



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO INTERDISCIPLINAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GISELLE TOMÉ

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM RESERVATÓRIO ELEVADO DE
ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NA VILA ANTONICO – QUIXELÔ/CE**

PAU DOS FERROS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

T655m Tomé, Giselle.
Manifestações patológicas em um reservatório
elevado de água: um estudo de caso na Vila
Antonico - Quixêlo/CE / Giselle Tomé. - 2022.
40 f. : il.

Orientadora: Thyanne Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Problemas patológicos. 2. Reservatórios
elevados. 3. Concreto armado. 4. Reparo. I.
Silva, Thyanne, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS
CURSO DE INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GISELLE TOMÉ

Aos DEZESSETE, do mês de JUNHO do ano de DOIS MIL E VINTE E DOIS, às OITO horas e TRINTA minutos, por meio de reunião remota, utilizando ferramenta Google Meet, conforme estabelecido no art. 1º da Resolução CONSEPE/UFERSA nº 003/2020, de 25 de setembro de 2020, reuniu-se a banca examinadora da defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM RESERVATÓRIO ELEVADO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NA VILA ANTONICO – QUIXELÔ/CE de autoria da discente **GISELLE TOMÉ**, para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia. A Banca Examinadora ficou assim constituída: presidente da banca e orientador do trabalho Mestre THAYANNE LARA GONDIM SILVA, 1º examinadora Especialista LETÍCIA MOREIRA DE CARVALHO, 2º examinador Especialista GABRIEL FERREIRA DA SILVA, 3º examinador Especialista MAURO JOSÉ DA SILVA FILHO. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da banca, Profa. Ma. THAYANNE LARA GONDIM SILVA, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho de Conclusão de Curso, passou a palavra ao formando para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da banca examinadora e respectiva defesa do formando. Concluídos os trabalhos, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, o aluno foi considerado **APROVADO**, por unanimidade, pelos membros da banca examinadora. O resultado foi então comunicado publicamente ao aluno pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da banca examinadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e aprovada, segue assinada por todos os membros da Banca para fins de produção de seus efeitos legais. Pau dos Ferros, 17 de junho de 2022.

Thayanne Lara Gondim Silva

Prof. Ma. Thayanne Lara Gondim Silva

Letícia Moreira de Carvalho

Profa. Esp. Letícia Moreira de Carvalho

Gabriel Ferreira da Silva

Prof. Esp. Gabriel Ferreira da Silva

Mauro José da Silva Filho

Prof. Esp. Mauro José da Silva Filho

GISELLE TOMÉ

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM RESERVATÓRIO ELEVADO DE
ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NA VILA ANTONICO – QUIXELÔ/CE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Thayanne Lara Gondim Silva
Profa. Me.

PAU DOS FERROS

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que todos os dias estava comigo, nos bons e maus momentos, que me deu a força necessária para não desistir no meio do caminho.

Agradeço também aos meus avós Tereza e José, e à minha mãe Gilzete, por serem meu pilar, por me ampararem sempre, por todo orgulho que sentem por mim, por fazerem eu ser uma pessoa melhor diariamente, por compreenderem todas as minhas dores e cuidarem de mim mesmo de longe, vocês são as pessoas mais especiais e importantes da minha vida e essa vitória é mais de vocês do que minha.

Agradeço à minha tia e mãe Lourdes e ao meu padrinho Luiz, que sempre se fazem presente com uma mensagem, que acreditaram nesse sonho junto comigo e nunca mediram esforços para me ver bem. Ainda irei orgulhar muito a senhora e ser a engenheira da família, como você mesma fala.

Agradeço aos meus bisavós Eliza e Victor, que sempre me ajudaram nessa trajetória para realizar o meu sonho. Vocês são muito importantes e sempre serei grata por tudo.

Agradeço ao meu namorado Marlos, por todo apoio prestado principalmente nesses últimos dias e por me mostrar que sou mais forte do que imagino. Você está sendo uma peça fundamental, apesar de toda a distância. Obrigada por acreditar no meu potencial e fazer questão de falar isso diariamente. Obrigada por tudo!

Agradeço também as minhas irmãs Manuela e Rafaela, a minha madrinha e mãe Gilvana, e aos meus primos Gustavo e Alysson de São Paulo, por sempre se fazerem presente, apesar de toda distância. Obrigada madrinha, por não esquecer das ligações nos dias de sábado, por sempre lembrar de mim e me fazer ser uma pessoa melhor. Sinto saudades diariamente e tenho certeza que essa vitória também é sua.

Agradeço ao meu irmão Victor por tudo, por ser o primeiro a me apoiar nessa jornada e por todo ensinamento que foi repassado, você que me acolheu em Pau dos Ferros, me ensinou quase tudo e teve toda a paciência do mundo comigo, por incrível que pareça. Agradeço pelos conselhos, puxões de orelha, por me defender quando necessário e por sempre responder minhas dúvidas desse universo que é a engenharia, essa vitória é nossa e ainda vamos brilhar muito juntos.

Agradeço também as minhas irmãs Camila e Thais, que se fazem sempre presente apesar da distância. Obrigada pelas longas conversas e por sempre me escutarem quando estou desesperada e sem saber o que fazer. Obrigada pela palavra certa na hora certa, obrigada

também por me fazerem rir naqueles dias em que tudo parecia estar indo errado e por principalmente acreditarem no meu potencial.

Agradeço a minha prima Vera e minha madrinha Adalgiza, obrigada por tudo, vocês são muito especiais e essenciais em minha vida.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos que sempre se fizeram presente nessa jornada e por acreditarem no meu sonho junto comigo.

Agradeço ao escritório Gama Soluções em Engenharia, por todo conhecimento repassado e por me receberem tão bem. Obrigada por cada palavra, por cada ensinamento, por fazerem eu enxergar um futuro melhor, por não medirem esforços para me ajudar e fazer eu crescer na profissão, e principalmente por fazerem eu me apaixonar totalmente pela engenharia. Quase tudo o que sei hoje devo a vocês e serei eternamente grata, vocês são gigantes e esse escritório vai longe, principalmente pela dedicação e comprometimento de cada membro.

Agradeço a empresa júnior Pirâmides Topografia e Projetos por estar diariamente agregando conhecimento na minha carreira e por ultimamente está sendo minha válvula de escape para ficar bem. Agradeço aos membros pelas tardes regadas a conversas, café e muita prospecção.

Agradeço aos amigos que o curso me presenteou, pelas noites estudando para as provas, fazendo listas, pelos estudos em grupo e principalmente por sempre serem o apoio um do outro, agradeço principalmente a Bia e Thamara minhas amigas e irmãs dessa jornada que irei levar para a vida, e aos meninos do grupo CE-PB-RN.

Agradeço aos meus amigos de Iguatu, Sítio Tipis e Pau dos Ferros, obrigada pelos momentos de lazer e descontração, obrigada por me fazerem mais feliz, obrigada pelo barzinho a noite regado a conversa e muito aprendizado. Com vocês a vida é mais leve e o caminho mais fácil de ser percorrido, gratidão por cada um.

Agradeço principalmente a minha orientadora Thayanne e minha ex co-orientadora Letícia. Se hoje estou aqui finalizando esse TCC é graças a vocês duas, vocês que me apoiaram de prontidão e sempre estiveram à disposição quando precisei, obrigada por serem tão incríveis, por mostrarem e fazerem valer a pena cada segundo do curso. Serei eternamente grata por cada reunião, cada palavra dita no momento certo, por sempre me ampararem e me darem força para continuar firme na direção dos meus sonhos.

“O tamanho dos seus sonhos deve sempre exceder a sua capacidade de alcançá-los. Se os seus sonhos não te assustam, eles não são grandes o suficiente.”

Ellen Johnson Sirleaf

RESUMO

Desde a antiguidade o homem preocupou-se com o bem estar da população e, conseqüentemente, com a construção de edificações que atendessem as necessidades dos indivíduos. No entanto, ao passar dos anos, percebeu-se que as edificações apresentavam problemas que comprometiam a vida útil e a qualidade da estrutura. Essas manifestações patológicas podem ocorrer por falhas no projeto, pela qualidade dos materiais e/ou pela execução. Os reservatórios de água são elementos necessários para o bem estar de comunidades urbanas ou rurais, garantindo, dessa maneira, o abastecimento de água e permitindo a manutenção de atividades consideradas essenciais. Devido à falta de manutenções e reparos, muitos reservatórios tem se degradado, acarretando insegurança aos usuários e comprometendo o abastecimento. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi diagnosticar as manifestações patológicas de um reservatório elevado de água localizado na Vila Antonico, no município de Quixelô-CE. A metodologia aplicada foi à pesquisa documental e bibliográfica, aliada com a pesquisa exploratória de campo envolvendo vistorias no local para analisar a situação do reservatório e tentar propor uma solução possível. A partir das visitas foram identificadas, no reservatório, fissuras, corrosão de armaduras, eflorescências. Dessa forma, medidas de reparo foram propostas para que o reservatório de água pudesse continuar abastecendo a comunidade.

Palavras-chave: Problemas patológicos. Reservatórios elevados. Concreto armado. Reparo.

ABSTRACT

Since ancient times, man has been concerned with the well-being of the population and, consequently, with the construction of buildings that meet the needs of individuals. However, over the years, it was noticed that the buildings had problems that compromised the useful life and quality of the structure. These pathological manifestations can occur due to design flaws, the quality of the materials and/or the execution. Water reservoirs are necessary elements for the well-being of urban or rural communities, thus guaranteeing the supply of water and allowing the maintenance of activities considered essential. Due to the lack of maintenance and repairs, many reservoirs have been degraded, causing insecurity to users and compromising the supply. Therefore, the objective of this work was to diagnose the pathological manifestations of an elevated water reservoir located in Vila Antonico, in the municipality of Quixelô-CE. The methodology applied was documentary and bibliographic research, combined with exploratory field research involving on-site surveys to analyze the situation of the reservoir and try to propose a possible solution. From the visits, cracks, corrosion of reinforcements, efflorescence were identified in the reservoir. Thus, repair measures were proposed so that the water reservoir could continue to supply the community.

Keywords: Pathological problems. Elevated reservoirs. Reinforced concrete. Repair.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fissuras, trincas e rachaduras	17
Figura 2 - Umidade.....	20
Figura 3 - Eflorescência.....	21
Figura 4 - Tipos de corrosão.....	22
Figura 5 - Desagregação do concreto	23
Figura 6 – Classificação dos reservatórios de acordo com a sua posição no solo.....	24
Figura 7 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	27
Figura 8 - Localização da Vila do Antonico.....	28
Figura 9 – Reservatório elevado da Vila Antonico	29
Figura 10 – Fissuras no reservatório.....	31
Figura 11 - Corrosão das armaduras.....	32
Figura 12 – Manchas pela umidade e eflorescência	33
Figura 13 – Escarificação do concreto	34
Figura 14 – Inibidor de corrosão da marca Vedacit	34
Figura 15 – Aplicação do inibidor de corrosão nas armaduras de pilares (a) e vigas (b).....	35
Figura 16 – Argamassa para reforço estrutural da marca Vedacit	35
Figura 17 – Aplicação da argamassa para reforço estrutural.....	36
Figura 18 – Pintura do reservatório na parte superior (a) e inferior (b)	36
Figura 19 - Reservatório pronto, após as correções das manifestações patológicas	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de patologias nas etapas de processo de construção	16
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Umidade: origem e locais.....	19
Quadro 2 – Matriz GUT	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problemática.....	13
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Justificativa.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Patologias	15
2.2 Tipos de patologias.....	16
2.2.1 Fissuras e trincas	17
2.2.2 Umidade	18
2.2.3 Eflorescência	20
2.2.4 Corrosão	21
2.2.5 Desagregação do concreto.....	22
2.3 Reservatórios	23
2.4 Reforços estruturais.....	25
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 Caracterização da edificação	28
3.2 Levantamento das manifestações patológicas	28
3.3 Medidas de reparo	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 Manifestações patológicas encontradas no reservatório	31
4.2 Definição de conduta para reparo das manifestações patológicas	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico no país foi algo primordial para a expansão imobiliária, tornando a construção civil como um grande agente de transformação do espaço urbano. Quanto mais a urbanização cresce, maior é o adensamento populacional e a necessidade de novas moradias e outros tipos de construções, criando uma infraestrutura que seja capaz de satisfazer a necessidade dos usuários.

Desde os princípios da civilização o homem tem se preocupado com a construção de estruturas que fossem adaptadas às suas necessidades, por conta disso a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, permitindo dessa maneira o desenvolvimento da tecnologia da construção. Por ainda existirem limitações ao desenvolvimento científico e tecnológico, além das inevitáveis falhas involuntárias, têm-se constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, gerando as patologias da construção civil (SOUZA; RIPPER 2009).

Segundo Nazário e Zancan (2011), as manifestações patológicas são danos ou defeitos que podem provocar um mau desempenho e acarretar a segurança das edificações, sendo decorrentes de falhas em projetos, dos materiais utilizados, da etapa de construção e até mesmo pela ausência de manutenção ou uso inadequado da estrutura.

Com o aumento da urbanização e do crescimento populacional, percebeu-se a necessidade de construir reservatórios de água, que pudessem atender as necessidades dos usuários, uma vez que esse recurso é fundamental para a sobrevivência das populações. Apesar de as construções apresentarem diversas possibilidades de patologias, a umidade é uma das manifestações patológicas mais frequentes, principalmente quando se tem o contato direto da água com os elementos estruturais, como é o que acontece nos reservatórios. Além da umidade é comum a presença de fissuras, de corrosão das armaduras e de manchas.

Nos reservatórios estruturados de concreto armado, entre as manifestações patológicas mais incidentes estão a umidade, corrosão de armaduras, perda de estabilidade estrutural verificada a partir de movimentos dinâmicos, fissuras e trincas em qualquer parte como na laje de cobertura ou de fundo, infiltrações e deterioração do concreto por carbonatação ou presença de cloretos, entre outras substâncias (BORGES, 2008).

Dessa forma, é preciso desenvolver mecanismos e técnicas que sejam capazes de analisar, diagnosticar e solucionar as manifestações patológicas, uma vez que estas podem provocar a deterioração dos materiais e colapsar a estrutura, promovendo consequências muitas vezes irreparáveis.

1.1 Problemática

Reservatórios de água são grandes estruturas sujeitas a exposições climáticas e aos efeitos do tempo, pois normalmente são construções que perduram por gerações, sofrendo os efeitos do envelhecimento. Esses fatores fazem surgir as manifestações patológicas no decorrer do tempo.

Essas manifestações patológicas precisam ser diagnosticadas e os profissionais de engenharia devem promover ações e medidas que venham a reduzir ou minimizar os danos provocados, pois quando não tratadas, as patologias podem ocasionar risco a vida útil da edificação.

Logo, com base nesse entendimento, surge o questionamento de quais aplicações de técnicas de identificação, restauração e reforço são usadas para o tratamento adequado das manifestações patológicas e de que forma a sua prevenção e correção podem impactar positivamente no que diz respeito a durabilidade da construção.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Acompanhar a recuperação das manifestações patológicas em um reservatório de água localizado na Vila Antonico, no município de Quixelô-CE.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar a origem e a causa das manifestações patológicas;
- Aplicar a metodologia Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) para determinar o grau de importância das manifestações patológicas no reservatório de água;
- Analisar se as medidas adotadas na resolução das manifestações patológicas foram eficazes.

1.3 Justificativa

O reservatório de água tem como material predominante o concreto armado, material este que vem sendo aprimorado com a constante evolução da construção civil, no Brasil e no mundo. Apesar de possuir resistência a compressão, o concreto estar suscetível a alterações na sua estrutura e para isso é requerido a manutenção, cuja finalidade é promover uma maior durabilidade na vida útil de obras como essa.

Através do diagnóstico e da análise das manifestações patológicas é possível observar que estes problemas podem se espalhar por toda a estrutura, acarretando danos e defeitos que podem levar a interdição ou mesmo o colapso da edificação, dependendo do nível de comprometimento e gravidade.

Dessa forma, é necessário que haja um incentivo a manutenção das edificações, pois o custo com a prevenção é menor se comparado a medidas corretivas. Sendo assim, justifica-se identificar as manifestações patológicas do reservatório elevado de água, além de propor as ações a serem executadas para o bom funcionamento dessa estrutura, pois tem grande importância para os moradores da região, já que é a fonte de abastecimento de água para a comunidade da Vila Antonico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Patologias

O termo patologia origina-se na medicina. Estado patológico, na medicina, significa estado doentio, nocivo, de anormalidade, falta de saúde. Na construção o sentido é basicamente o mesmo. Na prática, a patologia das construções é o estudo de situações de ocorrências de impasses, problemas, de falhas ou de defeitos que comprometem uma ou mais das funções do edifício, ou todo seu conjunto, como se o edifício estivesse mesmo doente e sua doença precisasse ser diagnosticada e tratada.

Trazendo o termo patologia para a Engenharia Civil, Gonçalves (2015) define como:

O termo “patologia”, no contexto da Construção Civil, está alinhado com a definição encontrada na Medicina, na qual estudam-se as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venha prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes).

Segundo Cánovas (1988), patologia é a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização, no entanto, em outros casos, o problema é mais complexo, sendo necessário verificar o projeto, investigar as cargas a que foi submetida à estrutura e analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra.

A falta de planejamento de uma obra, a sua má execução e os materiais utilizados na construção de uma edificação podem acarretar uma série de problemas. Desta maneira, a deterioração dos elementos estruturais pode causar tanto o envelhecimento da edificação quanto acidentes maiores, onde a edificação colapsa. É importante destacar que, em alguns casos, a tomada de decisão de alguns profissionais de engenharia, buscando economizar nas suas obras, pode comprometer a estabilidade das edificações (SOUZA; RIPPER, 2009).

Para haver um parecer de fenômenos patológicos que ocorrem em uma edificação, normalmente se busca a fonte do problema exposto, uma relação de causa e efeito que possa ter gerado tal manifestação. A fase de planejamento, elaboração de projeto e definição dos materiais são fundamentais em uma obra, pois são etapas que funcionam como base para as demais (HELENE, 2003).

Para Helene (2003), os erros cometidos durante a fase de concepção costumam ser mais graves do que os cometidos em outras fases. Desta forma, é mais seguro e preferível que se invista mais tempo e recursos nesta etapa (que consome de 3% a 10% de todo o orçamento

previsto), como forma de evitar a ocorrência de decisões e ações equivocadas. Ainda segundo Helene (2003), as principais causas que geram problemas patológicos são nas etapas de projeto, execução e materiais, devido a qualidade dos materiais escolhidos e aos métodos de construção, conforme dados indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Percentual de patologias nas etapas de processo de construção

ETAPA	PERCENTUAL
Projeto	40%
Execução	28%
Materiais	18%
Uso	10%
Planejamento	4%

Fonte: Helene, 2003. Adaptado pela autora (2022).

Durante a fase de execução, Oliveira (2012) cita que os problemas ocasionados são gerados no processo de produção, e, na grande maioria, relacionado à mão de obra. A baixa qualificação profissional, condições de trabalho insalubres, desmotivação, e ausência de um gerenciamento eficiente, vão gerar falhas que podem refletir até depois da obra.

De acordo com Ambrósio (2004), embora se tenha agregado conhecimento ao longo do desenvolvimento da engenharia civil, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório devido a uma série de fatores que contribuem para a degradação das estruturas, como falhas involuntárias, imperícia, a incorreta utilização de materiais, envelhecimento natural e erros de projetos.

Se durante a execução da edificação for possível notar algumas falhas logo de início, devem ser feitas de imediato as correções, pois quando mais rápidas elas são realizadas, mais efetivas, duráveis e baratas de executar serão (HELENE, 2003).

O profissional da construção civil deve procurar o maior número de informações para obter um diagnóstico concreto da manifestação patológica, pois no início não se tem certeza de suas reais causas. Isso é bem relatado por Lapa (2008):

O patologista trabalha, portanto, imaginando hipóteses e verificando a sua possível veracidade, através do perfeito encaixe dos dados disponíveis. Essa forma de trabalho - a formulação e eliminação de hipóteses, orienta todas as fases iniciais do estudo. Na realidade, nunca há a certeza, mas sim uma redução no número de dúvidas. Haverá, portanto, sempre um grau de incerteza no diagnóstico, cuja eficácia, só poderá ser confirmada pela resposta satisfatória da estrutura ao tratamento prescrito.

2.2 Tipos de patologias

2.2.1 Fissuras e trincas

Cánovas (1988) afirma que fissuras e trincas são patologias que além do próprio risco que trazem para a segurança da estrutura, acabam gerando corrosões das armaduras, já que elas deixam o aço exposto.

De acordo com Sousa (2014), as fissuras e trincas são muito comuns na maioria das construções, principalmente em alvenarias de vedações e, geralmente, surgem devido às falhas no serviço de execução ou devido ao uso de materiais fora das especificações previstas no projeto. As fissuras podem ser classificadas conforme a sua profundidade e característica da abertura, conforme a Figura 1, assumindo nomes como fissura, trinca, rachaduras e fendas.

Figura 1 - Fissuras, trincas e rachaduras



Fonte: Construir sozinho, 2020.

Oliveira (2012) define que essas manifestações podem ser geradas por recalque do solo, alteração química, sobrecarga, deformabilidade do concreto. Fatores como clima e variação de temperatura também possuem importância, pois os materiais podem se expandir e contrair provocando o surgimento das fissuras e trincas.

A revista Obras Online (2006), define cada uma da seguinte maneira:

- Fissura é uma abertura em forma de linha, com espessura de até 0,5 mm;
- Trinca é uma abertura em forma de linha, com espessura de 0,5 mm até 1,0 mm;
- Rachadura é uma abertura expressiva, proveniente de acentuada ruptura de massa, cuja espessura varia de 1,0 mm a 1,5 mm;

- Fenda é uma abertura excessiva, que causa divisão da parede, e sua espessura é superior a 1,5 mm.

Normalmente, as fissuras são originadas pela movimentação de materiais e componentes da construção, além de vibrações da edificação. Apesar de aberturas estreitas e superficiais, de pequena gravidade, deve-se levar em consideração, pois pode se agravar e gerar problemas maiores, comprometendo a vida útil da edificação (CIVILIZAÇÃO ENGENHARIA, 2018).

Segundo Boranga *et al.* (2014), as trincas podem ser estipuladas como uma fratura linear no concreto, desenvolvendo-se parcialmente ou completamente ao longo de um elemento estrutural. As trincas e fissuras são fenômenos exclusivos e indispensáveis do concreto armado e podem se manifestar em três fases sendo elas:

a) Fase plástica: onde podem surgir trincas em virtude da retração plástica e do assentamento plástico; b) Fase de endurecimento: surgem com a precoce movimentação térmica, a precoce retração do endurecimento e ao assentamento diferencial dos apoios; e, c) Fase do concreto endurecido: onde as principais causas do aparecimento das trincas e fissuras são o subdimensionamento, o detalhamento inadequado, a construção sem cuidados indispensáveis, as cargas excessivas, o ataque de sulfatos ao cimento do concreto, a corrosão das armaduras devida ao ataque de cloretos a carbonatação e a reação álcali-agregado (LAPA, 2008).

A evolução das trincas pode sugerir em alguns casos que há um problema mais sério nas fundações e que com o tempo pode comprometer a estabilidade da edificação, colocando em risco a segurança de seus usuários (MARCELLI, 2007). Devido a esses e outros problemas que podem acontecer na edificação, é imprescindível a presença de um engenheiro civil para que este possa desenvolver uma avaliação da estrutura e, dessa maneira, propor métodos que podem ser aplicados para a correção das manifestações patológicas.

Portanto, a correção do problema implica quase sempre soluções de custo elevado e desconforto para o usuário. Por isso é indispensável que se faça da maneira correta logo na primeira vez, pois acabará resultando em mais economia, menos risco e mais conforto (MARCELLI, 2007).

2.2.2 Umidade

Oliveira (2012) afirma que a umidade também é um agente causador de manifestações patológicas, principalmente por algumas estruturas estarem em contato direto com a água. De acordo com Verçoza (1991), as umidades na construção podem ter sua origem associada a fenômenos meteorológicos, como a chuva, águas residuais na produção dos materiais

constituintes da edificação, execução do serviço, umidade do solo, capilaridade, vazamentos, dentre outros.

Martins e Jâcome (2005) ressaltam que a umidade no processo de construção pode dar origem à ocorrência de anomalias generalizadas ou localizadas, devido à evaporação da água existente, ou simples fato de os materiais terem um teor de água superior ao normal.

As possíveis causas da umidade estariam ligadas, segundo Borges (2008), as técnicas construtivas, como a ausência de impermeabilização durante a etapa de execução e/ou projeto, falta de tratamento nas juntas, o que permite a infiltração da água e o surgimento de manchas, bolores, fungos.

O Quadro 1 apresenta possíveis locais onde a umidade pode ser identificada, conforme a sua origem.

Quadro 1 - Umidade: origem e locais

ORIGEM	LOCAIS
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados) Paredes Lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinhas e garagens

Fonte: KLEIN, 1999. Adaptado pela autora (2022).

A umidade provoca problemas graves e, normalmente, de difícil solução. A degradação da construção normalmente é rápida e suas soluções caras (SOUZA, 2008). Geralmente, além do desconforto estético e funcional da edificação, a umidade gera um desconforto aos usuários devido comprometer a saúde dos moradores, pois pode provocar mofo

e criar quadros alérgicos e de rinite, além de asma, conforme a Figura 2. Pode acontecer também a transmissão de bactérias que levam a infecções.

Figura 2 - Umidade



Fonte: Fórum da construção, 2022.

2.2.3 Eflorescência

Segundo Melo (2014), eflorescências são camadas cristalinas na cor branca que surgem em tetos, paredes e revestimentos e sua principal composição são sódio, potássio, cálcio e magnésio. É um problema bastante comum em fachadas, devido ter maior exposição a intempéries como chuvas, umidade, sujeira, etc.

Essa manifestação patológica ocorre quando os sais presentes no solo e/ou nos materiais se depositam no interior ou exterior das edificações, se cristalizando (CHAVES, 2009). Tais manchas esbranquiçadas (Figura 3) são comuns em regiões onde há maior presença de água, como túneis de concreto, caixas de água, reservatórios, ocorrendo livre percolação da água que diminuem a proteção química e o pH do concreto e, algumas vezes, formam estalactites decorrentes de lixiviação acentuada (MEDEIROS, 2005).

Verçoza (1991) explica que as eflorescências causam mal aspecto, comprometendo a estética, devido a presença de manchas, descolamento da pintura etc. Porém, essa manifestação patológica também pode surgir de maneira agressiva e causar a degradação profunda da estrutura devido aos sais constituintes (SOUZA, 2008).

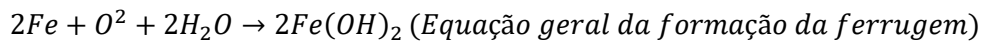
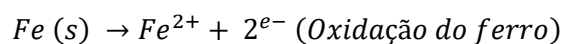
Figura 3 - Eflorescência



Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/eflorescencia/>. Acesso em: 8 mai. 2022

2.2.4 Corrosão

A corrosão é a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química, eletroquímica ou eletrolítica, associada ou não a esforços mecânicos. Na engenharia civil, este processo ocorre nas barras de aço presentes no concreto armado (SOARES; VASCONCELOS; NASCIMENTO, 2015). A condição instável do ferro e o contato com o oxigênio presente na água e no ar, se oxida e desta reação resulta a ferrugem, onde o ferro tende a retornar sua forma estável:



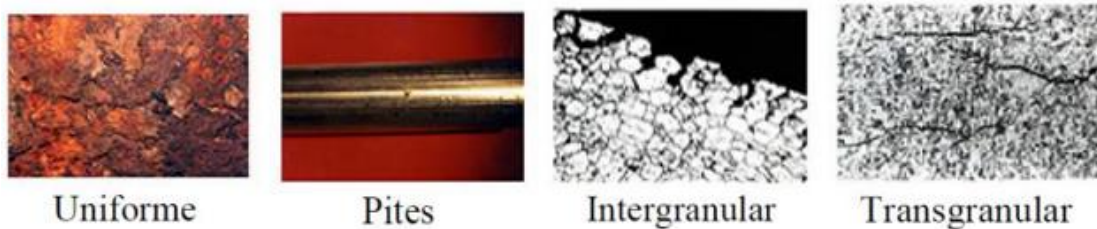
A corrosão é uma manifestação patológica que causa a deterioração da fase metálica, gerando as perdas na seção do aço e, além disso, formam-se produtos de caráter expansivo, no entorno da armadura, fazendo atuar no concreto tensões internas, não previstas em projeto, fissurando-o e deixando o aço da estrutura exposto a agentes agressores (CASCUDO, 2005).

A corrosão pode se manifestar de diferentes formas (Figura 4), em função de fatores ambientais ou mecânicos e de suas características geométricas, conforme explica Gentil (1996):

- Corrosão uniforme: corrosão que acontece em toda a extensão da superfície, de maneira homogênea. A perda de espessura ocorre em várias partes do material. É também chamada de corrosão generalizada;

- Corrosão puntiforme ou por pites: os desgastes são localizados sob a forma de pequenas cavidades com profundidade maior que o diâmetro;
- Corrosão intragranular: ocorre entre os grãos dos cristais do metal que perdem duas propriedades mecânicas, podendo fissurar e perder a sua estabilidade;
- Corrosão transgranular: ocorre nos grãos dentro da rede cristalina, perdendo as propriedades mecânicas e gerando a perda de estabilidade devido a presença de fissuras e trincas.

Figura 4 - Tipos de corrosão



Fonte: Zimer, 2009. Adaptado pela autora (2022).

Uma maneira de evitar o processo de corrosão das armaduras consiste em estabelecer o cobrimento mínimo do concreto, camada com espessura adequada, de modo a servir como uma barreira, impedindo o acesso de substâncias nocivas ao interior da estrutura. Para Menezes (2009), a diminuição da relação água/cimento (a/c) pode aumentar a eficiência, a durabilidade e a resistência do concreto.

Segundo Takata (2009), o cobrimento do concreto protege também contra choques mecânicos na armadura, já que é a camada mais externa do elemento estrutural. Esse cobrimento depende da forma como o concreto é lançado.

2.2.5 Desagregação do concreto

Consiste na desintegração do concreto, perdendo suas características como aglomerante. É também definida como a separação física do concreto em fatias, de modo que a estrutura passa a perder sua resistência na parte degradada (SOUZA; RIPPER, 2009). Para Cánova (1988), essa desagregação é um dos sintomas mais claros da existência de ataque químico, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Desagregação do concreto



Fonte: Moreira, 2021.

As causas da desagregação do concreto podem se dar pelos seguintes fatores: movimentos das formas, fissuração, corrosão da armadura, ataques biológicos e ao fenômeno de calcinação que se caracteriza como a perda de resistência e mudança de cor do concreto, que ocorre na presença de fogo e o desintegra a uma temperatura de 600°C (TRINDADE, 2015).

2.3 Reservatórios

O reservatório de água é definido, segundo a NBR 12217 (ABNT, 1994), como um dos elementos que forma o sistema de abastecimento de água. Tem a função de regular as vazões de adução e de distribuição, mantendo-os constantes, ajudando a melhorar as pressões na rede de abastecimento.

A NBR 5626/2020 determina que os reservatórios de água potável tenham que manter o padrão de potabilidade da água, não devendo dessa maneira transmitir sabor, cor, odor ou toxicidades que dele são atribuídas (ABNT, 2020).

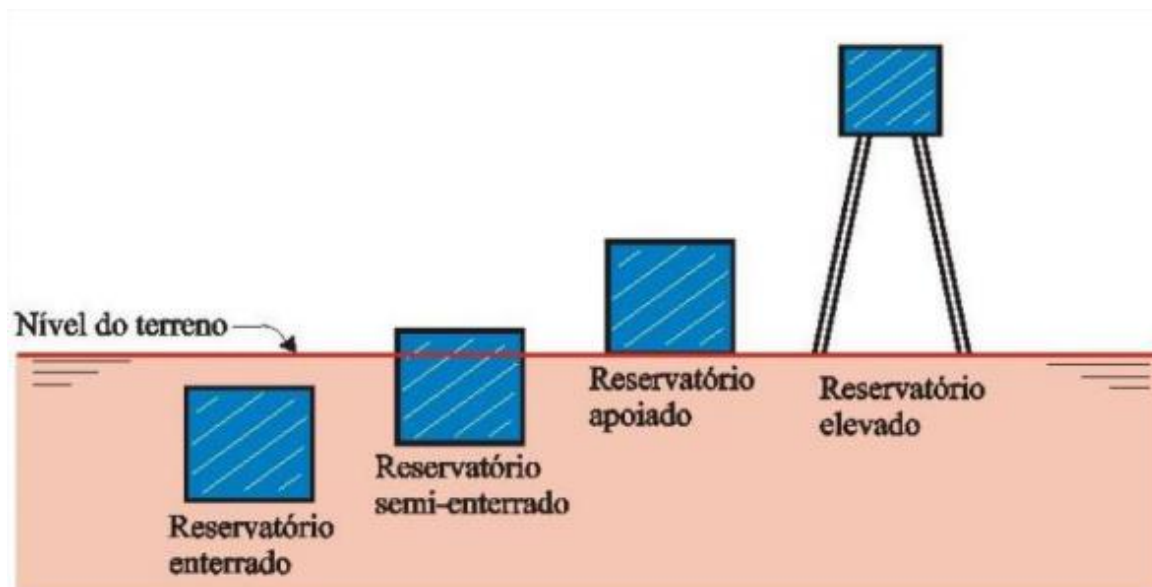
Os reservatórios podem ser executados com uma grande variedade de materiais como alvenaria, aço, fibra de vidro, concreto armado, além de uma grande variedade de formato (cilíndricos, prismáticos, trapezoidais) e dimensões.

No Brasil o reservatório mais utilizado, principalmente os de uso coletivo, que abastecem um município, são em concreto armado, já que o concreto é um material, de acordo com Helene (2003), de vida útil elevada, desde que receba constantemente manutenção

periódica e sistemática, responsável por resistir aos esforços de compressão e a armadura metálica responsável por resistir aos esforços de tração.

Os reservatórios, de acordo com a sua posição no solo, podem ser classificados em enterrado, semienterrado ou semiapoiado, apoiado e elevado conforme a Figura 6.

Figura 6 – Classificação dos reservatórios de acordo com a sua posição no solo



Fonte: Alen Sobrinho; Contrera (2016).

Os reservatórios enterrados são aqueles que estão completamente abaixo da cota do terreno. A vantagem deste tipo está em não provocar uma poluição visual devido a sua implantação e por sofrer pequenas variações de temperatura. Em contrapartida, devido o processo de escavação e difícil manutenção, sua instalação é cara (RAMOS, 2010).

Os reservatórios semienterrados ou semiapoiados são construídos baseados em questões geotécnicas, de modo a que eles possuem parte da sua estrutura abaixo do nível do terreno e parte para fora (MONGE, 2002).

Ramos (2010) defende que o reservatório apoiado é aquele que apresenta a laje do fundo apoiada no terreno, quando este é capaz de aguentar as cargas solicitadas. Dessa forma, este modelo apresenta fácil instalação, operação e manutenção.

O reservatório elevado é aquele que está suspenso por estruturas de elevação constituídas de pilares e vigas. Sua vantagem é garantir a pressão mínima na rede de distribuição, mas em compensação, gera poluições visuais, dificuldades construtivas e necessidade de conhecimentos estruturais, para que o seu dimensionamento seja capaz de suportar a reserva de água (BORGES, 2008).

A NBR 12217 (ABNT, 1994) afirma que a função principal de reservatórios elevados é condicionar e equalizar as pressões nas áreas de cotas topográficas mais altas que não podem

ser abastecidas pelo reservatório principal da edificação. Portanto reservatórios são construções destinadas a receber a água das estações de tratamento através das adutoras ou de reservatórios de maior volume enterrados ou apoiados e distribuí-la até as edificações.

Segundo Souza (2014) as principais patologias desenvolvidas em reservatórios de água são: corrosão de armaduras; perda de estabilidade estrutural devido aos movimentos dinâmicos de fissura e trincas em qualquer face da estrutura; infiltrações; carbonatação ou presença de íons cloretos, entre outra substância.

Para Borges (2008), as substâncias utilizadas no tratamento da água aliadas a outras condições (umidade natural do concreto, água das chuvas, ação do vento, etc.) promovem a despassivação e posterior corrosão das armaduras. A exposição das armaduras, devido ao deslocamento do concreto, provoca manifestações como a presença de manchas ferruginosas na própria armadura e no concreto, além de apresentar um quadro de fissuração característico nas vigas e pilares.

2.4 Reforços estruturais

Segundo Helene (2003), a escolha dos materiais e da técnica de reparo a ser aplicada depende do diagnóstico que se obtém das manifestações patológicas, das características da região ou da edificação a ser corrigida, sendo o tipo de exposição da estrutura um dos fatores mais importantes, além das exigências de funcionamento do elemento que vai ser objeto da correção.

Souza e Ripper (1998) afirmam que diante do mínimo de característica de bom desempenho, como apresentar uma boa resistência à compressão e boa aderência, a escolha de qualquer tipo de material deve seguir outras propriedades a serem observadas quanto à finalidade, como o coeficiente de expansão térmica, retração e permeabilidade.

Diversas técnicas de reparo/reforço foram desenvolvidas, a exemplo do concreto convencional, concreto com fibras de aço, poliméricas ou de carbono; argamassas reforçadas com resina epóxi, auxílio de chapas de aço, camisas de reforço, adições minerais, graute, entre outros (VASKE, 2005).

O concreto é utilizado, de acordo com Saraiva (2015), quando são identificadas falhas de concretagem ou em estruturas deterioradas, devendo ser lançado nas fôrmas pelo método convencional. Esse material é utilizado na maioria das obras civis, por apresentar consistência seca e boa resistência mecânica. No caso do concreto projetado, seu processo de aplicação não requer fôrmas, basta apenas uma superfície para lançamento. Normalmente é utilizado para

revestimento de túneis, paredes e pilares.

O reparo com graute normalmente é feito quando necessita de uma liberação rápida da estrutura, isso ocorre pois a fluidez do graute faz com que se tenha um preenchimento total da seção, sem haver a necessidade de adensamento. Confere boa trabalhabilidade, além de apresentar alta resistência (SARAIVA, 2015).

As argamassas utilizadas em reparos estruturais devem atender a alguns critérios de desempenho, quais sejam: fluidez, impermeabilidade, resistência, proteção contra corrosão e durabilidade (SHANNAG, 2000).

Uma argamassa de reparo proporciona resistência mecânica e módulo de elasticidade superiores às argamassas de revestimento, de assentamento e colantes. Procurando a recuperação de elementos estruturais, é necessária a obtenção de altas resistências iniciais, ausência de retração, controle da expansão, elevada aderência ao substrato ou baixa permeabilidade, propriedades estas obtidas através do emprego de aditivos e adições de diferentes tipos (HELENE, 2003).

3 METODOLOGIA

Este trabalho tem caráter exploratório pois foi realizado um estudo de caso no reservatório de água, localizado na Vila Antonico, no município de Quixelô-CE. A metodologia proposta para a realização do presente trabalho foi dividida em três partes: caracterização da edificação, levantamento das manifestações patológicas e medidas de reparos. O embasamento teórico se deu através de pesquisas bibliográficas, a fim de conhecer as manifestações patológicas, suas possíveis causas e origem. Foi utilizada ainda a matriz GUT, que significa gravidade (G), urgência (U) e tendência (T) para nortear qual a ordem de prioridade para reparar os problemas identificados no reservatório de água. A Figura 7 apresenta o fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 7 – Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria, 2022.

3.1 Caracterização da edificação

A obra analisada localiza-se na Vila Antonico, especificamente na BR CE-375, coordenadas 6°15'52''S 39°16'0''W, que fica na cidade de Quixelô-CE, conforme a Figura 8. Refere-se a um reservatório elevado de água, construído com concreto armado, responsável por abastecer cerca de 1500 a 2000 habitantes do distrito, com um volume de 20.000 litros. Não foram encontrados registros que possa comprovar a idade do reservatório, mas sabe-se que até os dias atuais já foram registrados diversos reparos, cujo objetivo era conter as manifestações patológicas identificadas no reservatório.

Figura 8 - Localização da Vila do Antonico



Fonte: Google Earth, 2022.

3.2 Levantamento das manifestações patológicas

A primeira visita ao reservatório (Figura 9) ocorreu no dia 22 de setembro de 2021, quando o engenheiro responsável pela obra destacou e apresentou as principais manifestações patológicas e como queria prosseguir para fazer os reparos, que se iniciaram em setembro de 2021 e tinha previsão de conclusão no mês de novembro de 2021.

A identificação das manifestações patológicas foi feita visualmente, sem a necessidade de realização de ensaios, pois o desgaste da estrutura do reservatório era elevado, de modo que havia a necessidade de reparo em um curto prazo de tempo.

Figura 9 – Reservatório elevado da Vila Antonico



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para fazer o correto diagnóstico das patologias presentes no reservatório foi necessário desenvolver uma pesquisa bibliográfica intensa, a fim de conhecer e estudar as manifestações, quais as suas origens e causas e quais as possíveis soluções a ser abordadas diante de cada problema. O desenvolvimento desta pesquisa se deu em normas, livros, relatórios técnicos, teses e dissertações.

Além disso foram coletadas informações nos órgãos públicos com relação a edificação, de modo a conhecer as especificidades do reservatório, como capacidade em litros, quantidade de pessoas abastecidas, anos de operação, projetos, laudos e reparos já realizados.

Em seguida, já de posse do conhecimento teórico foram realizadas as visitas a edificação, cujo objetivo era conhecer a extensão e a gravidade do problema, realizando anotações e fazendo o registro fotográfico. As visitas eram feitas semanalmente, no turno da tarde, porém tinham algumas semanas que ocorria a visita em mais de um dia da semana.

Apesar de não ser um procedimento fácil reconhecer as origens e causas das manifestações patológicas, foi necessário estabelecer um diagnóstico para só então adotar métodos e ações de correção dos problemas.

As manifestações patológicas identificadas foram diversas, como corrosão das armaduras, fissuras, carbonatação, eflorescência, umidade e desagregação do concreto. Por se

tratar de uma obra pública, sem muitos recursos e com um curto período de tempo para entrega, foram estabelecidas medidas de reparo.

3.3 Medidas de reparo

As condutas foram estabelecidas conforme o grau de prioridade determinado pela matriz GUT (gravidade, urgência e tendência) que funciona como uma ferramenta capaz de orientar na tomada de decisões complexas.

A gravidade leva em consideração o impacto, ou seja, define o quão grave ou não é o problema que está acontecendo ou que virá a acontecer. A urgência está associada ao prazo ou ao tempo disponível para a resolução do problema. A tendência representa o potencial de crescimento do problema, ou seja, indica a probabilidade de se agravar com o passar do tempo, caso nada seja feito.

A metodologia da matriz GUT contém uma pontuação para cada parâmetro (gravidade, urgência e tendência) que varia de 1 a 5, sendo 1 o menos nocivo e 5 o mais prejudicial e o resultado é obtido pela multiplicação destes parâmetros, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz GUT

IMPORTÂNCIA: G x U x T			
NOTA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Írá piorar a longo prazo
3	Grave	Urgente	Írá piorar a médio prazo
4	Muito grave	Muito urgente	Írá piorar a curto prazo
5	Extremamente grave	Ação imediata	Írá piorar rapidamente

Fonte: Periard, 2011. Adaptado pela autora, 2022.

Dessa forma, foi possível acompanhar todo o estudo, a identificação e reconhecimento, o diagnóstico, as ações propostas e execução das medidas de reparo das manifestações patológicas encontradas no reservatório elevado de água.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Manifestações patológicas encontradas no reservatório

Para cada manifestação patológica identificada no reservatório foi preciso conhecer a sua origem e o que estava causando, a fim de se ter um diagnóstico preciso e combater a patologia, de modo que esta não viesse mais a comprometer a vida útil da edificação. Foram identificadas patologias de fissuras (Figura 10), corrosão das armaduras (Figura 11), manchas por umidade e eflorescências (Figura 12).

Na Figura 10 é possível perceber que as vigas e os pilares apresentam fissuras e que há, na região inferior, desagregação do concreto. As fissuras acontecem quando as tensões que a superfície precisa resistir são inferiores as deformações e também pelo fato da ocorrência de oxidação interna das armaduras.

Figura 10 – Fissuras no reservatório



Fonte: Autoria própria, 2021.

As fissuras normalmente não são graves, pois causam aberturas superficiais, entretanto, é importante corrigir este problema, pois estas podem continuar crescendo e se transformar em trincas ou rachaduras, aberturas mais profundas que podem comprometer a estrutura da edificação.

Na Figura 11 pode-se observar a corrosão das armaduras, outro tipo de patologia encontrada e que precisou ser reparada no reservatório. A corrosão das armaduras é uma das principais causas da deterioração das estruturas de concreto armado e afeta diretamente a durabilidade das mesmas.

A corrosão das armaduras pode também está associada a carbonatação do concreto, fenômeno lento ocasionado pelas reações químicas resultantes da interação entre componentes como o CO_2 (gás carbônico), presentes na atmosfera, com os produtos da hidratação do cimento, formando um composto chamado ácido carbônico (H_2CO_3). Ao reagir com a pasta de cimento hidratada, esse ácido resulta em carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e água, dando origem à carbonatação. A primeira consequência dessa reação é a redução do PH do concreto, deixando o aço exposto a corrosão.

Figura 11 - Corrosão das armaduras



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Algumas armaduras encontradas no reservatório ao invés de passarem por um tratamento, precisaram ser substituídas, pois o desgaste era muito grande e o comprometimento da estrutura era elevado, colocando em risco a edificação e o abastecimento da população.

Na Figura 12 pode-se notar a presença de manchas no reservatório, indicativo de umidade e eflorescências, além de mostrar também corrosão das armaduras e deslocamento

do concreto, manifestações patológicas que comprometem tanto a estética da edificação quanto a sua segurança.

Figura 12 – Manchas pela umidade e eflorescência



Fonte: Autoria Própria, 2021.

No entanto, além da estética, essas manifestações patológicas também podem surgir de maneira agressiva e causar a degradação profunda da estrutura. Esse tipo de patologia é frequente em reservatórios por estarem em contato diretamente com a água.

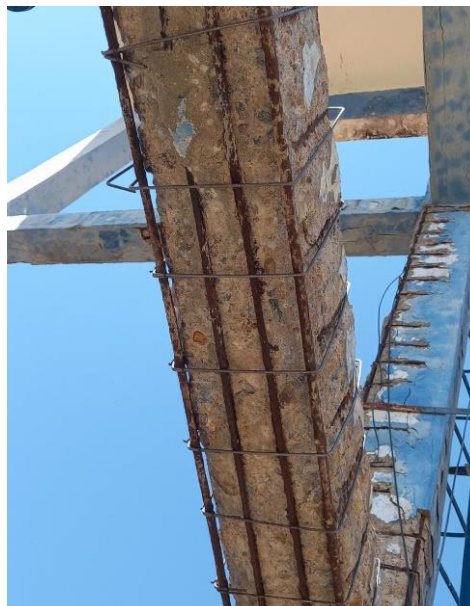
4.2 Definição de conduta para reparo das manifestações patológicas

Com as manifestações patológicas identificadas, o próximo passo foi definir quais seriam as ações de reparo a serem adotadas na reestruturação do reservatório. Uma dificuldade encontrada e que foi fator decisivo para estabelecer como os problemas iam ser corrigidos foi o fato de o reservatório permanecer em funcionamento, haja vista aquela ser a fonte de abastecimento de água para a comunidade da Vila Antonico.

Diante disso, a equipe responsável pela reparação do reservatório optou por substituir as armaduras que perderam seu poder de resistência devido a corrosão e, quando possível, mantiveram a armadura original. Para que esse processo pudesse ser realizado foi feita a escarificação do concreto (Figura 13), retirando todo o material deteriorado e desagregado, a fim de garantir boas condições de aderência entre a peça existente e o reparo.

Esse processo foi acompanhado do escoramento da edificação, por meio de estruturas provisórias capazes de resistir e transmitir às suas bases de apoio todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis, de modo a garantir a estabilidade da edificação para que ela não viesse a colapsar.

Figura 13 – Escarificação do concreto



Fonte: Autoria própria, 2021.

Após a substituição das armaduras que eram necessárias, principalmente os estribos, estruturas com maior dano, foi utilizado um material inibidor de corrosão da marca Vedacit (Figura 14), revestimento polimérico biocomponente que possui grande eficácia, formando sobre a superfície do aço uma proteção anticorrosiva, devido a sua alcalinidade e baixa permeabilidade.

Figura 14 – Inibidor de corrosão da marca Vedacit



Fonte: <https://www.isocomimpermeabilizantes.com.br/inibidores-de-corrosao>. Acesso em: 23 mai. 2022.

Esse produto tem o objetivo de retardar a corrosão das armaduras, garantindo a sua proteção, sem alterar as propriedades físicas, químicas e mecânicas do concreto. A aplicação foi realizada nas armaduras que já estavam presentes no reservatório e nas novas, que foram substituídas, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Aplicação do inibidor de corrosão nas armaduras de pilares (a) e vigas (b)



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Após a recuperação das armaduras foi utilizada a argamassa para reforço estrutural (Figura 16), argamassa a base de cimento e polímeros acrílicos, que após a mistura, transforma-se em uma argamassa coesa, tixotrópica e de fácil moldagem. Possui elevada resistência mecânica e alta aderência.

Figura 16 – Argamassa para reforço estrutural da marca Vedacit



Fonte: https://vedacit.com.br/para-voce/produtos-e-solucoes/argamassas_especiais/vedacit-argamassa-estrutural. Acesso em: 23 mai. 2022.

A Figura 17 apresenta a estrutura de pilares e vigas após a aplicação da argamassa de reforço estrutural. A utilização desse material obedeceu às recomendações propostas pelo fabricante, cujo objetivo era promover a recuperação do concreto deteriorado pela corrosão das armaduras e pela carbonatação do concreto.

Figura 17 – Aplicação da argamassa para reforço estrutural



Fonte: Autoria própria, 2021.

Depois de passar a argamassa com reforço estrutural foi realizada uma pintura (Figura 18) o reservatório, cujo objetivo era funcionar como mais uma barreira para a edificação e, além disso, melhorar o aspecto estético do reservatório.

Figura 18 – Pintura do reservatório na parte superior (a) e inferior (b)



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Assim, o projeto de restauração foi cumprido, entregue no prazo e com as manifestações patológicas corrigidas, proporcionando ao reservatório (Figura 19) uma maior durabilidade e vida útil e garantindo a comunidade da Vila Antonico o seu abastecimento.

Figura 19 - Reservatório pronto, após as correções das manifestações patológicas



Fonte: Autoria Própria, 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado foi possível perceber que as edificações estão sujeitas a agentes externos e internos que interferem na sua durabilidade e vida útil. Dessa maneira, é necessário garantir um bom projeto, qualidade dos materiais constituintes e execução. Além disso, é necessário adotar rotinas de manutenção, a fim de sanar os problemas logo no início, para que não venha a comprometer a edificação de maneira mais séria.

No caso do reservatório de água que abastece a comunidade da Vila Antonico as principais manifestações encontradas foram corrosão das armaduras, fissuras e manchas provenientes da umidade e eflorescência, já que o reservatório está diretamente em contato com a água.

Diante disso, foi necessário estabelecer medidas corretivas e preventivas que pudessem melhorar o aspecto estrutural e estético da edificação, sem, contudo, interromper o abastecimento de água para a comunidade. Foram adotadas medidas de substituição das armaduras danificadas, aplicação de inibidores de corrosão, uso de argamassa com reforço estrutural e pintura.

Dessa forma, fica evidente a importância de se conhecer os processos patológicos e quais as melhores ações de correção, cujo objetivo é garantir a durabilidade e vida útil da edificação. Assim, é fundamental que seja adotado um plano de manutenção para o reservatório a fim de que este possa continuar abastecendo a comunidade sem maiores comprometimentos.

REFERÊNCIAS

- ALLEN SOBRINHO, P.; CONTRERA, R.C. Reservatórios. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2016.
- AMBRÓSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. Trabalho de conclusão de curso: São Paulo, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- BORANGA, Bruna; MARTINS, Letícia; YUJI, Guilherme; PRESTES, Raquel; CAROLINE, Silviane; S., Thereza Raquel. **Trincas e Fissuras em Estrutura de Concreto Armado**. Blogspot, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-4, 16 maio 2014.
- BORGES, M. G. **Manifestações patológicas incidentes em reservatórios de água elevados executados em concreto armado**. 111f. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, Feira de Santana, 2008.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988.
- CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. IBRACON, 2005.
- CHAVES, Ana Margarida Vaz Alves. **Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas**. 2009. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, 2009.
- CIVILIZAÇÃO ENGENHARIA. **Conheça as principais patologias na construção civil**. 2018. Disponível em: <https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2018/04/04/conheca-as-principais-patologias-na-construcao-civil/>. Acesso em: 20 mar. 2022.
- CONSTRUIR SOZINHO. **Como resolver trincas na parede - fissuras, trinca e rachaduras**. 2022. Disponível em: <https://construirsozinho.com.br/como-resolver-trincas>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **Como fugir das patologias na construção civil?** 2022. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2147>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 3 ed. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro: 1996. 345p.
- GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo das patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Eduardo Albuquerque Buys Gonçalves – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2015.

HELENE, Paulo R. L. **Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto**: Reparo, Reforço e Proteção. São Paulo: Red Reabilitar, editores, 2003.

KLEIN, D. L. **Patologia das Construções** – Porto Alegre – 10º Congresso Brasileiro De Engenharia de Avaliações e Perícias, 1999.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparação das estruturas de concreto armado**. 2008. 56f. Monografia (Construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MARCELLI, M. **Sinistro na Construção Civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

MARTINS, J. G.; JÂCOME, C. C. **Identificação e tratamento de patologias em edifícios**. 1. ed. Portugal: 2005.

MEDEIROS, Betina Lepretti. **Estruturas subterrâneas de concreto: levantamento de manifestações patológicas na região metropolitana de Curitiba e análise de sistemas de reparo**. 2005. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MELO, Bianca Jéssyca Parada. **Recuperação estrutural: estudo de caso do estádio estadual Lourival Baptista**. 2014. Curso de Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo, Aracaju, 2014.

MENEZES, L. F. **Análise da influência do cobrimento das armaduras na durabilidade das estruturas de concreto armado**. Salvador: Universidade Católica de Salvador, 2009. Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon/index.html>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

MONGE, C. A. A impermeabilização em obras subterrâneas. **Recuperar: Revista do Instituto de Patologia da Construção**, Rio de Janeiro, Ano 9, n. 45, p. 15-20, Jan/Fev. 2002.

MOREIRA, Karolyne. **Principais manifestações patológicas em edificações prediais**. 2021. Disponível em: <https://consultecjr.com.br/2021/10/04/problemas-edificacoes-prediais/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

NAZÁRIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma**: Inspeção dos sete postos de saúde. 2011. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2011.

OBRAS ONLINE: **Trincas nas edificações**. Ibpapé: Obras Online, jun. 2006.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Defesa de especialização em engenharia civil, monografia, dissertação. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 2012. 96p.

PERIARD, Gustavo. **Matriz GUT: Guia Completo**, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 20 Abr. 2022.

RAMOS, A. P.; WENSE, G. L. B. **Sistema Didático de Nível de Líquidos**. 2010.

SARAIVA, Victor Alexandre Henrique Silva. **Sistema de recuperação e reforço estrutural de concreto armado**. 2015. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Rio de Janeiro, 2015.

SHANNAG, M. J. High strength concrete containing natural pozzolan and silica fume. Department of Civil Engineering, Jordan University of Science and Technology, Irbid 22110, Jordan. **Cement e Concrete Composites**, n. 22, p. 399-406, 2000.

SOARES, Arthur Pimentel Falcão; VASCONCELOS, Lívia Tenório; NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Corrosão em armaduras de concreto. **Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 3, n. 1, p. 177-188, nov. 2015.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, Vicente Custodio Moreira de; RIPPER, Thomas. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Ed. Pini, 2009. 255 p.

SOUZA, Anne Karolline Lamana de. **Identificação das manifestações patológicas em reservatório de água executado em concreto armado em condomínio unifamiliar – estudo de caso**. 2014. 45 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas de concreto armado: estudo de caso**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em estruturas de concreto armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VASKE, Nei Ricardo. **Contribuição ao estudo da argamassa com adição de sílica ativa em reforços de elementos comprimidos de concreto**. 2005. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre, 2005.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

ZIMER, A. M. **Estudo da corrosão do aço carbono em meio de sulfeto**. Tese de doutorado. São Carlos, São Paulo, Brasil: Universidade Federal de São Carlos, 2009.