



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

ISABELA MAIA SOARES

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS INCIDENTES NAS
ESTRUTURAS DE CONCRETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
ETA-6 EM PALMAS-TO**

PALMAS

2019

ISABELA MAIA SOARES

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS INCIDENTES NAS
ESTRUTURAS DE CONCRETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA
ETA-6 EM PALMAS-TO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto

**PALMAS
2019**

Soares, Isabela Maia

Análise das manifestações patológicas incidentes nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água ETA-6 em Palmas-TO. / Isabela Maia Soares. – Palmas, 2019. 115 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, *Campus* Palmas, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto.

1. Patologia 2. ETA 3. Concreto 4. Agentes agressivos

I. Análise das manifestações patológicas incidentes nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água ETA-6 em Palmas - TO.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ISABELA MAIA SOARES

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS INCIDENTES NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ETA-6 EM PALMAS-TO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do curso de
Engenharia Civil Instituto Federal do
Tocantins - Campus Palmas, como exigência
à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Orientador

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado forças para sempre seguir em frente e me capacitar para a realização desse trabalho.

Aos dois melhores homens que já conheci, meu pai, Luís Carlos, e meu avô, Manoel, por serem minha fonte de inspiração e força, mesmo não estando mais entre nós.

À toda minha família, em especial à minha mãe, Leila, e ao meu irmão, Luís Matheus, por todo apoio, carinho e incentivo recebidos diariamente.

Aos meus colegas de curso, com quem tive o prazer de compartilhar esses anos de estudo, em especial, aos meus amigos, Geasí, Heynd, Jessica, Marília e Marcos, companheiros de estudo e de vida, por todo o apoio e momentos compartilhados ao longo dessa jornada.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil do IFTO, pelos conhecimentos e experiências compartilhados ao longo da graduação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Moacyr Salles Neto, pela orientação, atenção e tempo dedicados a mim para realização deste trabalho.

Aos membros da empresa BRK Ambiental, pela assistência e tempo dedicados a mim durante as visitas técnicas realizadas.

A todos que de alguma forma colaboraram comigo para a produção desse trabalho.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você,
menos o seu conhecimento. É o seu bem mais precioso”.

Albert Einstein

RESUMO

SOARES, Isabela Maia. **Análise das manifestações patológicas incidentes nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água ETA-6 em Palmas - TO.** 2019. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2019.

As estações de tratamento de água são geralmente construídas em concreto, principalmente os tanques utilizados para armazenar e conduzir a água durante o tratamento. A constante exposição dessas estruturas à água em movimento e aos agentes agressivos do meio propiciam o aparecimento de manifestações patológicas diversas. O presente trabalho tem como objetivo analisar e quantificar a incidência de manifestações patológicas nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água (ETA 006), localizada em Palmas – TO. A metodologia empregada para a análise das patologias consiste em três etapas: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e, por fim, definição de conduta. As incidências das manifestações patológicas identificadas neste trabalho foram: 100% de trincas e fissuras e bolor ou mofo, 60% de manchas de umidade e degradação do concreto, 70% de eflorescências e 50% de corrosão de armaduras. Foi constatada a ausência de um plano de manutenções preventivas para as estruturas. Ademais, mesmo com as patologias identificadas na obra, não foi constatado, à princípio, com base na inspeção visual realizada, risco aparente de ruína ou perdas em sua funcionalidade.

Palavras-chave: Patologia. ETA. Concreto. Agentes agressivos.

ABSTRACT

SOARES, Isabela Maia. **Analysis of the pathological manifestations incident on the concrete structures of the water treatment plant WTP-6 in Palmas - TO.** 2019. 115 f. Course Completion Work (Graduation) - Civil Engineering. Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2019.

Water treatment plants are generally constructed of concrete, mainly the tanks used to store and conduct water during treatment. The constant exposure of these structures to moving water and to the aggressive agents of the environment allow the appearance of diverse pathological manifestations. The present work has the objective of analyzing and quantifying the incidence of pathological manifestations in the concrete structures of the water treatment plant (WTP 006), located in Palmas – TO. The methodology used for the analysis of pathologies consists of three steps: survey of subsidies, diagnosis of the situation and, finally, definition of conduct. The incidences of the pathological manifestations identified in this work were: 100% cracks and fissures and mold or mildew, 60% moisture spots and concrete degradation, 70% efflorescence and 50% of reinforcement corrosion. The absence of a preventive maintenance plan for the structures was verified. In addition, even with the pathologies identified in the work, it was not verified at the beginning, based on the visual inspection performed, the apparent risk of ruin or losses in its functionality.

Keywords: Pathology. WTP. Concrete. Aggressive agents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hipóteses para estruturas com desempenho insatisfatório.....	17
Figura 2 - Desempenho com e sem manutenção.....	19
Figura 3 - Lei de Sitter	21
Figura 4 - Origem das patologias com relação às etapas de produção e uso das obras civis	22
Figura 5 - Processo convencional de tratamento de água	24
Figura 6 - Trincas e fissuras nas estruturas dos tanques.....	26
Figura 7 - Bolor em parede de estação de tratamento	27
Figura 8 - Bolor em tanque de estação de tratamento	27
Figura 9 - Manchas de umidade provenientes de vazamentos	28
Figura 10 - Paredes com manchas de eflorescência	29
Figura 11 - Eflorescência na forma de estalactite em reservatório.....	29
Figura 12 - Tipos de corrosão de armadura	30
Figura 13 - Corrosão de armaduras próximo à base da bomba	31
Figura 14 - Tanque de filtração com paredes de concreto degradadas	32
Figura 15 - Fluxograma de atuação para a resolução de problemas patológicos	33
Figura 16 - Exemplos de câmeras termográficas	36
Figura 17 – Termograma indicando presença de umidade em parede	36
Figura 18 - Esclerômetro de reflexão	38
Figura 19 - Área de ensaio com 16 pontos de impacto	39
Figura 20 - Tipos de VANT'S: (a) asa fixa, (b) asas rotativas, (c) dirigíveis e (d) asas batedoras	40
Figura 21 - Instrumentos para verificação da movimentação das fissuras.....	41
Figura 22 - Preparação da fissura para procedimento de injeção	43
Figura 23 - Aplicação de selante plástico em trinca	44
Figura 24 - Aplicação de fenolftaleína para determinação da frente de carbonatação	44
Figura 25 - Escarificação manual do concreto para tratamento de corrosão de armaduras	45
Figura 26 - Área da ETA 006.....	46
Figura 27 - Captação da água bruta.....	47
Figura 28 - Vista aérea da ETA 006	48

Figura 29 - Tanque de contato/Reservatório de compensação	48
Figura 30 - Esquema do sistema de tratamento de resíduos	49
Figura 31 - Fluxograma da metodologia adotada.....	50
Figura 32 - Veículo aéreo não tripulado (drone) utilizado na vistoria	52
Figura 33 - Materiais utilizados no ensaio de esclerometria.....	52
Figura 34 - Área de ensaio demarcada em estrutura de concreto	53
Figura 35 - Mapeamento das áreas 1 a 3.....	56
Figura 36 - Mapeamento das áreas 4 a 12.....	56
Figura 37 - Curva de correlação para obtenção das resistências à compressão	58
Figura 38 - Curva de correlação para obtenção dos desvios-padrão.....	58
Figura 39 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas no tratamento preliminar.....	59
Figura 40 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas no canal de entrada e de coagulação	60
Figura 41 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas nos filtros	60
Figura 42 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas nos floculadores	61
Figura 43 - Incidência das manifestações patológicas nas estruturas da ETA.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gastos de países desenvolvidos com manutenção e construção	14
Tabela 2 - Vida útil de projeto (VUP) mínima para várias normas.....	18
Tabela 3 - Índices esclerométricos das áreas ensaiadas	57
Tabela 4 - Resultados dos ensaios de esclerometria realizados.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação entre a origem dos problemas e seus responsáveis	22
Quadro 2 - Agentes de degradação que afetam a vida útil dos componentes de construção.....	23
Quadro 3 - Incidência das manifestações patológicas nas estruturas da ETA.....	54
Quadro 4- Descrição das áreas ensaiadas	55
Quadro 5 - Incidência das manifestações patológicas nas estruturas da ETA.....	102

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CO ₂	Dióxido de carbono
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira
pH	Potencial Hidrogeniônico
Q	Índice esclerométrico
TAR	Tanque de Água Recuperada
TCALF	Tanque de Clarificação da Água de Lavagem dos Filtros
TO	Tocantins
TRDD/SALF	Tanque de Recebimento de Descarga do Decantador e Sólidos da Água de Lavagem dos Filtros
VANT's	Veículos Aéreos Não Tripulados
VU	Vida Útil
VUP	Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROBLEMA DE PESQUISA	13
3 JUSTIFICATIVA.....	13
4 OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo Geral	14
4.2 Objetivos Específicos	15
5 REVISÃO DE LITERATURA	15
5.1 Patologia das construções.....	15
5.1.1 Desempenho.....	16
5.1.2 Durabilidade e vida útil.....	17
5.1.3 Manutenção	19
5.2 Origem das patologias.....	21
5.3 Agentes de degradação das estruturas	23
5.4 Principais estruturas e processos de uma ETA	24
5.5 Principais patologias encontradas em obras de saneamento	25
5.5.1 Trincas e fissuras.....	25
5.5.2 Bolor ou mofo.....	26
5.5.3 Manchas de umidade.....	27
5.5.4 Eflorescência	28
5.5.5 Corrosão das armaduras	30
5.5.6 Degradação do concreto.....	31
5.6 Técnicas de inspeção de estruturas de concreto.....	32
5.6.1 Inspeções visuais.....	32
5.6.2 Termografia infravermelha.....	35
5.6.3 Ensaio de esclerometria	37
5.6.4 Veículos aéreos não tripulados.....	39
5.7 Técnicas de recuperação de estruturas de concreto	41
5.7.1 Tratamento de trincas e fissuras.....	41
5.7.2 Tratamento de corrosão de armaduras.....	45
5.7.3 Tratamento de degradação do concreto devido à abrasão.....	45
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
6.1 Apresentação da área de estudo	46
6.2 Aplicação dos métodos de inspeção.....	49
6.2.1 1ª Etapa: Levantamento de subsídios	51

6.2.2 2ª Etapa: Diagnóstico da situação	53
6.2.3 3ª Etapa: Definição de conduta.....	53
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
7.1 Ensaio de esclerometria	55
7.2 Catalogação das patologias	61
7.3 Incidência das manifestações patológicas	102
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
9 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	105
REFERÊNCIAS.....	106
ANEXO A – Roteiro para inspeção de estruturas em concreto.....	112
ANEXO B – Ficha para inspeção de estruturas de concreto em estação de tratamento de água	115

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade a água tem sido um recurso extremamente vital para o ser humano, que a utiliza para uso doméstico, higiene pessoal e consumo. No entanto, da forma como é encontrada na natureza, a água pode conter agentes e substâncias deletérias potencialmente prejudiciais à saúde humana. Para Di Bernardo e Dantas (2005), com a industrialização e o aumento populacional dos centros urbanos a contaminação dos mananciais se intensificou, tornando indispensável o tratamento da água destinada ao consumo humano.

A primeira estação de tratamento de água (ETA) foi construída em 1829, em Londres, com o objetivo de purificar a água do rio Tâmesa através de filtros de areia. Com a descoberta de que algumas doenças da época, como a cólera e a febre tifoide, eram transmitidas pela água e não pelo ar – como se pensava até então – novas técnicas como filtração e cloração foram desenvolvidas e empregadas (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004).

Em sua grande maioria, as estações de tratamento de água são construídas em concreto, principalmente os tanques os quais recebem, armazenam e conduzem a água durante o tratamento. A constante exposição dessas estruturas à água em movimento, intempéries, grandes amplitudes térmicas (altas temperaturas durante o dia e baixas temperaturas durante a noite) e substâncias químicas usadas no próprio tratamento, como o cloro, podem ocasionar o aparecimento de manifestações patológicas nas estruturas de concreto (SOUSA et al., 2015).

A patologia das estruturas é o campo da engenharia que estuda as origens, causas, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e degradação das estruturas (SOUZA; RIPPER, 1998).

Para Lichtenstein (1986), todo problema patológico está relacionado com uma queda de desempenho que se manifesta de alguma forma. Assim, os problemas patológicos apresentam manifestações externas características, que permitem inferir sobre sua natureza, origem, mecanismos envolvidos e prováveis consequências (HELENE, 1992).

Segundo Lottermann (2013), considerando os conhecimentos atuais sobre os processos destrutivos que ocorrem nas estruturas e os avanços tecnológicos, é possível diagnosticar a maioria dos problemas patológicos através de técnicas e equipamentos para observação das estruturas.

As estruturas de saneamento estão constantemente expostas a agentes agressivos devido a sua natureza de utilização específica. Assim, faz-se necessário eliminar os riscos de manifestações patológicas ocorrerem nestas estruturas desde as etapas iniciais de planejamento e projeto, levando em conta sua importância na garantia do fornecimento de água tratada à população (ANDRADE, 2007).

Neste trabalho pretende-se identificar e analisar as manifestações patológicas presentes nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água ETA 006, localizada na cidade de Palmas-TO. Busca-se fornecer ao meio técnico esclarecimentos sobre as causas, origens e correções das patologias, bem como, a obtenção de dados relevantes que serão disponibilizados à empresa concessionária, para subsidiar a implantação e/ou acompanhamento de seu plano de manutenção.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A construção de obras de saneamento é bastante complexa, pois além dos altos recursos financeiros investidos, deve-se garantir ao máximo sua durabilidade por conta de sua importância para a sociedade. No entanto, o ambiente particular e as condições de agressividade a que essas obras são expostas propiciam o aparecimento de manifestações patológicas.

Com o intuito de auxiliar a concessionária local através do fornecimento de dados que possibilitem um controle de qualidade mais apurado de pontos específicos, busca-se responder à seguinte questão: “Quais as manifestações patológicas incidentes com maior frequência nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água (ETA 006), localizada no município de Palmas-TO? ”.

3 JUSTIFICATIVA

Segundo Helene (1992), os problemas patológicos construtivos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial. Desta forma, a falta de manutenção ou ações de manutenção inadequadas fazem com que pequenos problemas, que a princípio teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações graves de desempenho insatisfatório e de alto custo de recuperação.

Tal situação é exposta na Tabela 1, elaborada por Ueda e Takewaka (2007), que demonstra os significativos gastos de países desenvolvidos com manutenção e reparo de estruturas já construídas. Em alguns casos, os gastos com manutenção e reparo chegam a superar os gastos com construções novas.

Tabela 1 - Gastos de países desenvolvidos com manutenção e construção

País	Gastos com construções novas	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construção
França	85,6 Bilhões de Euros (52%)	79,6 Bilhões de Euros (48%)	165,2 Bilhões de Euros (100%)
Alemanha	99,7 Bilhões de Euros (50%)	99,0 Bilhões de Euros (50%)	198,7 Bilhões de Euros (100%)
Itália	58,6 Bilhões de Euros (43%)	76,8 Bilhões de Euros (57%)	135,4 Bilhões de Euros (100%)
Reino Unido	60,7 Bilhões de Libras (50%)	61,2 Bilhões de Libras (50%)	121,9 Bilhões de Libras (100%)

Nota: todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se refere ao ano de 2002.

Fonte: Ueda e Takewaka (2007) apud Medeiros, Andrade e Helene (2011).

Logo, o cenário da construção civil é marcado por inúmeros casos de estruturas que apresentam degradação precoce, exigindo altos gastos de manutenção e reparo. O presente trabalho justifica-se por propor a investigação das manifestações patológicas, suas causas e origens, o que contribui para o aprimoramento dos processos construtivos, resultando em um produto final de melhor qualidade e com reduzido custo de manutenção.

Ademais, a pesquisa realizada na ETA 006 se mostra relevante tanto à comunidade acadêmica em geral, quanto à empresa concessionária responsável pelo tratamento da água, que de posse das informações levantadas, pode direcionar seus recursos financeiros e de pessoal para as ações de manutenção e reparo mais emergenciais, bem como compreender o processo de surgimento de determinadas patologias, o que pode ajudar na prevenção e na elaboração dos planos de manutenção das estruturas.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Analisar e quantificar a incidência de manifestações patológicas nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água (ETA 006), em Palmas – TO.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar as manifestações patológicas existentes nas estruturas de concreto da obra analisada;
- Determinar as causas e origens das patologias;
- Propor medidas corretivas para as principais manifestações patológicas identificadas;
- Quantificar as patologias e relacionar cada tipo de patologia encontrada com o grupo amostral de unidades analisadas.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Patologia das construções

A patologia das construções é uma área da engenharia civil que estuda as manifestações, causas, origens, mecanismos de ocorrência e consequências das patologias que afetam diretamente o desempenho de uma construção através do comprometimento de aspectos estéticos e estruturais da mesma (CREMONINI, 1988).

A finalidade de se estudar as patologias das construções é, de acordo com Machado (2002), obter explicações técnicas e científicas para as irregularidades encontradas no comportamento das estruturas e, após realizar todas as análises em relação à segurança e confiabilidade da obra, decidir sobre a necessidade de recuperação, reforço ou até mesmo a demolição da estrutura danificada.

Para Souza e Ripper (1998), os problemas patológicos podem ser classificados como simples e complexos. Os simples são fáceis de identificar, permitem uma certa padronização e sua solução não exige conhecimentos tão avançados por parte do profissional responsável. Já os complexos, requerem uma análise individualizada e pormenorizada, exigindo do profissional conhecimentos altamente especializados sobre a área da patologia das construções.

O estudo da patologia das construções é importante para melhorar a qualidade dos processos construtivos e a durabilidade das estruturas. Para se evitar o surgimento das manifestações patológicas é necessário fazer um estudo detalhado das origens para auxiliar no entendimento e na definição dos planos de intervenção para resolução dos problemas patológicos (NAZÁRIO; ZANCAN, 2011).

Em uma estrutura, para que um problema seja classificado como patológico, ele deve comprometer algumas das exigências da construção, seja ela de natureza funcional, mecânica ou estética. Nota-se que há uma relação entre a manifestação patológica e o comportamento da estrutura durante sua utilização, de modo que a análise das manifestações patológicas está diretamente associada aos conceitos de desempenho, vida útil e durabilidade (ANDRADE; SILVA, 2005 apud SILVA, 2011).

5.1.1 Desempenho

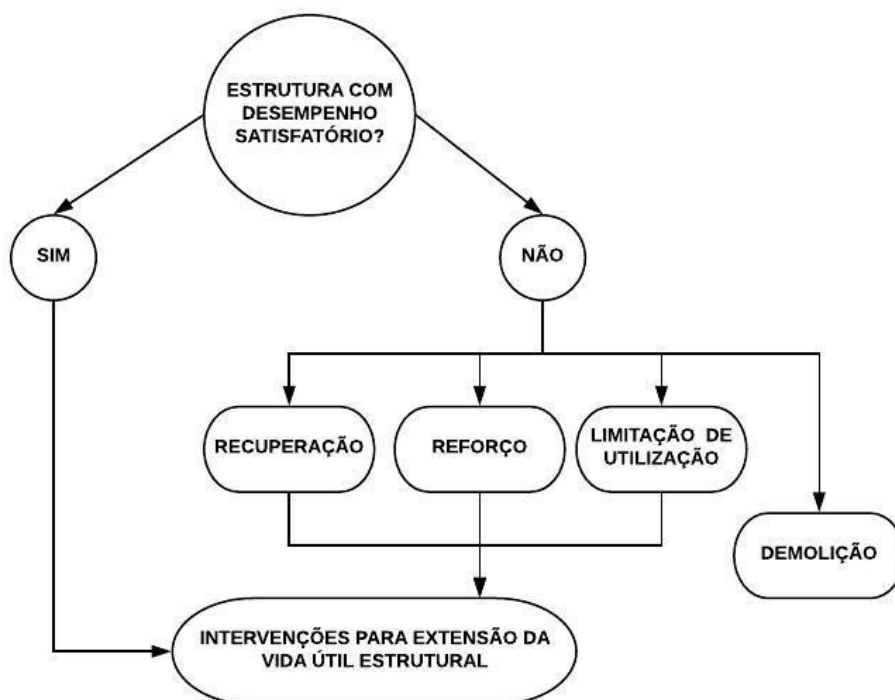
A busca pelo rápido crescimento de países em desenvolvimento, como o Brasil, faz com que as obras sejam conduzidas de forma cada vez mais rápida e menos rigorosa em relação ao controle dos materiais e serviços executados. Tal situação provoca uma deficiência na qualidade das obras entregues que tem seu desempenho comprometido, contribuindo para o aparecimento de manifestações patológicas (THOMAZ, 1989).

Designa-se por desempenho, o comportamento em uso de uma edificação, que pode variar de um usuário para o outro e de um local para o outro, de acordo com as exigências dos usuários e as condições de exposição do ambiente em que a obra será construída. As exigências dos usuários estão relacionadas com as necessidades dos indivíduos que utilizarão a construção e as condições de exposição do ambiente incluem fatores como: temperatura, umidade, insolação e ações externas resultantes da ocupação (THOMAZ, 1989; POSSAN; DEMOLINER, 2013).

A NBR 15575-1 (2013, p.7) conceitua desempenho como: “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas”. As especificações de desempenho presentes nesta norma dizem respeito especificamente às edificações de uso habitacional, o que traz à tona a demanda de normalização técnica no tocante a outros tipos de obras, como as de saneamento, que apresentam condições de exposição e exigências de desempenho diferenciadas.

Segundo Souza e Ripper (1998), se em dado momento uma estrutura apresentar desempenho insatisfatório não significa que ela esteja condenada. A avaliação desta situação é justamente um dos maiores objetivos da patologia das construções, que nesta ocasião se utiliza de intervenção técnica para avaliar a situação e tomar a melhor decisão do ponto de vista técnico, econômico e socioambiental, conforme as observações e interpretações mostradas na Figura 1.

Figura 1 - Hipóteses para estruturas com desempenho insatisfatório



Fonte: Souza e Ripper (1998).

5.1.2 Durabilidade e vida útil

Em virtude dos crescentes problemas de degradação precoce observados nas estruturas, das novas necessidades competitivas e das exigências de sustentabilidade no setor da construção civil, nota-se, nas últimas décadas, uma tendência mundial no sentido de privilegiar os aspectos de projeto voltados à durabilidade e à extensão da vida útil das estruturas (CLIFTON, 1993).

De acordo com a ISO 13823 (2008, p. 2) durabilidade é a “capacidade de uma estrutura ou de seus componentes de satisfazer, com dada manutenção planejada, os requisitos de desempenho do projeto por um período específico de tempo sob influência das ações ambientais, ou como resultado do processo de envelhecimento natural”.

A durabilidade de uma estrutura de concreto pode ser entendida como a capacidade desse elemento em conservar suas propriedades estruturais, estéticas e funcionais, ao longo do tempo de vida útil esperado para essa estrutura, nas condições de exposição em que foi projetada (OLIVEIRA, 2013).

Para John e Sato (2006), vida útil é uma quantificação da durabilidade em determinadas condições, ou seja, é o período de tempo durante o qual um produto apresenta desempenho igual ou superior ao mínimo requerido atendendo as necessidades dos usuários.

A NBR 15575-1 (2013) diferencia os conceitos de vida útil (VU) e vida útil de projeto (VUP) como o período de tempo em que os sistemas atendem aos níveis de desempenho para os quais foram construídos e o período de tempo estimado para que um sistema atenda aos requisitos de desempenho para os quais foi projetado, respectivamente.

A tarefa de especificar valores numéricos para quantificar a vida útil das estruturas é bastante complexa em função da variabilidade dos parâmetros envolvidos. No entanto, Possan e Demoliner (2013) apresentam várias normas que trazem valores de referência para a vida útil em anos, considerando o tipo de obra. Em geral, a vida útil de projeto mínima (VUP) é de 50 anos para a maioria das estruturas e de 100 anos para estruturas civis de grande porte, como obras de saneamento, pontes, viadutos, barragens, entre outras, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Vida útil de projeto (VUP) mínima para várias normas

Tipo de estrutura	Vida Útil de Projeto (VUP) mínima				
	BS 7543 (1992)	ISO 2394 (1998)	Fib 34 (2006) e EN 206-1 (2007)	NBR 15575 (2013)	Fib 53 (2010)
Temporárias	≥ 10 anos	1 a 5 anos	≥ 10 anos	-	-
Partes estruturais substituíveis (Ex.: apoios)	≥ 10 anos	≥ 25 anos	10 a 25 anos	20 a 23 anos	25 a 30 anos
Estruturas para agricultura e semelhantes	-	-	15 a 30 anos	-	-
Estruturas <i>offshore</i>	-	-	-	-	≥ 35 anos
Edifícios industriais e reformas	≥ 30 anos	-	-	-	-
Edifícios e outras estruturas comuns	-	≥ 50 anos	≥ 50 anos	50 anos	≥ 50 anos
Edifícios novos e reformas de edifícios públicos	≥ 60 anos	-	-	-	-
Edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de Engenharia Civil	≥ 120 anos	≥ 100 anos	≥ 100 anos	-	≥ 100 anos
Edifícios monumentais	-	-	-	-	≥ 200 anos

Fonte: Adaptado de Possan e Demoliner (2013).

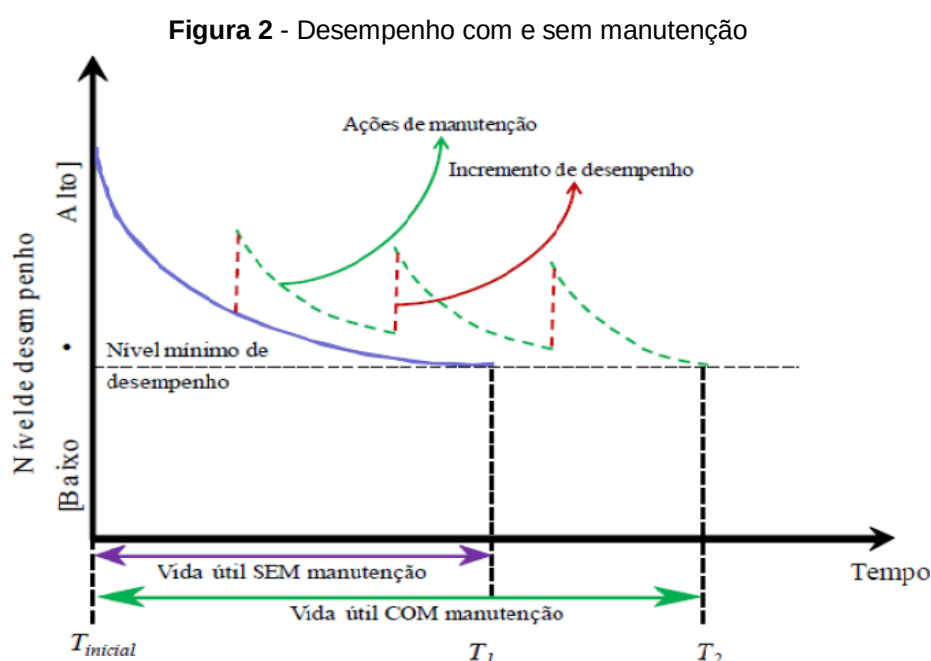
Andrade (1997) enuncia que uma estrutura chega ao fim de sua vida útil quando suas propriedades, sob dadas condições de uso, se deterioram a tal ponto que a continuação de seu uso é considerada como insegura ou antieconômica.

Medeiros, Andrade e Helene (2011) afirmam que o conhecimento acerca da durabilidade e da vida útil das estruturas são fundamentais para auxiliar na previsão do comportamento da estrutura a longo prazo, prevenir manifestações patológicas precoces e contribuir para a elaboração de planos eficazes de intervenção e manutenção das estruturas.

5.1.3 Manutenção

Segundo a NBR 15575-1 (2013, p. 8), manutenção pode ser definida como: “conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários”.

A influência das ações de manutenção na vida útil de uma edificação pode ser visualizada na Figura 2, onde Possan e Demoliner (2013) demonstram que as manutenções são necessárias para garantir ou prolongar a vida útil de projeto (VUP), de modo que devem recuperar parcialmente a perda de desempenho apresentada pelas estruturas ao longo do tempo.



Fonte: Possan e Demoliner (2013).

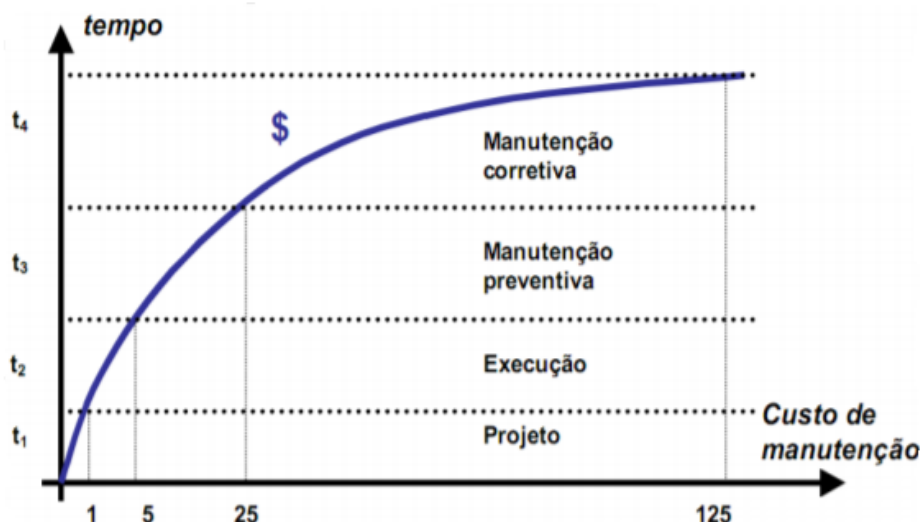
Após a execução da estrutura, cabe ao seu usuário utilizá-la da maneira mais eficiente, com o objetivo de manter as características originais ao longo de toda a sua vida útil. A eficiência relaciona-se tanto com as atividades de uso, como, por exemplo, garantir que não sejam ultrapassados os carregamentos previstos em projeto, quanto com as atividades de manutenção, que devem seguir fielmente o que consta no manual de uso, operação e manutenção da edificação. Esse manual é elaborado pelo construtor e deve conter orientações sobre os cuidados em uso e os procedimentos e periodicidade das manutenções (ANDRADE; SILVA, 2005 apud SILVA, 2011).

No que se refere às obras de saneamento, a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde determina que é de responsabilidade das operadoras do sistema de abastecimento garantir a operação e a manutenção das instalações destinadas ao abastecimento de água potável. A manutenção desse tipo de obra é bastante complexa e deve ser minuciosamente programada, uma vez que toda paralisação em uma unidade em operação é acompanhada de custos elevados e pode ocasionar transtornos para os clientes como, por exemplo, interrupções no fornecimento de água tratada (CALIXTO et al., 2007).

A NBR 5674 (2012) expõe que a omissão em relação à manutenção das edificações pode ser constatada nos frequentes casos de edificações retiradas de serviço muito antes do cumprimento da sua vida útil de projeto (VUP), causando transtorno aos seus usuários e um sobrecusto intensivo dos serviços de recuperação. Para Villanueva (2015), a maior parte dos usuários só pondera sobre a importância da manutenção quando o problema já é existente, de modo que essa demora em iniciar a manutenção a torna mais trabalhosa e onerosa.

Neste sentido, a evolução dos custos com manutenção pode ser explicada por Araújo (2017) a partir da Lei de Sitter, onde as etapas construtivas e de uso são divididas em quatro períodos: projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva, demonstrando que os custos com manutenção aumentam conforme a mesma for adiada. De acordo com a Lei de Sitter, adiar uma intervenção de manutenção significa aumentar os custos diretos numa progressão geométrica de razão cinco, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Lei de Sitter



Fonte: Helene (1993) apud Araújo (2017).

5.2 Origem das patologias

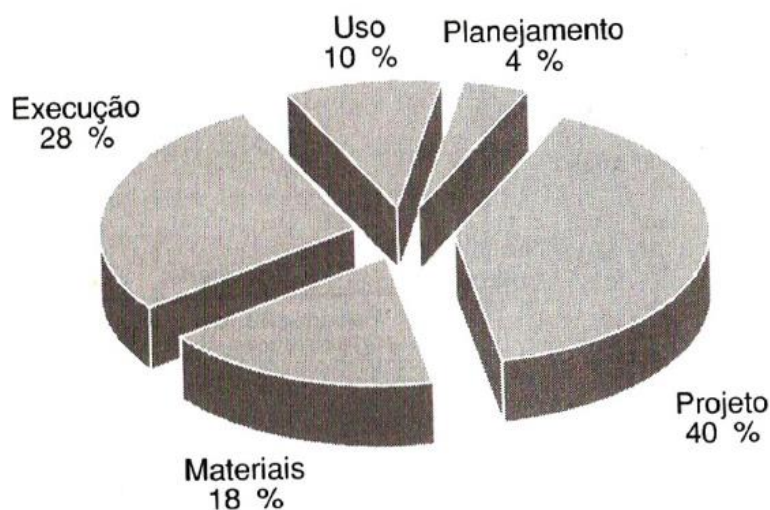
As patologias podem ter origem em qualquer etapa do processo construtivo e sua incidência está diretamente relacionada com o nível de controle de qualidade empregado em cada etapa do processo (CREMONINI, 1998).

Segundo Pedro et al. (2002), de acordo com sua origem as manifestações patológicas podem ser classificadas em:

- Congênicas: são aquelas que surgem na fase de planejamento e projeto, em função da não observância das normas técnicas ou erros e descuidos dos projetistas, que resultam em falhas no detalhamento e execução das estruturas.
- Construtivas: são aquelas originárias na etapa de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra desqualificada, materiais não certificados e ausência de controle na execução dos serviços.
- Adquiridas: são aquelas que aparecem durante a vida útil da edificação, decorrentes da agressividade do meio, do uso inadequado da estrutura e da falta de manutenção.
- Acidentais: são aquelas causadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum, como choques mecânicos, furacões, abalos sísmicos e até mesmo incêndio.

Sendo assim, as patologias podem ocorrer em todas as etapas do processo de construção e uso. Helene (1992) divide esse processo em cinco etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e elementos fora do canteiro, execução e uso. Na Figura 4, são apresentadas as porcentagens de ocorrência das manifestações patológicas em cada uma dessas etapas, de modo que a maior parte dos problemas patológicos tem origem na etapa de projeto.

Figura 4 - Origem das patologias com relação às etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Helene (1992).

Helene (1992) afirma ainda que os problemas patológicos só se manifestam após o início da execução e geralmente ocorrem com maior incidência na etapa de uso. Segundo este autor, a identificação da origem do problema é importante pois permite apontar quem cometeu a falha, para fins de atribuição de responsabilidade civil, conforme exposto no Quadro 1.

Quadro 1 - Relação entre a origem dos problemas e seus responsáveis

<u>Origem do problema</u>	<u>Responsável pela falha</u>
Fase de projeto/planejamento	Projetista
Qualidade do material	Fabricante ou fornecedor
Etapa de execução	Mão de obra ou fiscalização omissa
Etapa de uso	Operação e manutenção

Fonte: Gonçalves (2015).

5.3 Agentes de degradação das estruturas

As edificações, seus elementos e componentes estão sujeitos a uma perda de desempenho. Este processo pode ser acelerado por razões que tenham origem nas diversas etapas do processo construtivo já citadas anteriormente ou podem ocorrer de forma natural através da degradação inevitável (CREMOMINI, 1998).

Segundo Litvan (1986), o termo degradação exprime o fato de que um material já não consegue manter o desempenho esperado pelo tempo previsto de vida útil.

Diversos agentes naturais atuam sob as estruturas provocando o seu envelhecimento, ou seja, a perda gradual de seu desempenho estético, funcional e estrutural (ANDRADE; SILVA, 2005 apud SILVA, 2011).

Para John e Sato (2006), os agentes de degradação são quaisquer entes que atuam sobre os materiais ou componentes de uma construção e que provocam alterações nos materiais diminuindo o seu desempenho. Esses agentes de degradação são apresentados no Quadro 2, onde de acordo com a ISO 15686-2 (2012), podem ser de natureza mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica.

Quadro 2 - Agentes de degradação que afetam a vida útil dos componentes de construção

Natureza	Classe
Agentes Mecânicos	Gravidade
	Forças e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
	Vibrações e ruídos
Agentes Eletromagnéticos	Radiação
	Eletricidade
	Magnetismo
Agentes Térmicos	Níveis extremos ou variações rápidas de temperatura
Agentes Químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
	Quimicamente neutros
Agentes Biológicos	Vegetais e microorganismos
	Animais

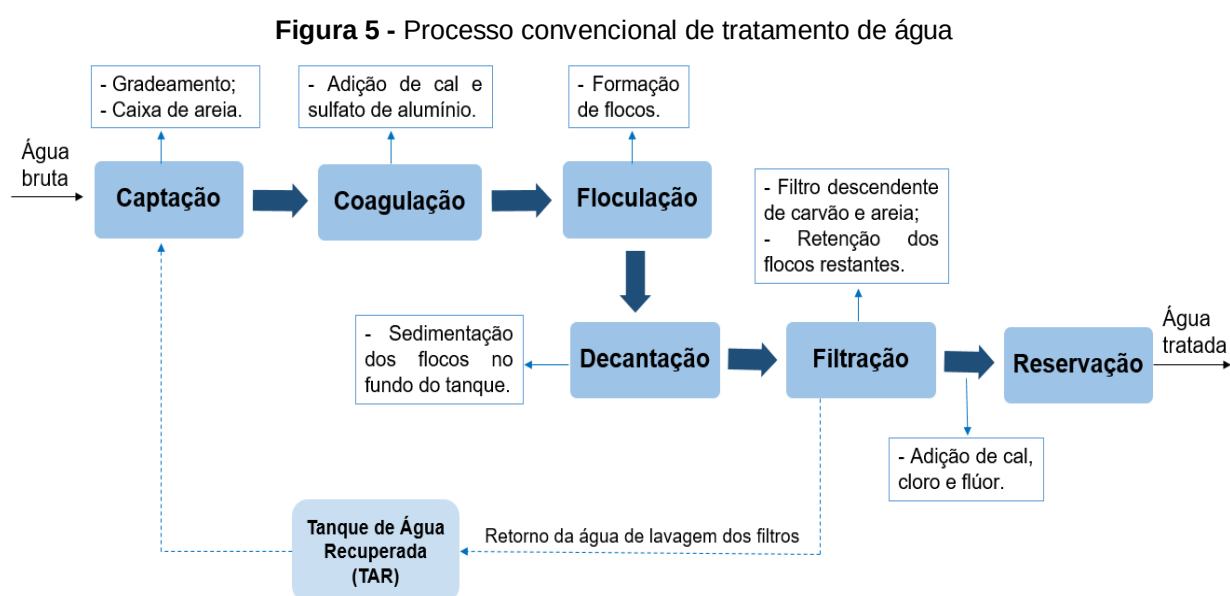
Fonte: ISO 15686-2 (2012).

5.4 Principais estruturas e processos de uma ETA

O tratamento de água tem como objetivo adequar a água bruta a padrões aceitáveis de potabilidade, com os menores custos de implantação, manutenção e operação possíveis. A escolha da tecnologia mais adequada leva em conta as características da água bruta, os custos envolvidos, o manuseio e confiabilidade dos equipamentos, a flexibilidade operacional, a localização geográfica e as características da população (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com a pesquisa nacional de saneamento básico divulgada pelo IBGE (2010), a água bruta pode passar por tecnologias de tratamento convencionais, que é o caso das estações de ciclo completo, e não convencionais, cujo tratamento ocorre através de processos de dessalinização, filtração direta, dupla filtração, entre outros. Neste trabalho será abordada apenas a tecnologia de ciclo completo, uma vez que a estação de tratamento de água (ETA) em estudo utiliza esse processo.

Segundo Libânio (2010), as etapas necessárias para a realização do tratamento convencional ou tratamento de ciclo completo são: captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, ajustes finais (desinfecção, fluoretação e correção de pH) e reservação. A água oriunda da lavagem dos filtros é armazenada e retorna ao tratamento de água. Tais processos podem ser vistos de maneira simplificada na figura 5.



Fonte: autoria própria (2018).

5.5 Principais patologias encontradas em obras de saneamento

Campaner, Carvalho e Lobo (2007) ressaltam que frente às condições fortemente agressivas do meio e à ação mecânica dos líquidos em movimento, grande parte das obras hidráulicas apresentam, ao longo de sua vida útil, manifestações patológicas diversas que comprometem sua operação, funcionalidade e durabilidade. As patologias que se manifestam com maior frequência em obras de saneamento são: trincas e fissuras, bolor ou mofo, manchas de umidade, eflorescência, corrosão das armaduras e degradação do concreto.

5.5.1 Trincas e fissuras

Fissuras são aberturas que afetam a superfície de um elemento estrutural, facilitando a entrada de agentes agressivos à estrutura, conforme pode ser visto na Figura 6 (GONÇALVES, 2015).

A NBR 15575-2 (2013) classifica as fissuras como ativas, quando apresentam variação de abertura, e passivas, quando possuem abertura constante. Ainda conforme a referida norma, quando as fissuras apresentam abertura igual ou superior a 0,6 mm elas são denominadas de trincas.

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam as obras, Thomaz (1989) considera a fissuração como um dos mais importantes, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica etc.) e o incômodo visual que as fissuras causam aos seus usuários.

O aparecimento de trincas e fissuras pode ocorrer por diversos fatores, tais como: reações expansivas ocasionadas por agentes externos que penetram na estrutura, como cloretos e dióxidos de carbono, recalques diferenciais, cura inadequada do concreto e a não previsão adequada do comportamento da estrutura (SILVA, 2011).

Visto que um processo de fissuração pode surgir por diversas causas, Miotto (2010) enfatiza que é muito importante que antes de recuperar uma fissura, se descubra a causa do problema para que ela seja efetivamente eliminada, uma vez que, a fissura é apenas uma consequência de algum problema que está ocorrendo.

A NBR 6118 (2014) permite fissuras no concreto, desde que sua abertura esteja dentro dos limites estabelecidos. Por estarem em ambientes agressivos, de classe de agressividade III, as estruturas das obras de saneamento tendem a apresentar fissuras com abertura máxima permitida pela norma de até 0,3 mm. No caso de estruturas hidráulicas, a determinação da abertura das fissuras é um fator relevante para avaliar a gravidade da situação, pois se houver fluxo de água através da fissura podem surgir sérios problemas de estanqueidade e erosão, que tendem a deteriorar cada vez mais a estrutura, além de dificultar a recuperação da mesma (ZUCH, 2008).

Figura 6 - Trincas e fissuras nas estruturas dos tanques



Fonte: Sousa et al. (2015).

5.5.2 Bolor ou mofo

Segundo Shirakawa et al. (1995), os termos bolor ou mofo são empregados para descrever o crescimento de fungos filamentosos sobre um dado substrato. Esta manifestação patológica é caracterizada pelo aparecimento de manchas escuras em tonalidades preta, marrom e verde, responsáveis por alterações estéticas visíveis macroscopicamente, como mostram as Figuras 7 e 8.

Para que ocorra a proliferação desses fungos são necessários nutrientes, alto teor de umidade e temperatura média variando de 25° C a 30° C. Mesmo que um material contenha todos os nutrientes necessários para o crescimento dos fungos, o bolor não aparecerá até que exista umidade suficiente e temperatura adequada para a germinação dos esporos. Por conseguinte, a água absorvida e a temperatura do

ambiente são fatores condicionantes para o aparecimento, manutenção e extensão do bolor no substrato (SHIRAKAWA et al.,1995).

Figura 7 - Bolor em parede de estação de tratamento



Fonte: Chaves et al. (2016).

Figura 8 - Bolor em tanque de estação de tratamento



Fonte: Chaves et al. (2016).

5.5.3 Manchas de umidade

Segundo Ferraz (2016), a partir do momento que a água atravessa uma barreira e fica aderente ao outro lado, ela pode ocasionar uma mancha, como retratado na Figura 9. A penetração de água nas estruturas contribui para a

deterioração dos materiais de construção e origina uma série de outros problemas patológicos, como o aparecimento de bolor e eflorescências.

A origem da umidade em construções é variada, pois essa pode ser originária durante a fase de erguimento, de vazamento em redes hidráulicas, porém, é mais comum a umidade resultante da precipitação de chuvas, que pode ainda ser agravada por sistemas de impermeabilização precários (SOUZA, 2008).

Figura 9 - Manchas de umidade provenientes de vazamentos



Fonte: Sousa et al. (2015).

5.5.4 Eflorescência

As eflorescências são depósitos salinos, normalmente de cor esbranquiçada, que se formam sobre a superfície do concreto. Esse processo ocorre através da dissolução dos sais, do cimento e da cal hidratada nas águas de infiltrações. Quando a água evapora, deposita estes sais na superfície das peças, alterando a estética dos acabamentos. (BERENGUER et al., 2014 apud SOUZA et al., 2015).

A eflorescência é um fenômeno causado por três fatores igualmente importantes: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a diferença de pressão para propiciar a migração da solução para a superfície. Todas estas três condições devem existir e se uma delas for eliminada não irá ocorrer o fenômeno (UEMOTO, 1988).

Ferraz (2016) ressalta que o local da manifestação da eflorescência nem sempre indica exatamente a sua origem, pois os sais foram transportados. Assim, faz-

se necessário analisar o comportamento do fenômeno, sua fonte e a origem da água para um correto diagnóstico. Este fenômeno poderá se manifestar em diversas superfícies, nas paredes é comum aparecer em forma de pó branco e nos reservatórios é comum o aparecimento em forma de estalactites, conforme pode ser visto nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Paredes com manchas de eflorescência



Fonte: Sousa et al. (2015).

Figura 11 - Eflorescência na forma de estalactite em reservatório



Fonte: Silva (2011).

5.5.5 Corrosão das armaduras

Para Helene (1992) a corrosão das armaduras no concreto armado consiste num fenômeno de natureza eletroquímica, que pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos externos ou internos ao concreto.

As armaduras inseridas no concreto encontram-se, em princípio, protegidas e passivadas contra a corrosão. Essa proteção é propiciada pela camada de cobrimento de concreto que forma uma barreira física contra a entrada de agentes externos e principalmente pela proteção química conferida pela alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto (HELENE, 1993).

A perda ou ruptura dessa proteção e a consequente corrosão das armaduras pode ser visualizada na Figura 12, que ocorre principalmente através de duas formas:

- Generalizada: através do fenômeno da carbonatação, onde o gás carbônico presente na atmosfera é transportado através dos poros e fissuras do concreto, ocasionando a redução de pH do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998);
- Localizada: por meio da elevada concentração de íons cloro (cloretos), que penetram através dos poros do concreto ou podem ter sido adicionados durante o processo de amassamento. A corrosão do aço provoca seu aumento de volume, gerando tensões de tração no concreto resultando no aparecimento de fissuras que facilitam a entrada de agentes agressivos às armaduras, acelerando o processo corrosivo e podendo até causar o deslocamento do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998; CASCUDO, 1997).

Figura 12 - Tipos de corrosão de armadura



Fonte: Cascudo (1997).

Nas estações de tratamento de água é notória a presença do íon cloro, utilizado durante os processos de tratamento. Diante disso, para evitar a corrosão nas armaduras das estruturas de concreto, Souza e Ripper (1998) recomendam um concreto de baixa porosidade, com fissuração controlada, sendo a camada de cobrimento das armaduras dimensionadas em função da agressividade do meio ambiente, dificultando que os agentes agressores atinjam a armadura.

Os danos causados pela corrosão das armaduras, podem ser vistos na Figura 13, e incluem: fissuras, deslocamento do concreto de cobrimento, redução da seção resistente das armaduras e a redução ou eventual perda de aderência entre aço e concreto, ou seja, deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural (HELENE, 1993).

Figura 13 - Corrosão de armaduras próximo à base da bomba



Fonte: Sousa et al. (2015).

5.5.6 Degradação do concreto

Segundo Helene (1993), a degradação do concreto consiste numa manifestação patológica caracterizada pela desintegração progressiva do concreto, por meio da ação da abrasão, lixiviação ou ataques por agentes químicos. A figura 14, ilustra a ocorrência desse processo.

Esse desgaste da estrutura pode ser classificado em três tipos: superficial, médio e profundo. O desgaste superficial acontece quando existe uma perda parcial do cobrimento, porém os agregados graúdos não são expostos. Já o médio, provoca

o aparecimento dos agregados graúdos, mas não existe exposição da armadura. No desgaste profundo, acontece uma perda total do cobrimento e aparecimento da armadura (DYER, 2015).

Figura 14 - Tanque de filtração com paredes de concreto degradadas



Fonte: Sousa et al. (2015).

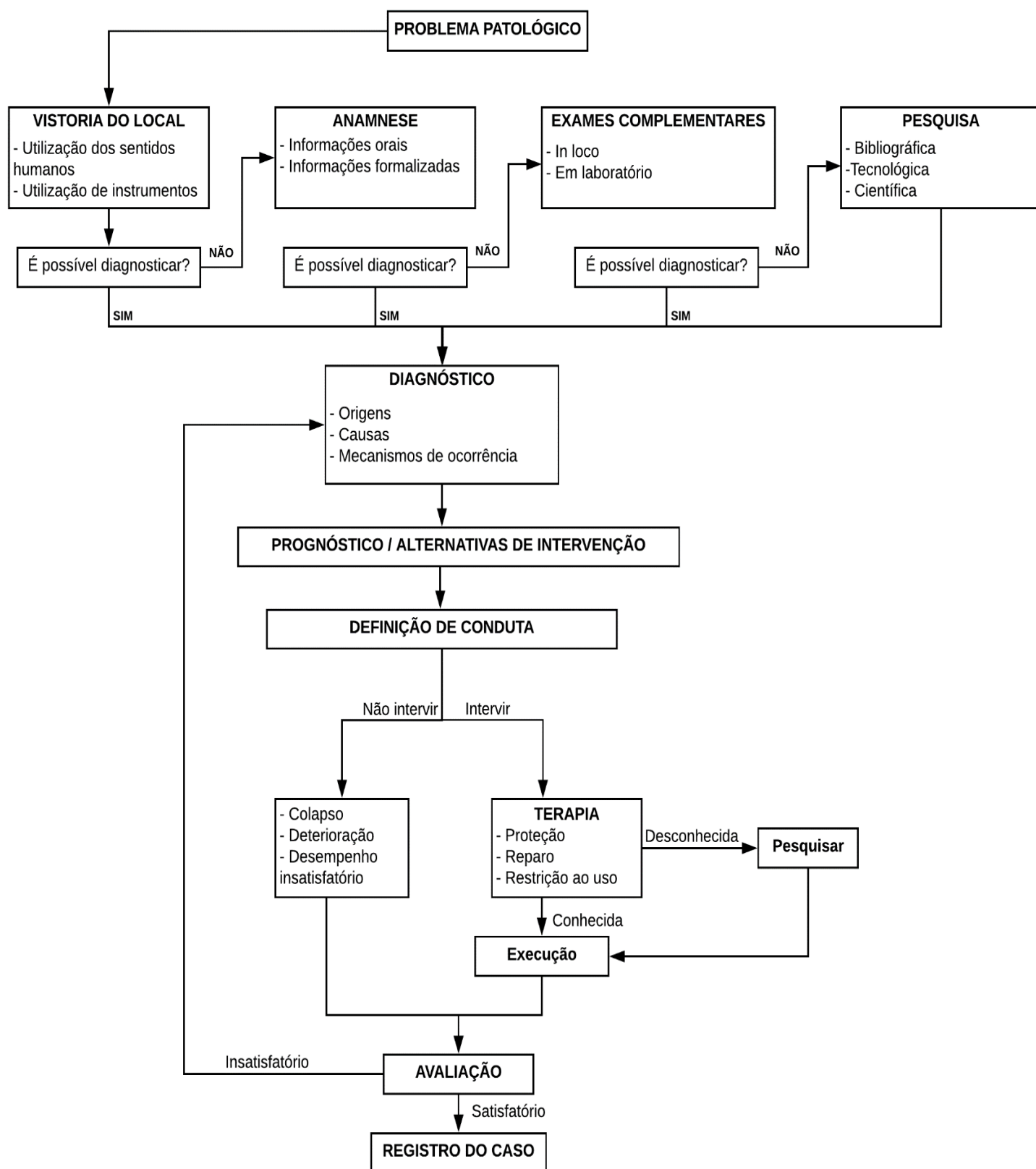
5.6 Técnicas de inspeção de estruturas de concreto

Segundo Helene (1993), a percepção de uma manifestação patológica pode ocorrer devido a um sintoma externo notório, ou através de uma inspeção ou vistoria efetuada em conformidade com um programa manutenção e monitoramento da estrutura. Dentre as técnicas existentes para auxiliar no diagnóstico e identificação das manifestações patológicas destacam-se: as inspeções visuais, a termografia infravermelha, o ensaio de esclerometria e a utilização de veículos aéreos não tripulados (drones).

5.6.1 Inspeções visuais

Um método conhecido e disponível para se diagnosticar problemas patológicos é o método de Lichtenstein (1985) que compreende três etapas: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma de atuação para a resolução de problemas patológicos



Fonte: Lichtenstein (1985).

A etapa de levantamento de subsídios é onde as informações essenciais para o entendimento completo do problema patológico são coletadas e organizadas. Estas informações podem ser obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento histórico do problema e da construção (anamnese do caso) e análise de ensaios complementares e pesquisas (LICHTENSTEIN, 1985).

Segundo Cremonini (1998), na vistoria do local é feita uma observação da obra e do meio ambiente em seu entorno, bem como o levantamento fotográfico da situação. Os sentidos humanos têm grande importância no levantamento de campo, uma vez que as patologias podem ser observadas, ou ter um som ou odor característico. Durante a vistoria, podem ser utilizados instrumentos para auxiliar na identificação das patologias, como por exemplo: clinômetro, pacômetro, fissurômetro, binóculo, lupa graduada, etc.

Não sendo a vistoria suficiente para a formulação de um diagnóstico seguro, deve-se partir para a anamnese do problema, que consiste na coleta de informações orais, obtidas por meio de usuários e projetistas, e informações formalizadas, tais como: projetos, especificações técnicas, registros de manutenções, relatório de ensaios, entre outros (HELENE, 1993).

Se ainda assim não for possível se chegar ao diagnóstico do problema, pode-se realizar exames complementares e pesquisas bibliográficas para ajudar na resolução do problema. Os exames complementares podem ser feitos em laboratório ou in loco, sendo que estes últimos podem ser destrutivos, quando deixam algum dano na peça ensaiada, ou não-destrutivos (LICHTENSTEIN, 1985).

De acordo com Lichtenstein (1985), a próxima etapa é a do diagnóstico da situação. Nesta etapa ocorre a compreensão dos fenômenos, buscando-se identificar as relações de causa e efeito que normalmente caracterizam uma patologia. Segundo o autor, cada subsídio obtido na fase anterior, deve ser interpretado de maneira a compor um quadro de entendimento de como trabalha o edifício, como reage à ação dos agentes agressivos, porque surgiu e como se desenvolveu o problema patológico.

Para Lapa (2008), o diagnóstico é a fase mais importante do processo, pois definirá o sucesso ou fracasso da solução a ser adotada. Um diagnóstico equivocado resultará em intervenções que não conseguirão solucionar os problemas, além de dificultar análises futuras para diagnosticar corretamente a patologia e do desperdício de dinheiro empregado na operação.

A última etapa, segundo Lichtenstein (1985), é a definição de conduta. Esta etapa tem como objetivo prescrever o que fazer, ou seja, o trabalho a ser executado para resolver o problema diagnosticado e recuperar o desempenho da estrutura. No entanto, Cremonini (1998) salienta que nem sempre é possível realizar intervenções na estrutura, devido ao elevado grau de evolução em que a manifestação patológica se encontra.

De posse do diagnóstico, deve-se realizar um prognóstico, levantando hipóteses sobre a evolução futura do problema. Em função desse prognóstico, o profissional define alternativas de intervenção, que podem ser: corrigir a patologia, impedir ou controlar sua evolução, estimar o tempo de vida da estrutura, limitar sua utilização ou, em casos mais extremos, indicar sua demolição (LAPA, 2008).

Lichtenstein (1985) aponta que diante das alternativas de intervenção possíveis, a definição de conduta é feita considerando-se três parâmetros básicos: o grau de incerteza sobre os efeitos, a relação custo/benefício e a disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços.

É importante, após a resolução de cada problema patológico, fazer um registro do caso e armazenar os dados obtidos, tais como: fotografias, procedimentos realizados, soluções adotadas, etc., possibilitando a transmissão de informações, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade da construção civil e conseqüentemente o nível de satisfação dos usuários (CREMONINI, 1998).

Outro método que também pode auxiliar na identificação de manifestações patológicas é o indicado no manual de controle tecnológico para obras em concreto, desenvolvido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

Este método consiste em preencher uma ficha intitulada de “roteiro para inspeção de estruturas de concreto”, que envolve as seguintes etapas: questionário, sintomas, causas, providências imediatas, testes efetuados e terapia adotada. A ficha para a inspeção é apresentada no anexo A.

5.6.2 Termografia infravermelha

A termografia infravermelha consiste em um ensaio não destrutivo utilizado para obter a temperatura superficial de estruturas. Na construção civil esta técnica tem sido empregada na detecção de vazamentos, inspeção térmica de entorno de novas obras e testes térmicos para a conservação de edificações (FIGUEREDO et al., 2017).

A radiação infravermelha emitida por um corpo proporciona informações características do material que o constitui e a condição em que este se encontra. Todo corpo com temperatura acima do zero absoluto (-273°C) emite radiação térmica. Os equipamentos termográficos, apresentados na Figura 16, captam esta radiação infravermelha, transformam-na em sinais elétricos e geram uma imagem térmica (termograma) do corpo através de cores diferentes para temperaturas diferentes (MONCÓ, 2002; BARREIRA, 2004).

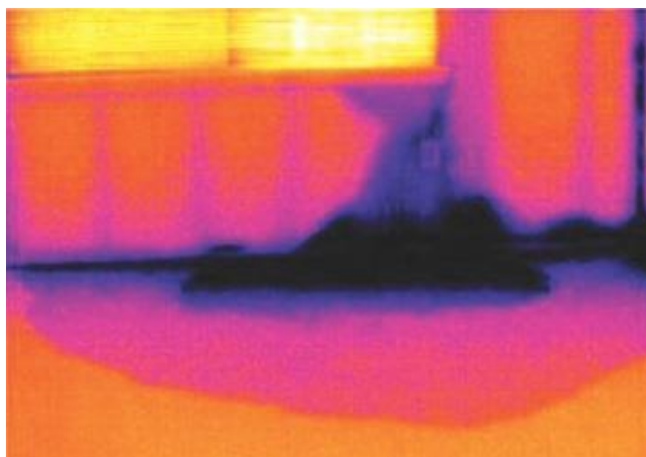
Figura 16 - Exemplos de câmeras termográficas



Fonte: Site Flir (2018).

Figueredo et al. (2017) afirma que por meio desse imageamento é possível detectar alterações de temperatura que indicam possíveis problemas patológicos. No entanto, o autor ressalta que por ser um ensaio não destrutivo a termografia não determina a patologia que acomete a estrutura, mas apenas indica uma manifestação patológica oculta através do contraste térmico entre as diferentes partes da estrutura, como pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 – Termograma indicando presença de umidade em parede



Fonte: Manual do utilizador FLIR (2019).

A termografia tem como principais vantagens a detecção de falhas não visíveis, não necessita de contato físico, tempo rápido de resposta e é uma técnica não destrutiva (BARREIRA, 2004). Além disso, não requer o realojamento temporário dos residentes, possui apresentação visual ilustrativa dos resultados e confirma os pontos de falha e as vias de migração da umidade. Como desvantagem tem-se que o método detecta apenas diferenciais de temperatura de superfície, não consegue penetrar nas paredes e nem detectar danos abaixo da superfície, como fungos ou danos estruturais (FLIR, 2010).

No Brasil, a utilização de equipamentos termográficos na construção civil é regulamentada por normas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Dentre elas, destaca-se: a NBR 16292/2014, que descreve os procedimentos para medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas, a NBR 15718/2009, que fornece diretrizes para verificação dos termovisores e a NBR 15424/2006, que define os termos utilizados no ensaio não destrutivo de termografia (CUNHA, 2016).

De acordo com Barreira (2004), apesar da fácil aplicabilidade da técnica de termografia infravermelha, existem diversos fatores externos que influenciam na análise dos resultados, tais como:

- Condições térmicas do objeto e do meio em que se encontra, antes e durante o ensaio;
- Presença de fontes externas (sombra, reflexão, superfícies com diferentes acabamentos);
- Condições de medição (emissividade adotada, temperatura do ar, distância entre a câmera e o objeto, ângulo de observação, etc).

5.6.3 Ensaio de esclerometria

Segundo a NBR 7584 (2012, p. 1) o ensaio esclerométrico consiste em um “método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do concreto endurecido”. A utilização desse método permite comparar a qualidade do concreto em diferentes áreas da estrutura sem a necessidade de danificar o concreto (ESCOBAR; CRUZ; FABRO, 2008).

Para realização do ensaio utiliza-se o esclerômetro de reflexão, que através do princípio do ricochete permite avaliar a uniformidade do concreto in loco, com danos praticamente nulos à superfície da estrutura (EVANGELISTA, 2002). A figura 18 retrata um modelo de esclerômetro comumente utilizado no mercado.

Figura 18 - Esclerômetro de reflexão



Fonte: Site Proceq (2019).

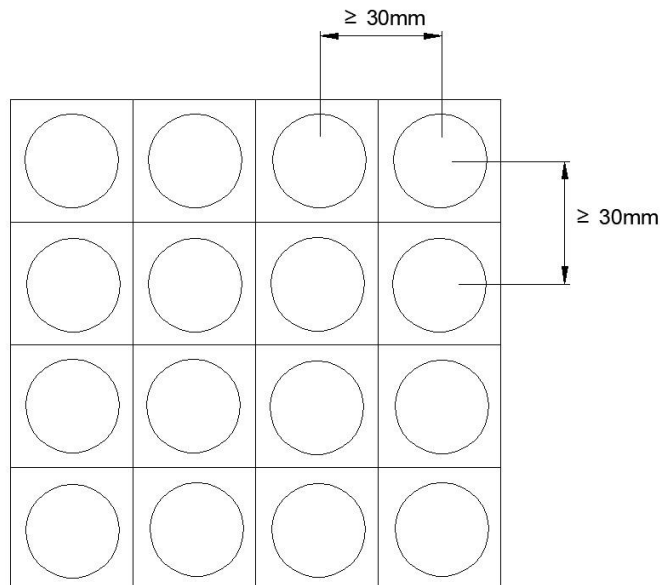
O funcionamento deste aparelho é explicado pela NBR 7584 (2012) como uma massa-martelo que, impulsionada por uma mola, se choca, através de uma haste metálica, com a superfície ensaiada. O valor obtido através do recuo do martelo em resposta ao impacto, é registrado pelo aparelho e denominado de índice esclerométrico. Desta forma, quanto maior a dureza da superfície ensaiada, maior deve ser o recuo ou reflexão do martelo e, por conseguinte, maior o índice esclerométrico.

No Brasil, o procedimento para execução do ensaio de esclerometria é estabelecido pela NBR 7584:2012, que preconiza que seja feita uma aferição no esclerômetro antes de iniciar o procedimento e que as superfícies de concreto a serem ensaiadas estejam secas, limpas e planas.

De acordo com a norma supracitada, em cada área de ensaio devem ser efetuados 16 impactos, não sendo permitido mais de um impacto sobre o mesmo ponto. Recomenda-se demarcar a área a ser ensaiada por meio do desenho de um reticulado uniforme, com dimensões entre 8.000 mm² (aproximadamente 90 mm x 90 mm) e 40.000 mm² (200 mm x 200 mm) e aplicar o esclerômetro nas regiões delimitadas por ele, conforme apresentado na Figura 19. Para elementos estruturais

com grandes volumes de concreto devem ser avaliados com no mínimo duas áreas de ensaio, localizadas, preferencialmente em faces opostas do elemento.

Figura 19 - Área de ensaio com 16 pontos de impacto



Fonte: adaptado da NBR 7584:2012.

A NBR 7584 (2012) relata ainda que além de averiguar a uniformidade da dureza superficial do concreto, o ensaio de esclerometria também pode ser empregado na comparação de concretos com um referencial (quando se deseja comparar a qualidade de peças de concreto, como em peças pré-moldadas onde há um padrão preestabelecido) e ainda para estimar a resistência à compressão do concreto (quando se dispõe de uma correlação confiável, efetuada com materiais locais).

5.6.4 Veículos aéreos não tripulados

Os veículos aéreos não tripulados (VANT's), popularmente conhecidos como drones, são aeronaves pilotadas remotamente ou de forma automática por meio da utilização de coordenadas pré-definidas. Suas primeiras utilizações foram para fins militares e atualmente são utilizados nas mais variadas áreas (NASCIMENTO, 2014).

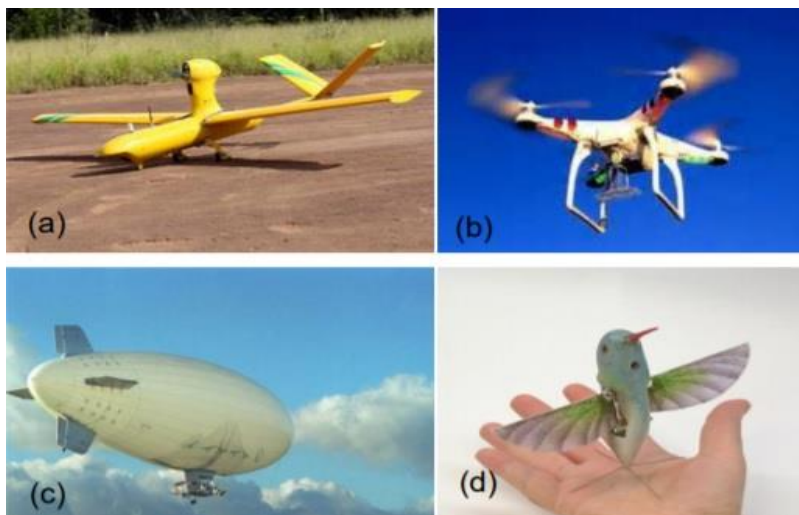
Na construção civil, são utilizados na inspeção de estruturas e para captação de imagens com amplo potencial de detecção de manifestações patológicas,

permitindo acesso a locais antes inacessíveis ao ser humano e a outras tecnologias (LISBOA et al., 2018).

Segundo Angelov (2012), os VANT's podem ser classificados, conforme mostrado na Figura 20, de acordo com suas características aerodinâmicas em:

- Asa fixa (a): aeronaves que necessitam de pistas para decolagem e pouso e são capazes de realizar voos de longa duração e com altas velocidades de cruzeiro;
- Asa rotativa (b): aeronaves que realizam pouso e decolagem verticalmente, tendo como vantagens a capacidade de se manter estável no ar e a alta manobrabilidade. Tais características tem impulsionado a expansão de seu uso;
- Dirigíveis (c): são grandes e mais leves que o ar, realizam voos de longa duração e em baixa velocidade;
- Asa batidora (d): possuem pequenas asas flexíveis inspiradas em pássaros ou insetos voadores.

Figura 20 - Tipos de VANT'S: (a) asa fixa, (b) asas rotativas, (c) dirigíveis e (d) asas batedoras



Fonte: Melo (2016).

Em 2017, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) aprovou o regulamento especial para utilização de aeronaves não tripuladas, também conhecidas como drones. O regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº94/2017) é complementar às normas de operação estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e foi criado com o objetivo de tornar viáveis as

operações desses equipamentos, de modo a preservar a segurança das pessoas e promover o desenvolvimento sustentável e seguro para o setor.

5.7 Técnicas de recuperação de estruturas de concreto

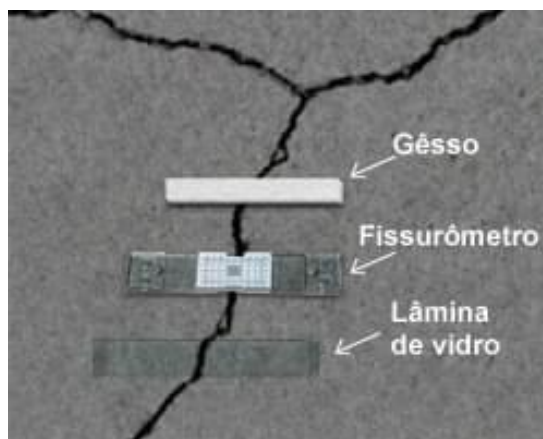
Segundo Souza e Ripper (1998), a qualidade dos serviços de recuperação das estruturas de concreto depende da análise precisa das causas que os tornaram necessários e do estudo detalhado dos efeitos produzidos. Após isso, deve-se então escolher, dentre as várias intervenções possíveis, a técnica mais adequada para a resolução do problema, levando-se em consideração a relação custo/benefício e a disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços (LAPA, 2008).

Diante das mais variadas técnicas disponíveis para a recuperação das estruturas, serão abordadas nesse tópico algumas técnicas usuais no tratamento de patologias de estruturas de concreto em obras de saneamento.

5.7.1 Tratamento de trincas e fissuras

Antes de iniciar o tratamento de fissuras, Helene (1992) recomenda que seja feita uma análise inicial da abertura da fissura, visando classificá-la em ativa ou passiva. Essa análise deve ser feita por período não inferior a 60 dias, com o auxílio de fissurômetros (que devem ser usados para medir periodicamente a espessura das fissuras), selo de gesso ou lâmina de vidro (que são coladas na superfície da estrutura e romperão caso a fissura apresente variação de abertura), conforme Figura 21.

Figura 21 - Instrumentos para verificação da movimentação das fissuras



Fonte: Site AEC (2019).

Conforme o autor supracitado, após essa análise inicial, deve-se proceder da seguinte maneira para o tratamento de fissuras resultantes de variação térmica ou cura inadequada do concreto, localizadas em ambientes agressivos e úmidos:

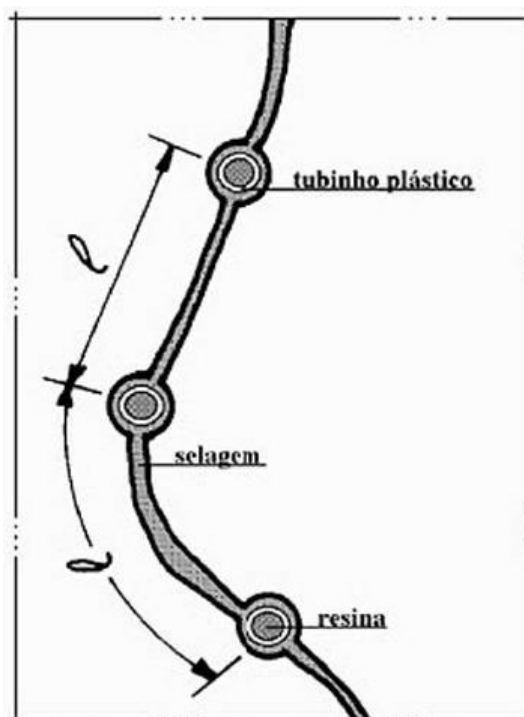
- Para fissuras com abertura $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tratamento;
- Para fissuras com abertura $> 0,1\text{mm}$ passivas, injetar resina epóxi;
- Para fissuras com abertura $> 0,1\text{mm}$ ativas, colmatar com selante.

Segundo Souza e Ripper (1998), as resinas epoxídicas são preferíveis para injetar fissuras passivas por serem produtos não retráteis, de baixa viscosidade, altas capacidades resistente e aderente e de rápido endurecimento.

O processo de injeção, pode ser visto na figura 22, e consiste em:

- 1) abrir furos ao longo do comprimento da fissura com diâmetros em torno de 10mm, obedecendo o espaçamento L em função da abertura da fissura (que pode variar entre 50mm e 300mm, tanto maior quanto mais aberta for a fissura);
- 2) limpar as fissuras com jato de ar comprimido e, em seguida, aspirar as aberturas para remover as partículas soltas existentes;
- 3) fixar tubinhos plásticos nos furos através dos quais será injetado o produto. A fixação dos tubinhos e a selagem da fissura entre dois furos consecutivos é feita com a aplicação de uma cola epoxídica bicomponente, em geral aplicada com espátula ou colher de pedreiro;
- 4) antes de iniciar a injeção, deve-se testar a eficiência do sistema, através da aplicação de ar comprimido, testando a intercomunicação dos furos e a efetividade da selagem;
- 5) iniciar a injeção da resina epóxi com pistola de aplicação manual, tubo a tubo. Os tubinhos plásticos devem ser conservados por pelo menos um dia após o término da injeção. Após serem removidos, deve-se regularizar o local onde estavam fixados com o próprio material de injeção.

Figura 22 - Preparação da fissura para procedimento de injeção



Fonte: Souza e Ripper (1998).

A selagem é uma técnica empregada na vedação de fissuras ativas por meio da utilização de um material aderente, resistente mecânica e quimicamente, não retrátil e com módulo de elasticidade suficiente para se adaptar às deformações da fissura (SOUZA; RIPPER; 1998).

De acordo com a norma DNIT 083 (2006) para o tratamento de fissuras ou trincas ativas, os procedimentos a serem adotados, após a etapa inicial de monitoramento e classificação, são os seguintes:

- 1) selecionar um selante plástico e o comprimento que a junta móvel a ser criada deve ter para absorver a movimentação da trinca ativa;
- 2) alargar a fissura ativa com um cinzel ou equipamento de corte para o comprimento calculado da junta móvel;
- 3) limpar e secar a fissura alargada com jateamentos de água e ar;
- 4) preencher cuidadosamente a abertura com selante plástico.

Figura 23 - Aplicação de selante plástico em trinca



Fonte: Revista Técnica (2010).

Para o tratamento de fissuras indicativas do processo de corrosão por carbonatação deve-se realizar o ensaio de profundidade de carbonatação, conforme indicado por Grossi (2017). Esse ensaio consiste em realizar uma fratura no concreto, com o auxílio de uma talhadeira, e aplicar uma solução de fenolftaleína sobre a superfície fraturada. Essa solução reage com o concreto, deixando a região carbonatada ($\text{pH} \leq 9$) incolor e a região ainda alcalina na cor rosa, como pode ser visto na Figura 24. Após o ensaio, deve-se prosseguir com o tratamento utilizado para corrosão de armaduras.

Figura 24 - Aplicação de fenolftaleína para determinação da frente de carbonatação



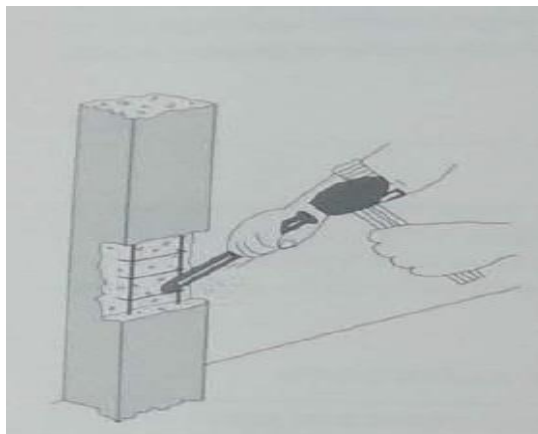
Fonte: Grossi (2017).

5.7.2 Tratamento de corrosão de armaduras

De acordo com a norma DNIT 084 (2006), para o tratamento de armaduras corroídas, deve-se seguir as etapas:

- 1) remover todo o concreto contaminado no entorno da armadura com corrosão, com jato d'água ou ferramentas manuais, para não prejudicar ainda mais a armadura ou sua aderência ao concreto (Figura 25);
- 2) limpar as barras corroídas, com escova de aço;
- 3) examinar cuidadosamente as barras corroídas e já limpas, para avaliação da perda de sua capacidade resistente. Se a perda for constatada, as barras devem ser suplementadas;
- 4) após a remoção dos detritos, a armadura tratada e a suplementar – se esta for necessária – devem ser pintadas com tinta especial anti-ferruginosa;
- 5) recompor a seção removida de concreto com argamassa polimérica, dispensando-se a necessidade de formas.

Figura 25 - Escarificação manual do concreto para tratamento de corrosão de armaduras



Fonte: Helene (1992).

5.7.3 Tratamento de degradação do concreto devido à abrasão

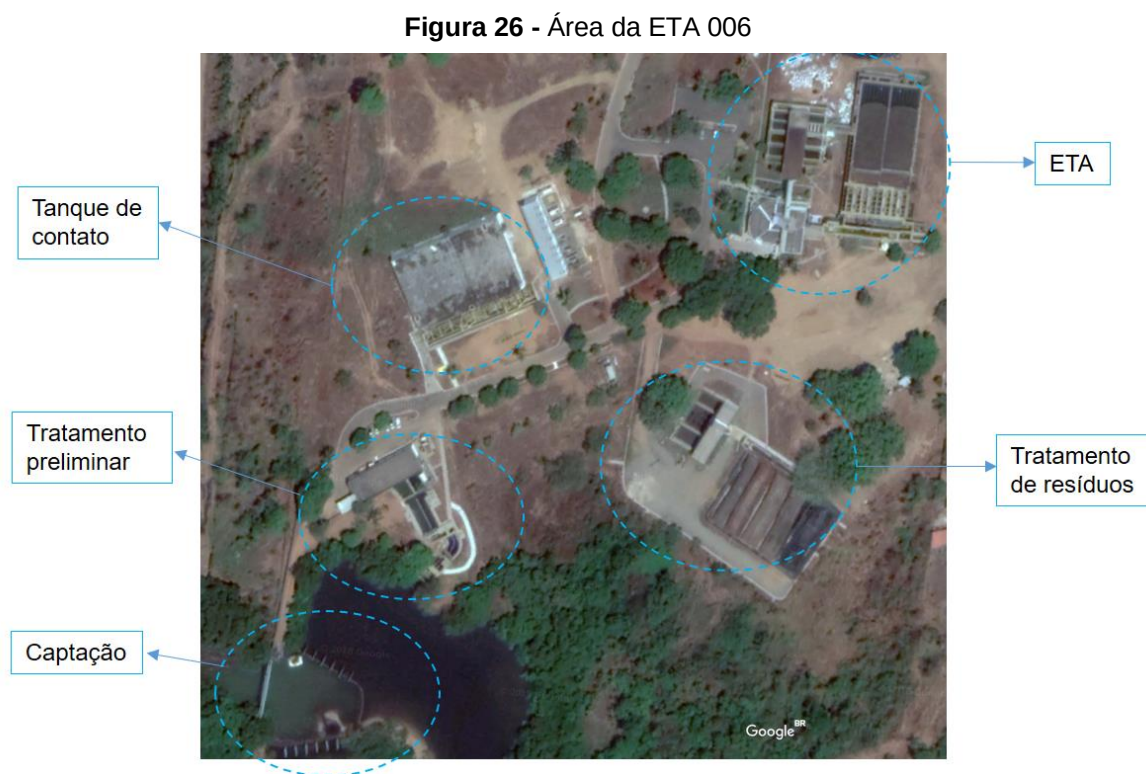
Segundo a norma DNIT 090 (2006), para a recuperação dessa patologia, podem ocorrer duas situações: ou as áreas a recuperar são percentualmente pequenas, da ordem de 20% a 30% da área total, ou percentualmente consideráveis. No primeiro caso, a recuperação é localizada e manual e, no segundo caso, é geral e mecanizada.

Devido as pequenas espessuras das camadas desgastadas, a preparação superficial do concreto inclui aumentar um pouco esta espessura, com o auxílio de escarificadores manuais ou mecânicos para alargar a área afetada. O material de reposição, deve ser, no mínimo, uma argamassa de cimento Portland enriquecida com microsílica, acrílico, látex ou epóxi, melhorando a resistência superficial à abrasão.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 Apresentação da área de estudo

O trabalho consiste na realização de um estudo de caso nas estruturas de concreto da Estação de Tratamento de Água (ETA 006), na cidade de Palmas – TO, apresentada na Figura 26. A referida ETA foi inaugurada em 2002 e fica localizada à margem esquerda da rodovia TO-050, no km 13, sentido Palmas – Taquaralto. Atualmente, a ETA 006 encontra-se sob administração da empresa BRK Ambiental, sendo responsável por cerca de 85% do abastecimento de água da cidade.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

A captação de água bruta é realizada no Ribeirão Taquarussu Grande, por meio de uma barragem de nível, como mostrado na Figura 27. A tomada da água bruta é direta, sendo conduzida para um canal de concreto onde passa por gradeamento e desaneração. A água bruta, agora pré-tratada, é então conduzida por elevatórias até o canal de entrada, dando início ao tratamento de água.

Figura 27 - Captação da água bruta



Fonte: Concessionária (2017).

A estação de tratamento de água, propriamente dita, trata-se de uma ETA de ciclo completo, que inclui: um canal de entrada da água bruta e coagulação, dois floculadores, dois decantadores, oito filtros descendentes de areia e carvão e uma casa de química, dotada de instalações para o armazenamento de produtos químicos, laboratório e sala de monitoramento. A Figura 28 apresenta uma vista aérea da ETA, com a distribuição de suas unidades constituintes.

Figura 28 - Vista aérea da ETA 006



Fonte: Adaptado da Concessionária (2017).

Após a etapa de filtração, a água é direcionada para o tanque de contato (Figura 29), onde ocorre a adição de cloro e flúor.

Figura 29 - Tanque de contato/Reservatório de compensação

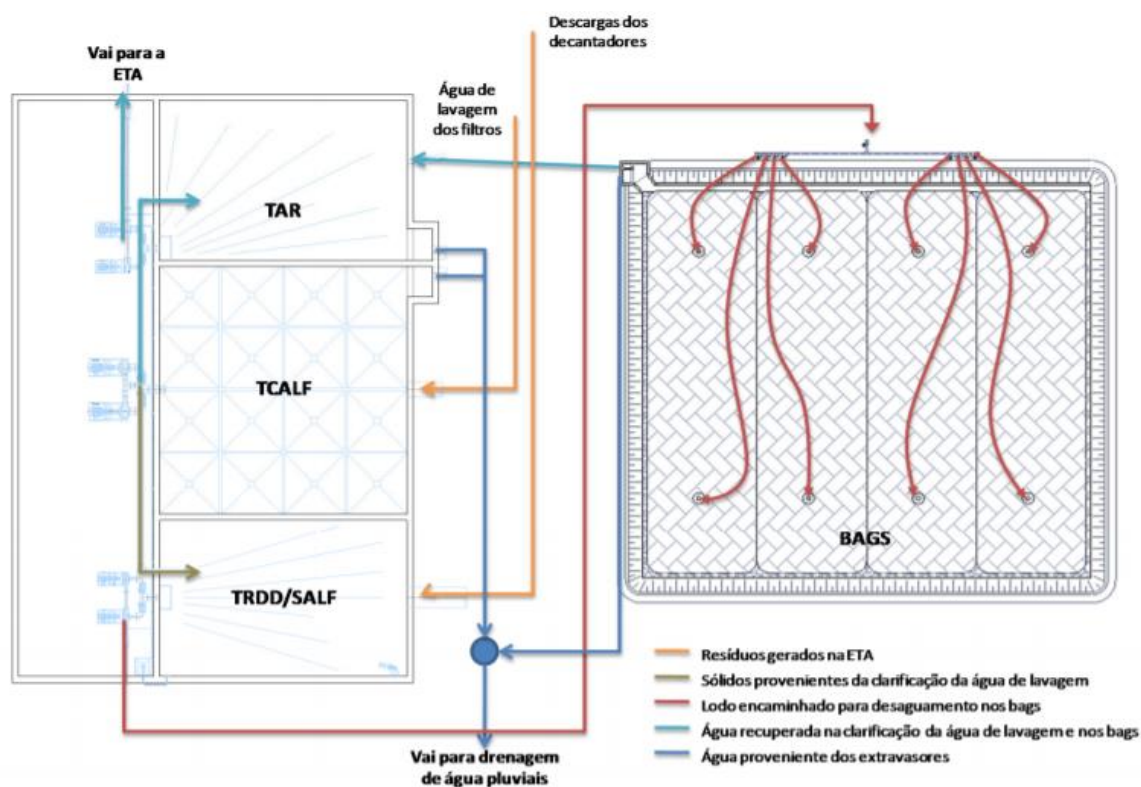


Fonte: Concessionária (2017).

O tanque de contato, também denominado de reservatório de compensação, consiste num reservatório semienterrado de concreto armado, com capacidade de armazenamento de 6.000 m³ de água.

Durante o tratamento de água são gerados resíduos oriundos da lavagem dos filtros e da raspagem do lodo sedimentado no fundo dos decantadores. O tratamento desses resíduos pode ser explicado na Figura 30.

Figura 30 - Esquema do sistema de tratamento de resíduos



Fonte: Di Bernardo (2012) apud Lima (2016).

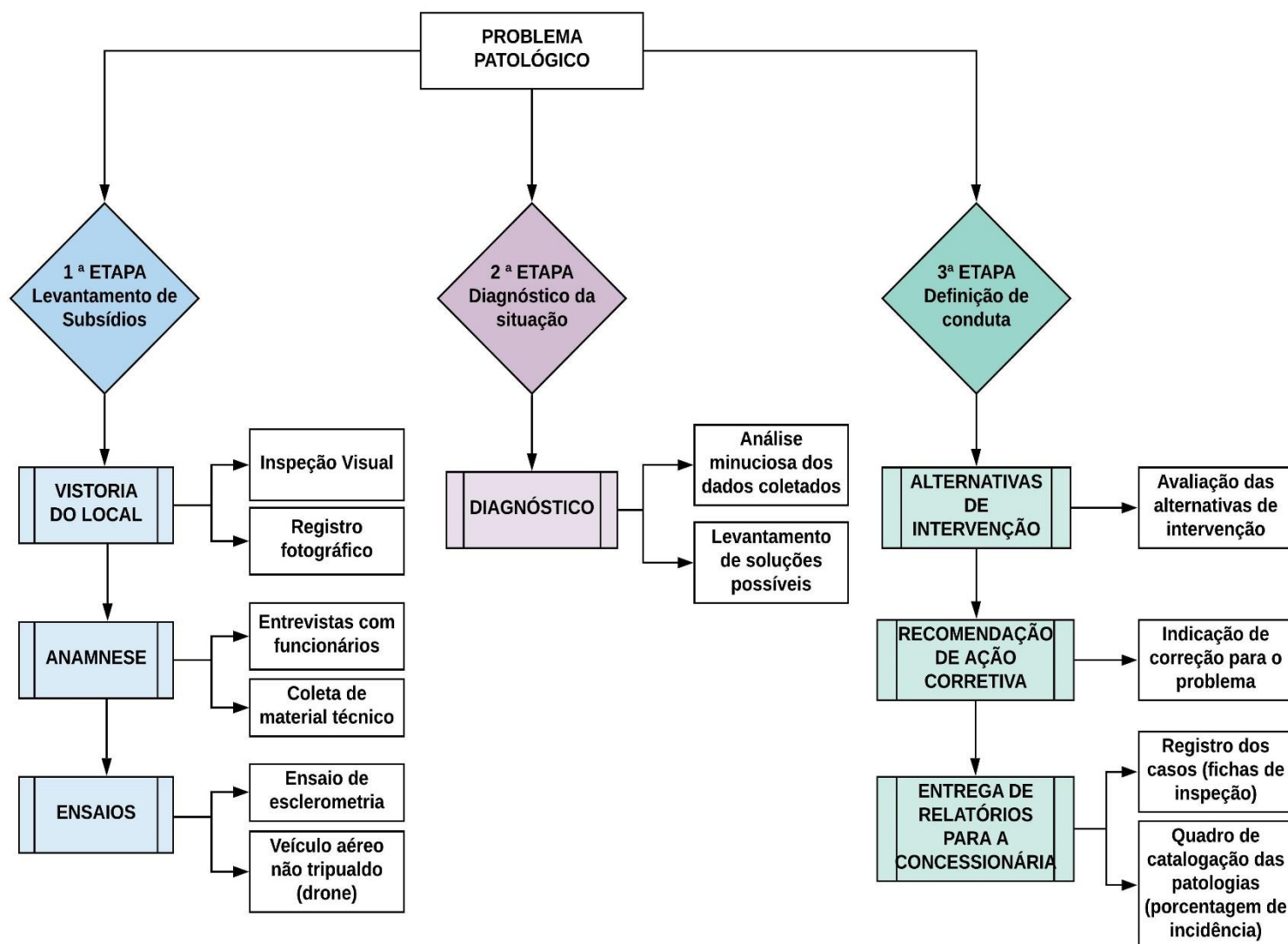
A água de lavagem dos filtros é encaminhada para o tanque de clarificação da água de lavagem dos filtros (TCALF), onde é decantada. A parte líquida que foi clarificada é encaminhada para o tanque de água recuperada (TAR) e parte sólida sedimentada vai para o tanque de recebimento de descarga do decantador e sólidos da água de lavagem dos filtros (TRDD/SALF).

O lodo acumulado no fundo dos decantadores também é encaminhado para o TRDD/SALF. Todo o lodo depositado nesse tanque é bombeado para um bag de geotecido, onde após sua sedimentação, a parte líquida é transferida para o tanque de água recuperada (TAR) e retorna ao tratamento de água por bombeamento.

6.2 Aplicação dos métodos de inspeção

Para a investigação patológica deste estudo de caso, foram utilizadas as metodologias de Lichtenstein (1985) e da COPASA (2018), bem como a realização do ensaio de esclerometria e a utilização de veículo aéreo não tripulado (drone) para a inspeção da área analisada. Abaixo, na Figura 31, apresenta-se de modo simplificado a metodologia adotada neste trabalho.

Figura 31 - Fluxograma da metodologia adotada



Fonte: autoria própria (2019).

Para auxiliar no levantamento dos dados, foi utilizada a ficha apresentada no anexo B, adaptada da COPASA e intitulada de: “roteiro para inspeção de estruturas de concreto em estação de tratamento de água”. Esta ficha foi preenchida ao longo das três etapas de investigação e passou por algumas adaptações em relação à original elaborada pela COPASA.

Dentre as alterações feitas, destaca-se: a substituição da logo anterior pela do IFTO; na parte do questionário e das causas foram selecionadas as situações com

maior probabilidade de ocorrência em obras de saneamento; na parte dos sintomas foram acrescentados os sintomas “degradação do concreto” e “bolor/mofo”, pois são passíveis de ocorrência neste tipo de obra; os espaços para notas e assinaturas foram retirados; o campo terapia adotada foi substituído por um campo aberto para indicação das terapias recomendadas e foi acrescentado um campo para registro fotográfico da situação.

6.2.1 1ª Etapa: Levantamento de subsídios

Na primeira etapa, de levantamento de subsídios, foi realizada a vistoria do local, buscando identificar as patologias incidentes nas estruturas, através de inspeção visual e registro fotográfico.

Nesta etapa foi realizado também o preenchimento de alguns dos campos da ficha utilizada para inspeção de estruturas de concreto em estações de tratamento de água, tais como: a parte inicial de identificação da obra, questionário, sintomas, providências imediatas, análises e testes efetuados e a parte do registro fotográfico.

A aplicação da anamnese ocorreu através de entrevistas com técnicos e responsáveis pelo sistema e coleta de material técnico disponibilizado pela concessionária.

Posteriormente, foram realizados ensaios não-destrutivos, para auxiliar na análise da situação e no mapeamento da área de estudo. Para isso, foram realizadas inspeções utilizando veículo aéreo não tripulado (drone) e ensaios de esclerometria em algumas das estruturas de concreto presentes na área estudada.

Para auxiliar no levantamento das patologias e mapeamento da área foi utilizado um drone do modelo asa rotativa, controlado remotamente, apresentado na Figura 32.

Figura 32 - Veículo aéreo não tripulado (drone) utilizado na vistoria



Fonte: autoria própria (2019).

Os ensaios de esclerometria foram realizados de acordo com os procedimentos indicados na NBR 7584:2012, para avaliar a uniformidade da resistência do concreto. Desta forma, foram ensaiadas as passarelas de concreto do tanque de tratamento preliminar, do canal de entrada e de coagulação, dos filtros e dos floculadores, sendo executados três ensaios em cada uma dessas estruturas. As demais áreas da ETA não foram ensaiadas pois apresentavam revestimentos em suas superfícies.

Os materiais utilizados durante os ensaios foram: um esclerômetro de reflexão digital da PROCEQ, dotado de mola SilverSchmidt tipo N, com energia de impacto padrão, um disco de carborundum e giz branco, conforme exposto na Figura 33.

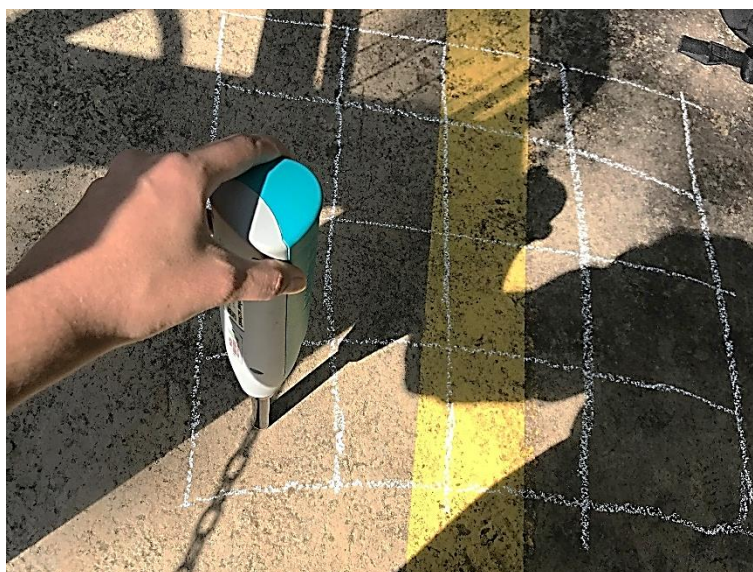
Figura 33 - Materiais utilizados no ensaio de esclerometria



Fonte: autoria própria (2019).

O disco de carborundum foi utilizado, quando necessário, para polimento da área de ensaio e o giz branco para fazer a marcação das áreas ensaiadas, conforme relatado na Figura 34. Em cada área de ensaio foram efetuados 16 impactos, uniformemente distribuídos e distando no mínimo 30mm de centro a centro. Os índices esclerométricos obtidos foram salvos na memória do aparelho para posterior tratamento e análise dos dados.

Figura 34 - Área de ensaio demarcada em estrutura de concreto



Fonte: autoria própria (2019).

6.2.2 2ª Etapa: Diagnóstico da situação

Na segunda etapa, buscando-se chegar ao diagnóstico da situação, foi feita uma análise minuciosa de todas as informações obtidas com a inspeção visual e com os resultados dos ensaios efetuados anteriormente.

A análise realizada auxiliou na compreensão das causas e no levantamento de soluções possíveis para as patologias identificadas. Nessa etapa, foi feito ainda o preenchimento do campo “causas” da ficha de inspeção.

6.2.3 3ª Etapa: Definição de conduta

A terceira e última etapa é a definição de conduta, onde depois de avaliar as alternativas de intervenção disponíveis, foram feitas algumas recomendações de

ações corretivas para os problemas patológicos identificados, através do preenchimento do campo “terapias recomendadas” da ficha de inspeção.

Além disso, foi feito o preenchimento do Quadro 3 proposto por Silva (2011), para calcular a porcentagem de incidência de cada manifestação patológica em relação ao grupo amostral de unidades analisadas, através da Equação 1, conforme exemplificado abaixo.

Quadro 3 - Incidência das manifestações patológicas nas estruturas da ETA

MANIFESTAÇÕES/LOCAIS ANALISADOS	MANCHAS DE UMIDADE	EFLORESCÊNCIA	CORROSÃO DE ARMADURA	TRINCA E FISSURAS	DEGRADAÇÃO DO CONCRETO	BOLOR/MOFO
CAPTAÇÃO				X		
TRATAMENTO PRELIMINAR						
CANAL DE ENTRADA E DE COAGULAÇÃO				X		
FLOCULADORES						
DECANTADORES				X		
FILTROS						
TANQUE DE CONTATO				X		
TRDD/SALF				X		
TCALF						
TAR				X		
TOTAL				6		
INCIDÊNCIA (%)				60%		

Fonte: adaptado de Silva (2011).

Assim, se 6 dos 10 locais analisados em estudo apresentarem fissuras, implica que a incidência dessa manifestação no grupo amostral é:

$$\text{Incidência fissuras} = \frac{6}{10} \times 100 = 60\% \quad (1)$$

Por fim, foram elaborados gráficos para apresentação dos resultados encontrados.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados dos ensaios realizados, das fichas de inspeção aplicadas para a catalogação das patologias e a incidência de cada patologia nas estruturas de concreto da estação de tratamento de água vistoriada.

7.1 Ensaio de esclerometria

A descrição das áreas ensaiadas e seu mapeamento encontram-se, respectivamente, no Quadro 4 e nas Figuras 35 e 36.

Quadro 4- Descrição das áreas ensaiadas

Área de ensaio	Descrição
ÁREA 1	Passarela em concreto armado na região de tratamento preliminar
ÁREA 2	Passarela em concreto armado na região de tratamento preliminar
ÁREA 3	Passarela em concreto armado na região de tratamento preliminar
ÁREA 4	Passarela em concreto armado na região do canal de entrada e de coagulação
ÁREA 5	Passarela em concreto armado na região do canal de entrada e de coagulação
ÁREA 6	Passarela em concreto armado na região do canal de entrada e de coagulação
ÁREA 7	Passarela em concreto armado na região dos filtros
ÁREA 8	Passarela em concreto armado na região dos filtros
ÁREA 9	Passarela em concreto armado na região dos filtros
ÁREA 10	Passarela em concreto armado na região dos floculadores
ÁREA 11	Passarela em concreto armado na região dos floculadores
ÁREA 12	Passarela em concreto armado na região dos floculadores

Fonte: autoria própria (2019).

Figura 35 - Mapeamento das áreas 1 a 3



Fonte: autoria própria (2019).

Figura 36 - Mapeamento das áreas 4 a 12



Fonte: adaptado da concessionária (2017).

Na tabela 3, estão apresentados os resultados dos índices esclerométricos, por ponto de impacto, de cada área ensaiada. Os valores destacados foram desprezados durante o tratamento dos dados, o qual foi realizado de acordo com as seguintes orientações da NBR 7584/2012:

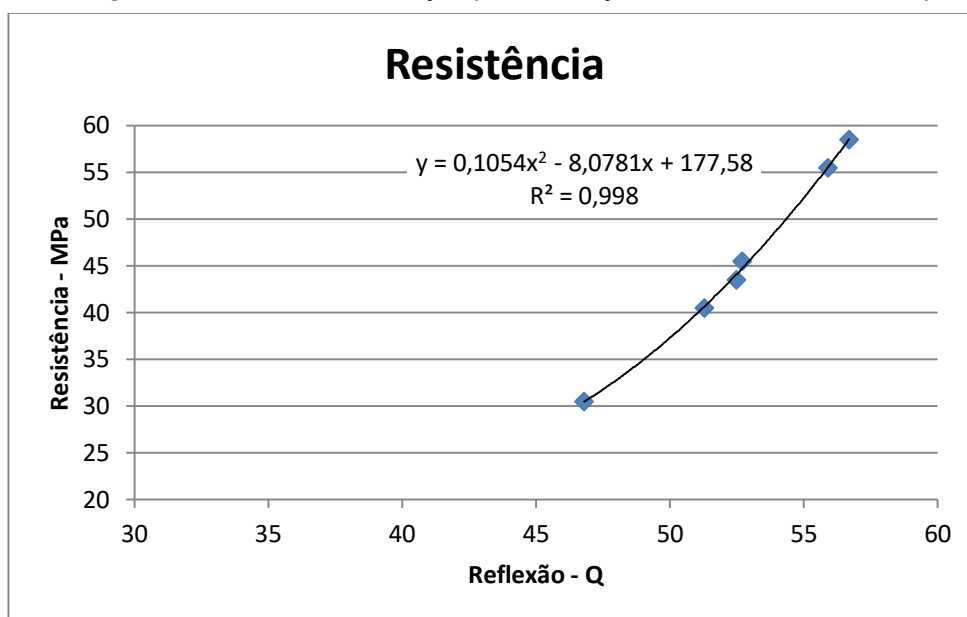
- Calcular a média aritmética dos 16 valores individuais dos índices esclerométricos correspondentes a cada área de ensaio.
- Desprezar todo índice esclerométrico individual que esteja afastado em mais de 10% (para mais ou para menos) do valor médio obtido e calcular a média aritmética.
- O índice esclerométrico médio final deve ser obtido com no mínimo cinco valores individuais. Quando isso não for possível, o ensaio esclerométrico dessa área deve ser abandonado.
- Nenhum dos índices esclerométricos individuais restantes deve diferir em mais de que 10% da média final. Se isso ocorrer, o ensaio esclerométrico dessa área deve ser abandonado.

Tabela 3 - Índices esclerométricos das áreas ensaiadas

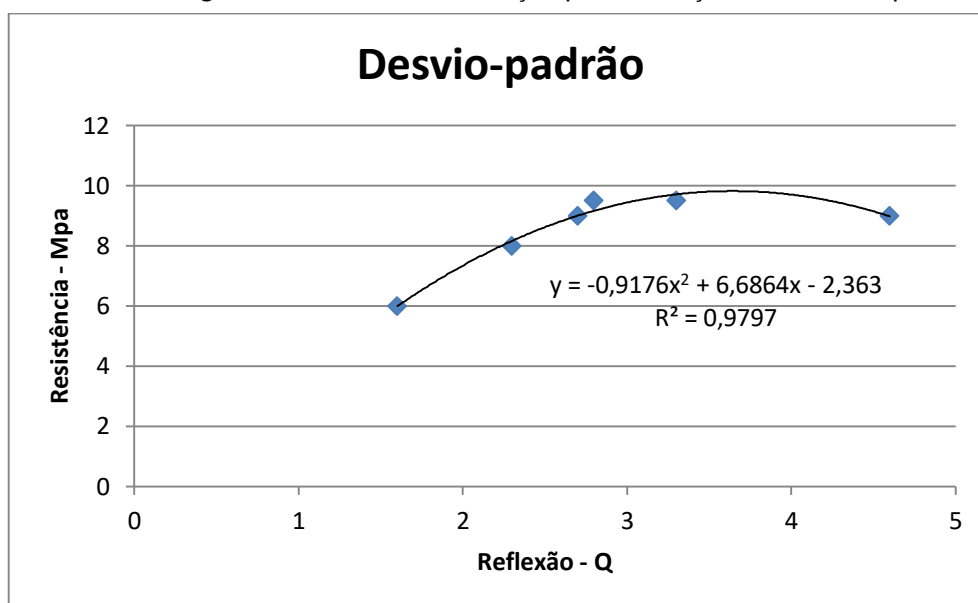
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
ÁREA 1	51,0	57,5	57,0	51,5	47,5	51,0	52,5	55,5	48,5	51,0	48,5	58,5	44,5	45,0	51,5	51,5
ÁREA 2	45,0	51,5	56,0	55,5	54,5	48,5	49,5	45,5	50,0	46,0	59,0	57,5	51,0	46,5	44,0	54,0
ÁREA 3	51,0	54,5	52,5	52,5	48,5	57,0	50,5	43,0	45,0	48,5	49,0	42,0	41,0	50,0	42,5	47,5
ÁREA 4	43,0	45,5	43,5	50,0	46,0	46,5	56,0	51,5	58,5	49,5	60,0	57,5	49,0	47,0	46,0	57,0
ÁREA 5	49,5	46,5	53,5	55,5	58,0	55,0	58,8	40,0	53,5	56,0	55,0	50,5	56,0	52,5	60,5	59,0
ÁREA 6	64,5	34,0	58,0	64,0	57,0	53,5	66,5	55,0	55,0	61,0	62,0	51,5	64,0	52,0	62,5	50,5
ÁREA 7	49,5	49,0	41,5	36,5	47,0	51,0	45,0	30,5	38,5	44,0	44,0	31,0	46,5	44,5	22,0	29,5
ÁREA 8	50,0	53,5	44,5	46,0	50,5	49,0	46,0	46,0	42,5	44,5	43,0	36,0	47,0	47,0	51,5	42,5
ÁREA 9	50,0	53,5	47,0	43,0	51,5	49,0	49,5	55,0	47,5	51,5	47,5	61,5	50,0	51,0	49,0	53,0
ÁREA 10	49,0	49,5	47,0	45,5	57,5	56,5	51,5	63,5	50,5	53,5	64,6	62,0	56,5	51,5	58,0	57,5
ÁREA 11	50,5	54,0	46,5	42,0	48,5	53,5	55,0	65,0	40,5	52,5	55,5	46,5	56,5	55,5	58,5	49,0
ÁREA 12	43,0	48,0	53,0	55,5	48,5	49,5	50,0	46,5	49,0	45,0	50,5	49,0	54,5	54,5	55,0	48,0

Fonte: autoria própria (2019).

Após o tratamento dos dados, foram utilizadas as curvas de correlação exibidas nas Figuras 37 e 38, desenvolvidas por Salles Neto (2014), para correlacionar os índices esclerométricos médios obtidos em cada área ensaiada e seus respectivos desvios-padrão, com as resistências à compressão e os desvios-padrão equivalentes.

Figura 37 - Curva de correlação para obtenção das resistências à compressão

Fonte: Salles Neto (2018).

Figura 38 - Curva de correlação para obtenção dos desvios-padrão

Fonte: Salles Neto (2018).

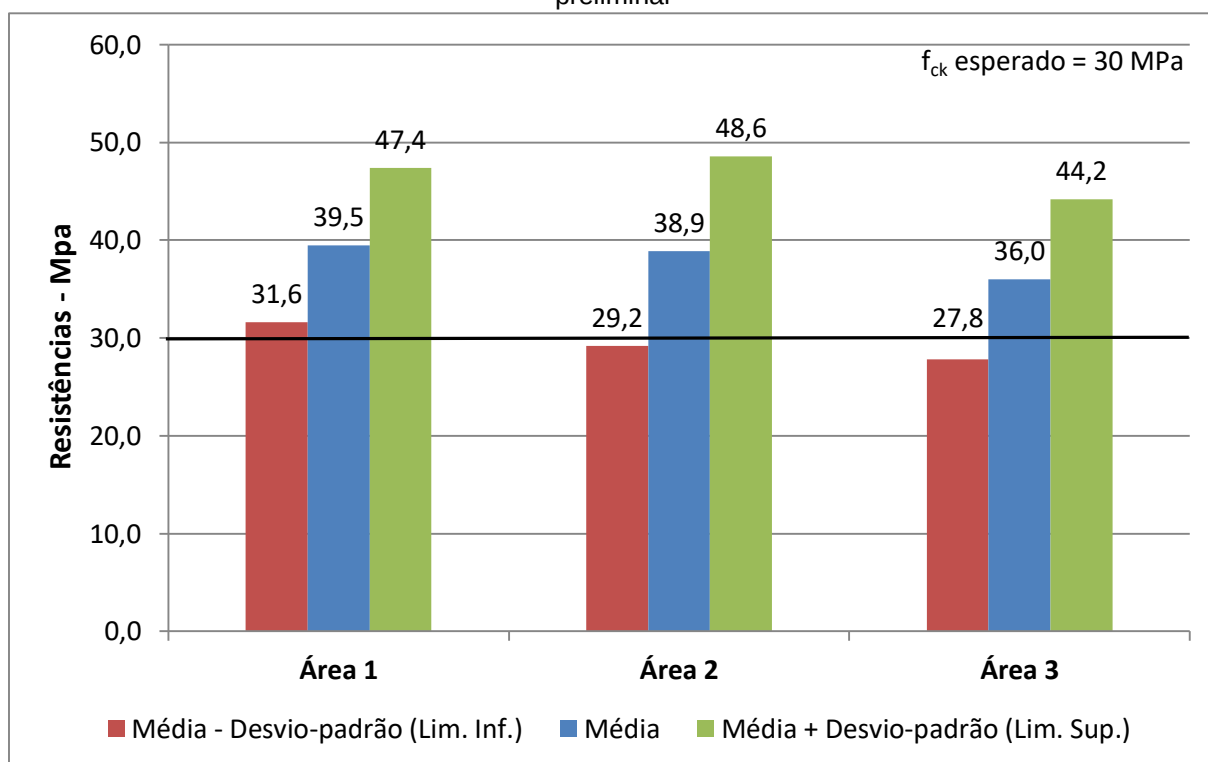
A tabela 4 apresenta os índices esclerométricos médios obtidos em cada área de ensaio e suas resistências à compressão e desvios padrões equivalentes, obtidos através das curvas de correlação mostradas anteriormente. A resistência característica à compressão mínima esperada para as áreas ensaiadas era de 30 MPa, considerada pela NBR 6118 (2018) como o menor valor de resistência para concretos empregados em obras de classe de agressividade ambiental III, como é o caso das estações de tratamento de água.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de esclerometria realizados

Área de ensaio	Índice esclerométrico médio (Q)	Desvio-padrão de Q	Resistência à compressão equivalente	Desvio-padrão da resistência
Área 1	50,9	2,19	39,5 MPa	7,88 MPa
Área 2	50,7	3,26	38,9 MPa	9,69 MPa
Área 3	49,5	2,31	36,0 MPa	8,19 MPa
Área 4	47,9	2,15	32,5 MPa	7,77 MPa
Área 5	54,8	2,92	51,4 MPa	9,34 MPa
Área 6	54,6	2,42	50,7 MPa	8,45 MPa
Área 7	42,5	2,52	24,6 MPa	8,66 MPa
Área 8	46,0	2,67	29,0 MPa	8,95 MPa
Área 9	50,4	2,38	38,2 MPa	8,36 MPa
Área 10	54,3	3,29	49,7 MPa	9,71 MPa
Área 11	53,1	2,84	45,8 MPa	9,23 MPa
Área 12	49,7	2,86	36,4 MPa	9,26 MPa

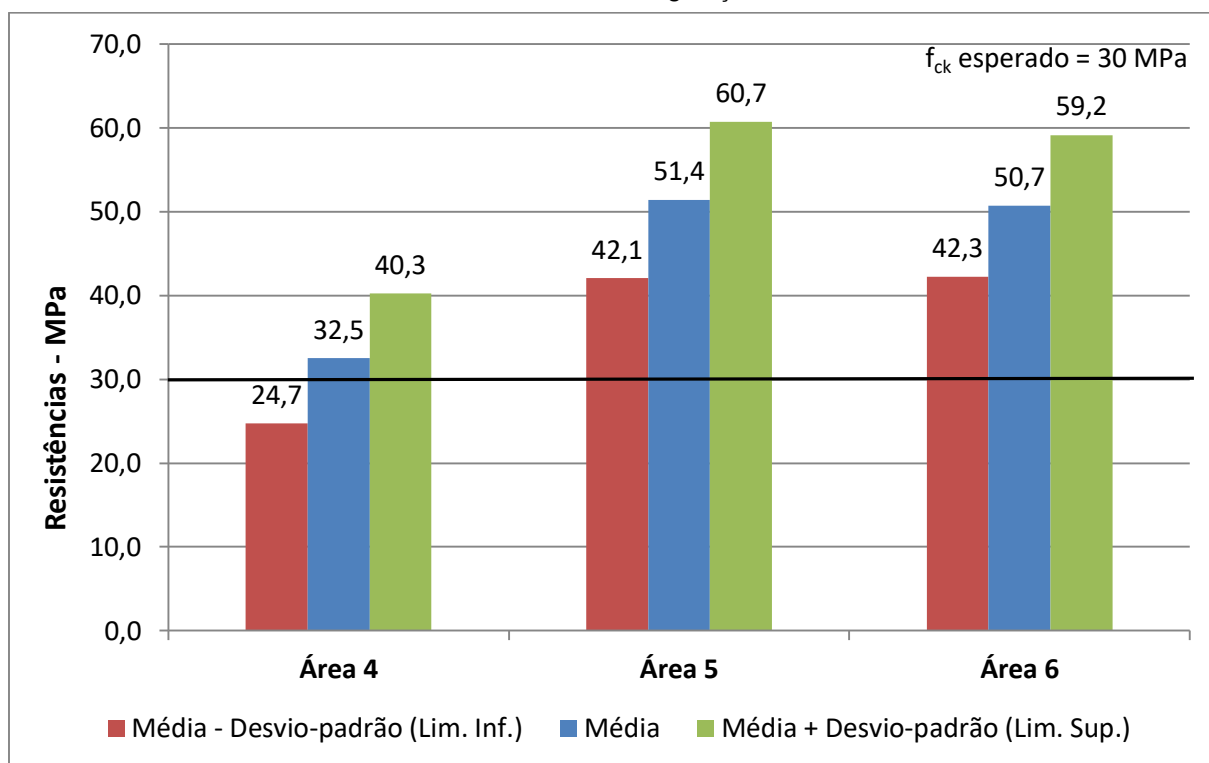
Fonte: autoria própria (2019).

Os resultados encontram-se ilustrados graficamente nas Figuras 39 a 42.

Figura 39 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas no tratamento preliminar

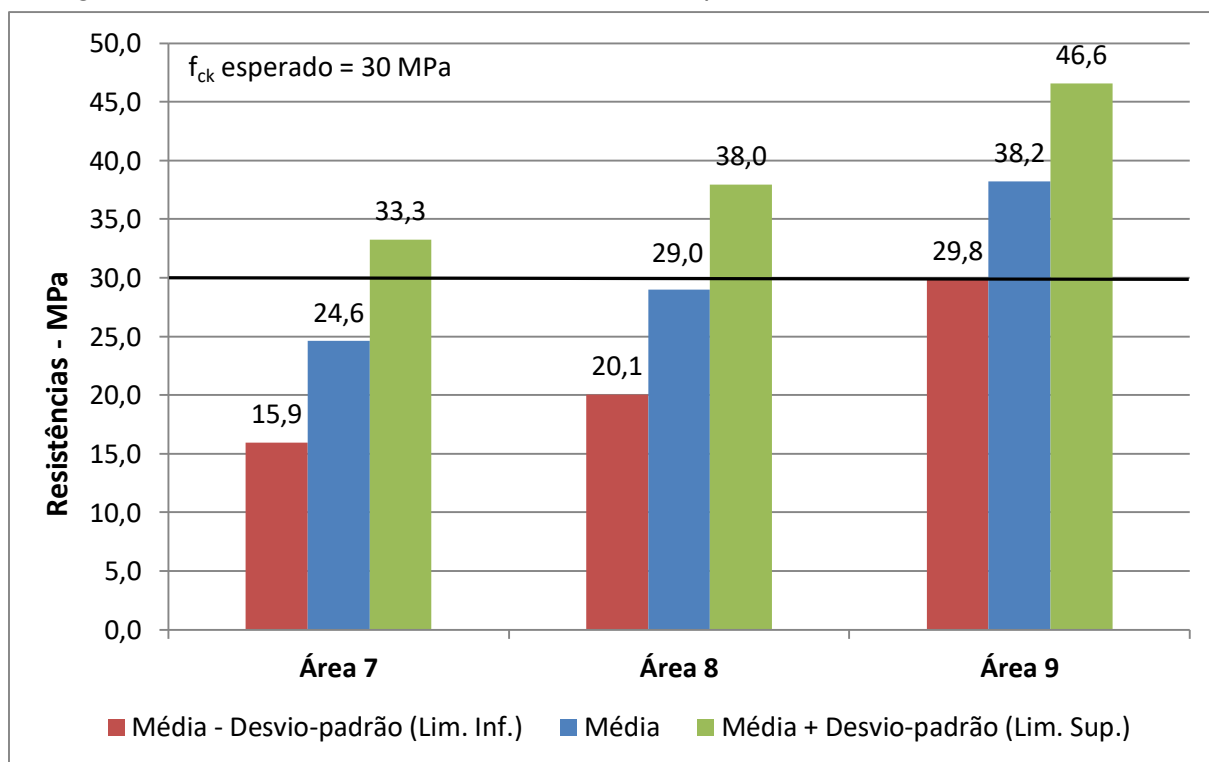
Fonte: autoria própria (2019).

Figura 40 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas no canal de entrada e de coagulação

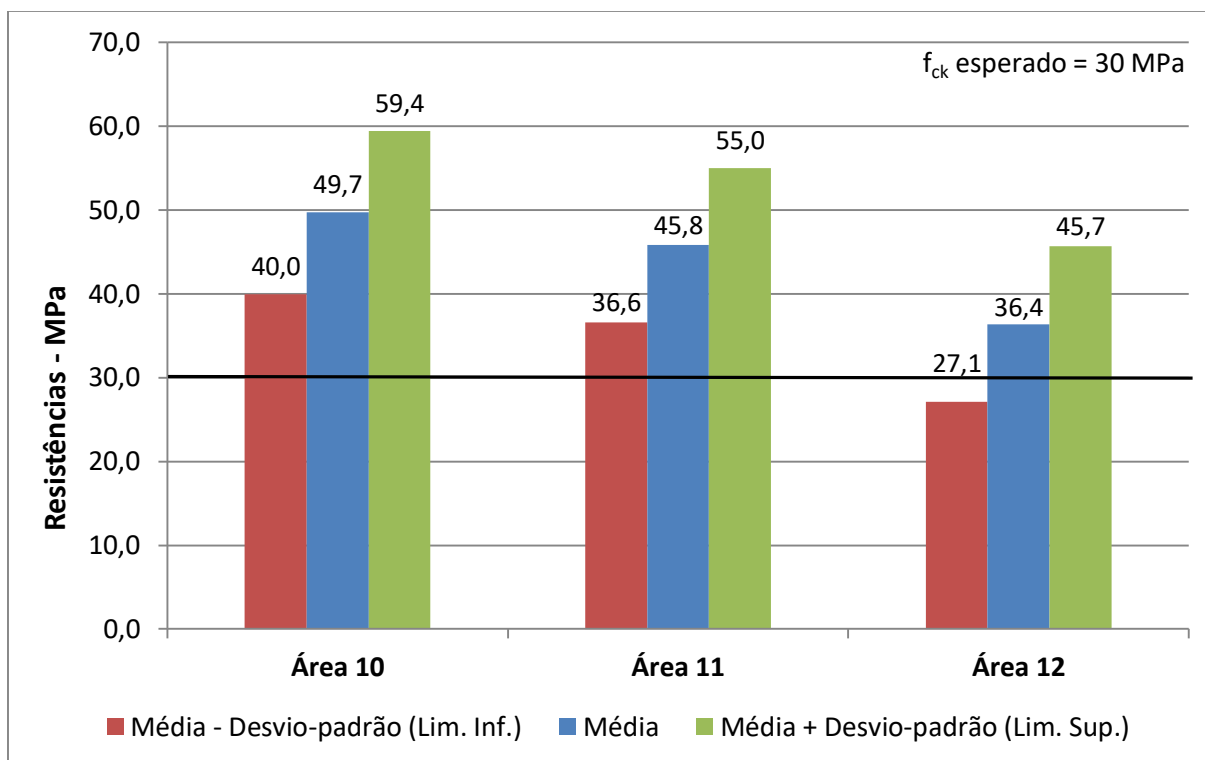


Fonte: autoria própria (2019).

Figura 41 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas nos filtros



Fonte: autoria própria (2019).

Figura 42 - Resistências médias, limites inferiores e superiores das áreas ensaiadas nos floculadores

Fonte: autoria própria (2019).

Nota-se que, os desvios-padrão das resistências deram valores relativamente altos, variando de 7,77 MPa até 9,71 MPa, o que indica que os dados de resistência à compressão apresentam uma distribuição consideravelmente dispersa em relação à média, apresentando tantos valores abaixo como valores acima da resistência esperada. Esse fato pode ser explicado considerando-se a existência de uma série de fatores, listados na NBR 7584/2012, que influenciam nos resultados dos ensaios de esclerometria, tais como: a uniformidade da superfície, o tipo de agregado, o tipo de cimento, a umidade da superfície, a esbeltez da peça, a carbonatação e a própria operação do esclerômetro.

7.2 Catalogação das patologias

Para a catalogação das patologias foram preenchidas 10 fichas, como a apresentada no anexo B, aplicadas em diferentes regiões da estação de tratamento.

As fichas serão apresentadas abaixo, contendo informações como sintomas, causas, terapias recomendadas e registro fotográfico das patologias identificadas em cada uma das regiões analisadas.

• Ficha de catalogação 1:

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA TOCANTINS	ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	RELATÓRIO N° 1
OBRA: Estação de tratamento de água (ETA 006) CONCESSIONÁRIA: BRK Ambiental LOCALIDADE: Palmas-TO		CONTRATO N° 1
UNIDADE/ PEÇA VISTORIADA: Barragem de nível e canal de captação		IDADE DA PEÇA 17 anos
QUESTIONÁRIO		
- EXISTE PROJETO ESTRUTURAL? - EXISTE PLANO DE MANUTENÇÃO? - A ESTRUTURA ESTÁ APRUMADA? - EXISTE EMPUXOS NÃO PREVISTOS SOBRE A ESTRUTURA? - UTILIZAÇÃO INADEQUADA DA ESTRUTURA (PROJETO ORIGINAL)? - RISCO APARENTE DE RUÍNA? - EXISTÊNCIA DE REPAROS ANTERIORES? - ESTADO GERAL DA ÁREA: CERCA PINTURA ISOLAMENTO (PESSOAS E VEÍCULOS) - ESTADO DA ESTRUTURA (REVESTIMENTO): - ARGAMASSA - CONCRETO - PINTURA - IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM () BOM (X) REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM	
SINTOMAS		
VAZAMENTOS: - LOCALIZAÇÃO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA: - JUNTO A TUBULAÇÕES - LAJES E FORRO - PAREDES - FUNDO - LIXVIAÇÃO/ EFLORESCÊNCIAS CORROSÃO DE ARMADURAS: - LOCALIZAÇÃO DA CORROSÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES - TIPO DE CORROSÃO: - EXPOSTA E OXIDADA SEM REDUÇÃO DE SEÇÃO - EXPOSTA E OXIDADA COM REDUÇÃO DE SEÇÃO TRINCAS/ FISSURAS: - LOCALIZAÇÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES	() SIM (X) NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO	

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		() SIM	(X) NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	() NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		() SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		() SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSIÃO	(X) SIM	() NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM (X) NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para o tratamento das fissuras de variação higrotérmica, deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de selo de gesso ou lâmina de vidro. Conforme recomendado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{ mm}$ passivas, o tratamentopode ser feito com injeção de resina epóxi. Já as fissuras $> 0,1\text{ mm}$ ativas, podem ser calafetadas com um selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Presença de bolor/mofo nas estruturas da barragem de nível.



Presença de bolor/mofo nas paredes do canal de captação de água bruta.



Fissuras ocasionadas por variação higrótérmica nas paredes do canal de captação de água bruta (em destaque).

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		(X) SIM	() NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		(X) SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	(X) NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		(X) SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	(X) SIM	() NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	(X) SIM	() NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	(X) SIM () NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para as manchas de umidade localizadas junto às tubulações, recomenda-se o acionamento da equipe de manutenção para avaliar e corrigir o problema através da substituição da tubulação ou do reparo de possíveis falhas de instalação.
- Para o tratamento das fissuras de movimentação da estrutura e de variação higrotérmica, deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de lâmina de vidro ou selo de gesso. Conforme recomendado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1$ mm, dispensa-se qualquer tipo de tratamento. Para fissuras $> 0,1$ mm passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já as fissuras $> 0,1$ mm ativas, podem ser calafetadas com selante flexível.
- Para as fissuras indicativas de processos de corrosão por carbonatação, deve-se fazer uma fratura na estrutura para determinação da frente de carbonatação por meio da aspersão de fenolftaleína na superfície fraturada. Após o ensaio, deve ser feita a remoção do concreto carbonatado, limpeza do concreto e das barras com escova de aço, proteção das armaduras com aplicação de pintura anticorrosiva e a reconstrução do recobrimento das armaduras com argamassa polimérica. Nos casos em que a corrosão estiver em estado avançado, com perdas de seção do aço, recomenda-se fazer o reforço com novas armaduras.

- Para recuperação das estruturas de concreto degradadas por efeitos da abrasão, deve-se aumentar a espessura da área afetada com auxílio de escarificadores, em razão das pequenas espessuras das camadas desgastadas. Após isso, pode-se fazer a recuperação da camada danificada com o uso de uma argamassa de cimento Portland com adições de microfílica, látex ou epóxi, aumentando assim a resistência superficial à abrasão dessas estruturas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Vazamento de água proveniente das adutoras e presença de bolor/mofo na base da bomba



Canal de desaneração apresentando degradação média do concreto com exposição de agregados graúdos, manchas de bolor/mofo e presença de fissuras lineares indicativas de processo de corrosão por carbonatação (em destaque).



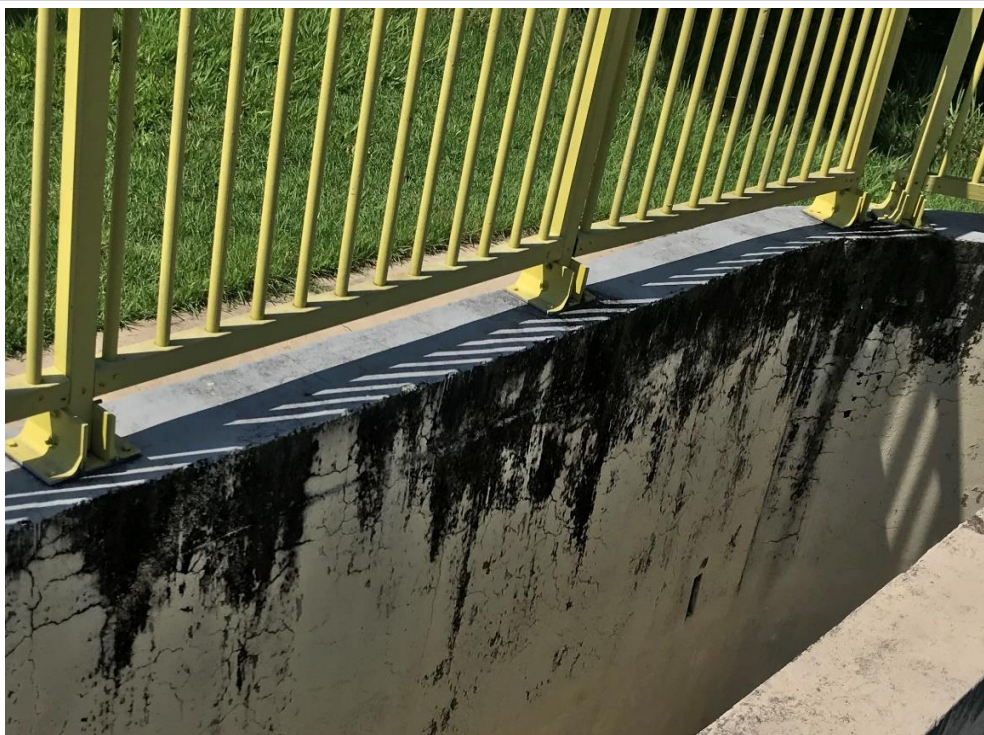
Canal de desaneração com degradação média do concreto, manchas de bolor/mofo e presença de fissuras.



Canais de entrada do gradeamento com presença de mofo/bolor e fissuras de variação higratérmica (em destaque).



Gradeamento com bolor/mofo em sua estrutura e presença de fissura por dilatação térmica diferencial entre o aço da escada e o concreto da estrutura (em destaque).



Canal entre o gradeamento e as caixas de areia dotado de bolor/mofo e presença de fissuras de variação higrótérmica.



Fissura horizontal que possivelmente ocorreu devido a formação de junta fria de concretagem, por conta da concretagem de peças estruturais em diferentes etapas e/ou períodos de tempo.

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		(X) SIM	() NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		(X) SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	(X) NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		(X) SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		(X) SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSIÃO	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	(X) SIM	() NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	(X) SIM	() NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	(X) SIM	() NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
.....	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	(X) SIM () NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.

- As manchas de umidade detectadas são indicativas de falhas e/ou deterioração no sistema de impermeabilização das estruturas. Diante disso, recomenda-se acionar a empresa responsável pela execução do serviço para avaliar a situação e realizar as ações de manutenção ou reparo necessárias para garantir a estanqueidade das estruturas.

- Para as manchas de umidade localizadas junto às tubulações, recomenda-se o acionamento da equipe de manutenção para avaliar e corrigir o problema através da substituição da tubulação ou do reparo de possíveis falhas de instalação.

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.

- Para o tratamento das fissuras de retração hidráulica e movimentação da estrutura deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de selos de gesso ou lâminas de vidro. Conforme recondado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{mm}$ passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já as fissuras $> 0,1\text{mm}$ ativas, podem ser calafetadas com selante flexível.
- Para as fissuras indicativas de processos de corrosão por carbonatação, deve-se fazer uma fratura na estrutura para determinação da frente de carbonatação por meio da aspersão de fenolftaleína na superfície fraturada. Após o ensaio, deve-se prosseguir com o tratamento utilizado para corrosão de armaduras.
- O tratamento para corrosão de armaduras consiste em: fazer a remoção do concreto carbonatado, limpeza do concreto e das barras de aço com escova de aço, proteção das armaduras com aplicação de pintura anticorrosiva e a reconstrução do recobrimento das armaduras com argamassa polimérica. Nos casos em que a corrosão estiver em estado avançado, com perdas de seção do aço, recomenda-se fazer o reforço com novas armaduras.
- Para recuperação das estruturas de concreto degradadas por efeitos da abrasão, deve-se aumentar a espessura da área afetada com auxílio de escarificadores, em razão das pequenas espessuras das camadas desgastadas. Após isso, pode-se fazer a recuperação da camada danificada com o uso de uma argamassa de cimento Portland com adições de microsilica, látex ou epóxi, aumentando assim a resistência superficial à abrasão dessas estruturas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Eflorescências e machas de umidade em fissura e presença de bolor/mofo na parede do canal de entrada e coagulação.



Pilar com fissuras lineares indicativas de processo de corrosão por carbonatação e parede com manchas de umidade (à esquerda) por provável falha no sistema de impermeabilização e eflorescências (à direita).



Parede com fissuras mapeadas indicativas de processo de retração hidráulica/térmica.



Formação de eflorescências na forma de estalactites em aparente junta fria de concretagem na laje de fundo do canal, manchas de umidade indicando falhas na impermeabilização degradação profunda do concreto com perda de cobrimento e exposição da armadura.



Laje de fundo do canal com corrosão de armadura generalizada, indicativa de corrosão por carbonatação, deslocamento do concreto e manchas de umidade indicando falhas na impermeabilização.



Corrosão de armadura generalizada, indicando processo de corrosão por carbonatação e deslocamento do concreto em laje de fundo do canal. Nota-se a presença de pequenos vazios de concretagem, que podem facilitar a entrada de agentes agressivos ao concreto.



Corrosão de armaduras e deslocamento do concreto.



Pilares com manchas de umidade indicativas de falhas na impermeabilização, mofo/bolor e efflorescências.



Eflorescência na forma de estalactite em laje de fundo do canal de entrada e coagulação.



Vazamento de água junto à tubulação, eflorescência e corrosão intensa com perda de seção na tubulação.



Degradação média do concreto com aparecimento dos agregados graúdos (em destaque) e presença de bolor/mofo no canal de entrada.

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA	() SIM	(X) NÃO	
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO	
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA	(X) SIM	() NÃO	
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA	() SIM	(X) NÃO	
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA	(X) SIM	() NÃO	
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		(X) SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO	() SIM	() NÃO	
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS	() SIM	() NÃO	
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA	(X) SIM	() NÃO	
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSION	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	(X) SIM	() NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	(X) SIM () NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- As manchas de umidade detectadas são indicativas de falhas e/ou deterioração no sistema de impermeabilização das estruturas. Diante disso, recomenda-se acionar a empresa responsável pela execução dos serviços a fim de avaliar a situação e realizar as ações de manutenção ou reparo necessárias para garantir a estanqueidade das estruturas.
- Para o tratamento de fissuras resultantes de movimentação da estrutura deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de selos de gesso ou lâminas de vidro. Conforme recomendado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tipo de tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{mm}$ passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já as fissuras $> 0,1\text{mm}$ ativas, podem ser calafetadas com uso de selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano.
- Para as fissuras indicativas de processos de corrosão por carbonatação, deve-se fazer uma fratura na estrutura para determinação da frente de carbonatação por meio da aspersão de fenolftaleína na superfície fraturada. Após o ensaio, deve-se prosseguir com o tratamento utilizado para corrosão de armaduras.

- O tratamento para corrosão de armaduras consiste em: fazer a remoção do concreto carbonatado, limpeza do concreto e das barras de aço com escova de aço, proteção das armaduras com aplicação de pintura anticorrosiva e a reconstrução do recobrimento das armaduras com argamassa polimérica. Nos casos em que a corrosão estiver em estado avançado, com perdas de seção do aço, recomenda-se fazer o reforço com novas armaduras.
- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.
- Para recuperação das estruturas de concreto degradadas por efeitos da abrasão, deve-se aumentar a espessura da área afetada com auxílio de escarificadores, em razão das pequenas espessuras das camadas desgastadas. Após isso, pode-se fazer a recuperação da camada danificada com o uso de uma argamassa de cimento Portland com adições de microsilica, látex ou epóxi, aumentando assim a resistência superficial à abrasão dessas estruturas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Parede externa dos floculadores com presença eflorescências, fissuras e mofo/bolor.



Eflorescência e bolor/mofo em provável reparo feito anteriormente.



Fissuras provenientes da movimentação da estrutura, bolor/mofo e eflorescências na parede externa dos floculadores.



Fissura em provável junta de concretagem com presença de eflorescências e bolor/mofo devido a infiltração.



Parede externa dos floculadores com manchas de umidade, indicativas de falhas na impermeabilização, bolor/mofo e eflorescências.



Parede externa dos floculadores com manchas de umidade, indicativas de falhas na impermeabilização, bolor/mofo e eflorescências. Presença também de eflorescências na laje de fundo em forma de estalactites.



Corrosão de armadura na laje de fundo dos floculadores

- Ficha de catalogação 5:

		ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA		RELATÓRIO Nº 5	
OBRA: Estação de tratamento de água (ETA 006) CONCESSIONÁRIA: BRK Ambiental LOCALIDADE: Palmas-TO				CONTRATO Nº 1	
UNIDADE/ PEÇA VISTORIADA: Decantadores				IDADE DA PEÇA 17 anos	
QUESTIONÁRIO					
- EXISTE PROJETO ESTRUTURAL? - EXISTE PLANO DE MANUTENÇÃO? - A ESTRUTURA ESTÁ APRUMADA? - EXISTE EMPUXOS NÃO PREVISTOS SOBRE A ESTRUTURA? - UTILIZAÇÃO INADEQUADA DA ESTRUTURA (PROJETO ORIGINAL)? - RISCO APARENTE DE RUÍNA? - EXISTÊNCIA DE REPAROS ANTERIORES? - ESTADO GERAL DA ÁREA: CERCA PINTURA ISOLAMENTO (PESSOAS E VEÍCULOS) - ESTADO DA ESTRUTURA (REVESTIMENTO): - ARGAMASSA - CONCRETO - PINTURA - IMPERMEABILIZAÇÃO			(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM () BOM (X) REGULAR () RUIM () BOM (X) REGULAR () RUIM		
SINTOMAS					
VAZAMENTOS: - LOCALIZAÇÃO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA: - JUNTO A TUBULAÇÕES - LAJES E FORRO - PAREDES - FUNDO - LIXVIAÇÃO/ EFLORESCÊNCIAS			(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO (X) SIM () NÃO (X) SIM () NÃO		
CORROSÃO DE ARMADURAS: - LOCALIZAÇÃO DA CORROSÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES - TIPO DE CORROSÃO: - EXPOSTA E OXIDADA SEM REDUÇÃO DE SEÇÃO - EXPOSTA E OXIDADA COM REDUÇÃO DE SEÇÃO			(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO		
TRINCAS/ FISSURAS: - LOCALIZAÇÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES			(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO		

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		(X) SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		(X) SIM	() NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		() SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		(X) SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSIÃO	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	(X) SIM	() NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	(X) SIM () NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM (X) NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.
- Para o tratamento de fissuras resultantes de movimentação da estrutura deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de selos de gesso ou lâminas de vidro. Conforme recomendado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tipo de tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{mm}$ passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já para as fissuras $> 0,1\text{mm}$ ativas, podem ser calafetadas com uso de selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano.

- O tratamento para corrosão de armaduras consiste em: fazer a remoção do concreto carbonatado, limpeza do concreto e das barras de aço com escova de aço, proteção das armaduras com aplicação de pintura anticorrosiva e a reconstrução do recobrimento das armaduras com argamassa polimérica. Nos casos em que a corrosão estiver em estado avançado, com perdas de seção do aço, recomenda-se fazer o reforço com novas armaduras.
- As manchas de umidade detectadas são indicativas de falhas e/ou deterioração no sistema de impermeabilização das estruturas. Diante disso, recomenda-se acionar a empresa responsável pela execução dos serviços a fim de avaliar a situação e realizar as ações de manutenção ou reparo necessárias para garantir a estanqueidade das estruturas.
- Para recuperação das estruturas de concreto degradadas por solicitações mecânicas, oriundas dos impactos gerados durante a movimentação dos raspadores de lodo sobre a estrutura, deve-se retirar toda área de concreto deteriorada com auxílio de escarificadores e fazer a limpeza da área com jato de areia. Após isso, inicia-se a recuperação da camada danificada com o uso de argamassa polimérica.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Parede externa dos decantadores com a presença de fissuras, eflorescências e bolor/mofo.



Parede externa do decantador com presença de fissuras de movimentação da estrutura, bolor/mofo e eflorescências.



Manchas de umidade indicativas de falhas na impermeabilização, bolor/mofo e eflorescências na parede e no teto na forma de estalactites.



Corrosão de armadura na laje de fundo dos decantadores



Presença de mofo/bolor nas paredes dos decantadores. Nota-se também a degradação do concreto ocasionada pela instalação e utilização dos trilhos dos removedores de lodo (em destaque).



Presença de bolor/mofo nas paredes internas dos decantadores.

- Ficha de catalogação 6:

	ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	RELATÓRIO N° 6
OBRA: Estação de tratamento de água (ETA 006) CONCESSIONÁRIA: BRK Ambiental LOCALIDADE: Palmas-TO		CONTRATO N° 1
UNIDADE/ PEÇA VISTORIADA: Filtros		IDADE DA PEÇA 17 anos
QUESTIONÁRIO		
- EXISTE PROJETO ESTRUTURAL?	(X) SIM	() NÃO
- EXISTE PLANO DE MANUTENÇÃO?	() SIM	(X) NÃO
- A ESTRUTURA ESTÁ APRUMADA?	(X) SIM	() NÃO
- EXISTE EMPUXOS NÃO PREVISTOS SOBRE A ESTRUTURA?	() SIM	(X) NÃO
- UTILIZAÇÃO INADEQUADA DA ESTRUTURA (PROJETO ORIGINAL)?	() SIM	(X) NÃO
- RISCO APARENTE DE RUÍNA?	() SIM	(X) NÃO
- EXISTÊNCIA DE REPAROS ANTERIORES?	(X) SIM	() NÃO
- ESTADO GERAL DA ÁREA: CERCA	(X) BOM	() REGULAR () RUIM
PINTURA	(X) BOM	() REGULAR () RUIM
ISOLAMENTO (PESSOAS E VEÍCULOS)	(X) BOM	() REGULAR () RUIM
- ESTADO DA ESTRUTURA (REVESTIMENTO):		
- ARGAMASSA	(X) BOM	() REGULAR () RUIM
- CONCRETO	(X) BOM	() REGULAR () RUIM
- PINTURA	() BOM (X) REGULAR	() RUIM
- IMPERMEABILIZAÇÃO	() BOM (X) REGULAR	() RUIM
SINTOMAS		
VAZAMENTOS:	(X) SIM	() NÃO
- LOCALIZAÇÃO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA:		
- JUNTO A TUBULAÇÕES	(X) SIM	(X) NÃO
- LAJES E FORRO	() SIM	(X) NÃO
- PAREDES	(X) SIM	() NÃO
- FUNDO	(X) SIM	() NÃO
- LIXVIAÇÃO/ EFLORESCÊNCIAS	(X) SIM	() NÃO
CORROSÃO DE ARMADURAS:	(X) SIM	() NÃO
- LOCALIZAÇÃO DA CORROSÃO:		
- VIGAS	() SIM	(X) NÃO
- PILARES	() SIM	(X) NÃO
- LAJES	(X) SIM	() NÃO
- PAREDES	() SIM	(X) NÃO
- TIPO DE CORROSÃO:		
- EXPOSTA E OXIDADA SEM REDUÇÃO DE SEÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- EXPOSTA E OXIDADA COM REDUÇÃO DE SEÇÃO	(X) SIM	() NÃO
TRINCAS/ FISSURAS:	(X) SIM	() NÃO
- LOCALIZAÇÃO:		
- VIGAS	() SIM	(X) NÃO
- PILARES	() SIM	(X) NÃO
- LAJES	() SIM	(X) NÃO
- PAREDES	(X) SIM	() NÃO

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		(X) SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	(X) NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		(X) SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		(X) SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSIÃO	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	(X) SIM	() NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM () NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	(X) SIM () NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para o tratamento de fissuras resultantes de movimentação da estrutura deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de selos de gesso ou lâminas de vidro. Conforme recomendado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tipo de tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{mm}$ passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já para as fissuras $> 0,1\text{mm}$ ativas, podem ser calafetadas com uso de selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano.
- As manchas de umidade detectadas são indicativas de falhas e/ou deterioração no sistema de impermeabilização das estruturas. Diante disso, recomenda-se acionar a empresa responsável pela execução dos serviços a fim de avaliar a situação e realizar as ações de manutenção ou reparo necessárias para garantir a estanqueidade das estruturas.

- O tratamento para corrosão de armaduras consiste em: fazer a remoção do concreto carbonatado, limpeza do concreto e das barras de aço com escova de aço, proteção das armaduras com aplicação de pintura anticorrosiva e a reconstrução do recobrimento das armaduras com argamassa polimérica. Nos casos em que a corrosão estiver em estado avançado, com perdas de seção do aço, recomenda-se fazer o reforço com novas armaduras.
- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.
- Para recuperação das estruturas de concreto degradadas por efeitos da abrasão, deve-se aumentar a espessura da área afetada com auxílio de escarificadores, em razão das pequenas espessuras das camadas desgastadas. Após isso, pode-se fazer a recuperação da camada danificada com o uso de uma argamassa de cimento Portland com adições de microsilica, látex ou epóxi, aumentando assim a resistência superficial à abrasão dessas estruturas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Parede externa dos filtros com presença de eflorescências, manchas de umidade e bolor/mofo.



Corrosão de armadura na laje de fundo dos filtros.



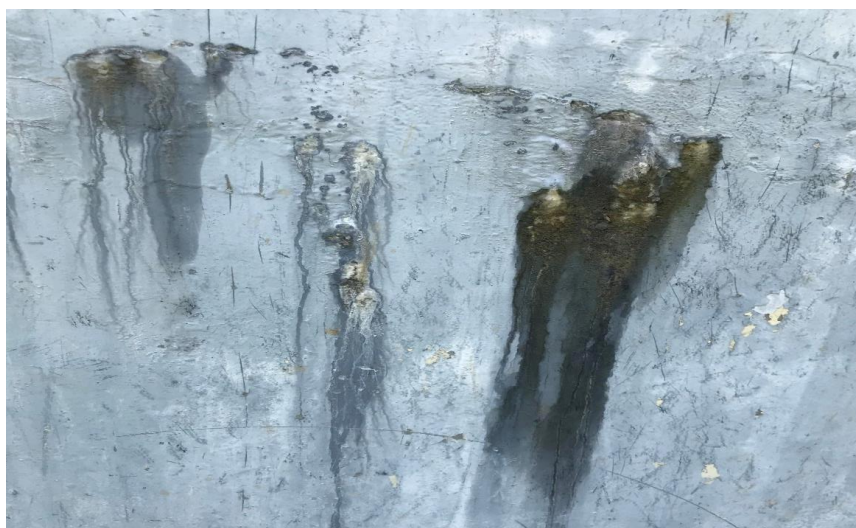
Parede externa dos filtros com presença eflorescências, fissuras e mofo/bolor.



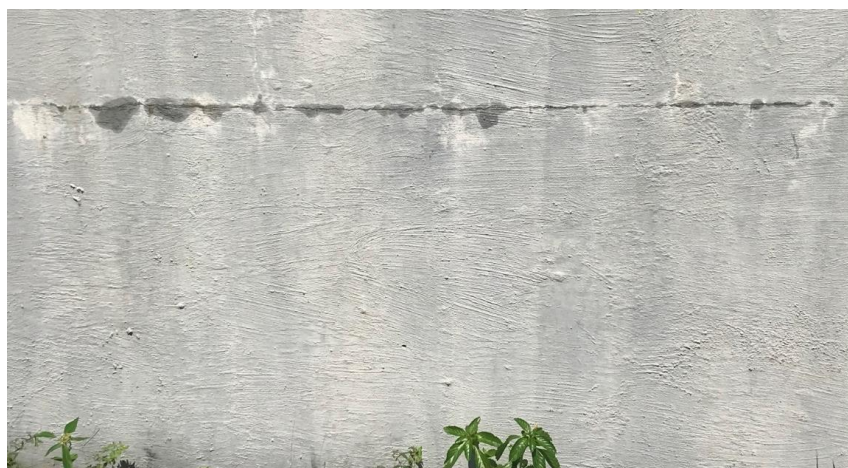
Parede externa dos filtros com presença eflorescências, fissuras e mofo/bolor.



Fissuras que podem ter sido originadas pela dilatação térmica diferencial entre o concreto e o aço dos guarda-corpos e podem ter sido agravadas pelas tensões geradas pela pressão hidrostática da água nas paredes. Com a abertura das fissuras a água percolou contribuindo para o surgimento de bolor/mofo e eflorescências.



Manchas de umidade, bolor/mofo e eflorescência em junta de concretagem. A presença de manchas de umidade pode ser um indicativo de falhas no sistema de impermeabilização.



Manchas de umidade e eflorescências em junta de concretagem. A presença de manchas de umidade pode ser um indicativo de falhas no sistema de impermeabilização.



Degradação média do concreto com exposição dos agregados graúdos ocasionada pelo efeito abrasivo da água em movimento e presença de bolor/mofo nas paredes dos filtros.

- Ficha de catalogação 7:

	ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA		RELATÓRIO Nº 7	
	OBRA: Estação de tratamento de água (ETA 006) CONCESSIONÁRIA: BRK Ambiental LOCALIDADE: Palmas-TO		CONTRATO Nº 1	
	UNIDADE/ PEÇA VISTORIADA: Tanque de contato		IDADE DA PEÇA 17 anos	
	QUESTIONÁRIO			
	- EXISTE PROJETO ESTRUTURAL? - EXISTE PLANO DE MANUTENÇÃO? - A ESTRUTURA ESTÁ APRUMADA? - EXISTE EMPUXOS NÃO PREVISTOS SOBRE A ESTRUTURA? - UTILIZAÇÃO INADEQUADA DA ESTRUTURA (PROJETO ORIGINAL)? - RISCO APRENTE DE RUÍNA? - EXISTÊNCIA DE REPAROS ANTERIORES?		(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO	
	- ESTADO GERAL DA ÁREA: CERCA PINTURA ISOLAMENTO (PESSOAS E VEÍCULOS)		(X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM	
	- ESTADO DA ESTRUTURA (REVESTIMENTO): - ARGAMASSA - CONCRETO - PINTURA - IMPERMEABILIZAÇÃO		(X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM () BOM (X) REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM	
SINTOMAS				
VAZAMENTOS: - LOCALIZAÇÃO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA: - JUNTO A TUBULAÇÕES - LAJES E FORRO - PAREDES - FUNDO - LIXIVAÇÃO/ EFLORESCÊNCIAS		(X) SIM () NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO		
CORROSÃO DE ARMADURAS: - LOCALIZAÇÃO DA CORROSÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES - TIPO DE CORROSÃO: - EXPOSTA E OXIDADA SEM REDUÇÃO DE SEÇÃO - EXPOSTA E OXIDADA COM REDUÇÃO DE SEÇÃO		() SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO		
TRINCAS/ FISSURAS: - LOCALIZAÇÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES		(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO (X) SIM () NÃO		

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		() SIM	(X) NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	() NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		() SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		() SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSION	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM (X) NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para as manchas de umidade localizadas junto às tubulações, recomenda-se o acionamento da equipe de manutenção para avaliar e corrigir o problema através da substituição da tubulação ou do reparo de possíveis falhas de instalação.
- Para o tratamento das fissuras de variação higrotérmica, deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias e classificá-las em ativas ou passivas. Essa análise inicial pode ser feita com o uso de selos de gesso ou lâminas de vidro. Segundo Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tipo de tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{ mm}$ passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já para fissuras $> 0,1\text{mm}$ ativas, podem ser calafetadas com selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano. Nas fissuras onde foi constatado o crescimento de vegetação de pequeno porte, deve-se, antes de iniciar o tratamento, eliminar toda e qualquer vegetação, cujas raízes penetraram no concreto provocando o aumento de sua degradação ou fissuração.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Presença de bolor/mofo nas paredes do tanque de contato (em destaque).



Vista aérea do reservatório com a presença de bolor/mofo, fissuras higrotérmicas e presença de vegetação de pequeno porte. Nota-se também vazamento de água nas das adutoras de distribuição de água.



Presença de vegetação de pequeno porte se desenvolvendo no concreto (em destaque). O crescimento dessas vegetações pode gerar tensões adicionais que contribuem para a degradação do concreto e para o aumento das fissuras já existentes.

• Ficha de catalogação 8:

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA TOCANTINS	ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	RELATÓRIO Nº 8
OBRA: Estação de tratamento de água (ETA 006) CONCESSIONÁRIA: BRK Ambiental LOCALIDADE: Palmas-TO		CONTRATO Nº 1
UNIDADE/ PEÇA VISTORIADA: Tanque de Recebimento de Descarga do Decantador e Sólidos de Água de Lavagem dos Filtros (TRDD/SALF)		IDADE DA PEÇA 5 anos
QUESTIONÁRIO		
- EXISTE PROJETO ESTRUTURAL? - EXISTE PLANO DE MANUTENÇÃO? - A ESTRUTURA ESTÁ APRUMADA? - EXISTE EMPUXOS NÃO PREVISTOS SOBRE A ESTRUTURA? - UTILIZAÇÃO INADEQUADA DA ESTRUTURA (PROJETO ORIGINAL)? - RISCO APARENTE DE RUÍNA? - EXISTÊNCIA DE REPAROS ANTERIORES? - ESTADO GERAL DA ÁREA: CERCA PINTURA ISOLAMENTO (PESSOAS E VEÍCULOS) - ESTADO DA ESTRUTURA (REVESTIMENTO): - ARGAMASSA - CONCRETO - PINTURA - IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM () BOM (X) REGULAR () RUIM (X) BOM () REGULAR () RUIM	
SINTOMAS		
VAZAMENTOS: - LOCALIZAÇÃO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA: - JUNTO A TUBULAÇÕES - LAJES E FORRO - PAREDES - FUNDO - LIXVAÇÃO/ EFLORESCÊNCIAS CORROSÃO DE ARMADURAS: - LOCALIZAÇÃO DA CORROSÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES - TIPO DE CORROSÃO: - EXPOSTA E OXIDADA SEM REDUÇÃO DE SEÇÃO - EXPOSTA E OXIDADA COM REDUÇÃO DE SEÇÃO TRINCAS/ FISSURAS: - LOCALIZAÇÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES	(X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO (X) SIM () NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO () SIM (X) NÃO (X) SIM () NÃO	

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		() SIM	(X) NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	() NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		() SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		() SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSION	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM (X) NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para o tratamento das fissuras de movimentação da estrutura e de variação higrotérmica, deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de lâmina de vidro ou selo de gesso. Conforme Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1$ mm, dispensa-se qualquer tratamento. Para fissuras $> 0,1$ mm passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já as fissuras $> 0,1$ mm ativas, podem ser calafetadas com selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano.
- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Presença de bolor/mofo, eflorescência (em destaque) e fissuras provenientes de movimentação da estrutura (em destaque) nas paredes do tanque.



Presença de fissuras higrotérmicas (em destaque) e bolor/mofo ocasionados por umidade.



Fissura por movimentação da estrutura e eflorescência na parede externa do tanque. Nota-se a presença de um vazio no concreto, originado por provável falha durante o processo de concretagem.

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA	() SIM	(X) NÃO	
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO	
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA	(X) SIM	() NÃO	
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA	(X) SIM	() NÃO	
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO	
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		(X) SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO	(X) SIM	() NÃO	
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS	() SIM	(X) NÃO	
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO	
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROSIÃO	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
-	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM (X) NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO	-	() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para o tratamento das fissuras de movimentação da estrutura e de variação higrotérmica, deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de lâmina de vidro ou selo de gesso. Conforme recomendado por Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1\text{mm}$, dispensa-se qualquer tratamento. Para fissuras $> 0,1\text{ mm}$ passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já as fissuras $> 0,1\text{mm}$ ativas, podem ser calafetadas com selante flexível, como espuma de poliuretano.
- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Presença de bolor/mofo nas paredes do tanque.



Fissura proveniente de movimentação da estrutura (em destaque), eflorescências (em destaque) e bolor/mofo em parede interna do tanque.



Presença de fissura de movimentação térmica e eflorescências em parede externa do tanque. Nota-se a existência de pequenos vazios de concretagem, que podem facilitar a entrada de agentes agressivos ao concreto.

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	(X) NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		(X) SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	(X) NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		() SIM	(X) NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	() NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		() SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		() SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		(X) SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	(X) NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	(X) NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	(X) NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	(X) NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	(X) NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	(X) SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	(X) NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	(X) SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	(X) NÃO
.....	() SIM	(X) NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM (X) NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM (X) NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM (X) NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM (X) NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM (X) NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	(X) SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM (X) NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM (X) NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	(X) SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM (X) NÃO		() SIM (X) NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

- Para o tratamento de bolor/mofo, recomenda-se a limpeza da superfície afetada, com produtos removedores de mofo disponíveis no mercado local e aplicados com o auxílio de escova ou vassoura de cerdas. Para garantir uma ação mais duradoura, pode-se também, após a limpeza superficial, fazer a aplicação de produtos fungicidas. Nos casos em que o substrato estiver bem comprometido, recomenda-se também, a aplicação de uma nova camada de revestimento.
- Para o tratamento das fissuras de movimentação da estrutura e de variação higrotérmica, deve-se, primeiramente, monitorar a abertura das fissuras, por período não inferior a 60 dias, e classificá-las em ativas ou passivas, com o uso de lâmina de vidro ou selo de gesso. Conforme Helene (1992), para fissuras com aberturas $\leq 0,1$ mm, dispensa-se qualquer tratamento. Para fissuras $> 0,1$ mm passivas, o tratamento pode ser feito com injeção de resina epóxi. Já para as fissuras $> 0,1$ mm ativas, podem ser calafetadas com selante flexível, como por exemplo, espuma de poliuretano.
- As eflorescências podem ser removidas por processos simples, tais como: escovação com escova dura e seca, com escova e água, leve jateamento d'água e leve jateamento de areia. Dependendo do caso, após a limpeza da superfície, pode ser necessária a aplicação de uma nova camada de revestimento. No entanto, para uma correção permanente, é indispensável descobrir por onde a água está infiltrando e corrigir o problema.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Presença de bolor/mofo nas paredes internas do tanque de água recuperada.



Presença de fissuras higrotérmicas devido a existência de umidade na estrutura.



Presença de fissuras resultante de movimentação da estrutura (em destaque) e de variações higrotérmicas na parte superior. Nota-se também, a presença de eflorescências na parte inferior da parede (em destaque).

7.3 Incidência das manifestações patológicas

Após o preenchimento das fichas de inspeção, foi calculada a porcentagem de incidência de cada manifestação patológica encontrada em relação ao grupo amostral de locais analisados.

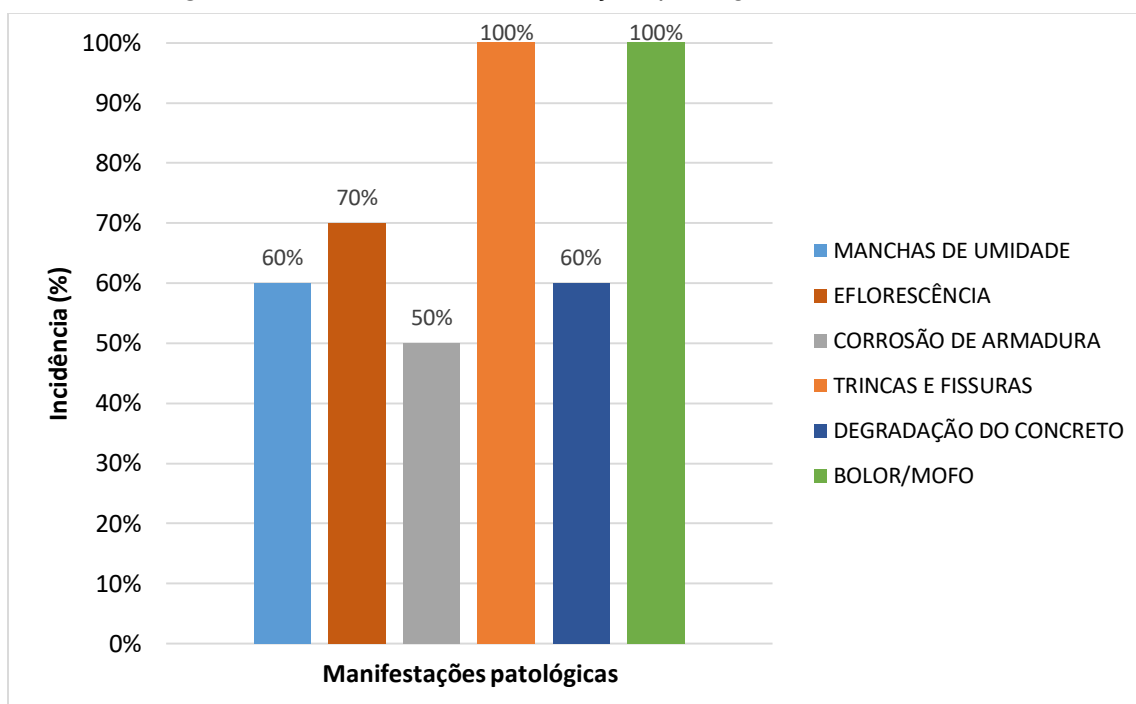
Para esse cálculo, primeiramente, foi necessário preencher o Quadro 5, assinalando as patologias que foram encontradas em cada local analisado. Após isso, foram calculadas as manifestações patológicas incidentes nesses locais, aplicando-se a Equação 1, anteriormente apresentada no item 6.2.3 deste trabalho.

Por fim, os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 5 e ilustrados graficamente na Figura 43.

Quadro 5 - Incidência das manifestações patológicas nas estruturas da ETA

MANIFESTAÇÃO/LOCAIS ANALISADOS	MANCHAS DE UMIDADE	EFLORESCÊNCIA	CORROSÃO DE ARMADURA	TRINCAS E FISSURAS	DEGRADAÇÃO DO CONCRETO	BOLOR/MOFO
CAPTAÇÃO				X		X
TRATAMENTO PRELIMINAR	X		X	X	X	X
CANAL DE ENTRADA E DE COAGULAÇÃO	X	X	X	X	X	X
FLOCULADORES	X	X	X	X	X	X
DECANTADORES	X	X	X	X	X	X
FILTROS	X	X	X	X	X	X
TANQUE DE CONTATO	X			X		X
TRDD/SALF		X		X		X
TCALF		X		X	X	X
TAR		X		X		X
TOTAL	6	7	5	10	6	10
INCIDÊNCIA (%)	60%	70%	50%	100%	60%	100%

Fonte: autoria própria (2019).

Figura 43 - Incidência das manifestações patológicas nas estruturas da ETA

Fonte: autoria própria (2019).

Nota-se que as patologias mais incidentes nas estruturas de concreto da ETA foram bolor/mofo e trincas e fissuras. Com uma incidência de 100%, ambas as patologias estavam presentes em todos os locais analisados.

Por outro lado, a patologia menos incidente foi a corrosão de armadura, que com incidência de 50%, foi identificada em metade dos locais analisados na estação de tratamento de água.

As demais patologias, manchas de umidade, eflorescência e degradação do concreto, apresentaram incidências de 60%, 70% e 60%, respectivamente e, portanto, estavam presentes em mais da metade dos locais analisados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência do concreto é um fator importante para garantir a durabilidade das estruturas frente à agressividade do meio. O ensaio de esclerometria é um método simples para estimar a resistência à compressão do concreto. No entanto, os resultados obtidos nos ensaios não podem ser considerados como representativos de todo o elemento estrutural, pois esse método avalia apenas a camada superficial de concreto, espessura em torno de 20mm a 30mm da área ensaiada, não fornecendo parâmetros para estimar a resistência da parte interna do concreto. Para resultados mais efetivos, recomenda-se a realização de ensaios complementares, como a extração de corpos-de-prova e ensaio de compressão axial.

Diante da política de manutenção corretiva adotada pela empresa concessionária, a incidência prevista de manifestações patológicas era alta, pois as ações de manutenção realizadas incluem reparos feitos somente em casos considerados como emergenciais. A falta de manutenção preventiva, feita periodicamente e não somente em casos emergenciais, agrava patologias simples, que ao terem seu tratamento postergado, evoluem para situações complexas e propiciam o aparecimento de outras manifestações patológicas.

A incidência de bolor/mofo e trincas e fissuras ocorreu em 100% das estruturas analisadas, como já era previsto, devido ao ambiente úmido e temperaturas médias variando entre 25° C e 30° C e, levando-se em consideração o grande volume de concreto empregado, a variação volumétrica das peças e à baixa resistência do concreto à tração. A presença de mofos e bolores causa prejuízos estéticos à estrutura e a ocorrência de fissuras e trincas, quando respeitados os limites estabelecidos na NBR 6118/2014, não acarreta em danos estruturais, embora devam receber o tratamento adequado para evitar a entrada de agentes agressivos ao concreto.

A patologia com menor incidência foi a corrosão de armaduras, presente em 50% das estruturas analisadas. A ocorrência dessa patologia está associada a cobrimentos insuficientes, a presença de umidade e de substâncias agressivas, como o CO₂. A corrosão de armadura deve ser corrigida tão logo quanto identificada, pois pode afetar a durabilidade e a resistência das estruturas aos esforços solicitantes.

A degradação do concreto e as manchas de umidade apresentaram incidências de 60%. A degradação do concreto, causada por ações mecânicas e por abrasão da água em movimento nos canais, deve ser corrigida para garantir o cobrimento

necessário à estrutura. As manchas de umidade, por sua vez, ocorreram devido vazamentos de tubulações e falhas no sistema de impermeabilização das estruturas, devendo ser corrigidas para garantir a estanqueidade da estrutura e impedir o surgimento de outras patologias associadas como mofo/bolores e eflorescências.

As eflorescências ocorreram em 70% das estruturas analisadas e são consequência do processo de lixiviação dos sais do concreto pela ação das águas de infiltração. Apesar de causar danos estéticos, a ocorrência de eflorescências torna o concreto mais poroso e, conseqüentemente, mais suscetível ao ataque de agentes agressivos, além de serem um indicativo de percolação de água, devendo também serem devidamente tratadas.

Por fim, mesmo com os problemas patológicos identificados, através da inspeção visual realizada na obra não foi constatado risco aparente de ruína e nem de prejuízos em sua funcionalidade. Porém, para evitar a evolução de problemas patológicos simples para problemas patológicos complexos e de soluções onerosas, recomenda-se que sejam adotadas as medidas corretivas indicadas neste trabalho, ou quaisquer outras, que se julgar cabíveis pela concessionária, para fins de conservação da durabilidade e extensão da vida útil das estruturas da estação de tratamento de água analisada.

9 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Replicar o trabalho com o auxílio de câmeras termográficas, em período de baixa probabilidade de ocorrência de chuvas;
- Caso sejam executadas, acompanhar as ações de correção realizadas e avaliar seus resultados;
- Replicar o trabalho em outras estações de tratamento de água administradas pela concessionária e comparar os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO. **Patologias do concreto**. Disponível em: < www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_>. Acesso em: 23 de abr. de 2019.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ANDRADE, W. P. Personalidade entrevistada. **Revista Concreto & Construções**, São Paulo: IBRACON, v. 47, p. 10-12, 2007.

ANGELOV, P. **Sense and avoid in UAS**: research and applications. 1 ed. Reino Unido: Wiley, 2012. 345 p.

ARAÚJO, M. E. S. O. **Análise das manifestações patológicas em edificações escolares pré-fabricadas na cidade de Campinas/SP**. 2017. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-2**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5674**: Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 2004. 196 p. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Coleção institucional do Ministério da Saúde**. 4 ed. Brasília, 2011.

BRASIL. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC-E nº94. Cria regras da ANAC para uso de drones no território nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 mar. 2017. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/145089448/dou-secao-1-03-05-2017-pg-52>. Acesso em: 18 fev. 2019.

CALIXTO, J. M. et al. Estruturas de concreto para obras de saneamento: a necessidade de normalização específica. **Revista concreto e construções**, São Paulo, n. 47, p. 32-34, set. 2007.

CAMPANER, S. K.; CARVALHO, M. J. H.; LOBO, A. V. L. Deterioração, durabilidade e intervenção em estruturas de concreto de obras de saneamento. **Revista concreto e construções**, São Paulo, n. 47, p. 67-70, set. 2007.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**: inspeção e técnicas eletroquímicas. 1ª ed. Goiânia: Editora UFG, 1997. 237p.

CHAVES, P. et al. Estudo das anomalias observadas em obras de estação de tratamento de esgoto (E.T.E). In: Seminário de patologia e recuperação estrutural, 1., 2016, Recife. **Anais...** Recife: UPE, 2016. p. 1-12.

CLIFTON, J. R. Predicting the Service Life of Concrete. **ACI Materials Journal**, v. 90, n. 6, p. 611-617, nov. 1993. Disponível em: <<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&ID=9756>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

COPASA. **Manual de controle tecnológico para obras em concreto**. Belo Horizonte, MG, 2018. 13 p. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br:8080/servicos/RDC/NormaTecnica/Download?IdArquivo=e0921465-0000-c8b1-a488-a9fdedf07197>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre**: Recomendações para projeto, execução e manutenção. 1988. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

CUNHA, L. S. **Avaliação de edificações com a utilização da termografia como ensaio não destrutivo**: estudo de caso. 2016. 33 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2016.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Método e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005. 792 p. v. 1.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 083**: Tratamento de trincas e fissuras – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **DNIT 084**: Tratamento da corrosão – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **DNIT 090: Patologias do concreto – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2006.

DYER, T. **A durabilidade do concreto.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015. 536p.

ESCOBAR, C. J.; CRUZ, D. A.; FABRO, G. Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 50., 2008. **Anais...** Salvador: IBRACON, 2008. p. 1-16.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** 2002. 219 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FERRAZ, B. T. B. **Estudo das principais manifestações patológicas causadas por umidade e infiltrações em construções residenciais.** 2016. 55 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2016.

FLIR. **Manual do utilizador.** São Paulo, 2010. 178 p.

_____. **Thermography Cameras.** Disponível em: <<https://www.flir.com.br/browse/professional-tools/thermography-cameras/?page=2>>. Acesso em: 18 de jan. de 2019.

FIGUEREDO, C. A. et al. Utilização da termografia como técnica não destrutiva no diagnóstico de patologias ocultas em estruturas de madeira antigas. In: Simpósio Científico ICOMOS - BRASIL, 1., 2017, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ICOMOS-BRASIL, 2017. p. 1-14.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações.** 2015. 157 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GROSSI, M. V. F. Análise de um edifício de concreto armado com problemas de oxidação de armaduras. **Revista Técnico-Científica do Crea-PR**, n. 1, p. 1-17, set. 2017. Disponível em: <creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/280>. Acesso em: 23 de abr. de 2019.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** 1993. 231p. Tese (Titulação de Professor Livre Docente) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

_____. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Departamento de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13823**: General principles on the design of structures for durability. Genebra, 2008.

_____. **ISO 15686-2**: Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures. Genebra, 2012.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. Durabilidade de componentes da construção. **Coletânea Habitar – Construção e Meio Ambiente**, Porto Alegre, v. 7, p. 21-57, 2006.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 2008. 56p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. Ed. Campinas: Átomo, 2010. v. 1. 444 p.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**. Boletim técnico n. 06. São Paulo: USP, 1986.

LIMA, R. M. **Desaguamento de lodo da estação de tratamento de água (ETA) 006 da cidade de Palmas-TO, por meio de polímeros e filtração em geotêxtil**. 2016. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2016.

LISBOA, D. W. B et al. Utilização do VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 5., 2018, Maceió. **Anais...** Maceió: CONTECC, 2018. p. 1-5.

LITVAN, G. G. Mechanism of Cement Paste Degradation Due to Chemical and Physical Processes. In: International congress on the chemistry of cement, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: NRC, 1986. p. 22-27.

LOTTERMANN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto**: estudo de caso. 2013. 66 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

MACHADO, A. P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002.

MEDEIROS, M. H. F., ANDRADE, J. J. O., HELENE, P. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Concreto**: Ciência e Tecnologia. 1ed. São Paulo: IBRACON, 2011, v. I, cap. 22, p. 773-808.

MONCÓ, E. G. **La humedad como causa de patologías en monumentos**: desarrollo de nuevas técnicas de análisis no destructivo basadas en termografía infrarroja. 2002. 212 p. Tese (Doutorado em Ciências Físicas) – Departamento de Materiais, Universidade Complutense de Madrid, Madrid, 2002.

NASCIMENTO, M. L. M. **Utilização de drone e termografia na detecção de manifestações patológicas em edificações.** 2014. 20 p. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

NAZARIO, D.; ZANCAN, E. C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal de Criciúma:** Inspeção dos sete postos de saúde. 2011. 16 p. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2011.

OLIVEIRA, D. F., **Levantamento de causas de patologias na construção civil.** 2013. 72 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PEDRO, E. G. et al. **Patologia em revestimento cerâmico de fachada.** 2002. 114p. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias) – Faculdade de engenharia e arquitetura, Belo Horizonte, 2002.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 1, p. 1-14, jan. 2013. Disponível em: <<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/14>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

PROCEQ. **Schmidt esclerômetros.** Disponível em: <<https://www.proceq.com/pt/compare/schmidt-esclerometros/>>. Acesso em: 18 de jan. de 2019.

Revista Técnica. **Trinca ou fissura?** Disponível em: <techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em: 23 de abr. de 2019.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 154 p.

SALLES NETO, M. **Parecer técnico sobre as manifestações patológicas na obra da creche municipal de Miranorte-TO.** 2018. 4 p.

SHIRAKAWA, M.A. et al. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. In: Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1995. p. 402-410.

SILVA, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará.** 2011. 51 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SOUSA, N. M. et al. Manifestações patológicas em concreto armado nas estruturas da estação de tratamento de águas na cidade de Monteiro – PB. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 57., 2015, Bonito. **Anais...** Bonito: IBRACON, 2015. p. 1-11.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1989. 194 p.

UEMOTO, K. L. Patologia: danos causados por eflorescência. **Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT**, São Paulo: Pini, p. 561-564, 1988.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. 2015. 159 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

ZUCH, R. A. **Manifestações patológicas nas estruturas em concreto de usinas hidrelétricas: levantamento de ocorrências e estratégias de reparo utilizadas**. 2008. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS / FISSURAS	
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA / TÉRMICA	() SIM () NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO	() SIM () NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA	() SIM () NÃO
SEGREGAÇÃO DO CONCRETO	
- DESTRUIÇÃO PARCIAL DA CAMADA SUPERFICIAL DE CONCRETO	() SIM () NÃO
- DESTRUIÇÃO GENERALIZADA DA CAMADA SUPERFICIAL DE CONCRETO	() SIM () NÃO

(10) CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM () NÃO
- MOVIMENTOS DIFERENCIAIS NOS ATERROS ADJACENTES	() SIM () NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO O PROCESSO DE EROÇÃO	() SIM () NÃO
- SUPERFÍCIE HIDRÁULICA COM MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DE ÁGUA	() SIM () NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM () NÃO
- NÃO FIXAÇÃO DO FATOR A/C MÁXIMO	() SIM () NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM () NÃO
- FALTA DE PREVISÃO DE JUNTA DE DILATAÇÃO	() SIM () NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO DE JUNTAS	() SIM () NÃO
- JUNTAS ELÁSTICAS (OU FUNGENBRAND) SOLTAS / DETERIORADAS	() SIM () NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM () NÃO
- DOSAGEM INCORRETA / INADEQUADA DO CONCRETO	() SIM () NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM EXECUTADAS	() SIM () NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA	() SIM () NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS OU GASES QUÍMICOS CONFINADOS	() SIM () NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	() SIM () NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM () NÃO
	() SIM () NÃO

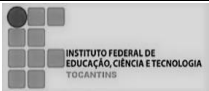
(11) PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		(13) TERAPIA ADOTADA	
		TIPO	EXECUTAR
- INTERDIÇÃO	() SIM () NÃO	- REFORÇO	() SIM () NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM () NÃO	- RECUPERAÇÃO	() SIM () NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM () NÃO	- MANUTENÇÃO	() SIM () NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	() SIM () NÃO	- PROTEÇÃO	() SIM () NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM () NÃO		() SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM () NÃO		() SIM () NÃO

(12) ANÁLISE E TESTES EFETUADOS		(14) NOTAS:
- ANÁLISE ESTRUTURAL	() SIM () NÃO	
- ENSAIOS TECNOLÓGICOS	() SIM () NÃO	
- PROVA DE CARGA	() SIM () NÃO	
- MONITORAMENTO	() SIM () NÃO	
	() SIM () NÃO	

(15) SOLICITADO POR:	APROVADO POR:	SETOR DE CONTROLE:
_____	_____	_____

Fonte: COPASA (2018).

ANEXO B – Ficha para inspeção de estruturas de concreto em estação de tratamento de água

	ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	RELATÓRIO Nº
OBRA: CONCESSIONÁRIA: LOCALIDADE:	CONTRATO Nº 	
UNIDADE/ PEÇA VISTORIADA:	IDADE DA PEÇA 	

QUESTIONÁRIO		
- EXISTE PROJETO ESTRUTURAL? - EXISTE PLANO DE MANUTENÇÃO? - A ESTRUTURA ESTÁ APRUMADA? - EXISTE EMPUXOS NÃO PREVISTOS SOBRE A ESTRUTURA? - UTILIZAÇÃO INADEQUADA DA ESTRUTURA (PROJETO ORIGINAL)? - RISCO APARENTE DE RUÍNA? - EXISTÊNCIA DE REPAROS ANTERIORES? - ESTADO GERAL DA ÁREA: CERCA - PINTURA - ISOLAMENTO (PESSOAS E VEÍCULOS) - ESTADO DA ESTRUTURA (REVESTIMENTO): - ARGAMASSA - CONCRETO - PINTURA - IMPERMEABILIZAÇÃO	() SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () BOM () REGULAR () RUIM () BOM () REGULAR () RUIM () BOM () REGULAR () RUIM () BOM () REGULAR () RUIM () BOM () REGULAR () RUIM () BOM () REGULAR () RUIM () BOM () REGULAR () RUIM	

SINTOMAS		
VAZAMENTOS: - LOCALIZAÇÃO DA PERCOLAÇÃO DE ÁGUA: - JUNTO A TUBULAÇÕES - LAJES E FORRO - PAREDES - FUNDO - LIXIVIAÇÃO/ EFLORESCÊNCIAS CORROSÃO DE ARMADURAS: - LOCALIZAÇÃO DA CORROSÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES - TIPO DE CORROSÃO: - EXPOSTA E OXIDADA SEM REDUÇÃO DE SEÇÃO - EXPOSTA E OXIDADA COM REDUÇÃO DE SEÇÃO TRINCAS/ FISSURAS: - LOCALIZAÇÃO: - VIGAS - PILARES - LAJES - PAREDES	() SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO () SIM () NÃO	

SINTOMAS (continuação)

TRINCAS/ FISSURAS:			
- DECORRENTES DE RETRAÇÃO HIDRÁULICA/ TÉRMICA		() SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE RECALQUES NA FUNDAÇÃO		() SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA ESTRUTURA		() SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE VARIAÇÃO HIGROTÉRMICA		() SIM	() NÃO
- DECORRENTES DE CORROSÃO DE ARMADURA		() SIM	() NÃO
DEGRADAÇÃO DO CONCRETO:		() SIM	() NÃO
- CLASSIFICAÇÃO:			
- SUPERFICIAL COM PERDA PARCIAL DO COBRIMENTO		() SIM	() NÃO
- MÉDIA COM APARECIMENTO DOS AGREGADOS GRAÚDOS		() SIM	() NÃO
- PROFUNDA COM PERDA DO COBRIMENTO E EXPOSIÇÃO DE ARMADURA		() SIM	() NÃO
BOLOR OU MOFO:		() SIM	() NÃO

CAUSAS

- RECALQUE DIFERENCIAL NA FUNDAÇÃO	() SIM	() NÃO
- SUPERFÍCIE IRREGULAR FACILITANDO PROCESSO DE EROÇÃO	() SIM	() NÃO
- MUDANÇA BRUSCA NO MOVIMENTO DA ÁGUA	() SIM	() NÃO
- RECOBRIMENTO INSUFICIENTE DE ARMADURA	() SIM	() NÃO
- ARMADURA INSUFICIENTE PARA EVITAR FISSURAÇÃO	() SIM	() NÃO
- DIMENSIONAMENTO INADEQUADO OU AUSÊNCIA DE JUNTAS DE DILATAÇÃO	() SIM	() NÃO
- INADEQUAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	() SIM	() NÃO
- JUNTAS DE CONCRETAGEM MAL EXECUTADAS	() SIM	() NÃO
- PRESENÇA DE ÁGUA/UMIDADE	() SIM	() NÃO
- AÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	() SIM	() NÃO
- DETERIORAÇÃO DA CAMADA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	() SIM	() NÃO
- CHOQUES COM VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	() SIM	() NÃO
-	() SIM	() NÃO

PROVIDÊNCIAS IMEDIATAS		ANÁLISE E TESTES EFETUADOS	
- INTERDIÇÃO	() SIM () NÃO	- MONITORAMENTO DE FISSURAS	() SIM () NÃO
- REFORÇO DE EMERGÊNCIA	() SIM () NÃO	- ENSAIO DE CARBONATAÇÃO	() SIM () NÃO
- RESTRIÇÃO DE USO	() SIM () NÃO	- ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	() SIM () NÃO
- MANTER SOB OBSERVAÇÃO	() SIM () NÃO	- TERMOGRAFIA	() SIM () NÃO
- DESCARREGAMENTO	() SIM () NÃO	- OBSERVAÇÃO COM DRONE	() SIM () NÃO
- DEMOLIÇÃO	() SIM () NÃO	-	() SIM () NÃO

TERAPIAS RECOMENDADAS

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fonte: adaptado de COPASA (2018).