

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - BACHARELADO
EM ENGENHARIA CIVIL

RENATA MUNIZ DA SILVA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURA DE
RESERVATÓRIO ELEVADO**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE
2021.2

RENATA MUNIZ DA SILVA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURA DE
RESERVATÓRIO ELEVADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL – UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção civil.

Orientador: Prof. Msc. DAYVSON CARLOS BATISTA DE ALMEIDA.

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE
2021.2



ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E CULTURA - AVEC
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DE TCC DO CURSO DE _____
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ATA DE DEFESA



Nome do Acadêmico:

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada
ao Curso de _____ do
Centro Universitário FACOL - UNIFACOL,
como requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em _____

Área de Concentração:

Orientador:

A Banca Examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a Presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise da Monografia em nível de Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Nota Final: _____. Situação do Acadêmico: _____. Data: ____/____/____

MENÇÃO GERAL: _____

Coordenador de TCC do Curso de _____:

< Nome do coordenador de TCC do Curso aqui >

Credenciada pela Portaria nº 644, de 28 de março de 2001 – D.O.U. de 02/04/2001.
Endereço: Rua do Estudante, nº 85 – Bairro Universitário.
CEP: 55612-650 - Vitória de Santo Antão – PE
Telefone: (81) 3114.1200

Dedico este trabalho a Deus, com extrema gratidão, pois sei que sem Ele nada disso iria se concretizar. Agradeço em especial ao meu orientador Dayvson Carlos Batista de Almeida, cuja paciência, incentivo e dedicação foram a base de apoio para a execução deste trabalho.

“Grata por tudo”

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, que sempre me abençoou, permitindo que meus objetivos fossem obtidos, durante todos os anos os quais me dediquei aos estudos.

Aos meus pais, irmãos, esposo e filha, que sempre me incentivaram nos momentos difíceis, durante todo o período de universidade, além de compreender a minha ausência nos momentos especiais enquanto eu me dedicava a minha vida acadêmica e posteriormente à realização deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos aos meus colegas de curso, os quais dividir momentos de grande intensamente durante os anos acadêmicos, momentos estes de companheirismo e troca de experiências que me proporcionaram bastante evolução não só como indivíduo, mas também como formanda.

Em especial, aos amigos Felipe Juvenal Batista Pereira e Ana Cláudia de Oliveira Nascimento, obrigada por tanto.

“Engenharia Civil não é sobre construir coisas, mas sim, executar sonhos”.

(Leonardo Alves, 2005)

RESUMO

As manifestações patológicas são recorrentes em estruturas de concreto armado, sobretudo quando não possuem manutenção adequada. Sabe-se que a construção civil busca por construções de qualidade, em grande quantidade, possíveis de serem realizadas em menor tempo, com bons rendimentos e economia no custo da obra. Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca do tema em estudo; inspecionar o reservatório e reconhecer as principais manifestações patológicas; realizar levantamento fotográfico; analisar o avanço das manifestações; identificar a necessidade de recuperação estrutural e definir uma proposta para intervenção. O estudo de caso em análise é um reservatório elevado de concreto armado, o qual possui mais de 30 anos, tais quais sem manutenção adequada, localizado na Rua Luiz Ferreira de Almeida, no bairro do Alto do Sacrifício, na cidade de Escada – PE. A metodologia assumiu uma construção de pesquisa descritiva e bibliográfica, se baseando em métodos qualitativos e investigativos, descrevendo a importância do controle das principais patologias do sistema construtivo de paredes de concreto armado. Mediante observação visual, foi possível identificar diversas patologias, como fissuras, corrosão, carbonatação e etc. Diante disso foi necessária recuperação estrutural, visando a melhoria da estrutura e evitando um maior desgaste da mesma.

Palavras-chave: Patologias. Concreto Armado. Reservatório. Corrosão.

ABSTRACT

Pathological manifestations are recurrent in reinforced concrete structures, even more when they are not properly maintained. Knowing that in civil construction the search for quality constructions, in large quantities, possible to be carried out in less time, with good yields and economy in the cost of the work. This research aims to carry out a literature review on the topic under study; inspect the reservoir and recognize the main pathological manifestations; carry out photographic survey; analyze the progress of the demonstrations; identify the need for structural recovery; define a proposal for intervention. The case study under analysis is an elevated reinforced concrete reservoir, which has more than 30 years, such as without adequate maintenance, located at Rua Luiz Ferreira de Almeida, in the Alto do Sacrifício neighborhood, in the city of Escada - PE. The methodology assumed a descriptive and bibliographic research construction, based on qualitative and investigative methods, describing the importance of controlling the main pathologies of the construction system of reinforced concrete walls. Through visual observation, it was possible to identify several pathologies, such as cracks, corrosion, carbonation, etc. Therefore, structural recovery was necessary, aiming at improving the structure and avoiding greater wear and tear on it.

Keywords: Pathologies. Reinforced Concrete. Reservoir. Corrosion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Reservatórios elevados.	12
Figura 2 – Corrosão no Concreto	15
Figura 3 – Carbonatação na estrutura	16
Figura 4 – Estrutura comprometida por reação álcali-agregado	17
Figura 5 – Infiltração no Concreto	20
Figura 6 – Sistema estrutural comprometido	21
Figura 7 – Proteção catódica por corrente galvânica.	24
Figura 8 – Proteção catódica por corrente impressa.	25
Figura 9 – Proteção catódica por anodo de sacrifício.	26
Figura 10 – Localização do reservatório que foi utilizado no estudo de caso	28
Figura 11 – Vista frontal do reservatório elevado em alto estado de degradação.	31
Figura 12 – Armadura do pilas exposta	32
Figura 13 – Desagregação do concreto.	33
Figura 14 – Infiltração	34
Figura 15 – Recuperação Estrutural	35
Figura 16 – Recuperação Estrutural.	37
Figura 17 – Impermeabilização.	38
Figura 18 – Reservatório elevado recuperado.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CO₂ Gás carbônico

DEF Etringita tardia

ESA Ataque externo por sulfatos

ISA Ataque interno por sulfatos

NBR Norma brasileira

RAA Reação álcali-agregado

RAS Reação álcali-sílica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1	Construção Civil.....	11
2.2	Estrutura De Reservatório Elevado	11
2.2.1	Parede de Concreto.....	13
2.3	Manifestações Patológicas	13
2.3.1	Corrosão de armadura	14
2.3.2	Carbonatação do concreto.....	16
2.3.3	Reação Álcali Agregado	17
2.3.4	Fissuras	18
2.3.5	Eflorescência	19
2.3.6	Infiltração	19
2.3.7	Patologia no Sistema Estrutural.....	20
2.3.8	Patologia dos Acabamentos - Argamassa	21
2.3.9	Patologia dos Acabamentos - Revestimento Cerâmico.....	21
2.3.10	Patologia das Alvenarias	22
2.4	MEDIDAS DE PREVENÇÃO E CORREÇÃO DOS EFEITOS DA CORROSÃO	22
2.4.1	Proteção Catódica	23
2.4.2	Proteção Catódica Galvânica.....	24
2.4.3	Proteção Catódica Por Corrente Impressa	24
2.4.4	Proteção Catódica por Anodo de Sacrifício	25
3	METODOLOGIA	27
3.1	Tipo de Pesquisa.....	27
3.2	Local de Pesquisa.....	28
3.3	Método da Coleta de Dados	29
3.4	Método da Análise dos Dados	29
3.5	Procedimentos Metodológicos	29

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1	Estudo de caso.....	30
4.1.1	Corrosão de armadura.....	31
4.1.2	Desagregação do Concreto.....	32
4.1.3	Infiltração no Reservatório.....	33
4.2	Intervenção.....	34
4.2.1	Recuperação estrutural - Corrosão de armaduras.....	35
4.2.2	Recuperação estrutural - Desagregação do concreto por corrosão.....	36
4.2.3	Impermeabilização do reservatório.....	37
4.3	Resultados da intervenção.....	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Os reservatórios elevados são edificações que tem como objetivo principal receber água das estações de tratamento, posteriormente, distribuí-la até os pontos de consumo. De acordo com Kirby et al. (1956), os primeiros reservatórios construídos, foram cisternas levantadas em cima de rochas, desde 25 séculos a.c.

Há na construção civil a busca por construções de qualidade, em grande quantidade, possíveis de serem realizadas em menor tempo, com bons rendimentos e economia no custo da obra. Portanto, para que esse objetivo seja alcançado é de extrema necessidade que todo o processo seja respeitado, seguido de acompanhamento adequado e minucioso. Segundo Granato (2002, pag. 5), “Inspeccionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente.”

Por um longo período, o concreto foi considerado algo definitivo, como se sua durabilidade fosse ilimitada. Tão logo que, até o final de década de 1980, várias normas e regulamentos que se referiam ao projeto e a execução de estruturas de concreto, isso em diversas partes do planeta, haviam sido desenvolvidos com a cautela principal de assegurar a alcance da resistência mecânica mais adequada para as variadas peças estruturais (SOUZA, 1998).

As patologias das estruturas nada mais é do que as doenças existentes na mesma, podendo ser causadas por erros humanos, como falha no projeto, falha da execução, falha na verificação das etapas do serviço, uso de material diferente do estipulado em projeto, inadequação de escoramentos e fôrmas ou até ação de mecanismos externos. Podendo ser de diversificados tipos como carbonatação, infiltração, corrosão, eflorescência, reação álcali-agregado, fissuras, etc. A danificação do material descreve as alterações inconvenientes, tais como variações químicas, desgaste ou modificações estruturais, virando-se impróprio para o uso. Por ser um processo natural a corrosão que é uma manifestação patológica, bastante comum por sinal, normalmente modifica os materiais metálicos, de forma que a durabilidade e o desempenho dos mesmos deixem de cumprir com os fins a que se destinam (GENTIL, 1996).

A desigualdade de potencial pode ser gerada por inúmeros fatores de acordo com as literaturas: de umidade, de aeração, de concentração de salina, de solicitações mecânicas diferentes no concreto e no aço, das alterações significativas nas características superficiais do aço, dos metais diferentes embutidos no concreto, entre outros. (HELENE,1986).

De acordo com Helene (1986) uma boa análise se faz com algumas considerações sobre as decorrências do problema no comportamento de modo geral da estrutura, ou seja, um prognóstico da questão. De forma que, é hábito dividir as considerações em dois pontos, as que interferem nas condições de segurança da estrutura, ou seja, quando está ligado ao estado limite último e as que garantem as circunstâncias de higiene, estética, entre outras. As patologias que influenciam a segurança estrutural são aquelas que se agravam e provocam o colapso da obra. Porém, caso haja a recuperação da parte que está comprometida, o custo será menor, conforme a “Lei de Sitter”, citada por Helene (1986).

Pontuando que, o custo com a reparação das patologias, vai depender da natureza destas, a localização do edifício, a quantidade de pisos e de materiais que serão utilizados na edificação. Além de quê, os efeitos serão elevados se as anomalias não forem resolvidas, provavelmente, evoluindo-se para a deterioração generalizada, o que tornará impossível a reparação, levando em conta a questão custo/benefício.

O tema escolhido é de grande importância, visando o melhoramento da estrutura e evitando o rompimento da edificação. Podendo ser ressaltado que grande parte das estruturas que sofrem colapso são exatamente por problemas causados por manifestações que poderiam ter sido tratadas ou até mesmo evitadas com as devidas manutenções.

Essa pesquisa propõe uma análise para detectar manifestações patológicas em reservatório elevado. Dispondo-se de uma análise visual, com auxílio de vídeos e registros fotográficos, o objetivo dessa pesquisa é o diagnóstico das manifestações patológicas existentes na estrutura de concreto armado.

Os objetivos específicos são: realizar uma revisão bibliográfica acerca do tema em estudo; inspecionar o reservatório e reconhecer as principais manifestações patológicas; analisar o avanço das manifestações; identificar a necessidade de recuperação estrutural.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a realização deste estudo, alguns conceitos foram essenciais e nortearam o seu desenvolvimento. Nesse capítulo, será exposto de forma concisa, uma revisão bibliográfica sobre o tema que serviram também como referencial teórico para o desenvolvimento da pesquisa em questão.

2.1 Construção Civil

A construção é a execução do projeto que foi feito pelo engenheiro ou arquiteto, nela estabelece a parte da fundação, alvenaria e acabamento. A área de Construção Civil envolve as atribuições de produção de obras, estando inseridas as atividades relacionadas às funções planejamento, projeto, execução, manutenção e restauração, como por exemplo edifícios, estradas, portos, aeroportos, túneis, instalações prediais, obras de saneamento, de fundações e de terra. Segundo a Receita Federal, Instrução normativa nº 1845 (2018), construção civil é conceituada como: “Considera-se obra de construção civil, a construção, a demolição, a reforma, a ampliação de edificação ou qualquer outra benfeitoria agregada ao solo ou ao subsolo”.

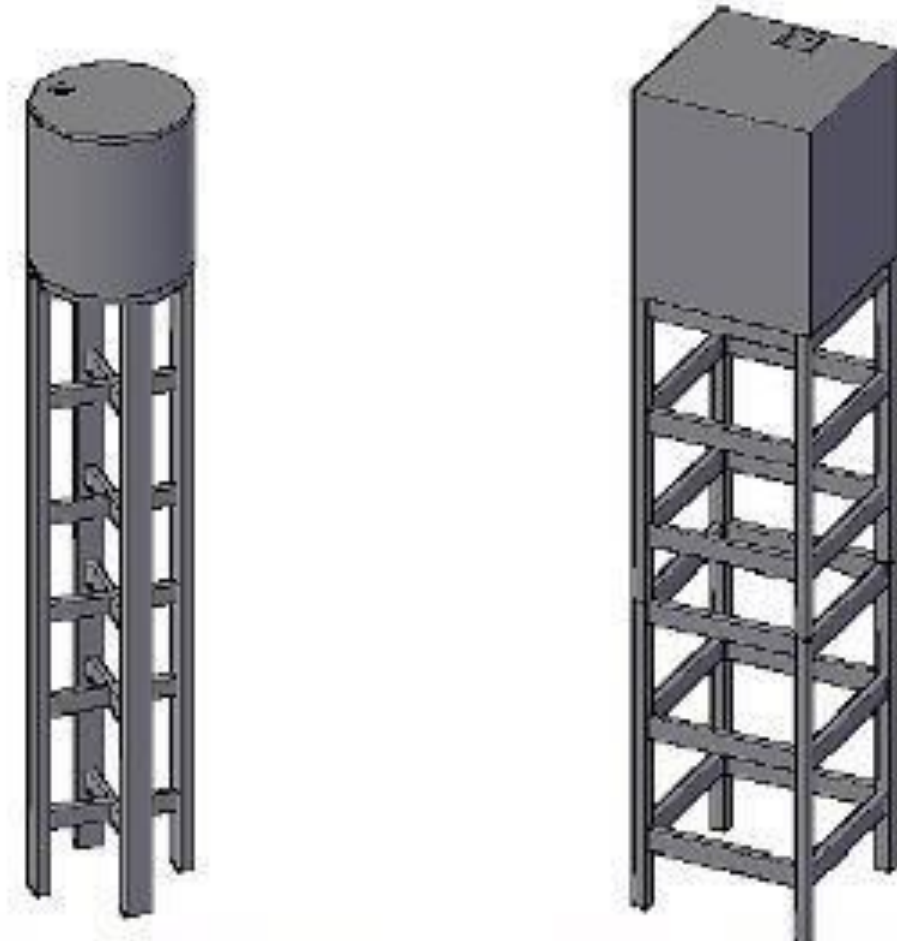
2.2 Estrutura De Reservatório Elevado

O reservatório elevado é um sistema indireto de abastecimento de água, cuja alimentação é dada através de um conjunto de suprimento e de reserva. Portanto, seu objetivo principal é o armazenamento e distribuição de água. Segundo a NBR12217 (ABNT, 1994) 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. A principal característica é justamente a competência para realizar fornecimentos de água com grande nível pressão e elevada capacidade de armazenamento. Além disso, também concede a reserva de equilíbrio, já que concentra a água nas horas de baixo consumo, retribuindo para as horas de demanda superior.

Os reservatórios podem ser de variados tipos, podendo ser enterrados, semi-enterrados e apoiados, os quais geralmente, são executados em formatos circulares ou retangulares. Além de que, podem ser fabricados de materiais diversos, como por exemplo, de concreto armado, de alvenaria, de aço ou poliéster armado com fibra de vidro. Em geral, a sua estrutura de grande porte são construídas de concreto armado.

Figura 1 – Reservatórios elevados



Fonte: Aires (2018).

2.2.1 Parede de Concreto

A NBR 16055 (ABNT, 2012) define parede de concreto com elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. A norma contempla apenas edifícios de até cinco pavimentos, visto que construtoras têm escolhido este sistema construtivo, pois viram um produto promissor para atender o mercado em expansão, devido à velocidade e qualidade andarem juntas, considerando também que a laje e as paredes funcionam como um único sistema.

Apesar de se encontrar em processo de atualização, a NBR 16055 (ABNT, 2012) orienta que para atender requisitos de qualidade as paredes de concreto precisam: apresentar resistência a todas as ações que sobre elas produzam efeitos significativos tanto nas suas construções quanto durante a sua vida útil; sob condições ambientais conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a sua vida útil e contemplem detalhes construtivos que possibilitem manter a estabilidade pelo tempo necessário quando da ocorrência de ações excepcionais.

2.3 Manifestações Patológicas

O termo patologia é utilizado por diversas áreas do conhecimento e se referem principalmente para designar “doenças”, já na engenharia civil o termo também se refere a doenças, porém das estruturas. Para melhor defini-la no âmbito da construção civil, Souza (1998) apontam que patologia das estruturas se refere ao campo que estuda as origens, as manifestações e consequências de falhas que podem degradar as estruturas de uma construção. Destaca-se que em estruturas erguidas de forma rápida a ocorrência de patologias das mais diversas formas pode ser uma realidade.

Diversas são as variações das manifestações existentes em estrutura de concreto armado, entre elas estão: corrosão, carbonatação, reação álcali-agregado (RAA), fissuras, eflorescência, infiltração, entre outras.

Cánovas (1988) aponta que algumas patologias podem ser visualizadas apenas com observação. No entanto, após a identificação destas é possível estabelecer a origem e a natureza do problema e neste sentido, Machado (2002) aponta que as manchas na superfície de concreto armado, fissuras e trincas, corrosão das armaduras de concreto armado segregação dos materiais componentes são as manifestações de patologias mais incidentes.

A palavra patologia deriva da união de duas palavras gregas pathos e logos que significam ordenadamente doença e estudo ou razão. A patologia é a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. No caso da engenharia civil, a patologia significa o estudo das anomalias relacionadas à deterioração das edificações (DEUTSCH, 2011).

As patologias são defeitos que surgem nas edificações e que as tornam inadequadas e/ou impróprias ao uso. “As patologias em edificações podem ter origens diferenciadas. Fatores endógenos, exógenos, funcionais e naturais podem interferir na edificação gerando problemas diversos”. (DEUTSCH, 2011, p. 127).

2.3.1 Corrosão de armadura

Corrosão é o contato agressivo de um material com o ambiente, podendo ser por reação química, ou eletroquímica, que ocorre em meio aquoso. Esse fenômeno ocorre quando as circunstâncias de proteção constituídas pelo cobrimento desse concreto são deficientes. Até o final de década de 1980, diversas normas e regulamentos referentes ao projeto e a execução de estruturas de concreto, haviam sido executadas com o cuidado principal de garantir a alcance da resistência mecânica mais apropriada para as variadas peças estruturais (SOUZA, 1998).

Devido aos custos de manutenção e recuperação de problemas, que estão associados à durabilidade das estruturas de concreto armado, estarem cada vez mais crescentes, os especialistas do concreto têm se estimulado ainda mais a visarem demais alternativas para a melhoria da qualidade do concreto e, conseqüentemente, o aumento da vida útil das estruturas. O concreto armado requer cuidados especiais ao ser executado para que haja uma vida útil consistente, além de seu maior desempenho. No entanto, quando acontece falhas durante sua execução e ausência de inspeção de

qualidade na sua execução o concreto pode possuir alguns problemas patológicos (SANTOS, 2014). A sua correta execução e o uso abrangem o estudo do traço, da dosagem, do manuseio e as curas adequados.

O processo de corrosão no concreto é tal, que cria condições de aumento da taxa de ataque. O fenômeno está associado ao fato dos produtos da corrosão do ferro e do aço terem um volume específico mais elevado do que o próprio aço. O aumento do volume dos produtos da corrosão resulta em tensões que podem causar fissura no concreto. As fissuras do concreto auxiliam o acesso do meio corrosivo a estimular o processo. (GUERRA, 2013).

O mecanismo de corrosão do aço está fundamentado nos princípios da corrosão eletroquímica, que só ocorre quando existe um eletrólito, uma diferença de potenciale a presença de oxigênio, podendo ser acelerada por agentes agressivos contidos ou absorvidos pelo concreto. (VIEIRA, 2003, p. 9).

Figura 2 – Corrosão no concreto



Fonte: Gentil (1996).

2.3.2 Carbonatação do concreto

A carbonatação pode ser definida como um processo físico-químico entre o gás carbônico (CO_2) existente na atmosfera e os nos compostos da pasta de cimento. Essa manifestação progride de fora para dentro no concreto, por meio de uma frente carbonatada. Posteriormente, ao atingir a profundidade das armaduras, acarreta em enfraquecimento da camada passiva protetora, proporcionando, assim, o início da corrosão. No processo da oxidação das ferragens há ampliação e, em seguida, o deslocamento do concreto. Na atividade de cloretos, a probabilidade de despassivação do aço acontece de forma situada por causa da entrada de água, oxigênio e íons cloreto. (FIGUEIREDO; MEIRA, 2011).

Para impedir a carbonatação, deve-se minimizar a relação água/cimento, minimizando a porosidade do concreto e não permitindo a entrada do CO_2 (AMORIM, 2010).

Figura 3 – Carbonatação na Estrutura



Fonte: Gentil (1996).

2.3.3 Reação Álcali Agregado

O concreto das estruturas de obras pode sofrer deterioração ao longo do tempo. Os processos de deterioração do concreto são variados e podem ser classificados em químicos, físico-mecânicos, biológicos e eletroquímicos. Silveira (2004, p. 13) afirma que “a armadura é revestida com uma camada de passivação, que protege o aço da corrosão.”

Figura 4 – Estrutura comprometida por reação álcali-agregado



Fonte: Cascudo (2005).

As reações expansivas podem propiciar graves danos ao concreto das estruturas, devido aos compostos da reação ocasionarem forças de tensão nos elementos estruturais, podendo chegar à sua fissuração, perda de durabilidade e desempenho mecânico.

Entre as reações químicas expansivas, duas possuem maior destaque, por sua recorrência no concreto das estruturas de obras no Brasil e em todo o mundo: a reação álcali-agregado e o ataque por sulfatos.

A reação álcali-agregado (RAA) é uma reação química que decorre quando o cimento já está endurecido, ocorre internamente, entre algum tipo de mineral presente nos agregados e os hidróxidos alcalinos, resultante do cimento, da água de amassamento, de aditivos químicos, de adições pozolânicas, entre outros. Habitualmente essa reação causa expansão, por causa do gel expansivo, o qual capta água por osmose e se expande entre os poros do concreto, até que seus espaços vazios terminem e leve a uma elevação de tensão, podendo ocasionar fissuração e ausência de resistência.

Os hidróxidos alcalinos citados anteriormente, são sobretudo formados em meio ao processo de hidratação do cimento, em que a água age quimicamente com as sílicas e os aluminatos do cimento, virando os compostos químicos que serão os encarregados pela ligação dos agregados e, resultante, pelo endurecimento do concreto.

A RAA no concreto endurecido, na presença de umidade, forma produtos que se expandem dentro da peça de concreto, que levam à sua fissuração e deterioração. Conforme Figueiredo e Meira (2011), o concreto disponibiliza uma proteção física e química, desse modo, impossibilitando que o aço seja evidenciado continuamente ao elemento externo e formando uma camada passivadora apropriada ao seu elevado pH, ou seja, alta alcalinidade.

2.3.4 Fissuras

Segundo Corsini (2010), as fissuras podem ter seu início de forma pacífica. Na hora da execução do projeto arquitetônico é um dos tipos mais habituais de patologias nas edificações e podem intervir na durabilidade e nas características estruturais da obra. Além disso ela pode ser um alerta de algum problema estrutural mais grave, que venha a aparecer posteriormente, devido ao fato de as fissuras originar-se de uma provável patologia mais grave, como por exemplo as trincas e as rachaduras.

2.3.5 Eflorescência

A eflorescência é uma das patologias mais comuns em reservatórios, se apresenta com manchas brancas, surge mediante reações químicas e alto teor de hidróxido de cálcio. Quando à presença de água, o hidróxido é dissolvido, posteriormente, a evaporação da água vai para superfície da estrutura, reagindo assim com dióxido de carbono do ar, então surgem as manchas brancas.

Os fatores que mais contribuem para o surgimento das eflorescências são: materiais com alto teor de sais solúveis e excesso de água, pois o uso de materiais com alto teor de sais solúveis propicia o aparecimento de manchas, além do excesso de água, que facilita o transporte dos sais até a superfície; ambiente quente e úmido pode fazer com que os vapores de água penetrem na superfície, solubilizando os sais internos e evaporando junto com eles; impurezas na areia, pode ser que a mistura não seja densa o suficiente, devido a isso, têm-se um material poroso, o que facilita o transporte dos sais dissolvidos na água. (CAPELA, 2019).

2.3.6 Infiltração

Deutsch (2011) citou que dos vícios redibitórios o que provoca maiores reclamações, e é dos mais difíceis de determinar, são aqueles oriundos de águas, conforme podemos verificar na figura 8.

Os defeitos mais comuns nas edificações são a penetração de água, ou problemas que surgem a partir da umidade.

A umidade é a causa ou o meio da grande parte de patologias encontradas, facilitando o aparecimento de mofo, eflorescências, ferrugem, perda do sistema de pinturas e de argamassas, danificando as estruturas.

Figura 5 – Infiltração no concreto



Fonte: Gentil (1996).

2.3.7 Patologia no Sistema Estrutural

O sistema estrutural é uma parte que não pode deixar de ser analisado quando se trata de laudo de observação de vícios construtivos. Para constatação, se os problemas existentes são de natureza estrutural é imprescindível uma análise das solicitações existentes sobre a edificação e suas consequências. (DEUTSCH, 2011).

O processo de corrosão no concreto é tal que cria condições de aumento da taxa de ataque. O fenômeno é relacionado ao fato dos produtos da corrosão do ferro e do aço terem um volume específico maior do que o próprio aço, a figura 6 se nota um processo avançado de corrosão no concreto.

O aumento do volume dos produtos da corrosão causa tensões que podem resultar na fissura do concreto. As fissuras do concreto facilitam o acesso do meio corrosivo a aceleram o processo (GUERRA, 2013).

Figura 6 – Sistema estrutural comprometido



Fonte: Gentil (1996).

2.3.8 Patologia dos Acabamentos - Argamassa

A principal função dos acabamentos é a proteção dos elementos estruturais e alvenarias de vedação. Os acabamentos protegem a edificação das intempéries, aumentando sua vida útil e desempenho. (DEUTSCH, 2011).

As patologias sobre as argamassas se manifestam através de efeitos físicos nocivos como a desagregação, descolamento do revestimento, vesículas, fissuração e aumento da porosidade e permeabilidade (CARASEK, 2007).

2.3.9 Patologia dos Acabamentos - Revestimento Cerâmico

As patologias nos revestimentos comprometem a imagem da Engenharia e Arquitetura do país, comprometendo à integridade das edificações. Além da desvalorização natural do imóvel devido aos aspectos visuais, a base dos revestimentos

das alvenarias ou concreto, sem o devido acabamento final, torna-se propícia às infiltrações de água e gases, o que conseqüentemente conduz a sérias deteriorações internas nos edifícios, podendo ser de ordem estética ou até mesmo estrutural (CARVALHO; NETO; SILVA; 1999).

2.3.10 Patologia das Alvenarias

As alvenarias são os elementos de fundação de vedação utilizados para definir os compartimentos e ambientes de uma edificação. Podem ser estruturais ou apenas de vedação, são compostas de elementos inertes ligados por um tipo de argamassa (DEUTSCH, 2011).

2.4 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E CORREÇÃO DOS EFEITOS DA CORROSÃO

Como visto anteriormente, existem várias causas de patologias no concreto, bem como para cada uma delas há uma solução mais indicada, tanto pela eficiência dos resultados, como pela questão econômica. Causas estas que são possíveis constatar, muitas das vezes ocorrem ainda na fase da concepção do projeto, ou seja, podem-se diminuir os incidentes patológicos na elaboração do projeto, reduzindo-se os custos e desperdício de material. Desse modo, é possível observar a grande incidência de corrosão nas estruturas de concreto armado. De acordo com Sousa (1998), no Brasil 52% das patologias são na execução das obras, provavelmente pela falta de mão de obra qualificada e pelas técnicas de construção arcaicas, com a preocupação imediata de término da construção, deixando em segundo plano a qualidade final da edificação.

Pontuando que, o custo com a reparação das patologias, vai depender da natureza destas, a localização do edifício, a quantidade de pisos e de materiais que serão utilizados na edificação. Além de quê, os efeitos serão elevados se as anomalias não forem resolvidas, provavelmente, evoluindo-se para a deterioração generalizada, o que

tornará impossível a reparação, levando em conta a questão custo/benefício. (SANTOS, 2014).

Os reparos nas estruturas de aço devem ser minuciosos e requer mão de obra especializada (HELENE, 1986), devido a sua importância como elemento absorvedor de cargas, a correção na maioria das vezes não é simples, consistindo em três importantes passos: a limpeza, a análise da armadura, e a reconstrução da mesma.

2.4.1 Proteção Catódica

A proteção catódica é uma solução técnica eficaz para preservar a degradação prematura da estrutura e para prolongar o tempo de vida útil da mesma, portanto, é de suma importância antever problemas de durabilidade devido à agressividade do meio ambiente ou devido a problemas de qualidade na construção. Consistindo em situar o potencial da interface entre a armadura e o concreto para valores menores do potencial de corrosão. Isto é facilmente conseguido através da aplicação de um fluxo de corrente elétrica constante, durante toda a vida útil da estrutura ou pela ligação do aço a um metal mais ativo.

Proteger catodicamente uma estrutura significa eliminar, por processo artificial, as áreas anódicas superficiais do metal fazendo com que toda a estrutura adquira comportamento catódico. Como consequência, o fluxo de corrente elétrica anodo/catodo deixa de existir e a corrosão é totalmente eliminada (GENTIL, 1996, p. 274).

A pesquisa na literatura mostrou que, embora a técnica de proteção catódica seja adequada para estruturas expostas a condições ambientais diversas, esta vem sendo especialmente aplicada em estruturas atmosféricas sujeitas à corrosão por íons cloreto, ou já em processo corrosivo. Os sistemas de proteção catódica podem ser de dois tipos: proteção catódica galvânica ou proteção catódica por corrente impressa. O método de proteção catódica por corrente impressa é mais usual nessas estruturas do que a pôr anodo de sacrifício.

2.4.2 Proteção Catódica Galvânica

A proteção catódica galvânica é quando o fluxo de corrente a ser fornecido é originado da diferença de potencial presente entre o metal a proteger e o anodo escolhido, que seja provável ter o potencial mais negativo na tabela de potenciais. No caso do concreto o anodo mais escolhido é o zinco, que possui o potencial - 1,10 contra - 0,20 do aço no concreto (GENTIL, 1996).

Figura 7 – Proteção catódica por corrente galvânica



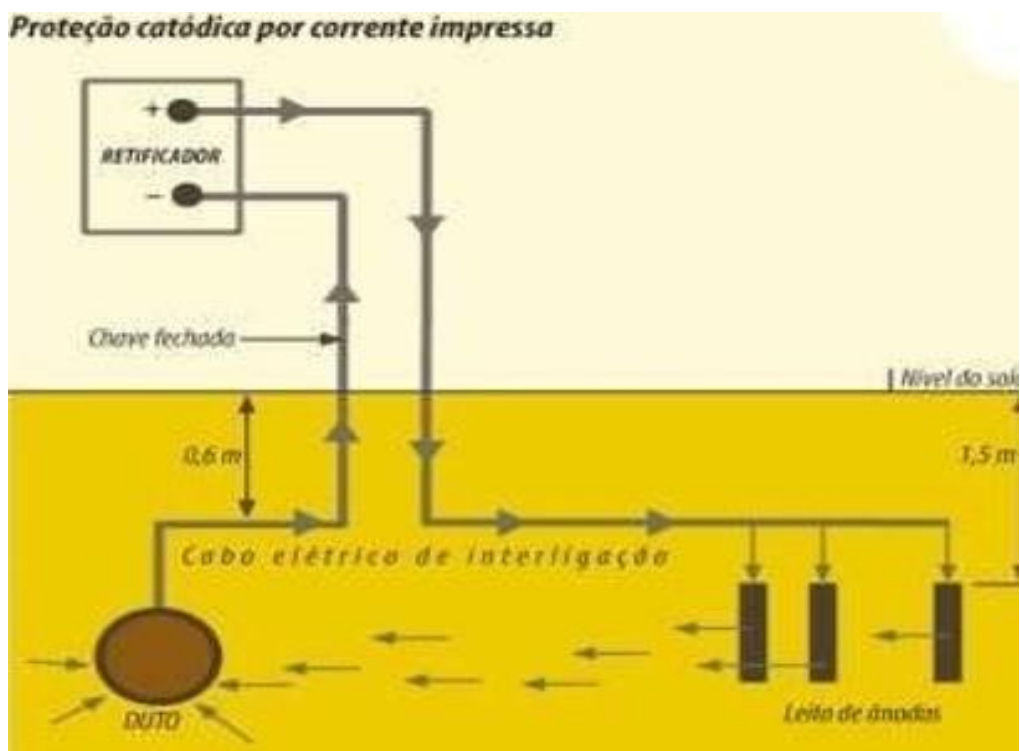
Fonte: Dutra e Nunes (1999).

2.4.3 Proteção Catódica Por Corrente Impressa

A proteção catódica por corrente impressa é fornecida por imposição de tensões elétricas ocasionada por uma fonte externa de alimentação. Para tal, normalmente são utilizados sistemas de controle e monitoração, para retificar corrente alternada, sendo o polo positivo conectado a um anodo e o polo negativo conectado à armadura.

De acordo com Gentil (1996, p. 274), “Proteger catódicamente uma estrutura significa eliminar, por processo artificial, as áreas anódicas superficiais do metal fazendo com que toda a estrutura adquira comportamento catódico”. O anodo tem a função de partilhar a corrente nos elementos da estrutura, sendo este composto de um material condutivo de tempo de vida alto, o qual é introduzido no concreto, ou aplicado na sua superfície.

Figura 8 – Proteção catódica por corrente impressa



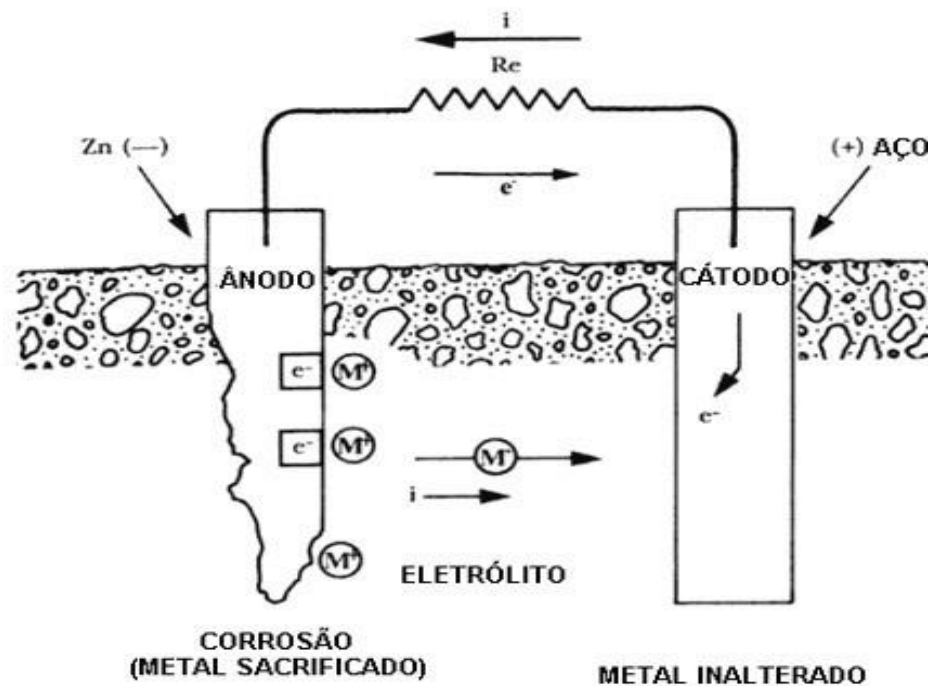
Fonte: Dutra e Nunes (1999).

2.4.4 Proteção Catódica por Anodo de Sacrifício

No método de proteção catódica por anodo de sacrifício a corrente elétrica é resultado da diferença natural de potencial entre dois metais distintos, sendo um deles o aço carbono da armadura (catodo) e, o outro, um metal menos nobre (anodo), segundo Gentil (1996), no concreto é utilizado anodos de platina.

Os ânodos de sacrifício são geralmente aplicados para eletrólitos de baixa resistividade elétrica, normalmente até 3000 ohm.cm, de modo que as discrepâncias de potenciais colocadas em jogo são mínimas, precisando de circuitos de baixas resistências elétricas para a liberar a corrente de proteção catódica. Portanto, a proteção catódica por ânodos de sacrifício é mais recomendada, tanto a nível de tecnologia, como também econômico, para estruturas metálicas que requeiram pequenas quantidades de corrente, em geral até 5A. O mais utilizado é o de magnésio, mesmo sendo pouco eficiente, tem um potencial muito negativo que permite altos valores de correntes.

Figura 9 – Proteção catódica por anodo de sacrifício



Fonte: Santos (2014).

3 METODOLOGIA

O método utilizado para este estudo foi baseado em um estudo de caso, que conforme Gil (2002, p. 54): “Consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Quanto à abordagem esta pesquisa classifica-se como descritiva. Assumiu uma construção de pesquisa descritiva e bibliográfica, baseando-se em métodos qualitativos e investigativos, uma fundamentação teórica em artigos científicos das causas das principais patologias do sistema construtivo de paredes de concreto armado.

Apresentando um estudo de caso resultado de uma observação das condições atuais de durabilidade e desempenho da estrutura do reservatório elevado, a fim de analisar a ocorrência de patologias nas paredes de concreto.

O estudo de caso foi realizado na obra um reservatório elevado de concreto armado, na cidade de Escada – PE. As etapas para a realização do estudo foram: 1ª Inspeção da edificação; 2ª Análise das patologias; 3ª Execução de relatório fotográfico; 4ª Definição das causas prováveis, 5ª Identificação dos resultados e 6ª Verificação das melhorias.

3.1 Tipo de Pesquisa

O método utilizado será baseado em uma pesquisa de campo para elaboração de um estudo de caso, para análise e tratamento das patologias relacionado ao sistema construtivo de parede de concreto armado, com base nas revisões bibliográficas, normas ABNT, pesquisas em livros e sites de engenharias.

A pesquisa se configura de forma descritiva e explicativa com abordagem qualitativa, apresentando um estudo de caso. (LÜDKE, 1984).

A amostragem dos dados foi feita com a realização da análise do conteúdo, presente nos livros técnicos e científicos com base nas revisões bibliográficas, normas ABNT, pesquisas em livros e sítios web de engenharias.

Contudo, a pesquisa de campo do trabalho busca demonstrar por investigações somadas às pesquisas bibliográficas, documentais e coleta de dados, a elaboração de um estudo de caso, para análise e tratamento das patologias relacionadas ao sistema construtivo de parede de concreto armado, identificando as melhorias necessárias

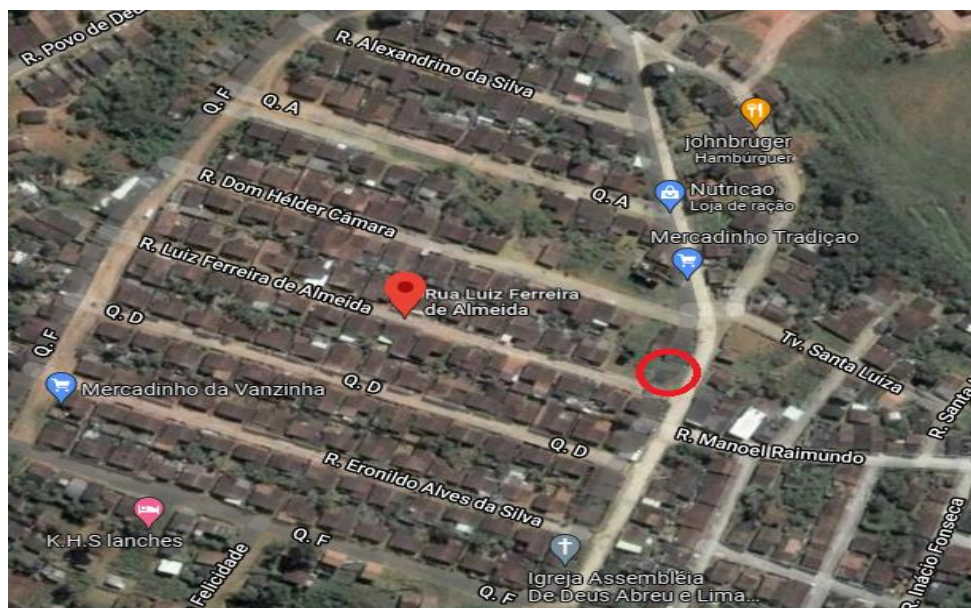
3.2 Local de Pesquisa

A obra em análise nesta pesquisa é um reservatório elevado de concreto armado, o qual possui mais de 30 anos, tais quais sem manutenção. O reservatório fica situado na Rua Luiz Ferreira de Almeida, no bairro do Alto do Sacrifício, na cidade de Escada – PE.

Em uma breve análise visual, é possível identificar diversas manifestações patológicas existentes na mesma, como corrosões, deslocamentos, infiltrações, lixiviação, fissuras, eflorescências, carbonatação e cobrimento insuficiente.

Patologias essas que vem ocorrendo ao longo dos anos, por agentes do tempo e falta de manutenção periódica.

Figura 10 - Localização do reservatório que foi utilizado no estudo de caso



Fonte: Autor (2021)

3.3 Método da Coleta de Dados

Os dados coletados neste trabalho consistem em estudo empírico em um reservatório elevado de concreto armado, onde foi possível demonstrar a patologias mais comuns encontrados recorrentes do sistema construtivo aplicado, à conformidade e não conformidades de acordo com os procedimentos adotados com base nos níveis de desempenho estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013) e avaliando à importância da qualidade.

3.4 Método da Análise dos Dados

As análises feitas dos dados coletados tinham como base todo o referencial teórico mencionado na pesquisa, procedimentos e fichas de verificação para avaliação e conferência das etapas da execução do serviço e por fim uma inspeção visual in loco das patologias aparentes.

3.5 Procedimentos Metodológicos

Assim, a fundamentação teórica irá basear-se, principalmente, nos estudos de artigos científicos, revistas e mídias eletrônicas confiáveis. Para isso, foram selecionados artigos nacionais obtidos nos sites do google acadêmico, revistas e livros impressos.

Foram encontradas através de palavra-chave em português apresentadas, utilizando como base de pesquisa as plataformas do Google acadêmico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo de caso se refere às análises técnicas para tratamento das patologias em uma obra que utiliza o sistema construtivo de parede de concreto armado. Segundo Takata (2009), a forma com que é executado o concreto, vai influenciar diretamente no resultado final do cobrimento da estrutura.

O ataque de agentes externos, que normalmente surgem por via de águas residuais ou pela atmosfera, nas estruturas pode ser muito mais acentuado se não forem avaliadas com bastante cuidado, anteriormente calculado na execução do concreto, como por exemplo a homogeneidade e teor de argamassa. Portanto, pelo fato de ser a camada mais externa do elemento estrutural e servir como uma película protetora da armadura, levando ao cobrimento, protegendo também contra choques mecânicos que a estrutura possa vir a sofrer.

4.1 Estudo de caso

O estudo foi subsidiado mediante análise visual, onde foi constatado diversas manifestações devido à falta de conservação e manutenção periódica. A estrutura do reservatório encontra-se em precário estado de conservação, onde pode ser comprovado por meio das figuras 11, 12, 13 e 14.

Figura 11 – Vista frontal do reservatório elevado em alto estado de degradação



Fonte: Autor (2021).

4.1.1 Corrosão de armadura

Observando o relatório abaixo, alguns pontos da estrutura apresentam evidência de corrosão de armaduras, com células de corrosão bem definidas e presença de armaduras expostas. A figura 12 demonstra que a corrosão tem origens prováveis na ação paralela do mínimo cobrimento adotado para as armaduras na sua construção, com conseqüente despassivação da armadura.

Figura 12 – Armadura dos pilares expostas



Fonte: Autor (2021).

4.1.2 Desagregação do Concreto

Conforme podemos verificar na figura 13, alguns dos pontos apresentam desagregação por corrosão do concreto, derivado de natureza química, as causas prováveis primordiais são reduzidas as duas principais: reação com hidróxido de cálcio procedente da hidratação dos integrantes do cimento; reações de íon sulfato, com o alumínio tricálcio hidratado do cimento ou com alumina inerte numa solvência saturada de hidróxido de cálcio, dando causa a expansões.

Figura 13 – Desagregação do concreto



Fonte: Autor (2021).

4.1.3 Infiltração no Reservatório

Devido à necessidade de uma nova impermeabilização interna, além dos problemas visíveis, como goteiras, manchas e bolor, pode causar problemas mais sérios nas armaduras e outros problemas que afetam as estruturas da edificação. Desse modo, fez com que a água permeasse pelo concreto, causando infiltrações na estrutura como é verificado na figura 14.

Figura 14 – Infiltração



Fonte: Autor (2021).

4.2 Intervenção

A corrosão deve ser sanada o mais breve possível, uma vez que o seu processo implica na expansão da armadura, ocasionado fissuras e deslocamento do concreto, tornando ainda mais grave a deterioração da estrutura.

Nos pontos onde foram diagnosticados corrosão de armaduras, devem-se proceder com os seguintes serviços de recuperação:

- Recuperação estrutural (corrosão de armaduras);
- Recuperação estrutural (desagregação do concreto por corrosão);
- Impermeabilização do reservatório.

4.2.1 Recuperação estrutural - Corrosão de armaduras

- Execução criteriosa do corte de concreto;
- Furação do concreto para passagem da armação de recuperação;
- Recuperação por soldagem, daquelas barras de aço que tenham sofrido redução acentuada de seção útil;
- Ancoragem da armação com resina epóxica;
- Limpeza das superfícies das ferragens do concreto, com escova de aço, ou com a utilização de equipamento eletromecânico apropriado;
- Remoção de quaisquer detritos que possam prejudicar a aderência do material de recomposição o qual será empregado;
- Proteção catódica galvânica localizada das armaduras;
- Recomposição da seção original das peças estruturais, com emprego de argamassa de grautetixotrópica, própria para recuperação estrutural;
- Acabamento de um profissional consistindo de sarrafeamento e desempenho de última camada de argamassa.

Figura 15 – Recuperação estrutural



Fonte: Autor (2021).

4.2.2 Recuperação estrutural - Desagregação do concreto por corrosão

Nos pontos identificados, que ocorrem desagregação do concreto devido a corrosão, foram executados alguns procedimentos preliminares, onde será procedida à remoção de ninho de agregados, até ser encontrado a parte resistente, posteriormente será feito o reparo, devendo seguir os seguintes passos:

- 1) Escarificação de toda a superfície da estrutura existente, a qual entrou em contato com a argamassa de recuperação, na remoção integral de todo o concreto desagregado, permitindo uma melhor aderência;
- 2) Delimitação da área de reparo e remoção de todo material recorrente da escarificação;
- 3) A superfície foi limpa, seca e sem impregnação de qualquer material que atrapalhe a aderência da argamassa;
- 4) Com a superfície na condição saturada e seca, aplicou como ponte de aderência uma pasta composta por cimento, água e adesivo acrílico;
- 5) Com a ponte de aderência no estado fresco, aplicou-se argamassa, podendo ser aplicada manualmente e compactada simultaneamente com a ponta do dedo, sobre substrato em camadas de 10mm.
- 6) Posteriormente a compactação, executou ranhuras para proporcionar melhor aderência da camada seguinte;
- 7) Umedeceu a camada anterior e repetiu o processo de aplicação;
- 8) O acabamento foi feito por profissional utilizando sarrafo de madeira e esponja levemente umedecido.

Figura 16 – Recuperação estrutural



Fonte: Autor (2021).

4.2.3 Impermeabilização do reservatório

Para corrigir as infiltrações foi necessário refazer a impermeabilização das paredes internas, para isso, foi usado a aplicação de membrana de polímero acrílico com cimento.

Assim, assegurou-se que o reservatório não apresente mais infiltrações, se fez necessário usar produtos impermeabilizantes de boa qualidade para proteger o local e evitar maiores danos à estrutura.

Sendo indispensável seguir as exigências relativas ao projeto de impermeabilização e requisitos mínimos a serem seguidos para a proteção contra a passagem de fluídos.

O sistema foi aplicado nas áreas expostas ao contato permanente com água, seguindo os seguintes passos:

- Na preparação da superfície o substrato recebeu limpeza previa para ficar livre de partículas soltas, como por exemplo, as poeiras, os óleos, a nata do cimento e outros agentes contaminadores;
- A superfície testada para a aderência ao esforço de arrancamento para verificação da resistência ao arranque maior 1,5 MPA;
- Para a aplicação do impermeabilizante os cantos com ângulos agudos foram arredondados de forma a distribuir os esforços, assegurando a espessura de revestimento nesses pontos;
- Para a mistura de argamassa impermeabilizante foi adicionada ao líquido, na proporção da mistura recomendada pelo fabricante (cinco partes de pó, para duas partes de líquido em peso) até se conseguir uma argamassa homogênea;
- Fez uso de misturador mecânico de baixa rotação.

Figura 17 – Impermeabilização



Fonte: Autor (2021).

4.3 Resultados da intervenção

Portanto verificou-se que devido à grande incidência de patologias como, infiltração, corrosão, RAA, deslocamento, se fez necessário uma intervenção imediata, para que fosse possível sanar de forma objetiva os problemas encontrados. Em função disso foi executado a recuperação de toda estrutura, além do uso de metodologias de proteção catódica.

Abaixo, na figura 18 é possível verificar o reservatório elevado completamente recuperado, tendo sua vida útil prolongada.

Figura 18 – Reservatório elevado recuperado



Fonte: Autor (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o estudo busca a minimização de fatos do descaso que ocorre nas estruturas das edificações.

Este trabalho teve como um dos seus objetivos fazer uma revisão bibliográfica da corrosão de estruturas de concreto, buscando entender as variáveis que influem neste processo, dando uma ênfase para as medidas de investigativas e análise preventivas. A corrosão de estruturas de concreto armado é um processo eminentemente eletroquímico, e como tal deve ser tratado.

Verificou-se a influência significativa do tipo de ambiente na incidência e intensidade da corrosão, e a importância de se analisá-lo criteriosamente. Esta análise pode explicar a ocorrência diferenciada das patologias em diversas partes de uma mesma estrutura. Ficou evidenciado que a ocorrência ou não da corrosão em estruturas de concreto armado passa pela interação do concreto e o meio ambiente.

Em ambientes muito agressivos o concreto deve ser de altíssima qualidade para que não venha a sofrer ações deletérias, assim recomenda-se até mesmo o uso de armaduras especiais como o aço inoxidável.

Portanto, entendemos a principal importância de se manter uma manutenção periódica das estruturas, visando a prevenção e a não necessidade de recuperação estrutural em edificações deterioradas por erro na construção ou mal uso da mesma.

No estudo de caso citado podemos observar, diagnosticar e descrever suas patologias, analisando suas causas e efeitos, posteriormente, podemos verificara recuperação total da estrutura, tendo sua vinda útil prolongada.

REFERÊNCIAS

- AIRES, A. **Projeto de reservatórios de concreto armado**. Disponível em: <https://projettajunior.ufca.edu.br/projeto-de-reservatorios-de-concreto-armado/> Acesso: 26 de dez. de 2021.
- AMORIM, A. A. de. **Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes**. Trabalho de Diplomação (Graduação em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 7211. **Agregados para concreto** – Requisitos e procedimentos. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 15575. **Desempenho de edificações habitacionais**. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16055. **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações** – Requisitos e procedimentos. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT 12217. **Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. 1994.
- BRASIL. **Instrução Normativa Receita Federal do Brasil**. Cadastro Nacional de Obras. Nº 1845. Disponível em <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=96755> Acesso dia: 27 de dez. de 2021.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.
- CAPELA, D. **Eflorescências: Causas e Soluções**. Santa Catarina, 2019. Disponível em: https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/07/2-7%C2%BA-SRI-SC_Efloresc%C3%A4ncias-causas-e-solu%C3%A7%C3%B5es_Denis-Capela.pdf Acesso: 11 de nov. de 2021.
- CARASEK, H. **Argamassas**. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007.
- CARVALHO, JR., A. N.; SILVA A. P.; NETO, F. M. **Perícias em patologias de revestimentos de fachadas**. In: **Congresso brasileiro de engenharia de avaliações e perícias, x cobreap**. Porto Alegre: Ibape, 1999.
- CASCUDO, O. **Estrutura de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. São Paulo: IBRACON, 2005.
- CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** São Paulo: Téchno. 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam> Acesso em 11 de nov. de 2021.

DEUTSCH, S. F. **Perícias de Engenharia: a apuração dos fatos.** São Paulo: Leud, 2011.

DUTRA, A. C., NUNES, L. P. (1999). **Proteção catódica: técnica de combate à corrosão.** - 3.ed. - Rio de Janeiro: Interciência, 1999

FIGUEIREDO, E. J. P., MEIRA, G. R. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto.** In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Concreto: ciência e tecnologia.** São Paulo, 2011.

FORTES, F. J. **Patologia e terapêutica das construções:** um panorama. Revista da “Jornada Professor Hernani Sobral”. Salvador, 1994.

GENTIL, V. **Corrosão.** 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002, p. 54.

GRANATO, J. E. **Patologia das Construções.** 2002, pag. 5. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadadasconstrucoes2002.pdf> Acesso dia: 22 maio 2021.

GUERRA, R. S. **Clube do concreto.** 2013. Disponível em: www.clubedoconcreto.com.br/. Acesso em 20 out. 2021.

HELENE, P.R.L. **Corrosão em armaduras para concreto armado.** São Paulo: PINI, 1986.

KIRBY, R.S. ET AL. **Engineering in history.** New York, McGraw-Hill, 1956.

KLIMPEL, E. C.; SANTOS, P. R. C. **Levantamento das manifestações patológicas presentes em unidades do conjunto habitacional Moradias Monteiro Lobato.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Patologia nas Obras Civas) – Instituto IDD, Curitiba, 2010.

LÜDKE, M. **A pesquisa qualitativa e o estudo da escola.** Cadernos de Pesquisa, 1984.

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

OLIVEIRA, A. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações.** Monografia (Especialização em Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SANTOS, C. F. **Patologia de Estruturas de concreto armado.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014.

SANTOS, S. S. Patologias das construções. Revista especialize, 2014. Disponível em: <https://ptdocz.com/doc/465981/patologia-das-constru%C3%A7%C3%B5es> Acesso: 10 de nov. de 2021.

SOUZA, S. A. **Composição Química dos Aços**. Editora: Edgard Blucher a Ltda. São Paulo, 1988.

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

VIEIRA, F. M. P. **Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras em concretos com adição de sílica ativa**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003, p. 9.