

# Fissuras em Reservatório Elevado de Concreto Armado

## – Estudo de Caso

Letícia Stephanie Xavier de Santana

Estudante de Engenharia Civil, Cordeiro, Brasil, Leticia.stephanne.x@gmail.com

Rosemberg Gomes de Carvalho Araújo

Estudante de Engenharia Civil, Candeias, Brasil, Rosemberg\_carvalho@outlook.com

Thaiza Plácido dos Santos

Estudante de Engenharia Civil, São Lourenço, Brasil, thaizaplacido@gmail.com

André Luís Moura da Silva Leal

Professor do Curso de Engenharia Civil, UniFG, Cidade, Brasil, andre.leal@animaeducacao.com.br

**RESUMO:** As fissuras são manifestações patológicas que se manifestam nas edificações e podem causar um desconforto estético, interferir na sua durabilidade e nas características da estrutura. Tanto em alvenarias quanto nas estruturas de concreto, a fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais. Quando a sollicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões, como o concreto e um dos produtos mais utilizados nas construções no país, dessa forma é de suma importância sua compreensão e de como pode ser afetado por ser um material que tem sua resistência a tração menor que sua resistência a compressão e comumente empregado aliado a uma armadura de aço que possui grande resistência tanto a tração quanto a compressão. O presente artigo, apresenta o estudo da manifestação patológica categorizada como fissuras. Observamos no presente artigo, algumas fissuras apresentadas no reservatório a partir de um estudo de caso no município de Bayeux/PB. Através de visita técnica in loco, foram constatados alguns tipos de fissuras e analisadas no presente no artigo, destacando a importância das manutenções preventivas e o custo que o não realização gera para sua recuperação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção Civil, Edificações, Fissuras, Concreto, Custo, Manifestações.

**ABSTRACT:** Cracks are pathological manifestations that manifest in buildings and can cause aesthetic discomfort, interfere with their durability and the characteristics of the structure. Both in masonry and in concrete structures, the crack is originated due to the action of tensions in the materials. When the request is greater than the resistance capacity of the material, the crack tends to relieve its tensions, as concrete is one of the most used products in construction in the country, so it is of paramount importance to understand it and how it can be affected because it is a material that has a tensile strength lower than its compressive strength and is commonly used in combination with steel reinforcement that has great resistance to both traction and compression. This article presents the study of the pathological manifestation categorized as fissures. In this article, we observed some fissures presented in the reservoir from a case study in the municipality of Bayeux/PB. Through an on-site technical visit, some types of cracks were found and their causes were analyzed in the body of the article, highlighting the importance of preventive maintenance and the cost that failure to carry out generates for its recovery.

KEYWORDS: Civil Construction, Buildings, Cracks, Concrete, Cost, Manifestations.

## 1 Introdução

A patologia é comumente atrelada a natureza das doenças, por se tratar do estudo dos sintomas, origens e mecanismos muito geralmente atribuído a medicina, na construção civil, não é tão diferente as trincas, fissuras e rachaduras são algumas das manifestações patológicas mais comuns presentes nas construções.

No Brasil as construções tem tendência a apresentar defeitos e vícios, esses denominadas como manifestações patológicas, onde o seu surgimento é o indicativo que algo não está funcionando como esperado podendo comprometer a integridade e segurança das edificações.

Quanto a origem dos problemas patológicos se deve as falhas no decorrer do seu processo desde concepção, (planejamento/projeto/materiais), execução e utilização.

A análise da sua distribuição e configuração permite, muitas vezes, diagnosticar e identificar as causas e os mecanismos que intervêm no seu processo de formação.

As manifestações podem ser subdivididas em dois tipos, os problemas de natureza simples onde elas podem ser resolvidas sem que o profissional tenha um nível de conhecimento avançado, é as de natureza complexa onde é necessário conhecimentos avançados sobre a questão na qual cabe o uso de ferramentas de análises, para auxiliar o profissional no diagnóstico.

Os materiais constituintes de uma edificação são susceptíveis a oscilações climáticas, gerando variações dimensionais higrotérmicas nos seus componentes (VEIGA, 1998) essa movimentação ocasiona tensões no próprio material ou em convívio com outros. As manifestações do tipo fissura surgem justamente para causar um alívio as solicitações, uma vez que os esforços originados forem maiores que sua capacidade de resistência.

A importância da conscientização da manutenção preventiva tem se mostrado necessária, pois podemos, observar que no decorrer dos anos os custos gerados com manutenções corretivas são maiores que os custos da construção inicial, dessa forma gerando valores significativos durante a vida útil dos imóveis (POSSANeDEMOLINER, 2013).

Segundo DIAS (2011), O profissional tem grande responsabilidade com a elaboração de orçamento correta e justa, o crescimento da área da construção faz com tenha-se cada dia mais profissionais na área assim tornando o mercado mais competitivo, é muito importante que as empresas, adquiram conhecimento e experiência para elaboração de custos e bases de orçamento, dessa forma os princípios da engenharia seja consciente ou seja não basta elaborar um orçamento, e sim, desenvolvê-lo em um curto período, através de métodos atuais de execução.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.2 Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo apontar as manifestações patológicas apresentadas em um reservatório superior classificadas como fissuras. Com base no objeto escolhido como referência para estudo de caso.

O objetivo geral será desenvolver uma análise da problemática que levou ao aparecimento das manifestações patológicas além de expor os custos dos materiais através de planilhas para a recuperação da estrutura e materiais utilizados.

### 1.3 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento das manifestações patológicas e suas causas;
- Analisar empiricamente os problemas patológicos no qual manifestou-se sobre o objeto de estudo e apresentar à situação;
- Demonstrar em planilhas reais os custos para o reparada estrutura em estudo e salientar a importância da manutenção preventiva na edificação.

## 2 Referencial Teórico

Segundo Souza (1988) “As causas de ocorrência dos fenômenos patológicos podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações ou não realizam as manutenções de forma correta, muitas vezes por razões econômicas, dentre outras”.

Segundo Mamede (2016), as patologias são causadas devido a má execução, erros de projetos, mal uso dos proprietários e problemas de materiais, sendo possível ocorrer por até mesmo mais de um motivo, no qual demonstra a importância do conhecimento técnico e do método executivo correto no qual atua desde a concepção do empreendimento até seu acabamento. A definição das nomenclaturas para amplitude de graus diferentes é uma forma de apresentar uma classificação da suposta abertura, mas é importante salientar que essa classificação não define o grau de risco das manifestações patológicas.

As manifestações patológicas no concreto armado podem surgir por causa de anomalias, são elas: endógena; exógena; natural e funcional. De acordo com a tabela 01 abaixo.

Tabela 01: Classificações de Anomalias

<b>ANOMALIAS</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>
<b>Endógena</b>	<b>ORIGINARIA DA PRÓPRIA EDIFICAÇÃO (PROJETO, MATERIAIS E EXECUÇÃO).</b>
<b>Exógena</b>	<b>ORIGINARIA DE FATORES EXTERNOS A EDIFICAÇÃO, PROVOCADOS POR TERCEIROS.</b>
<b>Natural</b>	<b>ORIGINARIA DE FENÔMENOS DA NATUREZA (PREVISÍVEIS E IMPREVISÍVEIS).</b>
<b>Funcional</b>	<b>ORIGINARIA DO USO.</b>

Fonte: IBAPE/SP - 2011

De acordo com Oliveira (2012), As Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, onde será classificada conforme sua espessura como demonstrado na tabela 02 abaixo.

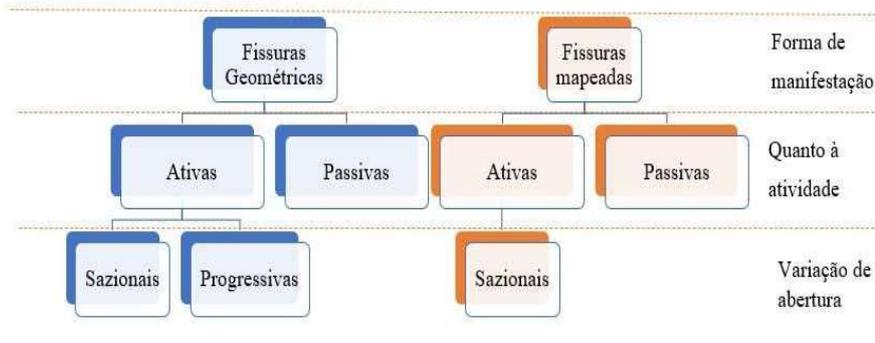
Tabela 02– Classificação das aberturas.

<b>Anomalias</b>	<b>Aberturas</b>
Fissura	até 0,5mm
Trinca	de 0,5 mm a 1,5mm
Rachadura	de 1,5 mm a 5,0mm

Fonte: Oliveira (2012) Adaptado pelos autores

As manifestações patológicas são problemas que afetam a estrutura do concreto, mas possuem diferenças quanto à sua forma e extensão, geralmente classificadas em três níveis: À forma de manifestação, Quanto à sua atividade, e a variação da abertura. O mapa conceitual 01 demonstra de forma esquemática os níveis de classificação das fissuras e suas subdivisões.

Mapa Conceitual 01–Classificação das fissuras



Fonte: adaptado de Sahade (2005)

Com relação a forma de manifestação, de acordo com Sahade (2005). As fissuras geométricas são caracterizadas por ter uma forma geométrica bem definida e por apresentar uma direção predominante (horizontal, vertical ou diagonal). Segundo Corsini (2010), as fissuras mapeadas geralmente apresentam-se sem direção predominante e normalmente são superficiais, dessa forma não indica problema na estrutura, segundo Sahade 2005 elas são comumente causadas por tensões que surgem nas argamassas ou concretos devidos principalmente à retração, por traços contendo muitos materiais pulverulentos, excesso de água ou por excesso de desempenamento. Quanto à sua atividade, de acordo com Resende (2018) as fissuras ativas são aquelas que possuem movimentação e passivas aquelas que já estão estabilizadas, não apresentando variações de abertura de tamanho progressivo. Com relação a variação da abertura de acordo com Sahade (2005) as sazonais são aquelas cuja variação da abertura pode ser relacionada com a variação periódica das condições climáticas e são caracterizadas por oscilar em torno de um valor médio. Já as progressivas tendem a apresentar aberturas sempre crescentes

Em relação ao desempenho da edificação, o surgimento de fissuras pode comprometer a impermeabilização, a vedação contra o ambiente externo, o isolamento térmico e acústico e comprometer estética dos ambientes (SAHADE, 2005). Uma vez que a haja a penetração de água na estrutura por meio das fissuras poderá provocar ou acelerar o processo de corrosão das armaduras, sendo assim comprometendo a resistência e durabilidade da edificação. Além disso, de acordo com Veiga (1998), as fissuras causam sensação de desconforto visual e insegurança nos usuários.

## 2.1 Fissuras causadas por variações de temperatura

Para Dal Molin (1988), as fissuras causadas por variação de temperatura ocorrem devido à dilatação e contração dos materiais quando expostos a mudanças de temperatura sobre influencia externas e internas, as externas se manifestam a partir da variação por condições ambientais ou incêndios, as influencias internas, ocorrem com a elevação de temperatura que ocorre durante a hidratação do cimento. Essas variações de temperatura ocasionam uma contração nas peças estruturais, dessa forma quando o material é exposto a altas temperaturas, ele se expande e quando é resfriado, ele se contrai, uma vez que esse esforço de tração for maior, em algum momento, que a resistência do concreto, irar apresentar fissuras. Quando essas variações de temperatura se manifestam causam um efeito de compressão no concreto, que não tem grande relevância quanto o efeito de tração, pois o concreto tem uma maior resistência aos esforços de compressão. Essas fissuras podem ocorrer em materiais como concreto, asfalto, metais e outros materiais sujeitos a mudanças de temperatura.

Para Muci, Netto e Silva (2014), as fissuras causadas por movimentações térmicas possuem reparos mais difíceis pois geram um custo maior, devido a essas movimentações seguirem em um ciclo natural e com variações, logo os reparos podem ser ineficazes e as fissuras podem tornar a aparecerem frequentemente.

Segundo Silva (2002) uma maneira preventiva de evitar as movimentações térmicas em paredes externas das edificações, a utilização de tintas com cores claras seria uma medida preventiva para essas movimentações causadas pelo calor, logo, pode-se utilizar também os isolantes térmicos pelo exterior das paredes quanto em lajes, coberturas ou apoios, é recomendado a utilização de juntas elásticas de movimentação nos locais onde e mais propício o aparecimento das fissuras. De acordo com Resende (2018) Em casos de fissuração por grandes movimentos térmicos iniciais, e recomendável a utilização de tela metálica ou bandagem, a fim de ajudar na absorção dos movimentos entre o concreto e os elementos ao qual está ligado. Quando as fissuras são ativas, em caso onde essas fissurações são causadas por pequenos movimentos, elas podem ser tratadas durante o processo de pintura com a utilização de elas finas de polipropileno ou náilon, em média com 10 cm de largura. Quando essas fissuras provocam diminuição da resistência, pode-se tratar colocando armaduras na extensão da fissura, de diâmetros de 4 ou 5mm, de modo que os ferros ultrapassem a fissura 25 cm para cada lado, em ambas as faces da parede e em juntas alternadas.

### **2.1.1 Fissuras causadas por variação higroscópica**

De acordo com THOMAZ (2020), as mudanças higroscópicas acarretam variações nas dimensões dos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção. O aumento do teor de umidade produz uma expansão do material e com a redução, ocorre o contrário, a diminuição provoca a contração do mesmo, dessa forma quando existe algum vínculo que possa impedir ou restringir essas movimentações, ocorrerão fissuras. Essa umidade pode-se entrar em contato com esses materiais por várias vias desde produção dos componentes: no processo de fabricação dos componentes construtivos à base de ligantes hidráulicos, emprega-se geralmente uma quantidade de água superior à necessária para que ocorram as reações químicas de hidratação. essa água em excesso permanece em estado livre no interior do componente e, ao se evaporar, provoca a contração do material.

Umidade proveniente da execução da obra: ao umedecerem os componentes de alvenaria no processo de assentamento, ou mesmo painéis de alvenaria que receberão argamassas de revestimento; essa prática não é incorreta, pois visa impedir a retirada brusca de água das argamassas, o que viria a prejudicar a aderência com os componentes de alvenaria ou mesmo as reações de hidratação do cimento. O que acontecesse processo de umedecimento, o teor de umidade dos componentes de alvenaria poderá elevar a valores muito acima da umidade higroscópica de equilíbrio, acarretará a expansão do material; ou seja, essa água, vai tender a evaporar, provocando assim uma contração do material.

Umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos: o material poderá absorver água de chuva antes mesmo de ser feita a utilização na construção, pode ocorrer que durante o transporte ou seu mal armazenamento no canteiro. as faces de seus componentes voltadas para o exterior poderão absorver quantidades consideráveis de água de chuva ou, em algumas regiões, até mesmo de neve. Também a umidade presente no ar pode ser absorvida pelos materiais de construção, quer sob a forma de vapor, quer sob a de água líquida (condensação do vapor sobre as superfícies mais frias da construção).

De acordo THOMAZ (2020), a quantidade de água absorvida por um material tem relação direta com dois fatores, que são a porosidade e a capilaridade. O mais importante dentre estes dois é a capilaridade, pois no processo de secagem de materiais porosos, ela provoca o surgimento de forças de sucção, que atuam no transporte da água até a superfície do elemento, onde após um período de tempo, sofrerá evaporação. Segundo o autor essas forças de sucção são inversamente proporcionais às aberturas dos poros. Segundo Souza (2008) um exemplo prático dessa afirmação seria caso dois materiais diferentes fossem postos em contato, o que possui maior número de poros fechados absorveria a água do outro que contém mais poros abertos. Sabe-se que os materiais apresentam variações no tipo de poros, possuindo os mesmos em várias aberturas. A umidade higroscópica de equilíbrio do material ocorre quando um material poroso se encontra exposto por um período de tempo em situação constante de umidade e temperatura (através do fenômeno de difusão) e este estabiliza seu teor de umidade, atingindo, então, um equilíbrio. As variações no teor de umidade provocam movimentações de dois tipos: irreversíveis e reversíveis. As movimentações irreversíveis são aquelas que acontecem geralmente logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja umidade higroscópica de equilíbrio. As movimentações reversíveis ocorrem por mudanças do teor de umidade do material, ficando delimitadas a determinado intervalo, inclusive se ele vier a ser completamente seco ou saturado.

### **2.1.2 Fissuras causadas por carregamento excessivo**

Essas fissuras podem ser causadas em materiais estruturais quando são submetidos a cargas excessivas. Quando a carga excede a capacidade de suporte do material, ocorrem deformações permanentes que podem resultar em fissuras ou fraturas. Essas fissuras podem afetar a integridade estrutural do material e, se não forem reparadas, podem levar a falhas catastróficas. É importante ter cuidado ao projetar e construir estruturas para garantir que elas possam suportar as cargas que serão aplicadas a elas. Além disso, a manutenção regular é necessária para detectar e reparar quaisquer fissuras ou danos que possam ocorrer ao longo do tempo. (Duarte, 1998.)

### **2.1.3 Fissuras causadas por concentração de tensões**

Fissuras são trincas ou rachaduras que se formam em materiais devido à concentração de tensões. Essas tensões podem ser causadas por diversos fatores, como a aplicação de cargas repetitivas, mudanças bruscas de temperatura ou variações na geometria do material. A concentração de tensões pode levar a uma falha prematura do material, uma vez que as fissuras tendem a crescer com o tempo, reduzindo a resistência e a durabilidade do material. Para evitar a formação de fissuras, é importante realizar um projeto adequado e utilizar materiais resistentes e com boa capacidade de absorção de energia. Além disso, a realização de inspeções e manutenções regulares pode ajudar a identificar e corrigir possíveis concentrações de tensões antes que elas se transformem em fissuras. (Thomaz, 1998.)

### **2.1.4 Fissuras causadas por recalques na fundação**

Segundo HACHICH (1996) Essas fissuras podem ser causadas por diversos fatores, e um dos mais comuns é o recalque na fundação. O recalque é um processo de afundamento ou deslocamento do solo que pode ocorrer devido a diversas razões, como variações de umidade, sobrecarga na estrutura, características do solo, entre outros. Quando a fundação não é capaz de suportar o peso da estrutura de forma adequada, podem surgir fissuras nas paredes, lajes e outros elementos construtivos, comprometendo a estabilidade e segurança do edifício. É importante que essas fissuras sejam identificadas e tratadas de forma adequada para evitar danos maiores.

## **3 Metodologia**

### **3.1 Caracterização do objeto de estudo de caso**

A pesquisa foi baseada em levantamentos bibliográficos através de artigos acadêmicos, para que houvesse maior compreensão sobre o tema proposto, o estudo foi feito através de visitas técnicas in loco e entrevista com a empresa contratada e pela equipe de fiscalização responsável pela recuperação do reservatório, de uma escola profissionalizante onde a construtora e os fiscais do órgão nos concedeu informações para o estudo de caso.

A estrutura segundo a equipe de fiscalização teria aproximadamente 40 anos e fica localizada na região metropolitana de João Pessoa no estado da Paraíba no município de Bayeux no qual o reservatório é o principal responsável pela distribuição de água na escola técnica, a imagem 01 e a estrutura escolhida como área de estudo.

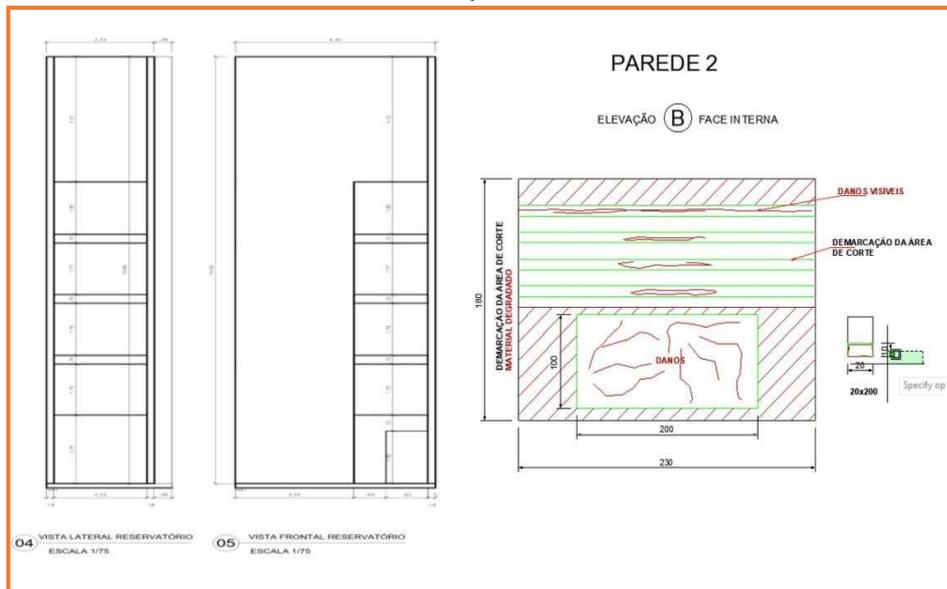
Figura 01- Área de estudo (fachada do reservatório)



Fonte: Autores.

Através dos registros fotográficos existentes foi possível notar que as manifestações patológicas, classificadas como anomalias naturais e funcionais se manifestaram de maneira ativas e passivas ao decorrer dos anos onde nesse periodo de utilização a estrutura não teria passado por nenhum tipo de manutenção. Não tivemos acesso aos projetos estruturais e calculos da edificação por ser uma construção com constantes troca de gestores os documentos foram perdidos no decorrer dos anos. Atravez dos registros fotograficos pode-se observar que as fissurações existentes no reservatório advêm do somatório de diversos tipos de manifestações patológicas a qual a edificação está exposta.

Figura02–Vista lateral e frontal e identificação dos dano sem uma das faces do reservatório.



Fonte: Autores.

### 3.2 Considerações iniciais.

A seguir são apresentados os resultados obtidos através do estudo de caso realizado. No qual foram realizadas visitas in loco e acompanhamento através dos relatorios fotograficos sendo possivel realizar o levantamento do quantitativo das manifestações existentes, obtendo informações sobre suas configurações, espessuras e possíveis causas, e a partir desses levantamentos, foram propostas as medidas de recuperação adequada para as manifestações patológicas identificadas conforme tabela 03 abaixo.

Tabela03–Classificação, quantitativo e porcentagem das fissurações presentes na estrutura.

Manifestações	Quantitativo	Porcentagem dasFisssuras
Fissuras	280	57%
Trincas	190	39%
Rachaduras	21	4%

Fonte:Autores

De forma geral as fissuras, podem ser classificadas de acordo com sua configuração, reforçando a importancia da contratação de profissionais capacitados para diagnosticalas e realizar as medidas de intervenção para soluçiona-las de forma de forma mais eficaz as manifestações, para o estudo as trincas e rachaduras serão tratadas como sinônimos de fissuras, pois o maior interesse são as causas que levaram o seu aparecimento e os custos que a não realização de manutenção causou, e importante salientar que existem diversos tipos de manifestações patologicas no reservatório, Entretanto como o tema sobre estudo esta delimitado a fissurações as outras manifestações tiveram apenas relevância significativa para contribuição desse conteúdo. A figura 03 imagens a) a d), logo abaixo demonstra algumas das manifestações presentes no reservatório.

Figura 03 imagens a) a d) – Fissuras identificadas sobre reservatorio.



Fonte:Autores.

A estrutura teria sido construída há mais de 40 anos e não teria passado por nenhum tipo de manutenção, apenas algumas tentativas de reparo sem orientação de um profissional qualificado, uma vez que os reparos são feitos sem que a causa seja devidamente identificada e seja feita a realização de um estudo técnico geram frustrações e perdas de recursos já que os resultados obtidos são ineficientes uma vez que existe uma grande probabilidade do problema voltar a se manifestar e até em casos mais extremos pode acarretar a estrutura outros danos além das já existentes a imagem 06 logo abaixo demonstra uma das tentativas de reparo sem um estudo técnico e orientação de um profissional.

Figura 04 – Fissuras Tratadas de forma ineficiente



Fonte: construtora.

As manifestações presentes na estrutura constantemente são as fissuras geométricas ativas pois existe a progressão do seu estado, dessa forma o constante aumento da largura de sua abertura, e o aumento do seu comprimento longitudinal acabam a posterior levando a degradação do concreto Segundo Thomas (1989) uma forma das formas de poder tentar recuperar as fissuras superficiais ativas nas alvenarias de vedação e através do próprio sistema de pintura onde se faz necessário adicionar uma tela fina de náilon ou polipropileno com aproximadamente 10 cm de largura à pintura, e aplicação de tinta elástica com base acrílica entre 6 e 8 demãos (THOMAZ, 1989).

No entanto Thomaz (1989) sinaliza que este método não é o mais eficiente e, sempre que possível, a recuperação de fissuras ativas deve ser feita com o uso de selantes flexíveis à base de poliuretano, silicone ou outros.

O procedimento a ser seguido para a estrutura e semelhante ao descrito anteriormente pelo autor logo após o processo de recuperação da estrutura o uso de materiais indicados funcionaram de maneira preventiva mais eficiente, sendo assim foi possível diagnosticar as principais causas para as manifestações apresentadas durante a elaboração do artigo foram fissuras causadas por movimentação térmica, de maneira constante.

Em algumas das paredes foram detectadas a deterioração da ferragem, o destacamento da camada de revestimento, e manchas com a coloração marrom a laranja, indicativos suficientes para que muitas das fissuras presentes apresentavam desde pontos de corrosão à avançada corrosão das armaduras com perda de seção sem a camada de revestimento, demonstrando que a estrutura estava sofrendo danos na sua capacidade estrutural ou seja a estrutura poderia perder sua resistência aos esforços solicitantes como mostra a imagem 07 demonstra o quadro descrito.

Figura 05 – Fissuras causadas pela corrosão das armaduras



Fonte: Construtora adaptado pelos autores.

Com as manifestações patológicas causadas pela ação a variação térmica, ocorre quando os elementos e componentes da estrutura estão a variações de temperatura diárias, dilatando com a variação positiva de temperatura e contraindo com avariação negativa (DUARTE,1998). Elas geralmente estão localizada sem locais que recebem insolação constante, como exemplo as áreas externas, a intensidade da suas depende de algumas propriedades físicas como: dilatação térmica, coeficiente de condutibilidade térmica e gradiente de variação térmica (THOMAZ, 1989). No caso da estrutura esta localizada em uma região na qual a variação térmica apresenta temperaturas elevadas com tendências para aumento, com precipitação, de ventos fortes e de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o tempo é opressivo. Segundo Miotto (2010) a corrosão e a deterioração observadas em concreto, podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos. Os fatores físicos, como variações de temperatura, podem ocasionar choques térmicos com reflexos na integridade das estruturas. Variações de temperatura entre os diferentes componentes do concreto (pasta de cimento, agregados e armadura), que possuem características térmicas diferentes, podem ocasionar fissuras na massa do concreto que possibilitam a penetração de agentes agressivos (ARIVABENE 2015)

#### **4 Resultados e Discussões.**

Segundo Fonseca (2009) a manutenção em uma estrutura é vista com o conjunto de atividades necessárias a serem executadas garantir o desempenho satisfatório ao decorrer do tempo trazendo segurança aos seus usuários.

O reservatório encontrava-se com diversas manifestações devido a ser construído a mais de 40 anos e não ter passado por nenhuma manutenção preventiva, apenas algumas tentativas de reparo sem sucesso a falta de conservação e um dos fatores que contribuem de forma significativa as manifestações patológicas nas estruturas, ou na ocorrência de acidentes estruturais como não há uma fiscalização efetiva constante das autoridades, elas são deixadas em segundo plano e a má conservação da estrutura cresce podendo colocar em risco os usuários. Dessa forma deve-se submeter essas estruturas a um programa de manutenção preventiva ou manutenção corretiva.

As técnicas de prevenção das fissuras e necessário que se tenha um controle eficiente de qualidade dos materiais e dos serviços prestados, em conjunto com os projetos executivos, armazenamento e manuseio dos materiais, utilização e manutenção correta da estrutura. A organização, planejamento e regras fazem com que esse problema tenha uma probabilidade de aparcimento reduzida assim não acarretar um custo maior a obra.

As técnicas de recuperação e correção depende da identificação da causa da fissuração, ou do tipo de fissura que se está lidando, no que diz respeito a atividade, variação da espessura, ou não da mesma, e da necessidade ou não de executar reforços estruturais. Em alguns casos, o diagnóstico só pode ser dado após uma consulta a especialistas, após minuciosos ensaios de laboratório, revisão de projetos e mesmo instrumentação e acompanhamento de obra. Dessa forma em alguns casos específicos que as verdadeiras causas das fissuras jamais serão determinadas com absoluta certeza (THOMAZ,1989).

Com base nos levantamentos efetuados in loco, os técnicos responsáveis entregaram o diagnóstico dos problemas na estrutura, como a estrutura não teria passado por nenhum tipo de manutenção foi necessário que se fizesse o tratamento da toda a estrutura e como muitas das armações estavam expostas com altos graus de corrosão e sem o de cobertura das armaduras fez com que elas tivessem baixa resistência aos esforços solicitantes, além do grande número de fissuras ativas progressivas levando assim a estrutura a ter o valor de recuperação 2 ou até 3 vezes maior ao preço inicial de construção .

Segundo Souza(1998) Os serviços de reforço podem ser inseridos nos trabalhos de recuperação, quando sua necessidade decorrer da danificação da estrutura a recuperação foi realizada com a instalação de novas malhas de aço, como reforço uma vez que as antigas armaduras estavam comprometidas com perda de seção em processo de corrosão avançada assim tendo baixa resistência aos esforços solicitantes.

Para proteção das armaduras fez o uso de um composto com alta proteção anticorrosiva com espessura de 2mm, também a reconstrução de seção com grante autonivelante ou tixotrópico  $f_{ck} > 40 \text{mpa}$  utilizada em reparos semi ou profundos. Por ser um material auto-adensável, não apresenta retração e possui alta resistência. A superfície de preparo deve ser úmida e seu uso é recomendável para reparo de estruturas em que haja necessidade de rapidez na desforma, uma vez que em 24 horas o material atinge sua resistência. As imagens 08, 09 abaixo demonstram de forma real o quadro descrito anteriormente

Figura 06 –utilização de anticorrosivo e Graute respectivamente



Fonte:Autores.

Vale resaltar que uma vez que a manutenção preventiva não é feita conforme as especificações, acabam gerando gasto significativos podendo ser um valor superior ao custo inicial da construção, dessa forma a manutenção preventiva seus custos são bem menores, dessa forma é imprevisível que haja um planejamento dos recursos que serão necessários para a manutenção da estrutura, uma vez que esse fator for desconsiderado os problemas estruturais que aparecerem a posterior, terão maior proporção, resultando em gastos significativos a tabela 04 demonstram os custos reais para recuperação e reforços da estrutura.

Tabela 04–Custos reais para reforço e recuperação da estrutura.

Código	Fonte	Descrição dos serviços	unidade	custo unitário	quantidade	preço Total
100067	SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto executada como reforço, vergalhão de 5mm de diâmetro, af_06/2020	und	13,69	215,19	R\$2.945,95
00013	ORSE	Demolição de concreto manualmente	M <sup>3</sup>	207,19	3,4	R\$ 704,45
09182	ORSE	Demolição de concreto com martelo e compressor	M <sup>3</sup>	394	4,53	R\$1.784,82
7955	SINAPI	limpeza de superfície com jato de alta pressão. Af_04/2019	und	1,57	365,48	R\$573,80
8718	ORSE	Recuperação de armadura de aço - barra até 1/2" com tinta de alto teor de zinco- Nitoprimer Zn ou similar, esp:2mm	M	31,29	141	R\$4.411,89
Composição 01	SENAI	Reparo estrutural de estruturas de concreto com argamassa polimérica de alto desempenho, e=5 cm	M <sup>3</sup>	498,58	7,93	R\$3.953,74

4780	ORSE	Aplicação de adesivo estrutural baseresina epoxi, Compound Adesivo, Vedacit ou similar, aplicação em chumbamento e colagem dos mais diversos materiais de construção	M <sup>2</sup>	75,13	113,34	R\$8.515,23
07387	ORSE	Preparo do substrato (superfície de concreto) por lixamento elétrico	M <sup>2</sup>	7,79	50,39	R\$392,54

Composição	Órgão	limpeza de superfície de concreto com escovação rotativa e lixamento abrasivo	M <sup>2</sup>	16,88	365,48	R\$6.169,30
4775	ORSE	proteção de armadura com tinta de alto teor de zinco- emaco p22 ou similar, espessura de 2mm	M <sup>2</sup>	41,01	365,48	R\$14.988,33
7948	ORSE	furo em concreto com broca de vídea, utilizando martelo elétrico (diâmetro; 1/2"/profundidade : 15cm)	und	18,41	443	R\$8.155,63
8215	ORSE	aplicação de adesivo estrutural baseresina epóxi, fluido. Sikadur 32 (consumos= 1,67kg/m <sup>2</sup> p/ 1mm de espessura) sika ou similar aplicação, ancoragem de cabos, colagem, elementos pré-moldados, fixação de chumbadores, juntas de concretagem (frias), etc.	kg	72,55	15	R\$1.088,25
100067	SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto executada como reforço, vergalhão de 5mm de diâmetro, af_06/2020	und	13,69	215,19	R\$2.945,95
10337	ORSE	execução de reconstrução de seção com graute autonivelante outo xotrópico fck > 40mpa, lançamento e cura	m <sup>3</sup>	3139,49	18,27	R\$57.358,48
Composição	Órgão	limpeza de superfície de concreto com escovação rotativa e lixamento abrasivo	M <sup>2</sup>	16,88	365,48	R\$6.169,30
4775	ORSE	proteção de armadura com tinta de alto teor de zinco- emaco p22 ou similar, espessura de 2mm	M <sup>2</sup>	41,01	365,48	R\$14.988,33
7948	ORSE	furo em concreto com broca de vídea, utilizando martelo elétrico (diâmetro; 1/2"/profundidade : 15cm)	und	18,41	443	R\$8.155,63

Fonte: Construtora adaptado pelos autores.

Para Recuperar fissuras causadas por variação termica de forma mais efetiva e recomendavel que se utilize selantes flexíveis, Segundo Thomaz (1989) eles podem ser à base de poliuretano, silicone ou outros, partindo desse principio assim foi utilizada na estrutura conforme tabela 05 abaixo.

Tabela 05–Custos para recuperaçã oe prevenção de novas fissuras.

Código	Fonte	Descrição dos serviços	unidade	custo unitário	quantidade	preço Total
08953	ORSE	Impermeabilização com argamassa polimerica (3 demãos) tipo Denvertec 100 e aplicação de tela de poliester resinada, malha 2x2mm, ref: Denvertela Poliester Rousimilar	M <sup>2</sup>	36,08	50,39	R\$1.818,07
102489	SINAPI	pintura de hidrofugante com silicone aplicação manual, 02 (dois) demãos. Af_05/2021	m <sup>2</sup>	27,94	344,43	R\$9.623,37
88489	SINAPI	Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes, duas demãos. af_06/2014	m <sup>2</sup>	10,97	287,03	R\$3.148,72
88485	SINAPI	Aplicação de fundo selador acrílico em paredes, uma demão. af_06/2014	m <sup>2</sup>	2,27	287,03	R\$651,56

Fonte: Construtora adaptado pelos autores.

Segundo Brinco(2021) os custos diretos são todos os custos diretamente envolvidos na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais mão-de obra e equipamentos auxiliares, mais toda a infraestrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da obra e os custos para administração local com previsão de gastos com o pessoal técnico (encarregado, mestre, engenheiro, etc) dessa forma e importante lembrar que se não houver um planejamento adequado para a reforma e os custos uma vez que esse fator for desconsiderado os problemas estruturais que apareceram a posterior, e terão maior proporção, a tabela 06 apontam os valores reais com gastos citados acima.

Tabela 06 – custos administração local e alguns dos insumos utilizados.

Código	Fonte	Descrição dos serviços	unidade	custo unitário	quantidade	preço Total
-	CREA/PB	anotação de responsabilidade técnica-art de execução	und	233,94	1,00	R\$ 233,94
90778	SINAPI	Engenheiro civil de obra pleno com encargos complementares	h	117,99	44,00	R\$ 5.191,56
90776	SINAPI	encarregado geral com encargos complementares	h	20,94	44,00	R\$ 921,36
-	CREA/PB	Técnico em segurança do trabalho com encargos complementares	h	21,52	88,00	R\$ 1.893,76
4738	SINAPI	Montagem e desmontagem de andaime metálico tubular simples	pç	3,69	50	R\$ 184,50
Cotação de Mercado 01	SINAPI	Aluguel de Escoramento - Equipamento estimado para reescoramento de 01(um) reservatório elevado com 12,00m de altura, conforme esquema de montagem no NE-22/226.	Mês	9450	3	R\$ 28.350,00
100948	SINAPI	Transporte com caminhão carroceria 9t, em via urbana pavimentada, adicional para dmt excedente a 30 km (unidade: txkm). af_07/2020	txkm	0,64	8160	R\$ 5.222,40
88278	SINAPI	Montador de estrutura metálica com encargos complementares	h	16,67	720	R\$ 12.002,40
88240	SINAPI	Ajudante de estrutura metálica com encargos complementares	h	12,72	480	R\$ 6.105,60

Fonte: Construtora adaptado pelos autores.

## 5 Considerações Finais

Com a elaboração do presente estudo foi possível notar que o surgimento das manifestações sobre a estruturas é algo cotidiano e recorrente, sendo nitida a importância de se ter profissionais qualificados no mercado para se prever elaborar estudos e medidas de recuperações para cada tipo de manifestações seja ela de qual for a natureza.

Essas atividades de recuperação das manifestações patológicas ganharam maior relevância na construção civil, conseqüentemente os valores para realização também cresceu assim demonstrando que inspeções regulares na estrutura e conscientização de manutenções preventivas com a destinação dos recursos para a mesma não é algo para ser ignorado para que o contratante consiga organizar todas as despesas que que será destinada a estrutura, quando feita de maneira prévia acarretará uma economia considerável, uma vez que identificadas inicialmente as manifestações terão chances menores de progredir resultando em impactos menores sobre todo o processo, exemplificando os reparos de maior proporção geram gastos maiores, dessa forma a realização das manutenções preventivas os custos são bem menores em comparação a sua recuperação.

Através do estudo foi possível observar as técnicas utilizadas para recuperação da estrutura ampliando o entendimento sobre o tema proposto de maneira Prática, entendendo os principais mecanismos de formação das fissuras e conhecer alguns dos danos que acarretam. A não realização de manutenção resultou na precisão de um reforço estrutural, resultando gastos significativos no valor de R\$221.515,14.

Dessa forma conclui-se que apesar de serem semelhantes na forma e como se apresentaram, elas são distintas em suas causas e soluções, e importante o estudo sobre cada uma delas de forma individual para um melhor compreensão, dessa forma, o artigo apresentou de forma clara e proposital o custo envolvidos em situação real visando mostrar a importância das técnicas de manutenção de toda e qualquer estrutura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, A.B.D.N.T. Edificações habitacionais-Desempenho Parte2: Requisitos para os sistemas estruturais. ABNT. [S.l.], p.32. 2013.
- ABNT, A.B. D.N.T. NBR15575-2 EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS -DESEMPENHO. [S.l.]. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR5674: Manutenção de edificações–Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro ABNT 2012. 25p. ISBN 978-85-07-03557-2
- BRINCO, Camilo Magiero; DOS SANTOS, Yuri Matheus Nunes; ADAMI, Otávio Gonçalves. Estudo dos Custos Gerados por Patologias na Fase Pós-Obrada US–Vila Batista–Vila Velha/ES
- CÁNOVAS, Manuel F. Patologia e terapia do concreto armado; tradução de M. Celeste Marcondes, Beatriz Cannabrava. São Paulo: PINI, 1988.
- CORSINI, R. Trinca ou fissura? *Téchne*, n.160, Julho 2010
- DA SILVA, J. MENDES. Alvenarias não estruturais patologias e estratégias de reabilitação. Seminário sobre paredes de alvenaria, p. 187-206, 2002.
- DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul. 1988.
- DE SOUZA, Marcos Ferreira. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. Monografia (Especialização em Construção Civil: Avaliações e Perícias), Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de Custos: Estimativa de Custos de Obras e Serviços de Engenharia. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBEC, 2011.
- DUARTE, R.B. Fissuras em alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. CIENTEC, Porto Alegre, n25, 45 p, dezembro 1998.
- FONSECA, Eliana Amorim C. Fissuras, trincas, causas, prevenções e terapia em edificações. 2009.
- HELENE, P.R.L. Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto–Reparo, Reforço e Proteção. São Paulo: Red Reabilitar, editores, 2003.
- O INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. IBAPE/SP - 2011: NORMA DE NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL PREDIAL. São Paulo, 2011. 33 p.
- JL SAES, W HACHICH, FF FALCONI. São Paulo: Pini, 1998. 11, 1998. Segurança das fundações e escavações. WC Hachich. Fundacoes: Teoria e Pratica, 1996
- MAMEDE, Fabiana. Projeto em alvenaria estrutural. Especialização em engenharia das estruturas. São Paulo: Universidade de Lins. Notas de aula, abril 2016.
- MIOTTO, Daniela. Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco - PR. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná: Paraná, 2010.
- MUCI, Daniel Wallace Silva; NETTO, José Ricardo Bezerra; SILVA, Rodrigo de Almeida. Sistemas de recuperação de fissuras da interface alvenaria de vedação estrutura de concreto: comparativo entre os processos executivos e análise de custo. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia)–Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil, 2014.
- OLIVEIRA, A.M.D. Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.96. 2012
- PORTO, Thiago Bom Jardim; FERNANDES, Danielle Stefane Guaberto. CURSO BÁSICO DE CONCRETO ARMADO. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 207 p.
- POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. DESEMPENHO, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES: ABORDAGEM GERAL. Técnico-Científica do CREA-PR ISSN 2358-5420, Curitiba, n.1, p. 14, Outubro 2013.
- VEIGA, M.D.R.D.S. Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. [S.l.]. 1998.
- RESENDE, Priscila Barbosa; MARTINS, Ronie Junior Ferreira; FREITAS, Milena Sousa. Fissuras causadas

por movimentações térmicas no concreto. Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, p. 1-10, 2018.

SAHADE,R.F.Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação.Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 188. 2005

SOUZAV.C&Ripper,T(1998). Patologia, Recuperação e reforço de estruturas de concreto.1ªed.São Paulo,Pini.

THOMAZ,E.Trincas em edifícios-causas, prevenção e recuperação.1.ed.São Paulo:PINI:IPT,v.1,1989.

THOMAZ, Ercio. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. Oficina de Textos, 2020.

WERNKE,Rodney.Análise de custos e preços de venda. Saraiva Educação SA,2017.