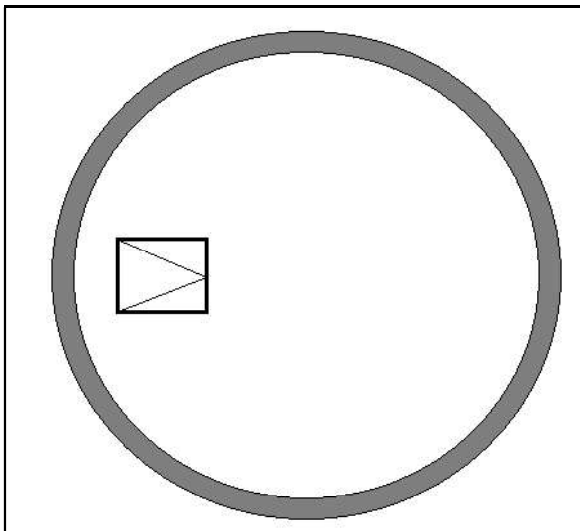
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

10.2.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem,

além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom na parede do reservatório, com medições da seguinte velocidade de pulso de 3.100 m/s conferindo capacidade boa de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria na parede da câmara com indicação de resistência a cima dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-28				Data:	13/07/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
PAREDE EXTERNA	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
	>1800	90º	50	41	0,5	0,97	39,8	39,8	
	>1800	90º	57	47	0,5	0,97	45,3	45,3	
	>1800	90º	52	43	0,5	0,97	41,4	41,4	
	>1800	90º	58	48	0,5	0,97	46,1	46,1	
	>1800	90º	54	44	0,5	0,97	43,0	43,0	
	>1800	90º	60	49	0,5	0,97	47,7		
	>1800	90º	54	44	0,5	0,97	43,0	43,0	
	>1800	90º	48	39	0,5	0,97	38,2	38,2	
	>1800	90º	50	41	0,5	0,97	39,8	39,8	
	>1800	90º	50	41	0,5	0,97	39,8	39,8	
	>1800	90º	52	43	0,5	0,97	41,4	41,4	
	>1800	90º	49	40	0,5	0,97	39,0	39,0	
				MÉDIA	43		MÉDIA	42,2	41,5

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e aspersão de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna de concreto verificou-se profundidade das mesmas em 0,5mm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína na face interna da laje de cobertura

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria na parede externa com os seguintes resultados:



RESERVATÓRIO
Parede: Ferro 20 mm
Profundidade: 22 a 34 mm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
1	Laje	0,5	<5	OK									
2	Parede				3100	>3000	OK	41,0	>40	OK	22	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

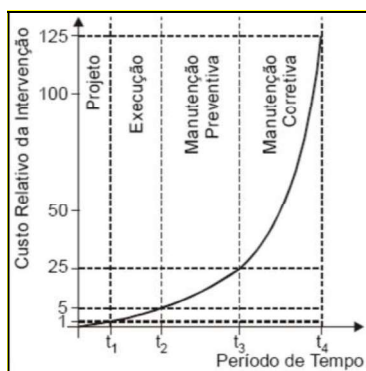
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.500,00	0,00	0,0%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) a cima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), bem como dentro do limite de aceitabilidade da norma técnica vigente (NBR-6118), com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.3.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras, sem ocorrência deformações.
- 12.4.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em longo prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.5. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Substituir o alçapão de entrada na câmara interna.
- Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR-5410
- Restaurar e promover pintura com tinta esmalte da porta de acesso no pavimento térreo
- Restaurar tubos e conexões hidráulicas.
- Substituir o suporte interno da instalação de monitoramento por outro de aço inoxidável.

São Lourenço, 01 de outubro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-29**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 03/07/2018 no período de 08h00min as 10h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua Papa João Paulo I esquina com Av. Papa Leão XIII

BAIRRO: Jardim Martinez

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional apoiada, com área de 356,45 m² e altura de 4,5 metros, cobertura em laje de concreto armado, composta por duas câmaras de 700.000 litros cada, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente e data de construção 1998.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

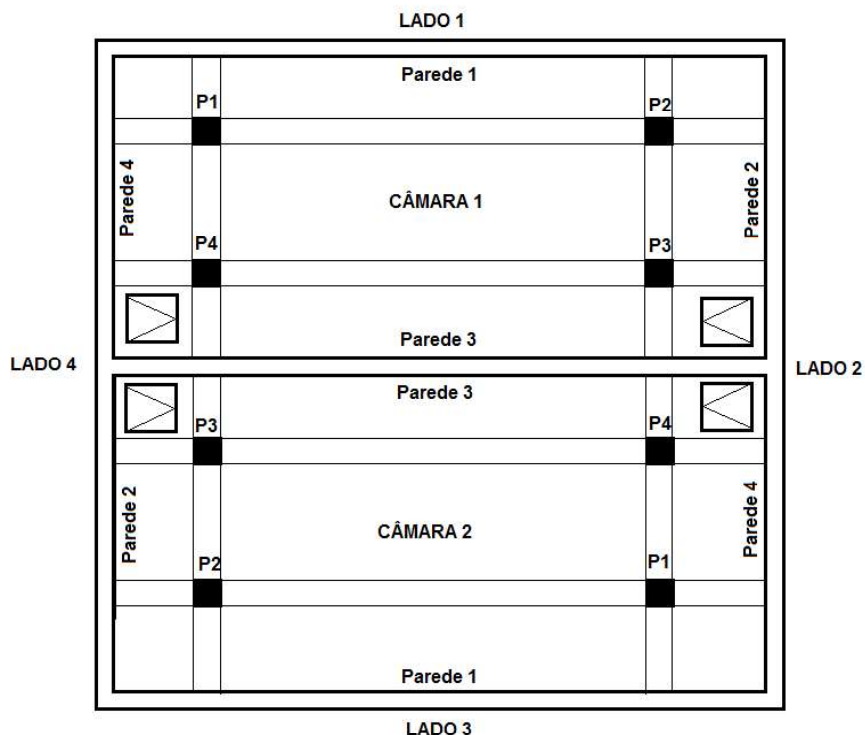
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 4.922 m/s e 4.120 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes e pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem dentro daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-29				Data:	03/07/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
Câmara 1 Pilar	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	16	13	0,3	0,99	13,0	13,0	
	>1800	90º	14	11	0,3	0,99	11,4		
	>1800	90º	16	13	0,3	0,99	13,0	13,0	
	>1800	90º	22	18	0,3	0,99	17,9		
	>1800	90º	16	13	0,3	0,99	13,0	13,0	
	>1800	90º	12	10	0,3	0,99	9,7		
	>1800	90º	12	10	0,3	0,99	9,7		
	>1800	90º	16	13	0,3	0,99	13,0	13,0	
	>1800	90º	20	16	0,3	0,99	16,2		
	>1800	90º	12	10	0,3	0,99	9,7		
	>1800	90º	16	13	0,3	0,99	13,0	13,0	
	>1800	90º	18	15	0,3	0,99	14,6		
			MÉDIA	13		MÉDIA	12,8	13,0	
Câmara 2 Parede	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	20	16	0,3	0,99	16,2	16,2	
	>1800	90º	22	18	0,3	0,99	17,9	17,9	
	>1800	90º	18	15	0,3	0,99	14,6		
	>1800	90º	26	21	0,3	0,99	21,1		
	>1800	90º	18	15	0,3	0,99	14,6		
	>1800	90º	22	18	0,3	0,99	17,9	17,9	
	>1800	90º	20	16	0,3	0,99	16,2	16,2	
	>1800	90º	20	16	0,3	0,99	16,2	16,2	
	>1800	90º	18	15	0,3	0,99	14,6		
	>1800	90º	22	18	0,3	0,99	17,9	17,9	
	>1800	90º	18	15	0,3	0,99	14,6		
	>1800	90º	18	15	0,3	0,99	14,6		
			MÉDIA	17		MÉDIA	16,4	17,0	

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de

mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 3 mm.

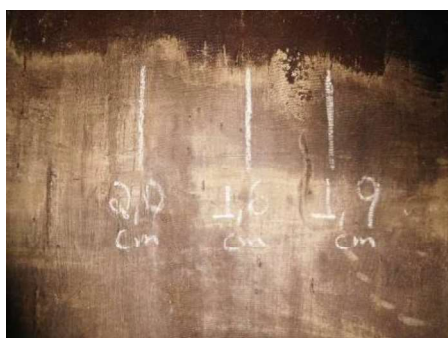


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

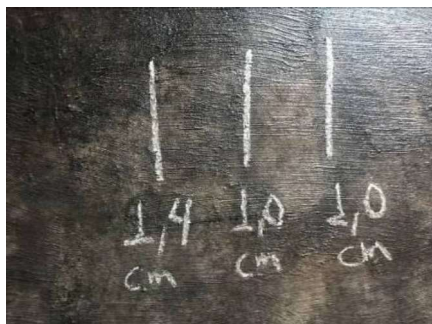
10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em paredes das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:



CÂMARA 1
PAREDE: FERRO 12,5mm PROFUNDIDADE: 16 À 20mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede da câmara 1



CÂMARA 2
PAREDE: FERRO 12,5mm PROFUNDIDADE: 10 À 14mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede da câmara 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Pilar	P1	0,3	<5,0	OK				13	>40	NÃO			
Câmara 1	Parede interna					4922	>3000	OK				16	50	NÃO
Câmara 2	Pilar	P2	0,3	<5,0	OK									
Câmara 2	Parede interna					4120	>3000	OK	17,0	>40	NÃO	10	50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

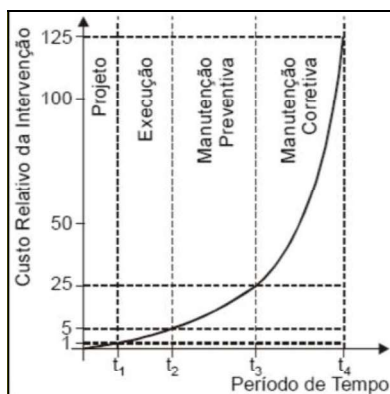
LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.060,00	70,00	6,6%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) dentro da aceitabilidade determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porem com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Nas vigas de sustentação da laje de cobertura, tanto na câmara 1 quanto na câmara 2 observou-se deteriorização do concreto com deslocamento da camada superficial e exposição com corrosão das armaduras.;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma NÃO É EXPRESSIVO, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada a intervenção em curto prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

- Nas paredes externas promover tratamento das fissuras e pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO – PILARES E VIGAS

- Executar recuperação estrutural com remoção de toda a camada superficial do concreto, tratamento das armaduras com lixamento e pintura monocomponente com alto teor de zinco e execução de nova camada de cobrimento com argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

13.1.1.4. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos

sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje.

-Promover a pintura de toda a superfície, após lavagem com impermeabilizante à base de resina acrílica na cor branca, com consumo de 3 kg/m² atingido em pelo menos 3 demãos.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra e tubulações.

São Lourenço, 18 de Setembro de 2018

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-30**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 11/07/2018 no período de 08h00min as 11h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Av. Tereza Pelegrinete Motta esq. R. José Ayrton Cury

Bairro: Jardim Roberto Selmi Dei

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional, cilíndrica e elevada, com área de 51,52 m² e altura de 18 metros, cobertura em laje de concreto armado, composto por uma câmara de 800.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 20 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de

	propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
 - 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
 - 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;

7.3.4. Deformação dos componentes da alvenaria;

7.3.5. Deformação estrutural e

7.3.6. Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

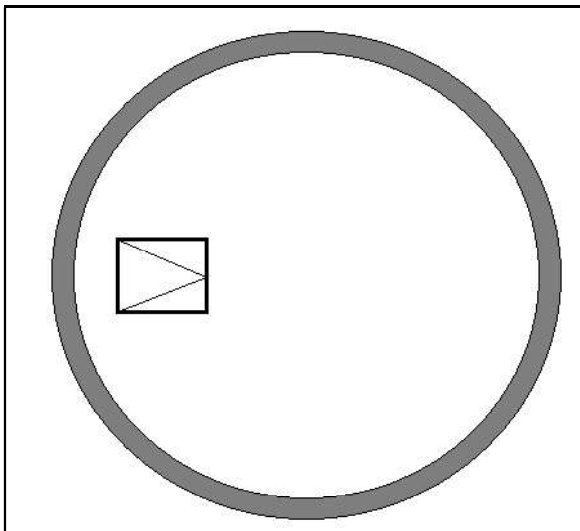
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

10.2.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem,

além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede do reservatório, com medição da seguinte velocidade de pulso de 3.012 m/s conferindo uma boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em parede do reservatório com indicação de resistência próximo dos limites de aceitabilidade da

norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-30				Data:	11/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	47	39	0,3	0,99	38,2	38,2
	>1800	90º	54	44	0,3	0,99	43,8	
	>1800	90º	48	39	0,3	0,99	39,0	39,0
	>1800	90º	54	44	0,3	0,99	43,8	
	>1800	90º	50	41	0,3	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	46	38	0,3	0,99	37,3	37,3
	>1800	90º	42	34	0,3	0,99	34,1	
	>1800	90º	44	36	0,3	0,99	35,7	35,7
	>1800	90º	54	44	0,3	0,99	43,8	
	>1800	90º	44	36	0,3	0,99	35,7	35,7
	>1800	90º	48	39	0,3	0,99	39,0	39,0
>1800	90º	50	41	0,3	0,99	40,6	40,6	
			MÉDIA	40		MÉDIA	39,4	38,3

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede internos do reservatório e verificou-se profundidade das mesmas em 0,3mm.

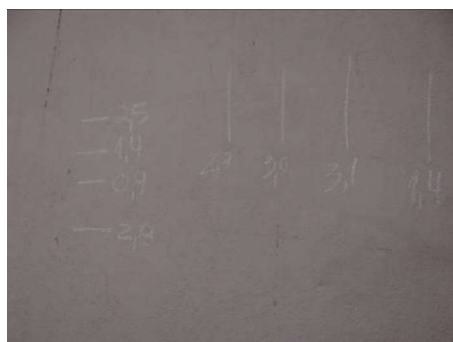


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede do reservatório

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede do reservatório com os seguinte resultado:



CÂMARA
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 9 à 31mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
1	Parede	0,3	<5	OK	3012	>3000	OK	38,0	>40	NÃO	9	>50	NÃO
*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual													
LEGENDA:													
OK		Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.											
NÃO		Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade											

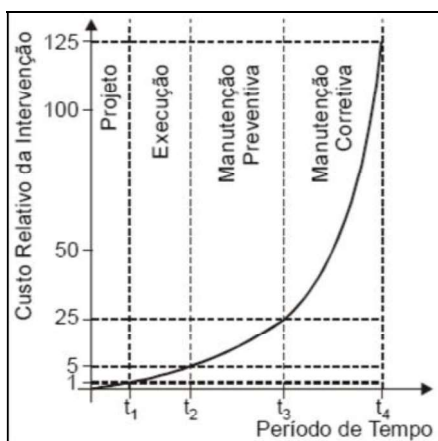
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.600,00	60,00	3,8%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência próxima dos limites a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porém com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobertura das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Na face externa há ocorrência em pontos isolados de deslocamento da camada superficial do concreto, devido a corrosão das armaduras e de fissuras pouco expressivas em diversas direções;
- 12.3.** Na laje de cobertura, foi identificada deteriorização do sistema de impermeabilização, com ocorrência de carbonatação na face inferior, dentro do reservatório;

- 12.4.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.5.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.
- 12.6.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em longo prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.7.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobertura das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas promover o tratamento das fissuras com posterior pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

- Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje
- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra e tubulações.
- Substituir o alçapão de entrada na câmara interna.
- Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR-5410

São Lourenço, 26 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-31**

Setembro | 2018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 18/05/2018 no período de 07h30min as 10h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Usina de reciclagem de lixo da P.M.A.

BAIRRO: Pinheirinho

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 144 m² e altura de 4,50 metros, composto por uma câmara de 500.000 litros, impermeabilizado com manta asfáltica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 15 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

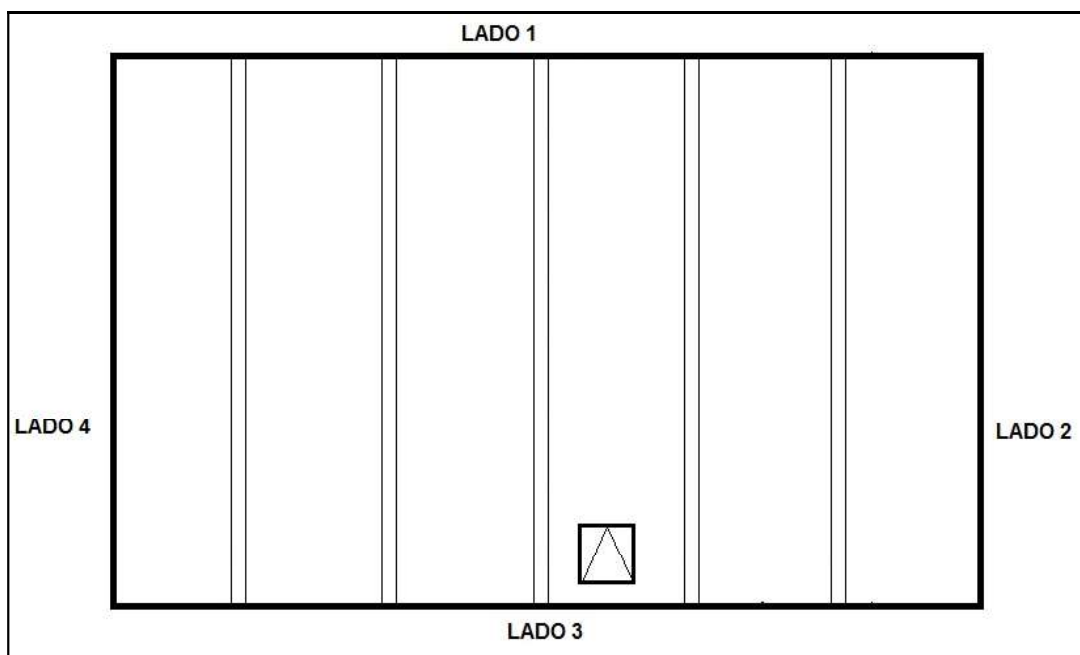
DESPASSIVAÇÃO

Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

9.2. Croqui esquemático do reservatório:



10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Do ensaio de ultrassom:

- 10.1.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.1.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.1.3.** Realizado ensaio de ultrassom na parede do reservatório, com medição da seguinte velocidade de pulso de 3.507 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.2. Do ensaio de esclerometria:

- 10.2.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.2.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.2.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

- 10.2.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em pilar interno com indicação de resistência a baixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual.

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA						 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos		
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-31			Data:	18/05/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Viga	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	36	30	0,3	0,99	29,2	29,2
	>1800	90º	38	31	0,3	0,99	30,8	30,8
	>1800	90º	36	30	0,3	0,99	29,2	29,2
	>1800	90º	38	31	0,3	0,99	30,8	30,8
	>1800	90º	40	33	0,3	0,99	32,5	32,5
	>1800	90º	39	32	0,3	0,99	31,7	31,7
	>1800	90º	40	33	0,3	0,99	32,5	32,5
	>1800	90º	36	30	0,3	0,99	29,2	29,2
	>1800	90º	40	33	0,3	0,99	32,5	32,5
	>1800	90º	39	32	0,3	0,99	31,7	31,7
	>1800	90º	30	25	0,3	0,99	24,4	
>1800	90º	33	27	0,3	0,99	26,8		
			MÉDIA	30		MÉDIA	30,2	31,0

10.3. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.3.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmin);
- 10.3.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.3.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em viga interna de concreto verificou-se profundidade das mesmas em 0,3mm.

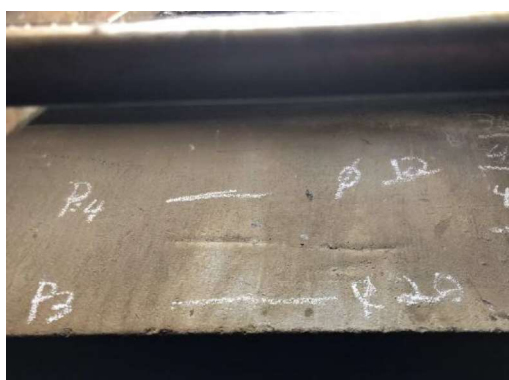


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína
na laje de cobertura

10.4. Do ensaio de pacometria:

10.4.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.4.2. Realizado ensaio de pacometria em parede os seguintes resultados:



Face Lateral: Ferros Φ : 12 mm
Profundidade: 40 mm

Face Lateral: Ferros Φ : 20 mm
Profundidade: 30 mm

Detalhe do ensaio de pacometria em viga

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Teto	Laje	0,3	<5,0	OK				31	>40	NÃO			
Câmara 1	Parede interna											30	50	NÃO
Câmara 2	Parede externa		0,3	<5,0	OK	3507	>3000	OK						

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	870,00	35,00	4,0%

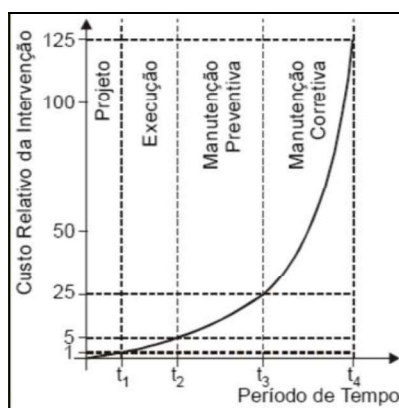
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção, com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porém com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.

12.3. As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.

12.4. As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.5. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

- Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.3. ESTRUTURA DE CONCRETO – VIGAS

- Executar reforço estrutural com remoção de toda a camada superficial do concreto, tratamento das armaduras com pintura monocomponente com alto teor de zinco e execução de reforço por encamisamento das vigas com instalação de novas armaduras longitudinais e transversais, devendo ser utilizado adesivo epóxi sobre as faces remanescentes do concreto para aderência da nova argamassa.

13.4. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.5. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.5.1. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.5.1.1. LAJE DE COBERTURA

-Restaurar os pontos de descolamento do sistema aplicado

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje.

13.5.2. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra
- Promover instalação de juntas adequada nas instalações passantes pela laje de teto.

São Lourenço, 20 de Setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-02**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 27/07/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

FONTE – Estação de tratamento de água

BAIRRO: Fonte Luminosa

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional enterrada, com área de 800 m² e altura de 4,30 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 2.000.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 70 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

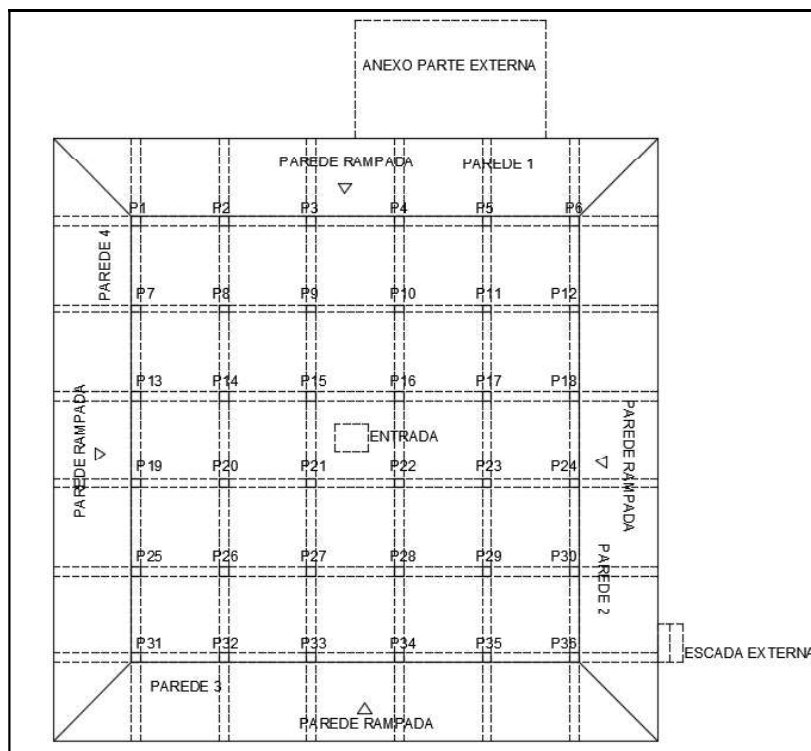
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom na parede do reservatório, com medição de velocidade de pulso de 5.625 m/s conferindo qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria na parede interior câmara com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-02				Data:	27/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede interna	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1	
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	
			MÉDIA	30		MÉDIA	28,3	27,4

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilar interno verificou-se profundidade das mesmas em 0,8mm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em pilar

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em pilares internos com os seguintes resultados:

PILAR
Pilar: 12,5mm Profundidade: 0 a 23mm



Detalhe do ensaio de pacometria em pilares

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Parede					5625	>3000	OK	27,0	>40	NÃO			
Câmara 1	Pilar 1		0,8	<5	OK							23	>50	NÃO
Câmara 1	Pilar 2											23	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

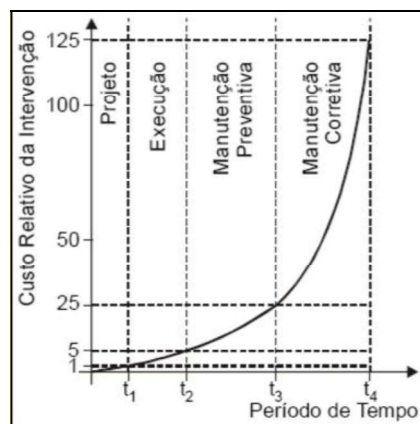
	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.560,00	400,00	25,6%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porem com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Na laje de cobertura do reservatório foram identificadas fissuras, deteriorização do concreto com exposição de armaduras de forma generalizada e pontos de infiltração;

- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.6.** O sistema de impermeabilização tanto da parte interna, quanto da laje de cobertura encontra-se deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS E PILARES

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas após tratamento das fissuras e restauração das argamassas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO/PILARES

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

São Lourenço, 21 de Setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-03**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 24/07/2018 no período de 09h00min as 15h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Av. Antonio Coradine entre Alameda Paulista e Rua Candido Portinari

Bairro: Vila Xavier

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura mista de concreto armado convencional e alvenaria, parcialmente enterrada, com área de 480,0 m² e altura de 4 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por duas câmaras de 650.000 litros cada, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado crítico de conservação e idade aparente de 85 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

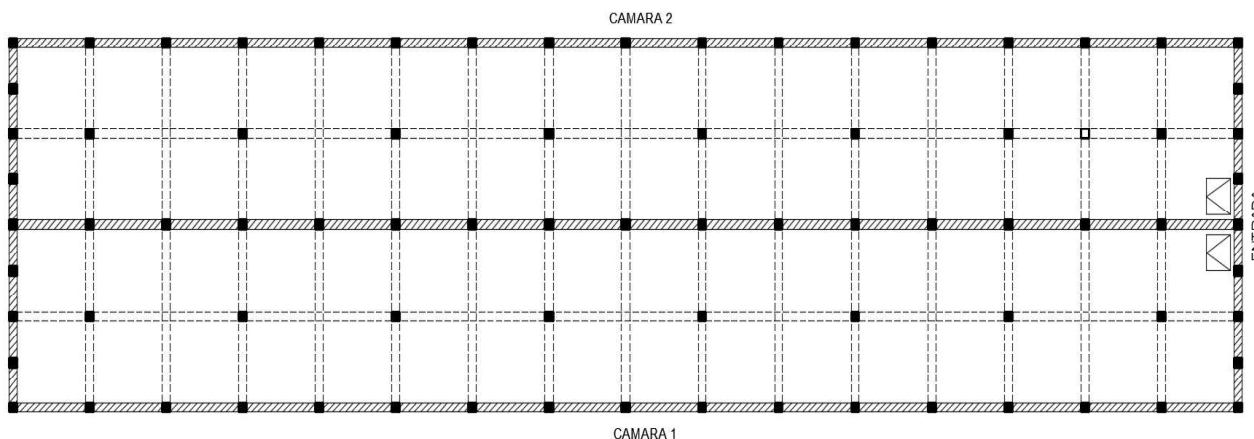
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

10.2.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como

estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 2.985 m/s e 2.964 m/s conferindo uma boa qualidade e capacidade de resistência do concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes no exterior de cada uma das câmaras com indicação de resistência próximos dos limites

de aceitabilidade da norma técnica atual, porém acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-03				Data:	24/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa 1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	51	42	0,2	0,99	41,4	41,4
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	58	48	0,2	0,99	47,1	
	>1800	90º	48	39	0,2	0,99	39,0	39,0
	>1800	90º	47	39	0,2	0,99	38,2	38,2
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	51	42	0,2	0,99	41,4	41,4
	>1800	90º	48	39	0,2	0,99	39,0	39,0
	>1800	90º	48	39	0,2	0,99	39,0	39,0
	>1800	90º	48	39	0,2	0,99	39,0	39,0
	>1800	90º	48	39	0,2	0,99	39,0	39,0
			MÉDIA	41			MÉDIA	40,7
							39,7	39,7
Parede Externa 2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	44	36	0,4	0,97	35,0	35,0
	>1800	90º	42	34	0,4	0,97	33,4	33,4
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6
	>1800	90º	48	39	0,4	0,97	38,2	38,2
	>1800	90º	44	36	0,4	0,97	35,0	35,0
	>1800	90º	42	34	0,4	0,97	33,4	33,4
	>1800	90º	47	39	0,4	0,97	37,4	37,4
	>1800	90º	50	41	0,4	0,97	39,8	39,8
	>1800	90º	44	36	0,4	0,97	35,0	35,0
	>1800	90º	49	40	0,4	0,97	39,0	39,0
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6
	>1800	90º	50	41	0,4	0,97	39,8	39,8
			MÉDIA	38			MÉDIA	36,7
							36,6	36,6

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de

mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 0,3 mm e 0,4 mm respectivamente.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:



CÂMARA 1
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 2 à 32mm

Detalhe do ensaio de pacometria em pilar da câmara 1



CÂMARA 2
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 16 à 37mm

Detalhe do ensaio de pacometria em pilar da câmara 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara A	Parede					2985	>3000	OK	40,0	>40	OK			
Câmara A	Pilar		0,3	<5	OK							2	>50	NÃO
Câmara B	Parede					2964	>3000	OK	37,0	>40	NÃO			
Câmara B	Pilar		0,4	<5	OK							16	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

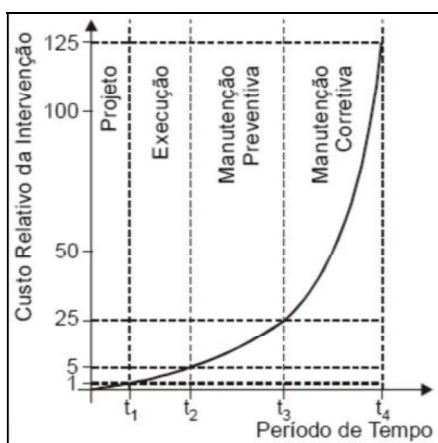
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.540,00	500,00	32,5%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência próxima ao limite recomendado pela norma técnica vigente (NBR-6118), no entanto devido a falha de dimensionamento relacionada a insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto, diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro há risco de perda da estabilidade estrutural da laje de cobertura;
- 12.2.** Na laje de cobertura do reservatório foram identificadas fissuras, deteriorização do concreto com exposição de armaduras, falhas na impermeabilização e pontos de infiltração, encontrando-se a mesma em estado crítico de conservação;
- 12.3.** Nas vigas internas, foram identificadas fissuras e ferrugem aparente em diversos pontos, o que pode comprometer a sustentação da laje de cobertura, encontrando-se a mesma em estado crítico de conservação;
- 12.4.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.5.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.
- 12.6.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco crítico, sendo recomendada a intervenção em curto prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.7. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, podendo ser considerado inexistente, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES E PILARES:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas, após o tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE E VIAGAS DE COBERTURA

- Promover a substituição dos elementos com demolição e construção de nova laje e vigas de cobertura com projeto em conformidade com a norma técnica NBR-6118.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO/PILARES

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA (nova laje)

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra

São Lourenço, 22 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-05A**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 01/08/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

ETA PAIOL - Rua José Palamone Lepre

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 55 m² e altura de 22,65 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 50.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 40 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos; tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 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/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 carpetê 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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

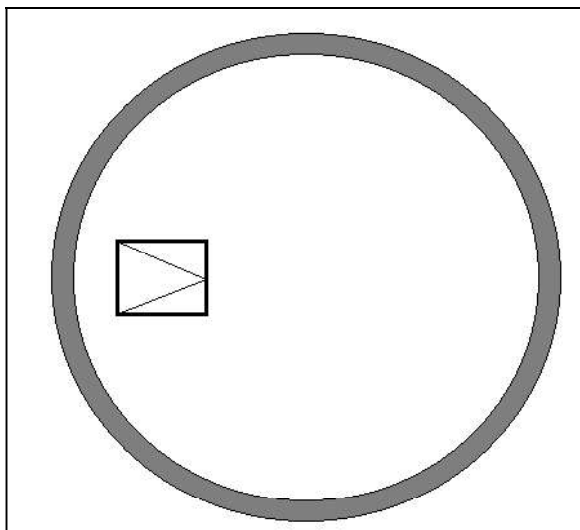
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

10.2.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem,

além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede externa, com medição da seguinte velocidade de pulso de 4.792 m/s conferindo excelente qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em parede externa com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma

técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-05A					Data:	01/08/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6		
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5		32,5
	>1800	90º	46	38	0,2	0,99	37,3		
	>1800	90º	44	36	0,2	0,99	35,7		35,7
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5		32,5
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5		32,5
	>1800	90º	38	31	0,2	0,99	30,8		30,8
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5		32,5
	>1800	90º	41	34	0,2	0,99	33,3		33,3
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5		32,5
	>1800	90º	42	34	0,2	0,99	34,1		34,1
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5		32,5
			MÉDIA	34		MÉDIA	33,3	32,9	

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa – Profundidade de carbonatação em cm

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna verificou-se profundidade das mesmas em 0,2mm.

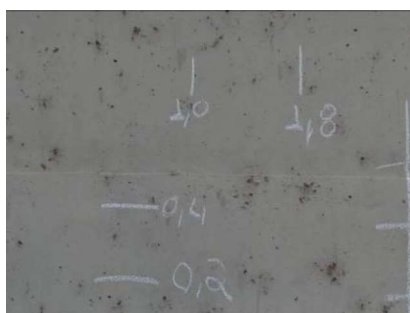


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede com os seguintes resultados:



PAREDE
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 2 à 18mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara A	Parede		0,2	>5	OK	4792	>3000	OK	33,0	>40	NÃO	2~18	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

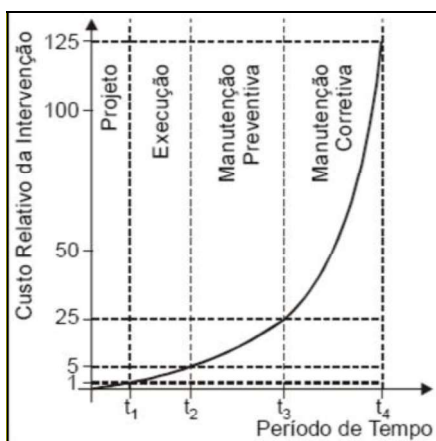
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	380,00	12,00	3,2%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porém com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobertura das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Na Laje de cobertura do reservatório foram identificadas falhas no sistema de impermeabilização, bem como orifícios sem proteção contra a entrada de insetos e outros animais. Na face inferior da tampa foram identificados pontos isolados de exposição de armaduras em processo de corrosão.
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.

- 12.4.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.5.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.
- Nas paredes externas, após tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama da regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

São Lourenço, 22 de setembro de 2018

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-07**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 31/07/2018 no período de 07h30min as 11h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua Mato Grosso com Av. Octaviano de Arruda Campos

Bairro: Vila Xavier

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 153 m² e altura de 30,6 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 1.200.000 litros cada, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 50 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

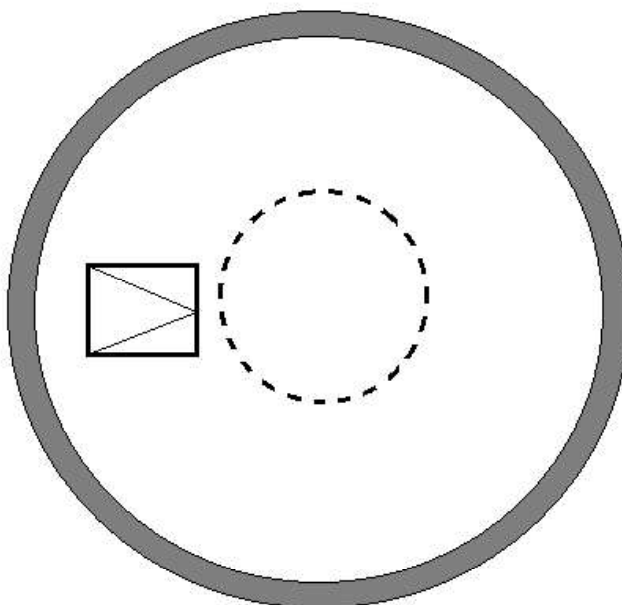
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede do reservatório, com medição da seguinte velocidade de pulso de 3.000 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em parede no exterior com indicação de resistência a cima dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual e da também daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA						 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos		
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-07				Data:	31/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	55	45	0,3	0,99	44,6	44,6
	>1800	90º	53	43	0,3	0,99	43,0	43,0
	>1800	90º	50	41	0,3	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	46	38	0,3	0,99	37,3	
	>1800	90º	59	48	0,3	0,99	47,9	
	>1800	90º	58	48	0,3	0,99	47,1	
	>1800	90º	55	45	0,3	0,99	44,6	44,6
	>1800	90º	50	41	0,3	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	54	44	0,3	0,99	43,8	43,8
	>1800	90º	44	36	0,3	0,99	35,7	
	>1800	90º	50	41	0,3	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	48	39	0,3	0,99	39,0	39,0
			MÉDIA	43		MÉDIA	41,8	42,1

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa – Profundidade de carbonatação em cm

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação na parede e verificou-se profundidade das mesmas em 0,3mm.

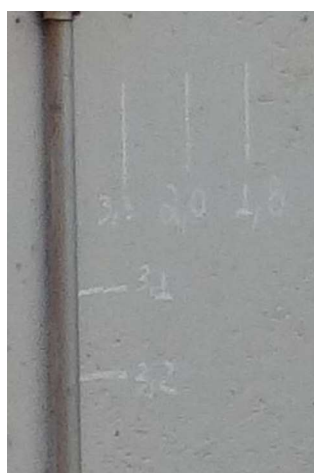


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína na parede

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede com os seguintes resultados:



PAREDE
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 18 à 32mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara A	Parede		0,3	>5	OK	3000	>3000	OK	42,0	>40	OK	18	>50	NÃO
*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual														
LEGENDA:														
OK			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.											
NÃO			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade											

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

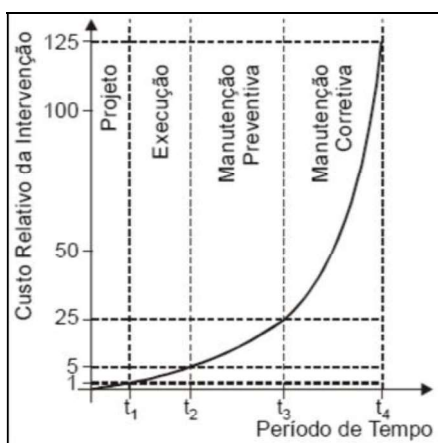
	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	740,00	10,00	1,4%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência superior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), porem com prejuízo quanto à durabilidade, haja vista o pouco cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Na laje de cobertura, verificou se falhas no sistema de impermeabilização, bem como pontos de infiltração;

- 12.3.** Verificou se ainda, nas paredes externas, pontos com avançado processo de infiltração e crescimento de vegetação, além de ocorrência de pequenas fissuras;
- 12.4.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.5.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras, sem ocorrência deformações.
- 12.6.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.7.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.
- Nas paredes externas, após o tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;
- Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;
- No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

- Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra

-Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR-5410.

São Lourenço, 22 de setembro de 2018

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-08**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 25/07/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Av. Joseph S. Harb com Av. Genaro Magrini

Bairro: Jardim Eliana

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 70,0 m² e altura de 29,0 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 500.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 44 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

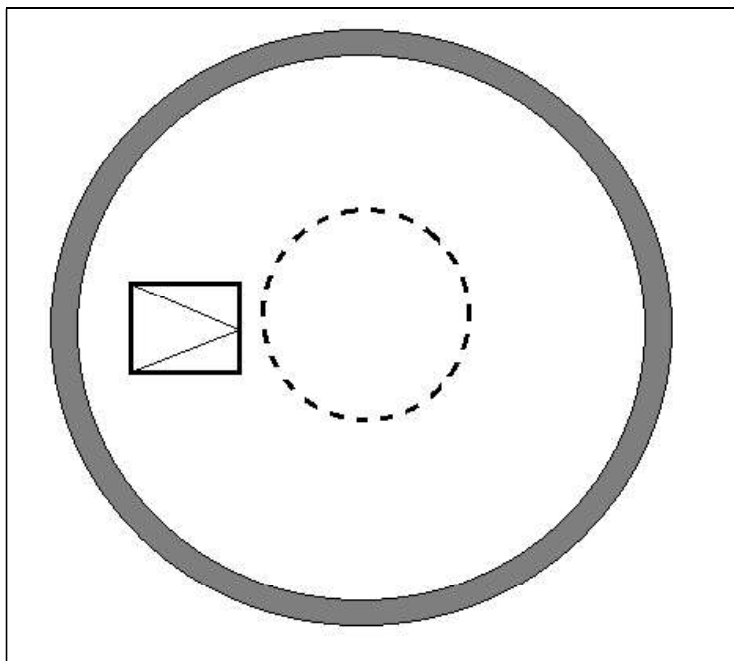
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede, com medição da seguinte velocidade de pulso de 4.174 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em parede no exterior do reservatório com indicação de resistência acima dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual e também acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 AS NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-08				Data:	25/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
	>1800	90º	46	38	0,2	0,99	37,3	
	>1800	90º	46	38	0,2	0,99	37,3	
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8
	>1800	90º	51	42	0,2	0,99	41,4	41,4
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5
	>1800	90º	52	43	0,2	0,99	42,2	42,2
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8
				MÉDIA	43		MÉDIA	42,7

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna e verificou-se profundidade das mesmas em 0,2mm.

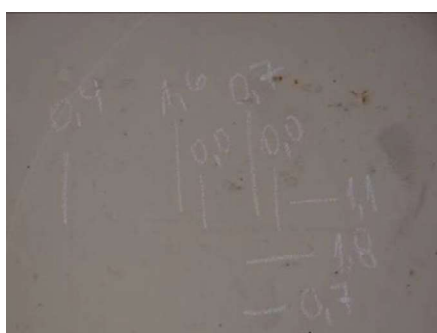


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede com o seguinte resultados:



PAREDE
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 0 à 18mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara A	Parede		0,2	>5	OK	4174	>3000	OK	43,0	>40	OK	0~18	>50	NÃO
*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual														
LEGENDA:														
OK			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.											
NÃO			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade											

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	740,00	10,00	1,4%

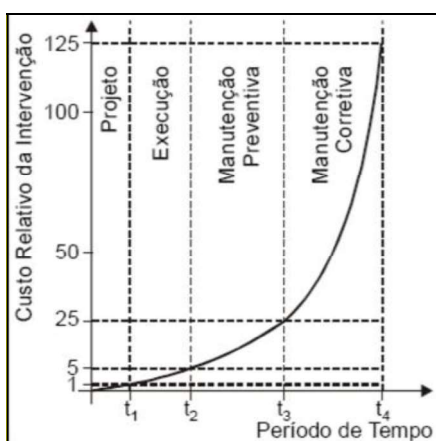
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência superior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Na laje de cobertura, foi identificada falha na impermeabilização, tampas dos alçapões deterioradas, ausência de guarda corpo e equipamento de monitoramento danificado, bem como instalações elétricas fora de conformidade técnica (NBR-5410);
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a

resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.

12.4. As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.

12.5. As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

-Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.
- Nas paredes externas, após o tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção das tubulações e dos registros de manobra
- Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR-5410.
- Instalar guarda corpo na laje de cobertura.

São Lourenço, 24 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-17**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 24/07/2018 no período de 09h30min as 11h40min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Av. Antonio Coradine entre Alameda Paulista e Rua Candido Portinari

Bairro: Vila Xavier

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional apoiado e semi-enterrado, com área de 491,0 m² e altura de 4,50 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por duas câmaras de 952.000 litros cada, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado crítico de conservação e idade aparente de 25 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

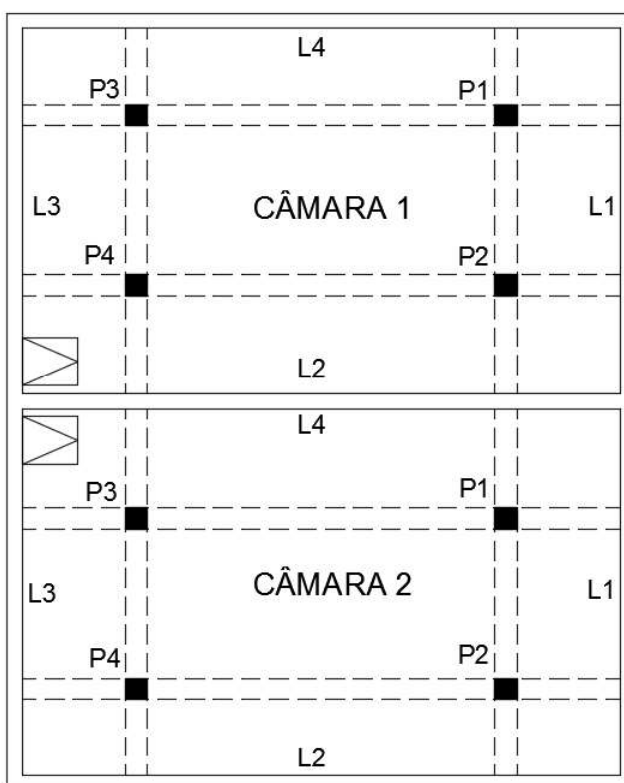
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 2.171 m/s e 2.947 m/s conferindo, respectivamente, qualidade ruim e boa da capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA								
Local:	RESERVATÓRIO - R-17				Data:	24/07/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
Parede Câmara 1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	42	34	0,3	0,99	34,1	34,1	
	>1800	90º	46	38	0,3	0,99	37,3	37,3	
	>1800	90º	46	38	0,3	0,99	37,3	37,3	
	>1800	90º	42	34	0,3	0,99	34,1	34,1	
	>1800	90º	43	35	0,3	0,99	34,9	34,9	
	>1800	90º	42	34	0,3	0,99	34,1	34,1	
	>1800	90º	54	44	0,3	0,99	43,8		
	>1800	90º	44	36	0,3	0,99	35,7	35,7	
	>1800	90º	44	36	0,3	0,99	35,7	35,7	
	>1800	90º	42	34	0,3	0,99	34,1	34,1	
	>1800	90º	44	36	0,3	0,99	35,7	35,7	
	>1800	90º	41	34	0,3	0,99	33,3	33,3	
			MÉDIA	36		MÉDIA	36,0	35,1	
Parede Câmara 2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	45	37	0,4	0,97	35,8	35,8	
	>1800	90º	45	37	0,4	0,97	35,8	35,8	
	>1800	90º	47	39	0,4	0,97	37,4	37,4	
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6	
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6	
	>1800	90º	44	36	0,4	0,97	35,0	35,0	
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6	
	>1800	90º	48	39	0,4	0,97	38,2	38,2	
	>1800	90º	47	39	0,4	0,97	37,4	37,4	
	>1800	90º	52	43	0,4	0,97	41,4	41,4	
	>1800	90º	50	41	0,4	0,97	39,8	39,8	
	>1800	90º	52	43	0,4	0,97	41,4	41,4	
			MÉDIA	39		MÉDIA	37,8	37,6	

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 0,3mm e 0,4mm.



Vista da asperção da solução de fenolftaleína em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

- 10.5.1.** O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;
- 10.5.2.** Realizado ensaio de pacometria em paredes e pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:

CÂMARA 1
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 02 à 23mm

CÂMARA 2
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 03 à 16mm



Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 1 e 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Parede	0,3	>5	OK	2171	>3000	NÃO	36,0	>40	NÃO	2~23	>50	NÃO
Câmara 2	Parede	0,4	>5	OK	2947	>3000	OK	38,0	>40	NÃO	3~16	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

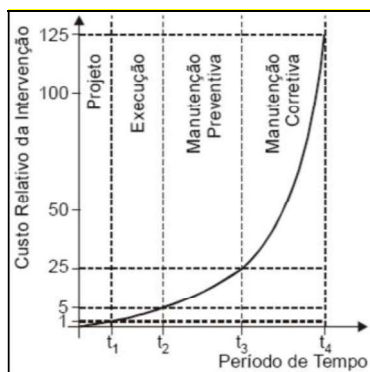
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	860,00	260,00	30,2%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), porém com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Na laje de cobertura verificou-se várias trincas, deformações importantes, o que pode comprometer a estabilidade da estrutura, e falhas no sistema de impermeabilização;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e falha de dimensionamento;
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco crítico, sendo recomendada a intervenção em curto prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS E PILARES:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

- Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO – LAJE DE COBERTURA:

- Promover a substituição da laje e vigas, com elaboração e execução de projeto em conformidade com a norma técnica NBR 6118;

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/PILARES/TETO

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

- Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

- No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

- Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

-Promover a revisão e manutenção das tubulações e dos registros de manobra

São Lourenço, 25 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-08**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 25/07/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Av. Joseph S. Harb com Av. Genaro Magrini

Bairro: Jardim Eliana

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 70,0 m² e altura de 29,0 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 500.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 44 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos; tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

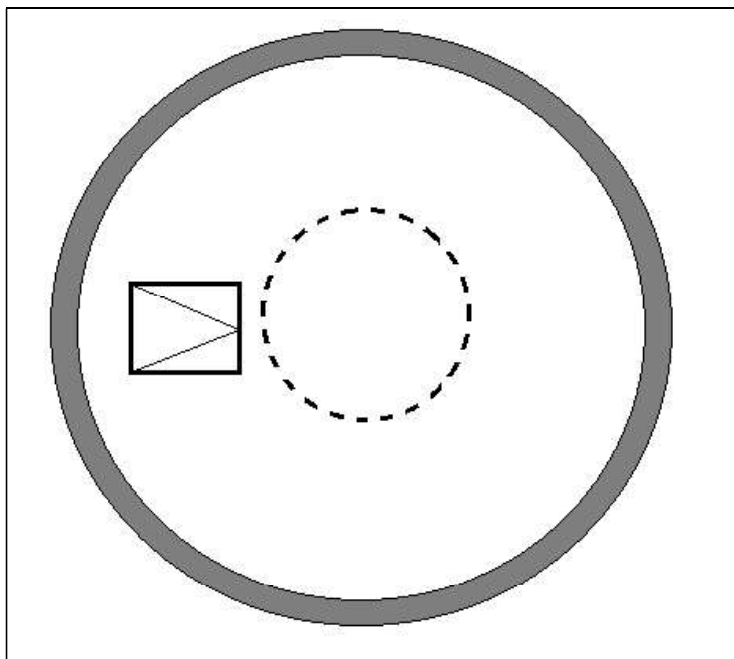
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede, com medição da seguinte velocidade de pulso de 4.174 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.3.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.3.4. Foram realizados ensaios de esclerometria em parede no exterior do reservatório com indicação de resistência acima dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual e também acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 AS NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-08				Data:	25/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	46	38	0,2	0,99	37,3	
	>1800	90º	46	38	0,2	0,99	37,3	
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8
	>1800	90º	51	42	0,2	0,99	41,4	41,4
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	50	41	0,2	0,99	40,6	40,6
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5
	>1800	90º	56	46	0,2	0,99	45,5	45,5
	>1800	90º	52	43	0,2	0,99	42,2	42,2
	>1800	90º	54	44	0,2	0,99	43,8	43,8
			MÉDIA	43		MÉDIA	42,7	43,3

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.4.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.4.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.4.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna e verificou-se profundidade das mesmas em 0,2mm.

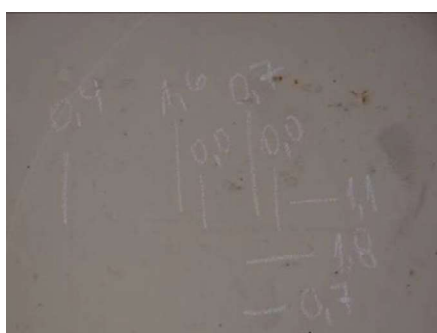


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede com o seguinte resultados:



PAREDE
Parede: Ferro 12,5mm
Profundidade: 0 à 18mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara A	Parede		0,2	>5	OK	4174	>3000	OK	43,0	>40	OK	0~18	>50	NÃO
*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual														
LEGENDA:														
OK			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.											
NÃO			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade											

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	740,00	10,00	1,4%

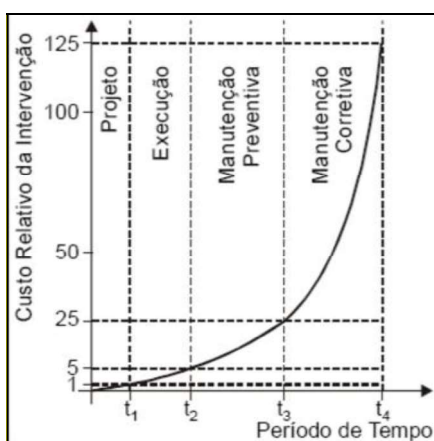
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência superior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Na laje de cobertura, foi identificada falha na impermeabilização, tampas dos alçapões deterioradas, ausência de guarda corpo e equipamento de monitoramento danificado, bem como instalações elétricas fora de conformidade técnica (NBR-5410);
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a

resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.

12.4. As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.

12.5. As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

-Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.
- Nas paredes externas, após o tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção das tubulações e dos registros de manobra
- Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR-5410.
- Instalar guarda corpo na laje de cobertura.

São Lourenço, 24 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-20**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 30/07/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

PARQUE PLANALTO – Antiga Estrada Boiadeira

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 37,39 m² e altura de 21,20 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por duas câmaras de 250.000 litros cada, impermeabilizado com manta asfáltica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 25 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

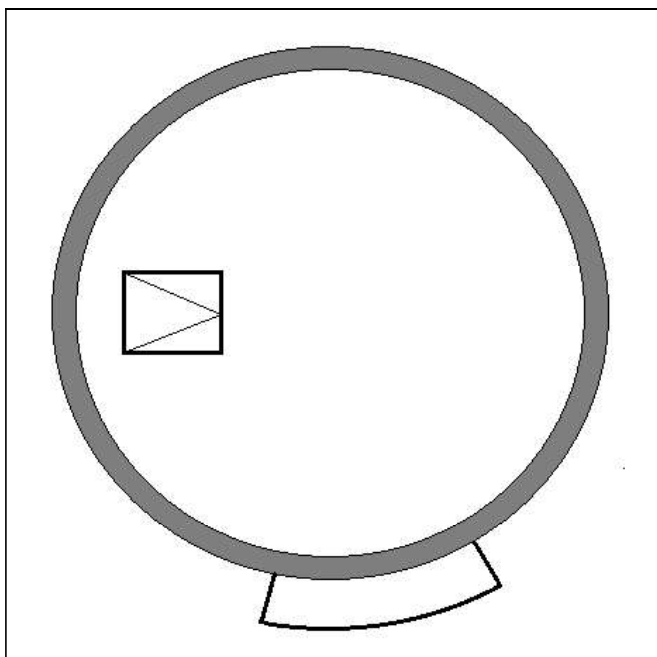
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes das câmaras 1 e 2, respectivamente, com medições das seguintes velocidades de pulso de 3.383 m/s e 2.960 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em paredes no exterior de cada uma das câmaras com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-20				Data:	30/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa 1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	52	43	0,4	0,97	41,4	
	>1800	90º	52	43	0,4	0,97	41,4	
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6
	>1800	90º	41	34	0,4	0,97	32,6	32,6
	>1800	90º	36	30	0,4	0,97	28,6	
	>1800	90º	38	31	0,4	0,97	30,2	
	>1800	90º	39	32	0,4	0,97	31,0	
	>1800	90º	42	34	0,4	0,97	33,4	33,4
	>1800	90º	44	36	0,4	0,97	35,0	35,0
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6
	>1800	90º	46	38	0,4	0,97	36,6	36,6
>1800	90º	44	36	0,4	0,97	35,0	35,0	
			MÉDIA	36		MÉDIA	34,3	35,1
Parede Externa 2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	47	39	0,5	0,97	37,4	37,4
	>1800	90º	50	41	0,5	0,97	39,8	
	>1800	90º	44	36	0,5	0,97	35,0	35,0
	>1800	90º	48	39	0,5	0,97	38,2	
	>1800	90º	44	36	0,5	0,97	35,0	35,0
	>1800	90º	37	30	0,5	0,97	29,4	
	>1800	90º	49	40	0,5	0,97	39,0	
	>1800	90º	41	34	0,5	0,97	32,6	32,6
	>1800	90º	41	34	0,5	0,97	32,6	32,6
	>1800	90º	45	37	0,5	0,97	35,8	35,8
	>1800	90º	38	31	0,5	0,97	30,2	
>1800	90º	34	28	0,5	0,97	27,0		
			MÉDIA	35		MÉDIA	34,1	34,7

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e aspersão de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em pilares internos das câmaras 1 e 2 verificou-se profundidade das mesmas em 0,4mm e 0,5mm, respectivamente.



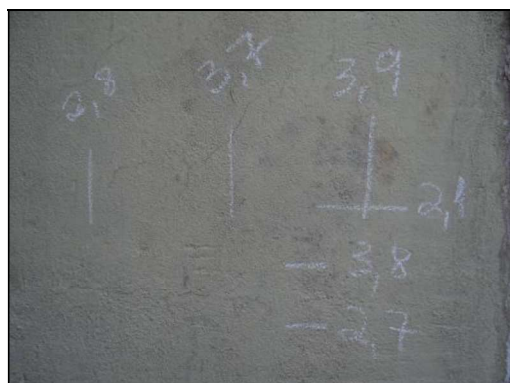
Vista da aspersão da solução de fenolftaleína
em pilares das câmaras 1 e 2

10.5. Do ensaio de pacometria:

- 10.5.1.** O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;
- 10.5.2.** Realizado ensaio de pacometria em paredes e pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:

CÂMARA 1
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 21 à 39mm

CÂMARA 2
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 46 à 65mm



Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 1 e 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Parede	0,4	>5	OK	3383	>3000	OK	35,0	>40	OK	21	>50	NÃO
Câmara 2	Parede	0,5	>5	OK	2960	>3000	OK	35,0	>40	OK	46	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

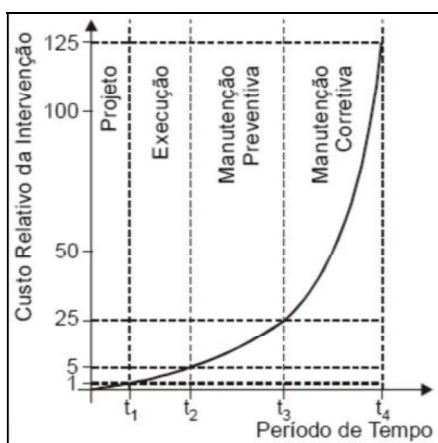
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M ²)	DETERIORADO (M ²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	580,00	10,00	1,7%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porém com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Na laje de cobertura foram identificadas falhas de instalação no sistema de SPDA;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em longo prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes;

-Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica com consumo de 300gr/m², atingido em três demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção das tubulações e dos registros de manobra.
- Restaurar instalações de sistema de monitoramento.
- Promover reforma do sistema de proteção de descargas atmosféricas SPDA.

São Lourenço, 26 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-22**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 23/07/2018 no período de 07h30min as 10h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Estrada do Ouro entre Rua "F" e Rua "E".

Bairro: Condomínio Satélite

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 60,0 m² e altura de 19,2 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 350.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 20 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 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/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 carpetê 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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

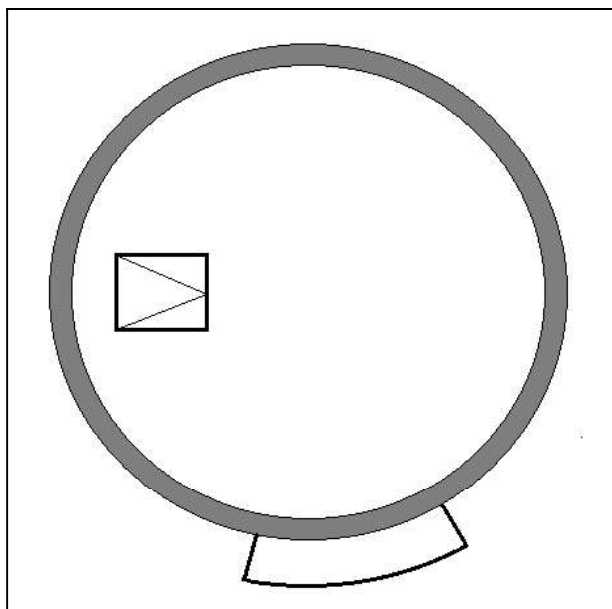
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em parede do reservatório, com medição da seguinte velocidade de pulso de 3.987 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em parede no exterior do reservatório com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porém acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA					 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos			
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-22				Data:		23/07/2018	
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	40	33	0,5	0,97	31,8	31,8
	>1800	90º	46	38	0,5	0,97	36,6	36,6
	>1800	90º	41	34	0,5	0,97	32,6	32,6
	>1800	90º	48	39	0,5	0,97	38,2	
	>1800	90º	42	34	0,5	0,97	33,4	33,4
	>1800	90º	43	35	0,5	0,97	34,2	34,2
	>1800	90º	42	34	0,5	0,97	33,4	33,4
	>1800	90º	42	34	0,5	0,97	33,4	33,4
	>1800	90º	45	37	0,5	0,97	35,8	35,8
	>1800	90º	34	28	0,5	0,97	27,0	
	>1800	90º	40	33	0,5	0,97	31,8	31,8
>1800	90º	39	32	0,5	0,97	31,0	31,0	
			MÉDIA	34		MÉDIA	33,4	33,4

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa – Profundidade de carbonatação em cm

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto está carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede internos do reservatório e verificou-se profundidade das mesmas em 0,5mm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede do reservatório

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em paredes do reservatório com os seguintes resultados:

CÂMARA
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 27 à 34mm



Detalhe do ensaio de pacometria em parede e pilar da câmara 1

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Parede	0,5	>5	OK	3987	>3000	OK	33,0	>40	OK	21	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

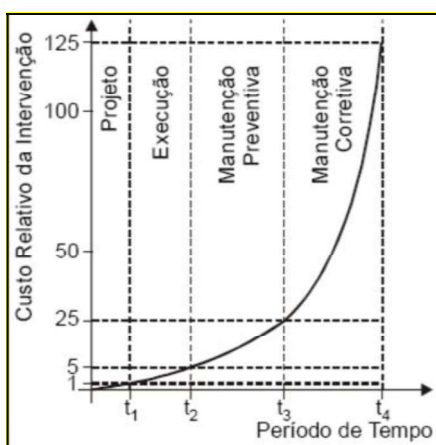
	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	380,00	5,00	1,3%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência abaixo a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porem com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Na laje de cobertura, foi verificado que o sistema de impermeabilização esta bastante deteriorado;

- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência de deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em longo prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.6.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobertura das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

- Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje
- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção das tubulações e dos registros de manobra.
- Substituir alçapão de acesso pela laje de cobertura.
- Adequar as instalações elétricas à norma técnica NBR-5410.

São Lourenço, 26 de setembro de 2018

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-26**

Agosto | 2018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:.....	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:.....	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:.....	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 02/08/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua Jacob Jorge Abi Rached, esq. Av Brandina Saavedra Campani

BAIRRO: 3º Distrito Industrial

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, cilíndrica, com área de 16,59 m² e altura de 15,50 metros, composta por uma câmara de 71.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica estruturada com tela de poliéster, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 23 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 carpetê 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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

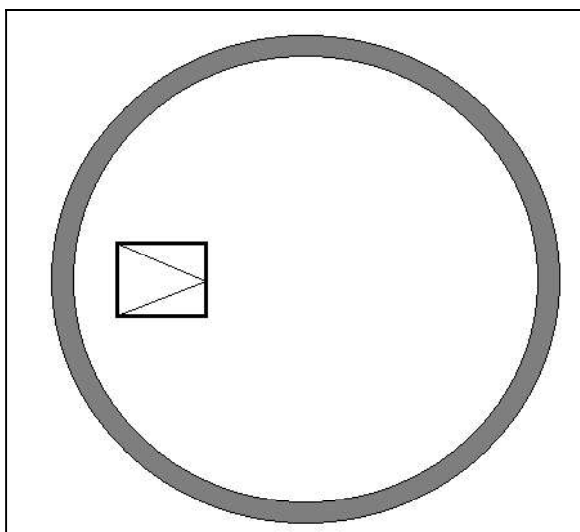
DESPASSIVAÇÃO

Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

9.2. Croqui esquemático do reservatório:



10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Do ensaio de ultrassom:

10.1.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como

estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

- 10.1.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.1.3.** Realizado ensaio de ultrassom na parede do reservatório, com medições da seguinte velocidade de pulso de 3.050 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.2. Do ensaio de esclerometria:

- 10.2.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.2.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.2.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.2.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria na parede no exterior da câmara com indicação de resistência dentro dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA							 Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-26				Data:	02/08/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede interna	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	55	45	0,8	0,94	42,4	42,4
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6	41,6
	>1800	90º	58	48	0,8	0,94	44,7	
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6	41,6
	>1800	90º	52	43	0,8	0,94	40,1	40,1
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	38,5
	>1800	90º	56	46	0,8	0,94	43,2	
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	52	43	0,8	0,94	40,1	40,1
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	38,5
>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8		
			MÉDIA	41		MÉDIA	38,7	39,8

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.3. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.3.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.3.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.3.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna de concreto verificou-se profundidade da mesma em 1mm.



Vista da asperção da solução de fenolftaleína na laje de cobertura

10.4. Do ensaio de pacometria:

10.4.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.4.2. Realizado ensaio de pacometria em paredes da câmara com os seguintes resultados:



RESERVATÓRIO
Parede: Ferro 12.5mm
Profundidade: 20 a 5mm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

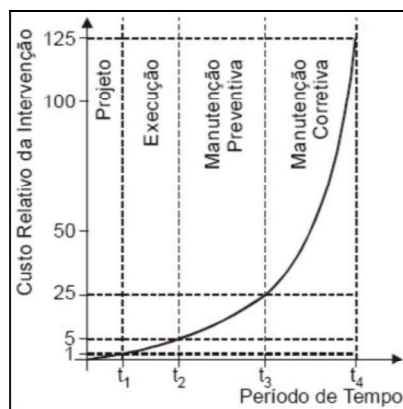
ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
P1	Parede interna		0,10	<5,0	OK	3050	>3000	OK	40,0	>40	OK	5~20	50	NÃO
*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual														
LEGENDA:														
OK			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.											
NÃO			Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade											

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M ²)	DETERIORADO (M ²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	460,00	5,00	1,1%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) dentro dos limites de aceitabilidade da norma técnica vigente (NBR-6118), porem com prejuízo quanto à durabilidade, haja vista insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental.
- 12.3.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e falhas de estanqueidade do sistema de impermeabilização.
- 12.4.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, haja vista que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.5. O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se deteriorado pontualmente, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobertura das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas, após tratamento do concreto promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

-Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

- Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama da regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.
- Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje
- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR 5410.
- Promover manutenção com substituição das tubulações oxidadas

São Lourenço, 24 de outubro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-32**

Setembro | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 26/07/2018 no período de 07h30min as 10h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Estrada Particular

Bairro: Chácara Zanin

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional elevada, com área de 60,0 m² e altura de 19,90 metros, cobertura em laje de concreto armado, apoiada em estrutura de concreto armado, composto por uma câmara de 350.000 litros, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação e idade aparente de 20 anos.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão

NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;

- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
- 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
- 7.3.5.** Deformação estrutural e
- 7.3.6.** Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

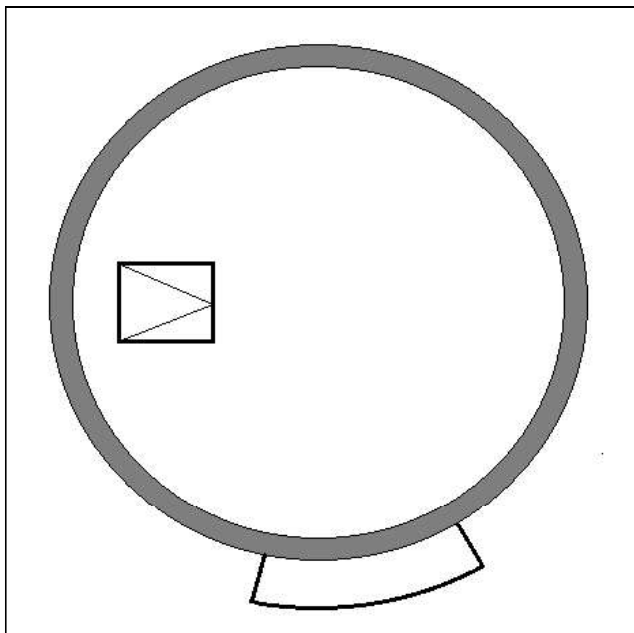
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático do reservatório:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em paredes do reservatório, com medições das seguinte velocidade de pulso de 3.262 m/s conferindo boa qualidade e capacidade de resistência ao concreto.

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em parede do reservatório com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem acima daquela determinada pela norma técnica vigente a época da construção:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA						 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos		
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-32			Data:	26/07/2018			
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Parede Externa	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	42	34	0,2	0,99	34,1	34,1
	>1800	90º	44	36	0,2	0,99	35,7	35,7
	>1800	90º	40	33	0,2	0,99	32,5	32,5
	>1800	90º	53	43	0,2	0,99	43,0	
	>1800	90º	38	31	0,2	0,99	30,8	30,8
	>1800	90º	42	34	0,2	0,99	34,1	34,1
	>1800	90º	43	35	0,2	0,99	34,9	34,9
	>1800	90º	34	28	0,2	0,99	27,6	
	>1800	90º	42	34	0,2	0,99	34,1	34,1
	>1800	90º	43	35	0,2	0,99	34,9	34,9
	>1800	90º	42	34	0,2	0,99	34,1	34,1
			MÉDIA	35		MÉDIA	34,2	33,9

K=Fator de correção idade do concreto e efeito Rusch

Resistência estimada em MPa - Profundidade de carbonatação em cm.

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmin);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna e verificou-se profundidade das mesmas em 0,2mm.

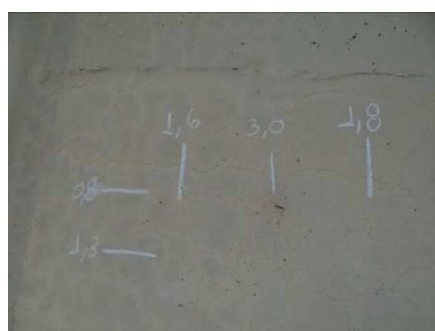


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em parede

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em parede com o seguinte resultado:



CÂMARA
Parede: Ferro 16mm
Profundidade: 8 à 30mm

Detalhe do ensaio de pacometria em parede

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL		CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (MPa)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Parede	0,2	>5	OK	3262	>3000	OK	34,0	>40	OK	8~30	>50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	380,00	8,00	2,1%

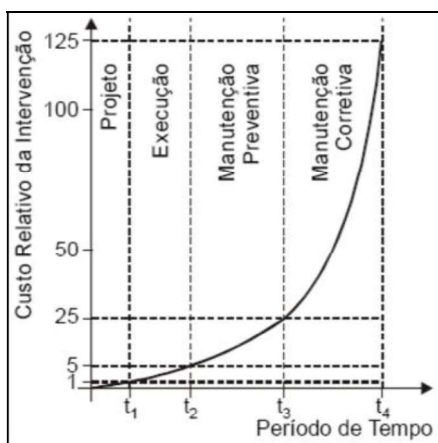
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (fck) acima da mínima determinada pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1), com resistência inferior a recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto à estabilidade estrutural, porem com prejuízo quanto à durabilidade, com insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Na laje de cobertura foram identificadas falhas no sistema de impermeabilização;

12.3. Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, principalmente se considerarmos o decurso do tempo, agressividade ambiental e a resistência do concreto, haja vista proteção dada pela camada impermeabilizante existente.

- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à insuficiência de cobrimento das armaduras e resistência do concreto abaixo da recomendação da norma técnica vigente, sem ocorrência deformações.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco crítico, sendo recomendada a intervenção em curto prazo, cabe ressaltar que estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



- 12.6.** O sistema de impermeabilização aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, precisando ser substituído em curto prazo.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente;

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

-Nos locais onde após a escovação verificar-se redução da seção das armaduras em mais de 10% promover a complementação das mesmas.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5 cm.

-Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama da regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra.
- Substituir o alçapão de acesso pela laje de cobertura.
- Adequar as instalações elétricas a norma técnica NBR 5410.

São Lourenço, 26 de setembro de 2018.

Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-10**

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	5
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	6
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	7
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 15/05/2018 no período de 08h00min as 09h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

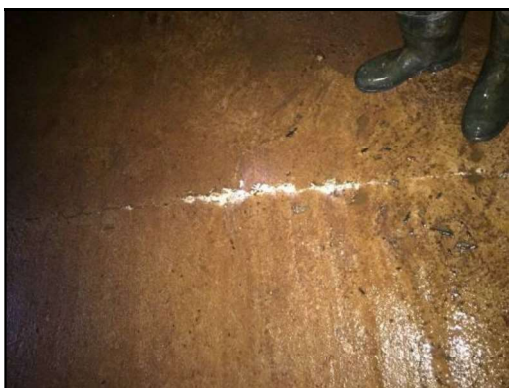
FONTE – Estação de tratamento de água

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura mista de concreto armado convencional para sustentação da cobertura de telhas metálicas e argamassa armada no fundos e laterais, construído em 1974, medindo 42m x 22,5m com 5 m de altura, composto por vigas e pilares de concreto armado e lajes de argamassa armada impermeabilizado com manta asfáltica com revestimento somente no piso, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação:



Vista exterior e interior



Vista interna do piso e lateral

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

- 6.1.** Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

- 6.2.** Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;

- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
 - 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
 - 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
 - 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;
 - 7.3.5.** Deformação estrutural e
 - 7.3.6.** Vibrações
- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;

- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 azulejados e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respaldado 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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;
- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental			
Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;

- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

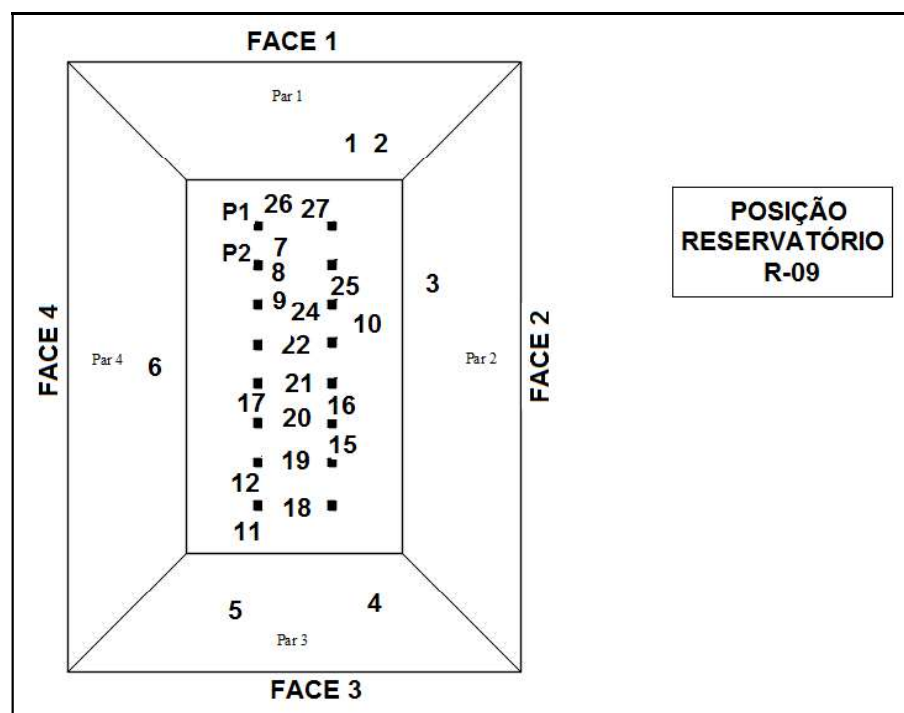
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático de localização dos pontos de ensaios:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom no Pilar 2 – Anexo 1, com medição de velocidade de 3.200m/s, conferindo boa qualidade e capacidade de resistência:



Vista ensaio no pilar 2

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria no vigamento longitudinal da estrutura de suporte do telhado com indicação de resistência superior a mínima estabelecida pela norma técnica vigente à época da construção (NB-1) e dentro dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A.S. NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos	
Cliente:		DAAE ARARAQUARA							
Local:		RESERVATÓRIO - R-10				Data:		15/05/2018	
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320									
Aferição: K=0,82									
Ponto 1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDA DE	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		
	>1800	90º	52	43	0,8	0,94	40,1		40,1
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1		23,1
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0		37,0
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	16	13	0,8	0,94	12,3		12,3
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		38,5
			MÉDIA	39		MÉDIA	36,4	DESCARTAR	
Ponto 2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDA DE	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO	
			LEITURA	ÍNDICE					
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	52	43	0,8	0,94	40,1		40,1
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	54	44	0,8	0,94	41,6		41,6
	>1800	90º	52	43	0,8	0,94	40,1		40,1
	>1800	90º	52	43	0,8	0,94	40,1		40,1
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0		37,0
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		38,5
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0		37,0
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		38,5
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		38,5
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5		38,5
			MÉDIA	42		MÉDIA	39,2	39,4	

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmin);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em vigamento da estrutura do telhado verificou-se profundidade da mesma em 3,2 mm.

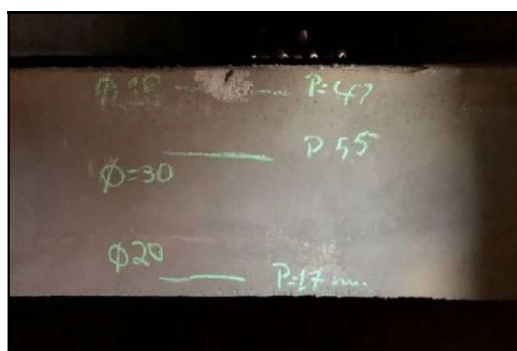


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína

10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em viga longitudinal da estrutura do telhado com os seguintes resultados:



Face Lateral: Ferros Φ :18 mm
Profundidade: 47 mm

Face Lateral: Ferros Φ :30 mm
Profundidade: 55 mm

Face Lateral: Ferros Φ :20 mm
Profundidade: 17 mm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante temos a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
1	Ponto 1	V1	3,2	1,5	NÃO	3200	>3000	OK	36,4	>40	NÃO	17	40	NÃO
2	Ponto 2	V1							39,2	>40	OK			

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	1.671,67	129,60	7,8%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

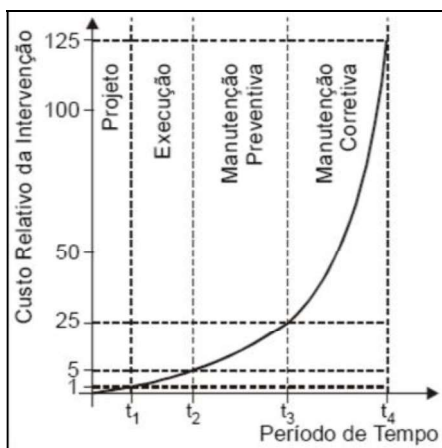
12.1. Verifica-se que o concreto utilizado é de boa qualidade, compacto e homogêneo e com resistência característica ($f_{ck} > 36$ MPa) compatível com a determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), bem como a norma técnica vigente (NBR-6118), não havendo prejuízo quanto a estabilidade estrutural, mas com prejuízo quanto a durabilidade em razão da insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

12.2. Foram identificadas exposição com corrosão de armaduras nos vigamentos e tesouras do telhado, não sendo identificadas deformações ou deslocamentos nos elementos de concreto armado da estrutura;

12.3. Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, em razão do decurso do tempo, agressividade e da resistência do concreto, no

entanto em razão do pouco cobrimento das armaduras as mesmas já se encontram em região despassivada ou em momento próximo à despassivação e portanto, sujeitas ao início do processo de corrosão, principalmente porquanto o pH medido está próximo ao limite inferior mínimo que inibiria o processo.

- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto e insuficiência de cobrimento das armaduras, sem ocorrência de expansões, fissuras ou deslocamentos;
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada intervenção em curto prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



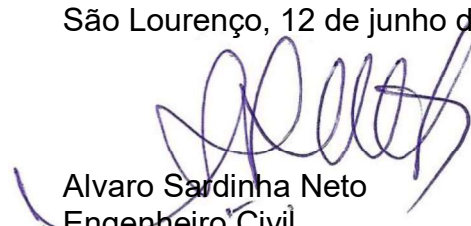
- 12.6.** As fissuras identificadas nas alvenarias de fechamento do telhado são devido à movimentação térmica diferencial e não afetam a segurança estrutural do reservatório.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

- 13.1.1.** Reparo superficial para impedir o acesso de gases de dióxido de carbono, oxigênio, água, bem como o ataque de cloretos e sulfatos, de forma a deter ou retardar o avanço da frente de carbonatação e lixiviação, compreendendo o preparo do substrato com escarificação da camada carbonatada do concreto, reconstituição ou complementação da seção das armaduras com tratamento das mesmas com remoção dos resíduos superficiais da corrosão e aplicação de tinta anti corrosiva à base de zinco, recomposição da camada de cobrimento com argamassa industrializada bi-componente ($F_{ck} \geq 40\text{MPa}$) com 4 cm de espessura e tratamento superficial com aplicação de tinta epóxi a base de água com consumo de 350gr/m^2 .
- 13.1.2.** Substituição das telhas deformadas e rachadas;
- 13.1.3.** Revisão do sistema de fixação das telhas da cobertura, com complementação e substituição de parafusos faltantes e danificados.
- 13.1.4.** Restaurar pontos de falha do sistema de impermeabilização.
- 13.1.5.** Promover a execução de proteção mecânica sobre a camada impermeabilizante das laterais, pois o contato direto da manta asfáltica com a água não é recomendado, adotando o seguinte procedimento:
- Sobre a manta asfáltica executar camada separadora com papel kraft betumado ou filme de polietileno e executar a proteção mecânica com uma argamassa de cimento e areia no traço 1:4 ou 1:5 e espessura mínima de 3 cm em quadros de 2x2 metros com juntas de trabalho na largura mínima de 1 cm e juntas perimetrais com largura mínima de 2 cm, preenchidas com mástique. A argamassa deverá estar armada com tela galvanizada.
- 13.1.6.** Na face 1 promover o tratamento das fissuras nas alvenarias de fechamento do telhado com mastique a base de poliuretano;

13.1.7. Na face 3 promover a restauração das alvenarias de fechamento do telhado e respectivos revestimentos com execução de estrutura de travamento

São Lourenço, 12 de junho de 2018.



Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-16**

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	15
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:....	17

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 17/05/2018 no período de 08h00min as 09h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua José Palamone Lepre

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional enterrada, construída em 1989, com área de 250,88 m² com 5 metros de altura, composto por duas câmaras de igual volume interligadas por câmara intermediária, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica

NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
 - 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
 - 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;

7.3.4. Deformação dos componentes da alvenaria;

7.3.5. Deformação estrutural e

7.3.6. Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

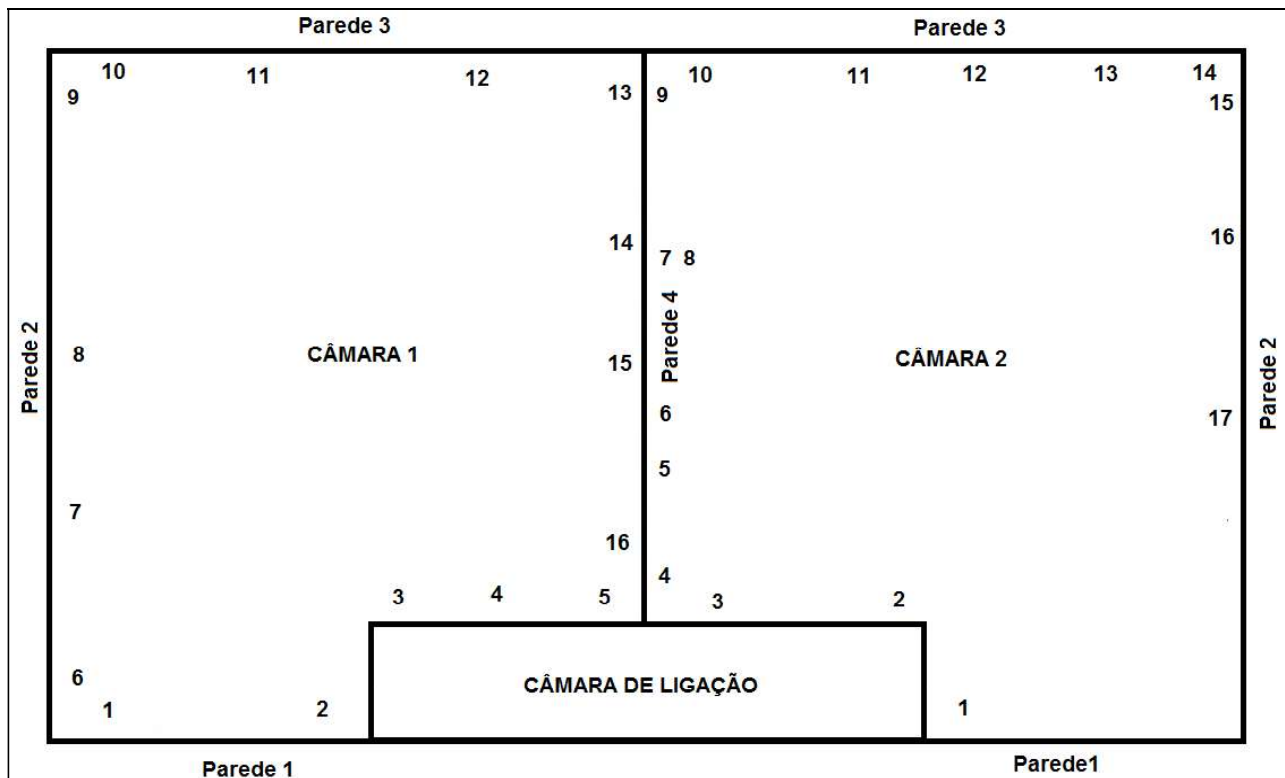
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo – Anexo 1.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático de localização dos pontos de ensaios:



10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em pilar interno, com medição de velocidade de 3.300m/s na câmara 1 e 3.000 m/s na câmara 2, conferindo boa qualidade e capacidade de resistência:



Vista ensaio em pilares internos das câmaras 1 e 2

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência dentro dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual:

CÂMARA 1

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								
A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos								
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-16				Data:	17/05/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Câmara 1 P1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	27,7
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1	
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
				MÉDIA	30		MÉDIA	28,3
Câmara 1 P2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	30,8
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	30	25	0,8	0,94	23,1	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	29,3
				MÉDIA	33		MÉDIA	30,8

CÂMARA 2

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								
A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos								
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-16				Data:	17/05/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Câmara 2 P1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE LEITURA	ÍNDICE	PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
	>1800	90º	36	35	0,8	0,94	32,9	32,9
	>1800	90º	34	32	0,8	0,94	30,1	
	>1800	90º	36	35	0,8	0,94	32,9	32,9
	>1800	90º	38	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	38	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	38	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	36,7
			MÉDIA	38		MÉDIA	35,5	36,0
Câmara 2 P2	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE LEITURA	ÍNDICE	PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
	>1800	90º	42	46	0,8	0,94	43,2	43,2
	>1800	90º	46	54	0,8	0,94	50,8	
	>1800	90º	46	54	0,8	0,94	50,8	
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	
	>1800	90º	40	39	0,8	0,94	36,7	
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
	>1800	90º	44	50	0,8	0,94	47,0	47,0
			MÉDIA	48		MÉDIA	44,7	46,5

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em vigamento da estrutura da laje de tampa verificou-se profundidade da mesma 3mm na câmara 1 e 3,8mm na câmara 2 mm.

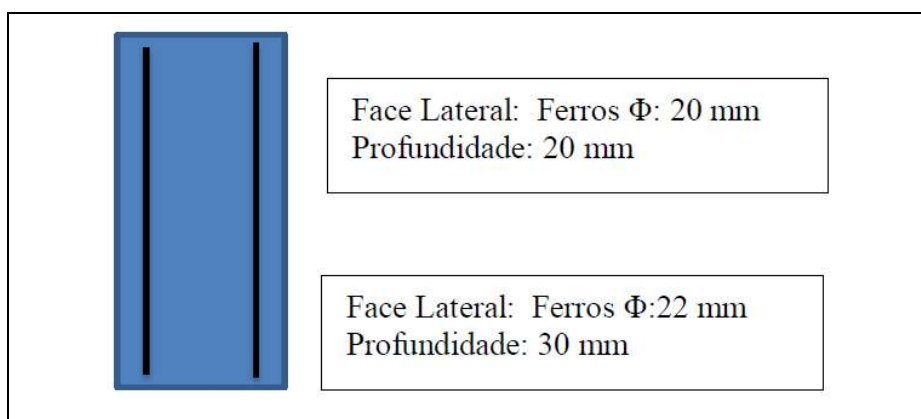


Vista da aspersão da solução de fenolftaleína nas lajes de cobertura das câmaras 1 e 2

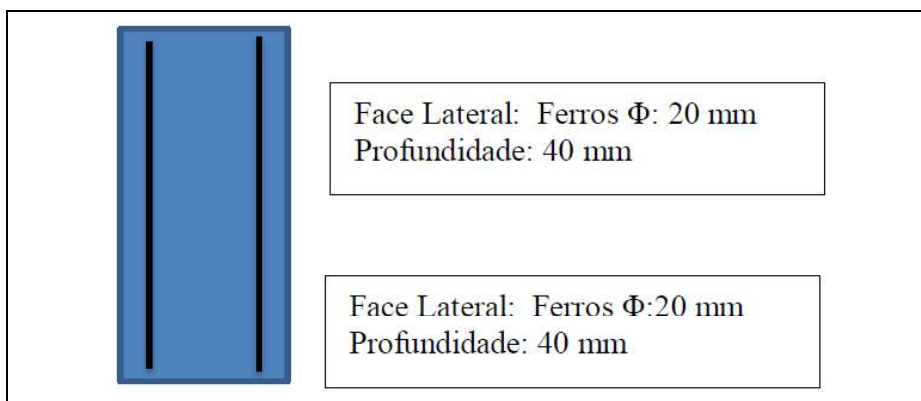
10.5. Do ensaio de pacometria:

10.5.1. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.5.2. Realizado ensaio de pacometria em pilares das câmaras 1 e 2 com os seguintes resultados:



Câmara 1



Câmara 2

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante temos a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
Câmara 1	Laje de cobertura		0,38	1,5	OK									
Câmara 1	Pilar	P1				3.300	>3000	OK	29,0	>40	NÃO	20	50	NÃO
Câmara 1	Pilar	P2							31,0	>40	NÃO			
Câmara 2	Laje de cobertura		0,2	1,5	OK									
Câmara 2	Pilar	P1				3.000	>3.000	OK	36,0	>40	NÃO	40	50	NÃO
Câmara 2	Pilar	p2							46,0	>40	OK			

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

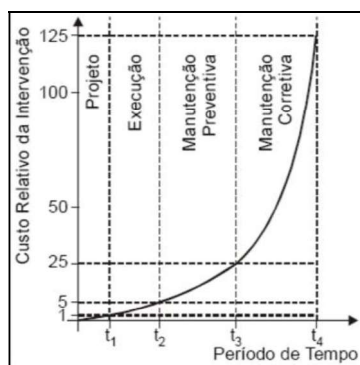
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	948,19	12,54	1,3%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

12.1. Verifica-se que o concreto utilizado é de boa qualidade, compacto e homogêneo e com resistência característica (fck) compatível com a determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), no entanto não atende a norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto a estabilidade estrutural, mas com prejuízo quanto a durabilidade em razão da insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;

- 12.2.** Foram identificadas exposição com corrosão de armaduras em diversos pontos do teto, bem como deslocamentos da camada de cobrimento das armaduras do fundo da laje de teto, não sendo identificadas deformações nos elementos de concreto armado da estrutura;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, em razão do decurso do tempo, agressividade e da resistência do concreto, no entanto no fundo da laje de teto, em razão do pouco cobrimento das armaduras as mesmas já se encontram em região despassivada ou em momento próximo à despassivação e portanto, sujeitas ao início do processo de corrosão, principalmente porquanto o pH medido está próximo ao limite inferior mínimo que inibiria o processo.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto e insuficiência de cobrimento das armaduras, sem ocorrência de expansões, fissuras ou deslocamentos e a deformações diferenciais entre tampa e paredes, devido à insuficiência de armadura;
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada intervenção em curto prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. LAJE DE PISO INTERNO:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 1,5 cm.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. PAREDES INTERNAS:

- Remover a camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 1,5 cm.

13.1.1.3. LAJE DE COBERTURA

- Executar reforço estrutural nos cantos das lajes com implementação de armadura de canto.

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 2,0cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;
- Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;
- No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

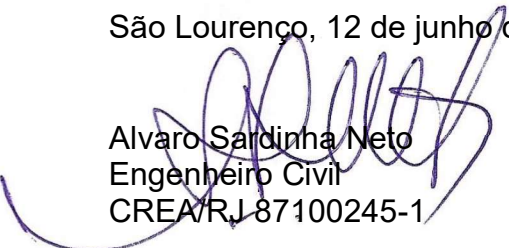
- Remover o revestimento e eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

- Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje
- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra
- Revisar o dimensionamento das tubulações de descarga, pois há relatos de que seriam insuficientes.
- Restaurar os gradis de guarda corpo.

São Lourenço, 12 de junho de 2018.


Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**



DAAE Araraquara **Reservatório R-24**

Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	14
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	15
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:	16

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 16/05/2018 no período de 08h00min as 09h30min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua José Palamone Lepre

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional enterrada, construída em 1995, com área de 250,88 m² com 5 metros de altura, composto por duas câmaras de igual volume interligadas por câmara intermediária, impermeabilizado com argamassa polimérica, em terreno plano de zona urbana do município, com estado regular de conservação.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultra sônica

NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
 - 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
 - 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;
 - 7.3.4.** Deformação dos componentes da alvenaria;

7.3.5. Deformação estrutural e

7.3.6. Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2. As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3. A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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.

- 8.4. O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

- 8.9.** O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;
- 8.10.** São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:
- 8.10.1.** Capacidade resistente;
 - 8.10.2.** Desempenho de serviço e
 - 8.10.3.** Durabilidade.
- 8.11.** A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

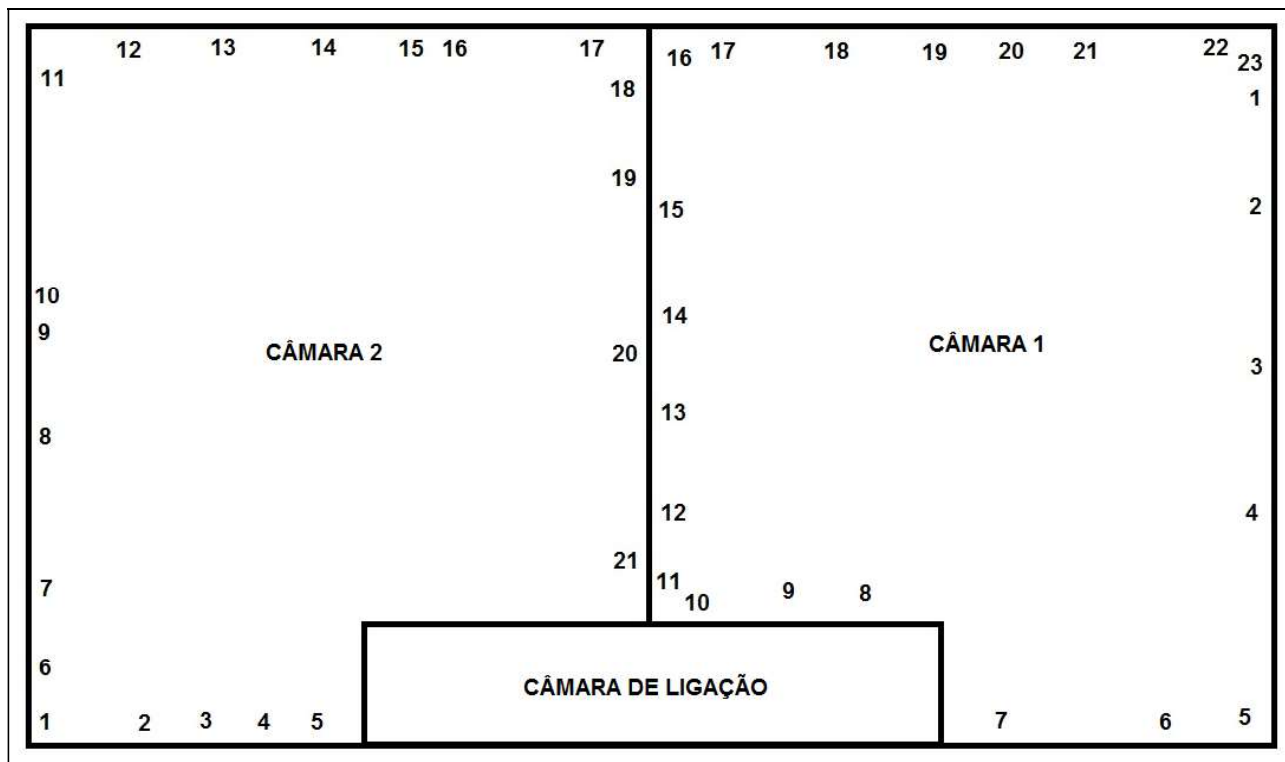
Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Croqui esquemático de localização dos pontos de ensaios:

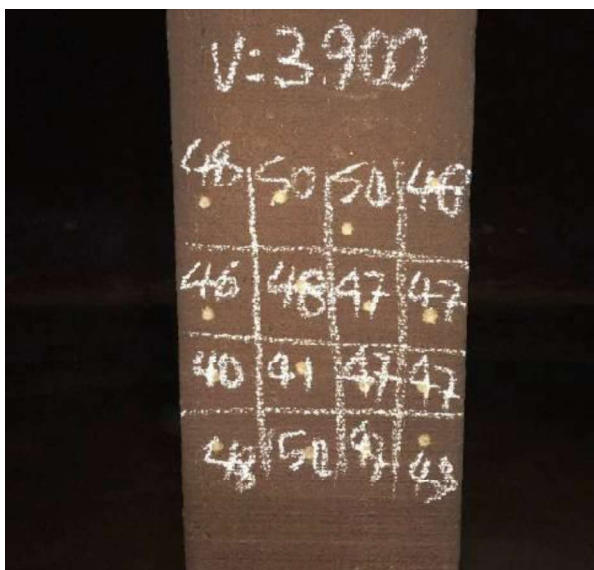


10.2. Do ensaio de ultrassom:

- 10.2.1.** O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;
- 10.2.2.** Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

- 10.2.3.** Realizado ensaio de ultrassom em pilar interno, com medição de velocidade de 3.900m/s, conferindo boa qualidade e capacidade de resistência:



Vista ensaio em pilar interno

10.3. Do ensaio de esclerometria:

- 10.3.1.** O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;
- 10.3.2.** Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;
- 10.3.3.** O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;
- 10.3.4.** Foram realizados ensaios de esclerometria em pilares no interior de cada uma das câmaras com indicação de resistência dentro dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								
								
Cliente:		DAAE ARARAQUARA						
Local:		RESERVATÓRIO - R-24				Data:	15/05/2018	
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Câmara 1 P1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA	ÍNDICE	PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	56	46	0,8	0,94	43,2	
	>1800	90º	41	34	0,8	0,94	31,6	
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
				MÉDIA	38	MÉDIA		35,8
Câmara 2 P1	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA	ÍNDICE	PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	38,5
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	38,5
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	41	34	0,8	0,94	31,6	
	>1800	90º	47	39	0,8	0,94	36,2	36,2
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	38,5
				MÉDIA	38	MÉDIA		35,9

10.4. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

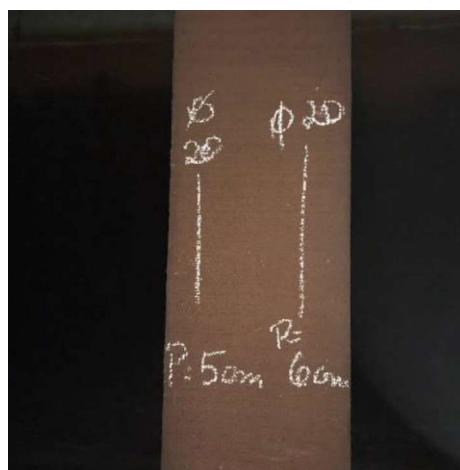
- 10.4.1.** A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);
- 10.4.2.** A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;
- 10.4.3.** Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em vigamento da estrutura da laje de tampa verificou-se profundidade da mesma em 4 mm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína

10.5. Do ensaio de pacometria:

- 10.5.1.** O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;
- 10.5.2.** Realizado ensaio de pacometria em vigamento da estrutura da laje de tampa com os seguintes resultados:



Face Lateral: Ferros Φ : 20 mm
Profundidade: 50 mm

Face Lateral: Ferros Φ : 20 mm
Profundidade: 60 mm

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante temos a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
C-1 - P1			0,3	1,5	OK	3900	>3000	OK	35,6	>40	OK	50	50	OK
C-2 - P1									36,9	>40	OK			

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:

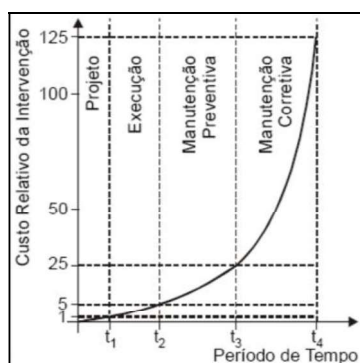
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	948,00	55,00	5,8%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado é de boa qualidade, compacto e homogêneo e com resistência característica (fck) compatível com a determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), no entanto não atende a norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto a estabilidade estrutural, mas com prejuízo quanto a durabilidade em razão da insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** No fundo da laje de cobertura foram identificadas exposição e corrosão de armaduras em diversos pontos, bem como deslocamentos da camada de cobrimento, sem deformações nos elementos de concreto armado da estrutura;
- 12.3.** Quanto à frente de carbonatação temos que o avanço da mesma não é expressivo, em razão do decurso do tempo, agressividade e da resistência do concreto, no entanto no fundo da laje de cobertura, em razão do pouco cobrimento das armaduras as mesmas já se encontram em região despassivada ou em momento próximo à despassivação e portanto, sujeitas ao início do processo de corrosão, principalmente porquanto o pH medido está próximo ao limite inferior mínimo que inibiria o processo.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto e insuficiência de cobrimento das armaduras, sem ocorrência de expansões, fissuras ou deslocamentos e a deformações diferenciais entre tampa e paredes, devido à insuficiência de armadura;
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco regular, sendo recomendada intervenção em curto prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. LAJE DE PISO INTERNO:

-Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 1,5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. PAREDES INTERNAS:

- Remover a camada de impermeabilização existente;

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 1,5 cm.

13.1.1.3. LAJE DE COBERTURA

- Executar reforço estrutural nos cantos das lajes com implementação de armadura de canto.

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;

- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.

- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 2,0cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

- Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

- Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

- No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes e pilares.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

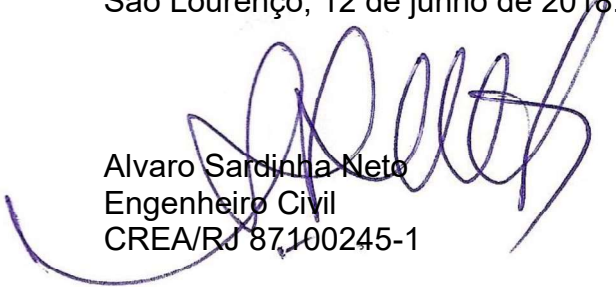
13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

- Remover o revestimento e eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.
- Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje
- Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;
- Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;
- Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra
- Restaurar os gradis de guarda corpo.

São Lourenço, 12 de junho de 2018.


Alvaro Sardinha Neto
Engenheiro Civil
CREA/RJ 87.100245-1

LAUDO TÉCNICO DE **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**

DAAE Araraquara **Reservatório R-11**



Junho | 2.018

Sumário:

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:	3
2. FINALIDADE DO LAUDO:	3
3. OBJETIVO DO LAUDO:.....	3
4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:	3
5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	4
6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:	4
7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:	5
8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:	6
9. DA VISTORIA:	10
10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:	10
11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	13
12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:	14
13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:.....	15

1. IDENTIFICAÇÃO DO SOLICITANTE:

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

Contrato nº. 047/2018

CNPJ nº. 44.239.770/0001-67

2. FINALIDADE DO LAUDO:

Atender exigência contratual relativa ao processo licitatório de tomada de preço nº. 003/2018, relativa à elaboração laudo técnico estrutural a fim de diagnosticar as reais condições de estabilidade dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, conforme quantidades e especificações constantes nos anexos do edital.

3. OBJETIVO DO LAUDO:

Promover vistoria e ensaios tecnológicos nas estruturas de concreto armado e argamassa armada dos reservatórios em concreto armado e argamassa armada do DAAE, destinados ao abastecimento de água na cidade de Araraquara, com elaboração de laudo técnico estrutural diagnóstico quanto as reais condições de estabilidade dos mesmos.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES:

- 4.1.** A inspeção técnica, bem como a realização dos ensaios de campo e extrações de amostras e corpos de prova do concreto foram realizados no dia 04/07/2018 no período de 08h00min as 11h00min;
- 4.2.** As conclusões deste trabalho são baseadas nos aspectos físicos e anomalias aparentes, bem como em levantamentos de dados dos elementos estruturais com elaboração de ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassom e da profundidade da frente de carbonatação, com referência à bibliografia técnica e normas técnicas pertinentes.

5. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:

5.1. Localização:

Rua Dr. Amaury P. Castro Monteiro esquina c/ Av. Miguel Bucalem
Jardim Iguatemi

5.2. Caracterização:

Trata-se de estrutura de concreto armado convencional em formato cilíndrico, construída em 1981, com área de projeção de 33,00 m² e altura de 20 metros, composto por duas câmaras com capacidade para 400.000 litros cada, em terreno plano de zona urbana do município, com estado entre regular de conservação.

6. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS:

6.1. Realização de vistoria de nível 3, com identificação de anomalias e falhas aparentes, de conformidade com as normas técnicas brasileiras e com a norma de inspeção predial do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia:

“NÍVEL 3

Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou de manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para a melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.”

6.2. Consulta as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e outros procedimentos técnicos a seguir relacionados:

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR-6118/2014	Execução de estrutura de concreto – Procedimentos
NBR-7584/1995	Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão
NBR-8802/2003	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de

	propagação de onda ultra sônica
NBR-13752/1996	Perícias de engenharia na construção civil
RILEM CPC18	Profundidade de carbonatação
IBAPE	Norma de inspeção predial

- 6.3.** Realização de ensaio da velocidade de propagação do pulso ultrassônico;
- 6.4.** Realização de ensaio de esclerometria;
- 6.5.** Realização de ensaio para determinação da profundidade da frente de carbonatação;
- 6.6.** Realização de ensaio de pacometria;
- 6.7.** Elaboração de laudo técnico e recomendações para reabilitação das estruturas existentes de conformidade com a norma técnica NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil com relatório fotográfico da vistoria.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PRELIMINARES:

- 7.1.** Dentre os aspectos das patologias que atingem uma edificação, particularmente importante são as trincas, pois indicam aviso de situação crítica da estrutura ou comprometimento do desempenho da obra ou constrangimento psicológico.
- 7.2.** As características e morfologia das fissuras indicam a qual fenômeno a mesma estaria relacionada;
- 7.3.** Os mecanismos de formação de fissuras em uma edificação são diversos e estudos científicos demonstram que as características físicas aparentes das mesmas, juntamente com análise do conjunto da construção indicarão se as mesmas estão relacionadas a:
- 7.3.1.** Movimentações térmicas;
- 7.3.2.** Movimentações higroscópicas;
- 7.3.3.** Sobrecargas ou dimensionamento inadequado da estrutura de concreto;

7.3.4. Deformação dos componentes da alvenaria;

7.3.5. Deformação estrutural e

7.3.6. Vibrações

- 7.4.** Em elementos estruturais, além das fissuras causadas por sobrecarga existem aquelas devido à corrosão das armaduras, haja vista que durante o processo de corrosão há expansão das barras de aço, gerando tensões internas de tração na argamassa do concreto maiores que aquelas que ela é capaz de resistir;
- 7.5.** As fissuras originadas por movimentações térmicas e de umidade são oriundas das tensões geradas pelas variações dimensionais de seus elementos constituintes, que podem ser agravadas quando existem lajes a elas associadas;
- 7.6.** As fissuras originadas por retração de produtos à base de cimento ocorrem devido às tensões internas que ocorrem durante o processo de cura;
- 7.7.** Os danos causados por infiltrações e vazamentos têm características próprias, pois a resposta e danos dos elementos constituintes da construção à presença da água são característicos;
- 7.8.** Mudanças higroscópicas alteram o teor de umidade dos materiais de construção e em razão de sua maior ou menor porosidade e capilaridade induzindo variações dimensionais;

8. CONSIDERAÇÕES QUANTO A NBR-6118:

- 8.1.** A classe de agressividade ambiental do local onde a estrutura se encontra é definida de conformidade com a tabela 6.1 do item 6.4.2 da NBR 6118 e determinará a espessura mínima do cobrimento das armaduras das lajes, vigas e pilares, bem como o limite para abertura de fissuras, para garantia da durabilidade;

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b} Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

- 8.2.** As estruturas de concreto em questão estão situadas em área de classe de agressividade ambiental muito forte (nível IV – Industrial);
- 8.3.** A tabela 7.2 do subitem 7.4.7.6 da NBR 6118, adiante apresentada, determina os cobrimentos nominais mínimos das armaduras em correspondência com a classe de agressividade ambiental:

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/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 carpetê 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.

- 8.4.** O item 13.4 da NBR 6118 trata do controle de fissuração e proteção das armaduras e afirma ser inevitável a fissuração em elementos estruturais de concreto, estabelecendo limite para o qual não há importância significativa para abertura máxima característica das fissuras entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da classe de agressividade ambiental;

- 8.5.** O limite para abertura de fissuras, relacionadas à durabilidade e proteção das armaduras em função da classe de agressividade ambiental é determinado pela tabela 13.4 da NBR 6118:

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- 8.6.** No caso em análise os cobrimentos mínimos e limites para abertura de fissuras para garantir a proteção das armaduras das peças de concreto da edificação são:

Componente/Elemento	Cobrimento (mm)	Abertura de fissuras (mm)
Laje – Face superior	45	0,2
Laje – Face inferior	50	0,2
Viga ou Pilar	50	0,2

- 8.7.** O item 13.4.3 da NBR 6118 esclarece que quanto à aceitabilidade sensorial, as fissuras não devem causar desconforto ao usuário, mesmo que não representem perda de segurança da estrutura;
- 8.8.** A tabela 7.1 da NBR 6118 estabelece parâmetros de qualidade do concreto em relação à agressividade ambiental:

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto					
Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

8.9. O subitem 5.1.1 da NBR 6.118 determina que as estruturas de concreto devam atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados no subitem 5.1.2, durante sua construção e serviço e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto com o autor do projeto;

8.10. São requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, segundo o subitem 5.1.2 da NBR 6.118:

- 8.10.1.** Capacidade resistente;
- 8.10.2.** Desempenho de serviço e
- 8.10.3.** Durabilidade.

8.11. A NBR 6118 caracteriza da seguinte forma os mecanismos de deteriorização dos concretos e suas armaduras:

LIXIVIAÇÃO

Ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;

EXPANSÃO

Por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado ou por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;

REAÇÕES QUÍMICAS

Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

DESPASSIVAÇÃO

Por ação do gás carbônico da atmosfera ou elevado teor de cloretos, transformando o meio alcalino original da argamassa que compõe o concreto em meio ácido.

9. DA VISTORIA:

9.1. Conforme relatório fotográfico em anexo.

10. DOS ENSAIOS TÉCNICOS REALIZADOS:

10.1. Do ensaio de ultrassom:

10.1.1. O ensaio de ultrassom tem por objetivo verificar homogeneidade e compacidade do concreto e eventuais falhas internas de concretagem, além de apontar ocorrência de fissuras e outros danos, bem como estimar a resistência à compressão e consiste na medição da velocidade de um pulso de ondas através do material;

10.1.2. Para avaliação da qualidade do concreto com relação à compacidade e resistência a compressão adota-se a seguinte classificação com relação a velocidade de propagação do pulso:

VELOCIDADES	AVALIAÇÃO
< 2.000 m/s	Péssima compacidade, resistência à compressão
2.000-3.000 m/s	Compacidade ruim, resistência à compressão
3.000-4.500 m/s	Compacidade boa, resistência à compressão
4.500 m/s	Compacidade excelente, resistência à compressão

10.1.3. Realizado ensaio de ultrassom em paredes internas das câmaras A e B do reservatório com medição da velocidade de pulso de,

respectivamente, 3.207 m/s e 4.320 m/s, conferindo qualidade boa ao concreto.

Do ensaio de pacometria:

10.1.4. O ensaio de pacometria visa determinar/verificar as características das armaduras, bem como a espessura da camada de cobrimento das mesmas;

10.1.5. Realizado ensaio de pacometria em parede externa com o seguinte resultado:



Parede: Ferro 12,5 mm

Profundidade: 2,1 cm

10.2. Do ensaio de esclerometria:

10.2.1. O ensaio de esclerometria visa estimar a resistência à compressão do concreto com relação à resistência superficial obtida no ensaio através de tabelas específicas de correlação das leituras do equipamento utilizado;

10.2.2. Para interpretação dos resultados é necessário considerar a idade da peça, a profundidade da carbonatação e o ângulo de impacto do equipamento em relação a horizontal, existindo para tanto tabelas de conversão fornecidas pelos fabricantes e estudos técnicos complementares;

10.2.3. O ensaio de esclerometria também fornece informação quanto à qualidade de fabricação e homogeneidade do material;

10.2.4. Foi realizados ensaio de esclerometria em parede externa com indicação de resistência abaixo dos limites de aceitabilidade da norma técnica atual, porem dentro dos limites estabelecidos pela norma vigente à época da construção, com o seguinte resultado:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE ESCLEROMETRIA								 A S NETO ENGENHARIA Perícias – Avaliações – Projetos
Cliente:	DAAE ARARAQUARA							
Local:	RESERVATÓRIO - R-11				Data:	04/07/2018		
Equipamento utilizado: MITECH-FLAW DETECTOR N. SÉRIE R320								
Aferição: K=0,82								
Câmara A	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	46	38	0,8	0,94	35,5	35,5
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	48	39	0,8	0,94	37,0	37,0
	>1800	90º	51	42	0,8	0,94	39,3	
	>1800	90º	50	41	0,8	0,94	38,5	
	>1800	90º	41	34	0,8	0,94	31,6	31,6
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
	>1800	90º	44	36	0,8	0,94	33,9	33,9
	>1800	90º	42	34	0,8	0,94	32,4	32,4
	>1800	90º	40	33	0,8	0,94	30,8	
			MÉDIA	36		MÉDIA	34,2	34,0
Câmara B	IDADE (DIAS)	POSIÇÃO DO ESCLEROMETRO	LEITURA/ÍNDICE		PROFUNDIDADE CARBONATAÇÃO	CORREÇÃO CARBONATAÇÃO	RESISTENCIA ESTIMADA	SANEAMENTO
			LEITURA	ÍNDICE				
	>1800	90º	36	30	0,8	0,94	27,7	
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	34	28	0,8	0,94	26,2	26,2
	>1800	90º	37	30	0,8	0,94	28,5	
	>1800	90º	38	31	0,8	0,94	29,3	
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	28	23	0,8	0,94	21,6	
	>1800	90º	33	27	0,8	0,94	25,4	25,4
	>1800	90º	26	21	0,8	0,94	20,0	
	>1800	90º	32	26	0,8	0,94	24,7	24,7
	>1800	90º	29	24	0,8	0,94	22,4	22,4
	>1800	90º	24	20	0,8	0,94	18,5	
			MÉDIA	26		MÉDIA	23,9	25,0

10.3. Da medição da profundidade da frente de carbonatação:

10.3.1. A verificação da profundidade da frente de carbonatação consiste na retirada paulatina da camada de cobrimento das armaduras e asperção de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% que reagirá com o meio e através de mudança de coloração indicará se o concreto esta carbonatado (reação incolor) ou não carbonatado (reação com coloração vermelho carmim);

10.3.2. A carbonatação indica condição para despassivação das armaduras, situação na qual há possibilidade de ocorrência do processo de corrosão;

10.3.3. Realizado ensaio para medição da frente de carbonatação em parede interna da câmara A e B verificou-se profundidade da mesma de respectivamente 0,3 cm e 0,5cm.



Vista da aspersão da solução de fenolftaleína em paredes internas

11. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

11.1. Com relação aos parâmetros de aceitabilidade das condições quanto à durabilidade e capacidade portante, com a seguinte análise dos elementos estruturais:

ELEMENTO ESTRUTURAL			CARBONATAÇÃO (CM)			ULTRASSOM (M/S)			ESCLEROMETRIA (Fck)			PACOMETRIA (MM)		
PONTO	ELEMENTO ESTRUTURAL		MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO	MEDIDO	REF.	SITUAÇÃO
CAMARA A	Parede		0,3	<5,0	OK	3207	>3000	OK	34,0	>40	NÃO	21	50	NÃO
CAMARA B	Parede		0,5	<5,0	OK	4320	>3000	OK	25,0	>40	NÃO	21	50	NÃO

*Em relação aos cobrimentos das armaduras existentes nos elementos ensaiados, determinados por pacometria, inspeção invasiva ou visual

LEGENDA:	
OK	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se protegido à corrosão e elemento estrutural com suas características dentro da faixa de aceitabilidade.
NÃO	Resultado dos ensaios e medições indicam que o elemento estrutural encontra-se desprotegido contra o processo de corrosão e elemento estrutural fora da faixa de aceitabilidade

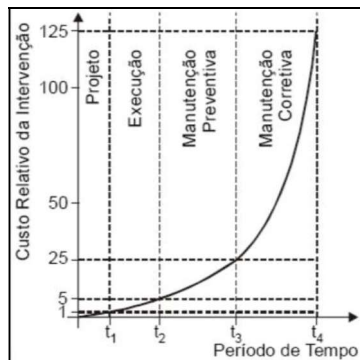
11.2. Percentual de concreto deteriorado:

	TOTAL (M²)	DETERIORADO (M²)	DETERIORIZAÇÃO (%)
ÁREA DE CONCRETO	781,50	235,53	30,1%

12. DIAGNÓSTICO E CONCLUSÃO:

- 12.1.** Verifica-se que o concreto utilizado tem boa qualidade, com resistência característica (f_{ck}) superior a mínima determinada pela norma técnica vigente a época da construção (NB-1), e abaixo da resistência recomendada pela norma técnica vigente (NBR-6118), sem prejuízo quanto a estabilidade estrutural e com prejuízo quanto a durabilidade, haja vista insuficiência de cobrimento das armaduras diante do meio agressivo – Umidade e vapores de cloro;
- 12.2.** Foram identificados deslocamentos superficiais da camada de cobrimento do concreto de forma generalizada nos elementos estruturais, com exposição e corrosão de armaduras, por insuficiência de cobrimento das mesmas e sem ocorrências de deformações.
- 12.3.** O avanço da frente de carbonatação identificado é inexpressivo diante do tempo e característica agressiva do ambiente, indicando concreto de boa qualidade, pouco poroso e homogêneo, no entanto a pouca espessura da camada de cobrimento permitiu a despassivação das armaduras e início do processo de corrosão, que se evidências de forma bastante expressiva tanto interna quanto externamente.
- 12.4.** As falhas identificadas estão relacionadas à despassivação das armaduras devido à carbonatação da camada de cobrimento do concreto e insuficiência de cobrimento das armaduras.
- 12.5.** As anomalias diagnosticadas são endógenas e naturais, com grau de risco mínimo, sendo recomendada a intervenção em médio prazo, principalmente porquanto estudos técnicos demonstram que para casos de recuperação de elementos

estruturais os custos de manutenção e conservação aumentam em proporção geométrica de razão 5 ao longo do tempo – Lei de Siter:



12.6. O sistema de impermeabilização interno aplicado encontra-se bastante deteriorado e danificado, praticamente inexistente, devido a desprendimento da camada superficial do concreto.

12.7. Além dos danos estruturais antes mencionados foram constatados danos relativos a deteriorização por oxidação das tubulações de recalque e descarga de água.

13. RECOMENDAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES:

13.1.1.1. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE PISO INTERNO

-Remover a camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de 5 cm.

-Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.

13.1.1.2. ESTRUTURA DE CONCRETO - PAREDES INTERNAS e EXTERNAS:

- Internamente, remover a camada de impermeabilização existente.
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutural semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica de consistência tixotrópica com espessura de cobrimento das armaduras de 5,0 cm.
- Nas paredes externas promover pintura de acabamento com tinta 100% acrílica, com consumo de 300 gr/m² atingido em 3 demãos, sobre base seladora acrílica,.

13.1.1.3. ESTRUTURA DE CONCRETO - LAJE DE COBERTURA – FACE INTERNA

- Remover eventual camada de impermeabilização existente;
- Promover o tratamento das fissuras com alargamento das mesmas e posterior limpeza e preenchimento com adesivo estrutura semi flexível ou epóxi.
- Havendo surgimento de armaduras promover o tratamento das mesmas com lixamento/escovamento vigoroso com escova de cerdas de aço e aplicação de pintura protetora monocomponente com alto teor de zinco em duas demãos.
- Promover a restauração superficial do concreto com escarificação e aplicação de argamassa cimentícia polimérica com fibras sintéticas de consistência tixotrópica com espessura de 5,0 cm.

13.1.2. IMPERMEABILIZAÇÃO INTERNA – PISO/PAREDES/TETO

-Aplicação de revestimento impermeabilizante semi-flexível, bi-componente, à base de cimentos modificados com consumo de 4 kg/m² atingidos em pelo menos 4 demãos sucessivas e cruzadas com intervalo de 2 a 6 horas. Em pisos e paredes instalar tela de poliéster de 1mm x 1mm na primeira camada;

-Após a cura total do produto promover ensaio de estanqueidade e antes do início da utilização lavar com água e sabão neutro;

-No piso executar argamassa de proteção mecânica com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 com espessura de 3cm, dessolidarizada das paredes.

13.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO EXTERNA

13.1.3.1. LAJE DE COBERTURA

-Remover o revestimento e camada de impermeabilização existente;

-Promover a restauração superficial do concreto com escarificação superficial e aplicação de cama de regularização com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com ponte de aderência de adesivo epóxi.

-Instalar uma chaminé de diâmetro de 40 cm com tela de proteção contra insetos, para cada 100 m² de laje.

-Execução de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4mm;

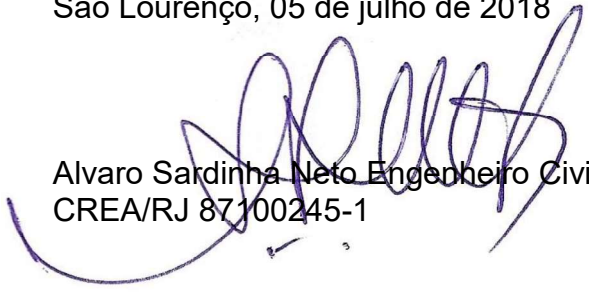
-Implantação de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido (EPS) com espessura de 25mm;

-Execução de proteção mecânica definitiva com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em placas de 100cm x 100cm e espessura de 3 cm, com juntas de movimentação com espessura de 2cm preenchidas com elastômero.

13.1.4. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E COMPLEMENTARES

- Promover a revisão e manutenção dos registros de manobra e tubulações.
- Substituir os alçapões de entrada existente na laje de cobertura, com instalação de escada de fibra de vidro para acesso seguro na câmara superior.
- Promover reforma das instalações elétricas adequando-as a norma técnica NBR-5410.
- Promover a restauração e pintura com tinta à óleo dos alçapões e portas de metal.

São Lourenço, 05 de julho de 2018


Alvaro Sardinha Neto Engenheiro Civil
CREA/RJ 87100245-1