

## DIAGNÓSTICOS E SOLUÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO DIAGNOSES AND PATHOLOGICAL SOLUTIONS IN REINFORCED CONCRETE

Claudia Luana Izá<sup>1</sup>  
Rubia de Cassia da Costa Greco Tomaz<sup>2</sup>  
João Divino dos Santos Silva<sup>3</sup>

**RESUMO:** A crescente demanda no mercado da construção civil, traz um efeito negativo no produto final desta aceleração. Combinando com os materiais, técnicas construtivas e a mão de obra não qualificada, trazendo consigo as patologias, em especial, em concreto armado. A diminuição da vida útil do empreendimento, traz um transtorno financeiro para o proprietário na recuperação destas patologias. Este trabalho tem como objetivo estudar as principais causas dos problemas patológicos referentes as estruturas de concreto armado, podendo ser elas por falha na execução, no projeto ou até na manutenção durante sua vida útil. Este artigo ressaltará a origem das falhas nas estruturas de concreto armado apontando as quatro principais causas das manifestações patológicas que estão em primeiro lugar, no projeto deficiente; em segundo lugar, em falhas de execução; em terceiro, nos materiais empregados; em quarto, na má utilização dos edifícios pelos usuários. A pesquisa terá método descritivo de caso, abordagem sobre as Patologias no concreto armado, com diagnóstico e soluções patológicas e suas principais ocorrências em relação as falhas, de materiais, de projeto e de execução.

426

**Palavras-chave:** Patologias. Concreto armado. Diagnostico e soluções.

**ABSTRACT:** The growing demand in the construction market has a negative effect on the final product of this acceleration. Combining with materials, construction techniques and unqualified labor, bringing with it pathologies, especially in reinforced concrete. The decrease in the useful life of the enterprise brings a financial disorder for the owner in the recovery of these pathologies. This work aims to study the main causes of pathological problems related to reinforced concrete structures, and may be them due to failure in execution, in the project or even in maintenance during their useful life. This article will highlight the origin of the flaws in reinforced concrete structures pointing out the four main causes of pathological manifestations that are first and foremost in the deficient project; secondly, in execution failures; third, in the materials used; fourth, in the misuse of buildings by users. The research will have descriptive case method, approach on pathologies in reinforced concrete, with diagnosis and pathological solutions and their main occurrences in relation to failures, materials, design and execution.

**Keywords:** Pathologies. Reinforced concrete. Diagnosis and solutions.

---

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Civil, Faculdade Aldete Maria Alves/FAMA, Iturama/MG.

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Civil, Faculdade Aldete Maria Alves/FAMA, Iturama/MG.

<sup>3</sup>Prof. Me. João Divino dos Santos Silva. Docente da Faculdade Aldete Maria Alves/FAMA, Iturama/MG.

## INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, os humanos utilizaram diferentes materiais de construção. Madeira e pedra estabeleciam limites para imaginação arquitetônica antiga. Mas com o aumento do número de construções em concreto armado foi possível observar que edificações semelhantes localizadas em uma mesma região, ou mesmo estruturas semelhantes em diferentes regiões houve várias falhas.

Conforme a Figura 1- Barco de Lambot (1849). A tecnologia do concreto armado ganhou espaço e credibilidade, primeiro na França em 1849, a primeira obra em que foi usado o concreto armado foi um pequeno barco criado por um engenheiro chamado Lambot. Na construção do pequeno barco foram usados, argamassa e fios de aços de pequeno diâmetro. Em 1855, na exposição mundial de Paris, Lambot expos seu pequeno barco e solicitando sua patente. \*

**Figura 1** - Barco de Lambot



**Fonte:** Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/oinicio-do-concretoarmado-no-brasil.>>. Acesso em: 01 set.2022

Lambot, apesar de ser engenheiro, não foi convincente em suas argumentações junto às associações de normas técnicas da época. Monier como horticultor e paisagista, sem a pretensão de convencer ninguém, aproveitou a ideia de Lambot e passou a construir suas caixas de plantas que antes eram de madeiras e estragavam muito rapidamente, devido a

esse caso construiu vasos de cimento armado, do jeito que melhor lhe parecia ficar. Com as malhas de ferro dava os formatos que queria às suas caixas e vasos e, com cimento, preenchia os espaços e efetuava o cobrimento da armadura. Monier produziu, utilizou e vendeu uma grande quantidade dos seus vasos e caixas de cimento armado. Gostou tanto dessa atividade que desistiu de ser paisagista, horticultor e comerciante de plantas ornamentais, para se dedicar à nova arte. Em 1875 construiu uma ponte de 16,5 metros de vão e 4,0 metros de largura imitando troncos e ramificações de árvores nas propriedades do Marquês de Tillière (Figura 2). \*

**Figura 2** - Primeira ponte construída [por Joseph Monier]



**Fonte:** <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/09/uma-breve-historia-do-concreto-armado.html>

No Brasil Emílio Henrique Baumgart graduou-se engenheiro civil na antiga Escola Politécnica do Rio de Janeiro, Largo São Francisco/RJ, atual Escola de Engenharia da UFRJ. Estagiou e trabalhou na Firma L. Rielinger onde teve ocasião de projetar entre outras obras notáveis, a estrutura da Ponte Maurício Nassau, a primeira a ser construída no Recife/PE. Emílio Baumgart tornou-se um nome expressivo da primeira fase da arquitetura modernista brasileira, Baumgart foi também o precursor de uma verdadeira linhagem de profissionais

especialistas em cálculo estrutural, cujos nomes são marcos referenciais na engenharia brasileira. Ficando conhecido como o "Pai do concreto armado".

**Figura 3** – Ponte Maurício de Nassau, em 1935.



429

**Fonte:** <https://classicalbuses.blogspot.com/2020/06/recifepontemauricio-de-nassau-1935.html>

A era de ouro da Engenharia Civil brasileira ocorreu na década de 1970, durante o chamado "milagre brasileiro", período marcado por forte crescimento econômico. Além dos milhares de edifícios residenciais, outros edifícios de características e dimensões marcantes emergiram rapidamente em todo o país como a hidrelétrica de Itaipu, a ponte Rio-Niterói, a usina nuclear de Angra dos Reis e a rodovia dos imigrantes. No entanto, a velocidade com que o mercado da construção civil se expandiu acabou incentivando a adoção de técnicas construtivas ainda não aperfeiçoadas e, além disso, demandou o emprego de mão de obra pouco qualificada.

No Brasil, a maioria das estruturas foram e ainda são construídas com concreto armado. Essa situação justifica o fato de o concreto armado ser o material basicamente abordado neste trabalho. A execução correta envolve o estudo do traço, além da correta

dosagem, manuseio e cura, manutenções preventivas periódicas e proteção contra agentes agressivos.

Assim quais são as principais causas dos problemas patológicos referentes as estruturas de concreto armado?

Para isso precisa-se saber quais os principais conceitos envolvendo manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, incluindo causas, origens em decorrência aos vícios construtivos nas construções, diagnósticos e reparos; quais as patologias mais frequentes que ocorrem em concreto armado; estudar a sintomatologia nas estruturas da construção civil constituídas por concreto armado e quais as metodologias de recuperação adotadas.

## **2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

A pesquisa terá método descritivo de caso, abordagem Quali-Quantitativa sobre as Patologias no concreto armado, com diagnóstico e soluções patológicas e suas principais ocorrências em relação as falhas, de materiais, de projeto e de execução. Ressaltará que um primeiro passo para corrigir problemas e anomalias em edificações defeituosas ou alteradas por mau uso é diagnosticar a condição existente.

430

O planejamento é fundamental para garantir a eficiência e a segurança dos reparos, principalmente quando se trata de estruturas. Para que isso ocorra é necessária uma inspeção inicial para detalhar os recursos a serem usados, incluindo planos de visitas, amostragem e testes, e se é necessária uma intervenção urgente. Subsequentemente, uma inspeção visual deve ser realizada para documentar anomalias, complementada por testes de impacto para verificar a extensão das áreas onde há corrosão do vergalhão, sinais de penetração, que poderão estar presentes. Este trabalho justifica-se porque o concreto não pode ser considerado como um material homogêneo, denso e inerte ao meio ambiente por ser um sistema heterogêneo de diferentes componentes (como cimento, água, aditivos, aço etc.) meio capaz de se rebelar contra alguns de seus componentes.

O que foi projetado para a estrutura não pode ser comprometido por outras fases da construção, pois esses erros gravíssimos não dariam suporte ao conteúdo planejado com base

em erros de projeto, falta de controles de materiais e inspeções preventivas. (SOUZA E RIPPER, 1998)

## **2.1 CONCEITO DE PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

De acordo o dicionário Michaelis (2015), Patologia é ciência que estuda todos os aspectos das doenças, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências.

O termo Patologia é aplicado nas mais diversas áreas e em determinados tipos de atividades como objeto de estudo. Assim como na medicina, o estudo das patologias é feito para descobrir e reverter o caso de uma determinada doença, assim a engenharia civil tem usado o termo Patologia, para descobrir as possíveis causas e soluções que as manifestações patológicas causam nas edificações.

Para Souza e Ripper (1998, p.14), Patologia das Estruturas define-se como “campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”.

431

O presente artigo tem como finalidade expor de forma bibliográfica a importância os principais conceitos envolvendo manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, incluindo causas, origens em decorrência aos vícios construtivos nas construções, diagnósticos e reparos.

## **2.2 TIPOS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Manifestação patológica são os problemas visíveis ou observáveis, com indicativos de falhas do comportamento normal de uma estrutura, ou seja, resultados decorrentes das patologias.

As principais manifestações patológicas nas edificações são: Fissuras; Manchas; Eflorescência; Corrosão da armadura de aço e Deterioração do concreto armado

## **2.3 CAUSAS E ORIGENS DAS PATOLOGIAS**

O profissional despreparado encontra soluções e procedimentos errados no momento da construção se iludindo que a economia de tempo, economia de materiais, falta de mão de

obra qualificada, vícios construtivos não trará prejuízo no decorrer do tempo. Experiências mostram que tais atitudes resultam desde pequenas a grandes patologias em relação às construções. Segundo (MARCELLI, 2007 p. 11),

Essa conduta às vezes é induzida por maus profissionais, que se julgam na maioria das vezes muito experientes e competentes pra desprezar as boas técnicas, e usam como argumento para defender suas opiniões o fato de já terem executado inúmeras obras daquele jeito “errado” e nunca tiveram nenhum tipo de problema.

### 2.3.1 PROJETO DEFICIENTE

Na etapa de concepção da estrutura (projeto), de acordo com Souza e Ripper (1998, p.24),

AS dificuldades técnicas e o custo para solucionar um problema patológico originado de uma falha de projeto são diretamente proporcionais à "antigüidade da falha", ou seja, quanto mais cedo, nesta etapa da construção civil, a falha tenha ocorrido. Uma falha no estudo preliminar, por exemplo, gera um problema cuja solução é muito mais complexa e onerosa do que a de uma falha que venha a ocorrer na fase de anteprojeto.

Para Bolina, Tutikian e Helene (2019) a vida útil de um projeto é uma definição teórica cujo valor real deve ser estabelecido durante a fase de projeto do edifício. Este período orientará o processo detalhado de toda a obra e confirmará como o edifício será utilizado. É responsabilidade de todos os envolvidos na construção construir ativos que atendam, no mínimo, a vida útil do tempo definido do projeto.

432

Para Bolina, Tutikian e Helene (2019, p.27) “é de responsabilidade do incorporador, em consonância com os projetistas, definir o nível de desempenho almejado. Esse é o ponto de partida. Cabe também a ele identificar todos os riscos previsíveis na época do projeto”

### 2.3.2 FALHAS DE EXECUÇÃO

No trabalho de construção alguns erros são graves e proeminentes. Conforme Souza e Ripper (1998) apontam, a sequência lógica do processo de construção civil sugere que a fase de execução deve iniciar-se após a fase conceitual e terminar com todos os estudos e projetos a ela inerentes. Assim, supondo que isso tenha acontecido com sucesso, a fase de execução pode começar convenientemente, cuja primeira atividade será planejamento de trabalho, personalização através de planejamento de atividades e alocação de mão de obra.

De acordo com a execução para Souza e Ripper (1998, p. 25),

Neste ponto, fazem-se necessárias duas observações. A primeira diz respeito à seqüência natural do processo genérico, ou seja, o critério de que só seja iniciada a etapa de execução após estar concluída a de concepção. Isto, embora seja o lógico e o ideal, raramente ocorre, mesmo em obras de maior vulto, sendo prática comum, por exemplo, serem feitas adaptações - ou mesmo modificações de grande monta - no projeto já durante a obra, sob a desculpa, normalmente não válida, de serem necessárias certas simplificações construtivas, que, na maioria dos casos, acabam por contribuir para a ocorrência de erros.

A segunda observação diz respeito ao processo industrial denominado de construção civil, completamente atípico quando se olha a atividade industrial como um todo, pois que nesta os componentes passam pela linha de montagem e saem como produtos terminados, enquanto na construção civil os componentes são empregados, em determinadas atividades, em locais de onde não mais sairão - exceção feita às estruturas pré-fabricadas, que seguem, grosso modo, o roteiro normal da produção industrial, a menos da etapa de montagem final.

Souza e Ripper (1998) diz que, “Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto,”

Em determinadas atividades como execução de obra em estruturas de concreto armado, desde a fabricação até a cura, acontecem problemas patológicos da fase de execução, onde o processo de produção pode ser muito prejudicado, refletindo diretamente em problemas econômicos, baixa qualidade técnica, trabalhadores com mão obra desqualificada, ou mesmo uma pessoa que tenha certas qualificações profissionais podem deixar passar o que pode ser executado de forma correta.

433

### 2.3.3 MATERIAIS EMPREGADOS

Alguns materiais, quando utilizados de maneira incorreta ou sem especificação, podem causar muitos danos em uma construção, trazendo com isso grandes prejuízos financeiros. Entre eles pode-se citar o concreto, o aço, e os aditivos.

A forma como os insumos são movimentados e utilizados é outro fator que aumenta o desperdício de materiais de construção civil. O layout físico de um canteiro de obras afeta a produtividade da construção e o transporte de materiais. Quando os funcionários têm que percorrer menos distâncias, além de melhorar a comunicação da equipe, a incidência de quebra de material é reduzida. Banib (2019)

### **2.3.4 MÁ UTILIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS PELOS USUÁRIOS**

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 27),

Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de manutenção, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de alocação de verbas para a manutenção pode vir a tornar-se fator responsável pelo surgimento de problemas estruturais de maior monta, implicando gastos significativos e, no limite, a própria demolição da estrutura.

## **3 AS PATOLOGIAS MAIS FREQUENTES QUE OCORREM EM CONCRETO ARMADO**

Depois de ressaltado a origem das falhas nas estruturas de concreto armado apontando as quatro principais causas das patologias que estão em primeiro lugar, no projeto deficiente; em segundo lugar, em falhas de execução; em terceiro, nos materiais empregados; em quarto e a má utilização dos edifícios pelos usuários, é essencial diagnosticar as patologias mais frequentes em uma estrutura em concreto armado.

### **3.1 DIAGNOSTICO DAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

434

Se for comprovado que uma estrutura de aço ou concreto armado está "enfermo", que causam problemas patológicos, Souza e Ripper (1998) diz que, torna-se necessário realizar uma inspeção detalhada e cuidadosamente planejada para que se possa estabelecer o real estado da construção avaliar os desvios existentes, suas causas, as medidas a serem tomadas e os métodos a serem aplicados para restauração ou melhoria.

Os métodos usuais são: coleta de dados, análise e diagnóstico. A fase de coleta de dados é extremamente delicada e deve ser realizada por um engenheiro experiente, patologista estrutural, que possa caracterizar com precisão a necessidade ou ausência de medidas especiais.

Essa é a etapa que fornece os subsídios necessários para que a análise seja realizada corretamente. De acordo com Souza e Ripper (1998) alguns deles são: Análise do projeto original, bem como de eventuais projetos de modificação e ampliação, a fim de identificar possíveis carências na construção ou dimensionamento dos componentes avariados; pesquisa e testes: verificação das dimensões dos elementos (seções de concreto, armaduras,

revestimentos, etc.) e levantamento geotécnico avaliação da resistência do concreto e das características do aço, etc.

A segunda etapa, de acordo com Souza e Ripper (1998) a análise dos dados, deve levar o analista a uma perfeita compreensão do comportamento da estrutura e de como os sintomas patológicos surgem e se desenvolvem.

A última etapa, o diagnóstico, só pode ser realizada após a conclusão das etapas de investigação e análise. Muitas vezes temos que voltar ao primeiro estágio porque é somente após algumas tentativas de diagnóstico que percebemos que novos elementos precisam ser coletados e analisados. Souza e Ripper (1998).

Por isso Souza e Ripper (1998), diz:

O diagnóstico, dependendo de uma série de fatores (econômicos, técnicos, de segurança e de conforto), poderá levar o analista a conclusões diversas, inclusive, em casos extremos, a recomendar a utilização condicionada ou mesmo a demolição da estrutura, já que o binômio custo-benefício pode indicar a inviabilidade de se efetuar a recuperação ou o reforço, em virtude da extensão dos danos e do alto custo envolvido”. (Souza e Ripper 1998, p.81).

### 3.1.1 FALHAS NO PROJETO

435

No caso de estruturas de concreto armado, o erro mais comum é quando o projetista responsável esquece de combinar o projeto estrutural com o projeto de instalação (hidráulica e elétrica), o que pode acarretar a execução de furos não previstos nos elementos estruturais e assim fazendo os mesmos perderem resistência. Esses furos podem acarretar na necessidade de reforços estruturais e conseqüentemente aumentando o custo da obra.

### 3.1.2 FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

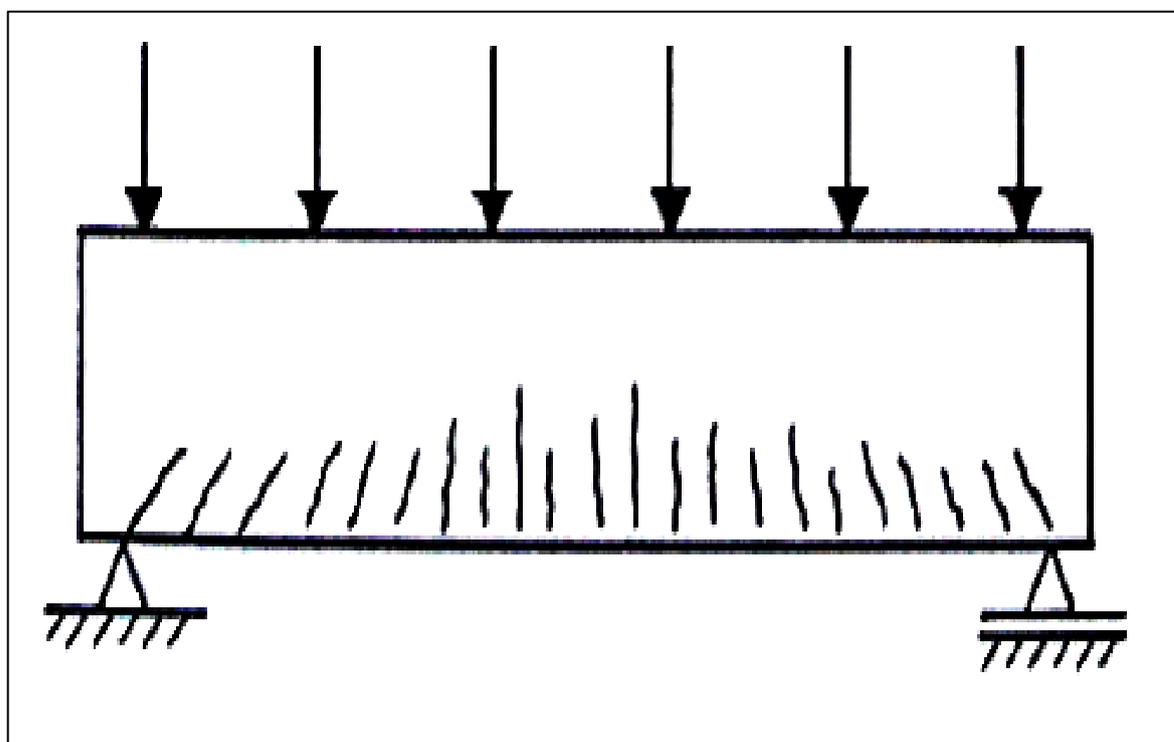
As fissuras devem ser analisadas criteriosamente por profissionais especializados para que posteriormente seja determinada a causa patológica e se o reparo estrutural é possível.

As trincas são um tipo de fissuras, mas que ainda atuam na estrutura por motivos patológicos mais complexos, de acordo com Souza e Ripper (1998) “Nas situações de corrosão de barras da armadura de um pilar surgem trincas concreto de cobrimento que, em casos mais avançados, resultam no deslocamento do concreto.”

### 3.1.2.1 FISSURAS POR FLEXÃO

No caso em que a viga é submetida à flexão, Thomaz (2014) afirma que as fissuras aparecem perpendicularmente à tensão de tração, ou seja, elas são na verdade perpendiculares no centro do vão e se deslocam em direção ao ponto de tensão máxima no elemento, neste caso parte inferior da viga. Essas fraturas tendem a ter uma inclinação de cerca de  $45^\circ$  em relação ao eixo horizontal. como mostrado na figura 4 abaixo:

**Figura 4** - Viga Isostática submetida à flexão

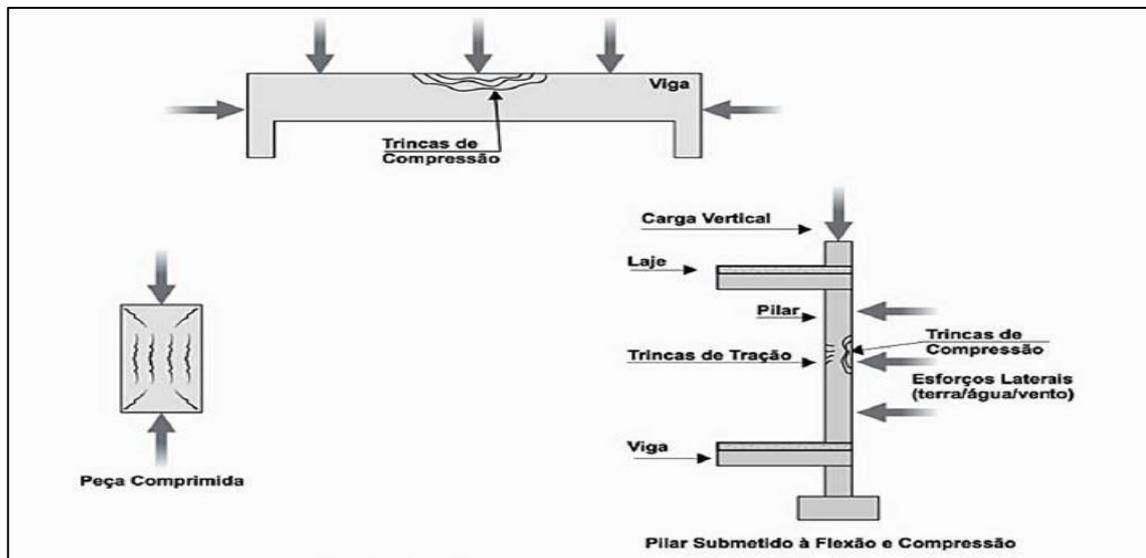


**Fonte:** (Thomaz, Ercio, 2014)

### 3.1.2.1 FISSURAS POR COMPRESSÃO

Para Marcelli (2007), as trincas de compressão são mais preocupantes e preocupantes do que as trincas de flexão. Isso porque o concreto é um material com baixa resistência à tração e alta resistência à compressão, portanto, quando a compressão cria fissuras, a situação é grave e pode indicar colapso da estrutura, principalmente em (vigas e pilares) que não suportam sua carga projetada. Em alguns casos a estrutura pode estar sofrendo com esforços de tração e de compressão ao mesmo tempo. A figura 5 nos mostra tal ação.

**Figura 5 - Trincas por compressão**



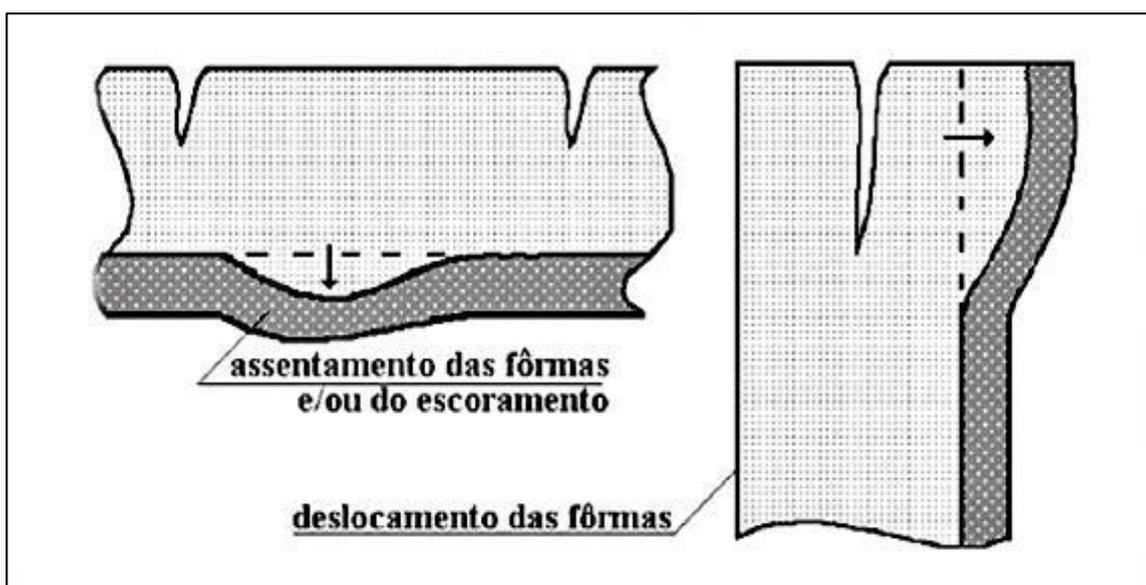
Fonte: (Marcelli, 2007)

### 3.1.2.2 FISSURAS PROVENIENTES DE FORMAS E ESCORAS

De acordo com NBR 14931/2004: Execução de estruturas de concreto – Procedimento, escoras e formas não devem ser movimentados ou retiradas dos elementos estruturais antes que o concreto tenha atingido a resistência necessária para resistir aos esforços a que estão sendo submetidas, evitando deformações.

437

**Figura 6 - Fissuração por movimentação de fôrmas e escoramentos**



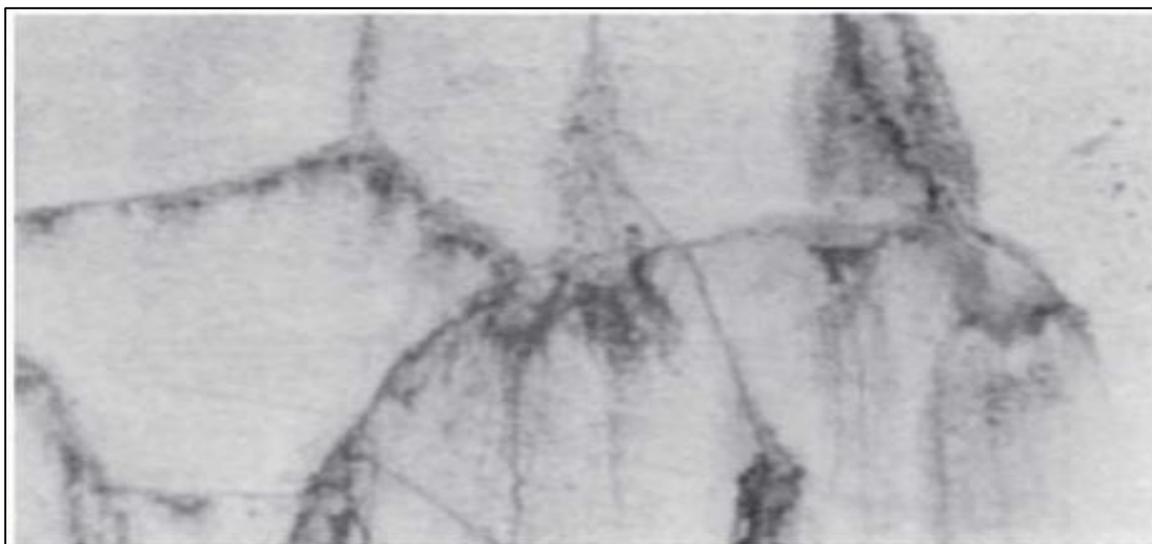
Fonte: (Souza & Ripper, 2009)

### 3.1.2.3 FISSURA POR RETRAÇÃO DO CONCRETO

Souza e Ripper (1998, p. 63) define que:

A retração do concreto é um movimento natural da massa que, no entanto, é contrariado pela existência, também natural, de restrições opostas por obstáculos internos (barras de armadura) e externos (vinculação a outras peças estruturais). Se este comportamento reológico não for considerado, quer em nível de projeto, quer de execução, são grandes as possibilidades do desenvolvimento de um quadro de fissuração, que pode levar à formação de trincas que seccionem completamente as peças mais esbeltas, como no caso de lajes e paredes.

**Figura 7 - Fissuração por retração do concreto**



**Fonte:** (Souza & Ripper, 2009, p. 63)

As três mais importantes são a contração química, a contração por secagem e a contração por carbonatação. A retração química é uma reação que ocorre na fase inicial do preparo no volume entre o cimento e a água. A retração por secagem, ocorre quando a mistura sofre perda excessiva de água. A retração por carbonatação é o processo pelo qual a cal hidratada reage com o dióxido de carbono para reduzir o volume do concreto e a ação da água.

### 3.2 AÇÕES FÍSICAS

Considera-se como principais ações físicas, que originam a degradação de estruturas, as variações de temperatura, incidência direta do sol e ação da água.

A variação de temperatura atua como fator gerador de manifestações patológicas quando não se dá atenção aos danos que ela pode levar a um elemento estrutural.

Segundo Thomaz (1989), qualquer material utilizado na estrutura irá expandir e contrair devido às mudanças de temperatura. A intensidade dessa mudança que qualquer elemento estrutural experimentará varia de um material para outro e, com poucas exceções, pode-se supor que o movimento experimentado em todas as direções é quase sempre o mesmo.

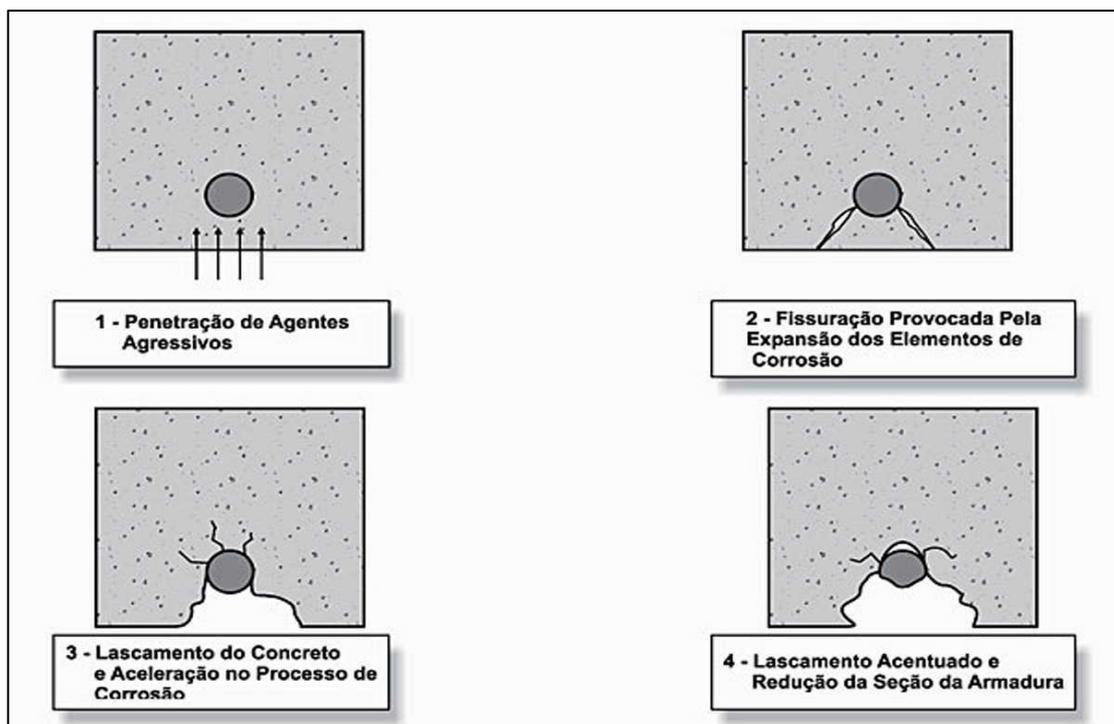
### 3.3 PROCESSO DE CORROSÃO DAS ARMADURAS

De acordo com Trindade (2015) A corrosão do aço tem sido uma das principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, ocasionando grandes danos e perdas. Esse processo deve ser totalmente compreendido para evitar que isso aconteça, restaurando elementos estruturais atacados para evitá-lo depois de curado

Marcelli (2007) destacou que a corrosão das armaduras consiste em processos eletroquímicos, cuja eficiência pode ser potencializada pelos seguintes fatores: agentes erosivos externos e internos, adicionados ao concreto, ou mesmo gerados pelo ambiente. Para que a corrosão realmente ocorra, é necessária a presença dos elementos: a presença de oxigênio e umidade, e o estabelecimento de uma célula eletroquímica.

439

**Figura 8 -** Processo de corrosão na armadura.

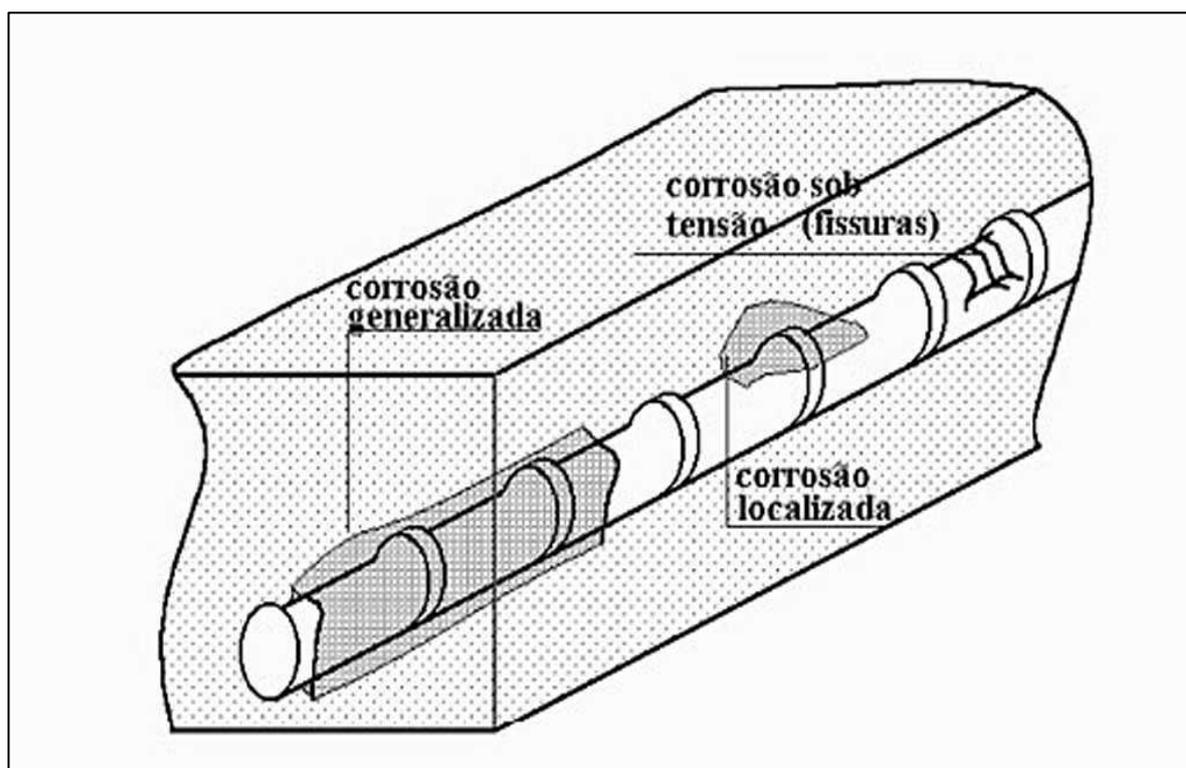


**Fonte:** MARCELLI (2007).

### 3.3.1 CORROSÃO EM PONTOS LOCALIZADOS

Segundo Souza de Ripper 1998, p.65 “Para entender-se o fenômeno, deve-se ter em mente que a solução aquosa a que se referiu resulta da parcela do excesso da água de amassamento do concreto que não é absorvida pela superfície dos furos e normalmente vai preencher os veios capilares do concreto”. O pH do meio aquoso existente no interior do concreto é bastante alcalino (entre 12.6 e 14), como resultado da própria reação entre a água e os sais minerais que compõem o cimento. Sempre que o nível de alcalinidade for superior a 9, estará garantida a criação da já referida película passivante, pelo contato entre a ferrugem superficial das barras e a água. Os três tipos de corrosão acima relacionados estão esquematicamente representados abaixo na figura 9.

**Figura 9** - Tipos de corrosão de uma barra de aço imersa em meio concreto



Fonte: Souza e Ripper (1998)

Rachaduras e deterioração contínua do concreto, como em todas as trincas, o processo é agravado porque a exposição direta a substâncias agressivas para a atmosfera aumenta e acelera a corrosão, ao mesmo tempo em que combina a corrosão localizada com outra corrosão extensa, rachaduras se formaram ao longo de todo o comprimento do vergalhão.

### 3.4 AÇÕES QUÍMICAS

Os produtos químicos, considerando fontes extrínsecas de decomposição, afetam a vida das estruturas e atuam de forma semelhante às substâncias endógenas. Vários agressores podem ser citados: ar e gases, água agressiva, água pura, reação com ácidos e sais, reação com sulfatos e dióxido de carbono com problemas de carbonização. De acordo com Marcelli (2007 p.90)

O mecanismo de corrosão pode ser dividido em duas etapas. A primeira, devido a reações químicas, em que ocorre uma oxidação do aço pelo ataque de gases, formando películas de oxido; isso se dá logo após a sua laminação, podendo servir de proteção temporária, dependendo das condições a que ele ficar exposto. A segunda e mais importante para as estruturas de concreto armado é o ataque eletroquímico, causando a chamada corrosão do aço.

Segundo Neville (2013, p. 259), “O concreto atacado por sulfatos tem uma aparência característica, cor esbranquiçada, com a deterioração começando pelas bordas e cantos, seguida por fissuração e lascamento do concreto”.

### 3.5 DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO

441

Souza e Ripper (1998) diz que, a desagregação deve ser entendida como a separação física de fatias de concreto; perdendo a sua integridade sua função perderá sua resistência local e global.

O processo de corrosão do concreto depende muito das propriedades do meio onde ele se encontra, incluindo a concentração de ácidos, sais e bases, como das propriedades do próprio concreto. O concreto, quando de boa qualidade, é um material bastante resistente à corrosão, embora também possa vir a sofrer danos quando em presença de alguns tipos de agentes agressores. Já o concreto de má qualidade, ou seja, o concreto permeável, muito poroso, segregado ou confeccionado com materiais de má qualidade ou impuros, é facilmente atacável por uma série de agentes.

Esse fenômeno que ocorre no concreto é semelhante à osteoporose nos ossos humanos e pode causar danos aos elementos estruturais em um período de tempo relativamente curto. Os processos de erosão, mas frequentes são: vazamento, descamação e rachaduras conforme indicados na **figura 10**.

**Figura 10** - Deterioração de um pilar



Fonte: prezi.com (Alisson Pereira)

#### **4 PRICIPAIS METODOLOGIAS DE RECUPERAÇÃO ADOTADAS NAS PATOLOGIAS DO CONCRETO ARMADO**

As vulnerabilidades em cada estrutura devem ser sempre perfeitamente identificadas, seja na fase de projeto ou na execução, para que sejam estabelecidos cronogramas de inspeção mais intensivos e sistemas de manutenção específicos para esses pontos. Ficou claro durante a pesquisa que é preciso definir uma estratégia de manutenção para cada trabalho, quando o projeto em si, é especialmente uma estrutura em concreto armado em suas partes principais. Veremos a seguir quais são as principais patologias que mais causam problemas após as construções e como podem ser solucionadas.

442

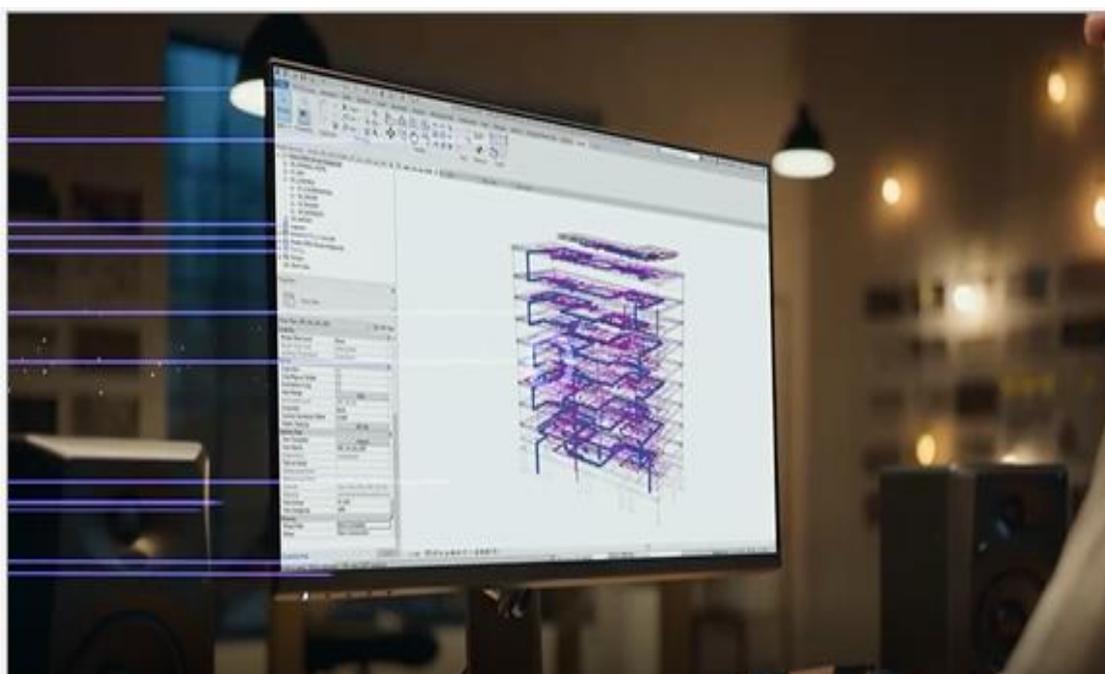
##### **4.1 FALHAS NO PROJETO**

Apesar da existência de computadores poderosos e programas complexos, o cálculo para qualquer tipo de estrutura ainda encontraremos algumas falhas no projeto e no dimensionamento de itens estruturais. Outro erro comum é usar um computador para calcular três dimensões em vez de definir corretamente o conceito estrutural. De acordo com a AUTODESK® (2022), a metodologia BIM é muito utilizada já a alguns anos. Os benefícios do BIM são vistos nas equipes, na conexão de fluxos de trabalho e dados ao longo do projeto

O ciclo de vida, desde o projeto até a construção e as operações, entrega melhores formas de trabalho e melhores resultados.

A AUTODESK® (2022), conceitua como BIM (Building Information Modeling) que é o processo holístico de criação e gerenciamento de informações para recursos de construção. Baseado em modelos inteligentes e suportado por plataformas em nuvem, conforme mostra a figura 11 abaixo

**Figura 11 - Integração de projetos BIM**



Fonte: Autodesk®

#### **4.2 FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Tomaz (1989) afirmou que qualquer material usado em uma estrutura se expandir e se contrair, isso ocorre devido a variações de temperatura. A intensidade dessa variação, que qualquer elemento estrutural sofrerá, varia de material para material, podendo-se supor, com algumas exceções, que os movimentos sofridos são quase sempre os mesmos em todas as direções. Os engenheiros estruturais devem estar cientes deste fato e projetar juntas de dilatação, se necessário, para evitar trincas nos componentes estruturais. Outro ponto que vale a pena prestar atenção quando o assunto é temperatura é a diferença de temperatura entre um rosto e outro.

Por exemplo, em uma laje de cobertura, que recebe luz solar forte do lado de fora, elas acabam sofrendo um gradiente térmico, ou seja, as aparências externa e interna apresentam temperaturas diferentes. Como resultado, ela sofrerá mais expansões que podem rachar.

#### 4.3 PROCESSO DE CORROSÃO DAS ARMADURAS

Como foi visto a corrosão acontece em duas etapas. Primeiro, por reações químicas, onde aço é atacado por gases e oxida. A segunda e mais importante de todas as estruturas de concreto armado é a corrosão eletroquímica, que causa o que é conhecido como corrosão do aço. O primeiro sinal é o ataque dos estribos às vigas e pilares ao se aproximarem da superfície externa da peça de concreto, principalmente quando não há espaçadores na armadura. de acordo com MARCELLI (2007 p. 215);

Outro fator importante a ser levado em consideração é o cobrimento das armaduras; quando estão muito na superfície do elemento estrutural, o concreto não consegue proteger a ferragem do calor por muito tempo, permitindo romper o concreto com maior facilidade, uma vez que se aquecem e se resfriam com mais facilidade, primeiramente devido ao fogo e depois pela água utilizada no combate ao fogo, que provoca um choque térmico e fissuras a ponto de destacar o concreto que está cobrindo a armadura.

444

A vibração e o adensamento do concreto são outras tarefas que, se não realizadas corretamente, podem levar à formação de vazios na massa e irregularidades superficiais (chamadas bolhas), que comprometem a estética. A falta de limpeza das formas antes da concretagem e a aplicação de desmoldantes, provoca deformações e “entupimentos” naturais nos elementos estruturais (resultando na necessidade de depósitos de argamassa maiores do que o habitual e, conseqüentemente, na sobrecarga da estrutura. Conforme (Souza e Ripper, 1998, p.33)

Deficiências nos sistemas de ancoragem, com utilização indevida de ganchos (na compressão, por exemplo), que, muitas vezes, só vêm a introduzir estados de sobretensão (como já se referiu, para o caso do dobramento). Outra situação falha é a registrada com a não observância do correto comprimento de ancoragem, necessário para redução, ao mínimo, dos esforços transferidos ao concreto. Em ambos os casos, o resultado será o surgimento de um quadro que, algumas vezes, poderá trazer conseqüências bastante graves;

#### 4.4 DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO

Em relação à incidência das manifestações patológicas, percebe-se a predominância da corrosão das armaduras associada a um ou mais dos eventos: cobertura deficiente, fissuras, infiltrações, presença contínua de umidade, agressividade no ambiente e falta ou deficiência de manutenção.

De acordo com CUNHA, Manuel et al.; (2013) em locais com erosão e desagregação,

A inspeção visual, a olho nu, ou com uso de máquinas de filmar ou fotografar é a técnica mais utilizada na avaliação do estado de corrosão de obras de arte em concreto armado. A inspeção visual é uma técnica sempre confirmativa do processo corrosivo, mas dificilmente consegue antecipar outros problemas corrosivos que estejam em formação.

Pode se fazer a limpeza com jatos de areia e água e recuperação da peça com concreto. Entretanto, deve se analisar primeiramente o estado das armaduras, através de ensaios de profundidade de carbonatação ou de potencial de corrosão por exemplo. Caso constatado a corrosão, deve se fazer a retirada do concreto, limpeza da base, revestimento das armaduras com tintas anticorrosivas ou substituição e, por fim, recuperação do concreto. É de importância ressaltar a necessidade da utilização de concretos de boa qualidade e baixa permeabilidade, além da utilização de maiores cobrimentos para que as armaduras inseridas no concreto possuam maior proteção. Souza e Ripper (1998)

445

Essa análise também deve ocorrer em locais com manchas alaranjadas e marrons, que possuem essa coloração devido à ferrugem. Em locais que apresentam manchas causadas por agentes externos sugere se limpeza e pintura.

Para tais soluções Souza e Ripper (1998), onde houver desgaste, jatos de areia e água podem ser usados para limpar e restaurar peças de concreto. No entanto, a condição da armadura deve primeiro ser analisada. Se for observada corrosão, o concreto deve ser removido, o substrato deve ser limpo e pintado com tinta anticorrosiva ou a armadura deve ser substituída e, finalmente, o concreto deve ser reciclado.

Há vários tipos de soluções que o concreto corrosivo pode ser recuperado, as vezes pode- se chegar ao ponto de haver demolição, mas há também outro fator que o profissional da área pode ser forçado a outros métodos, um que pode ser totalmente demolido ou concertado em último caso usar a solução mais agressiva, caso não haja recuperação de um todo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto e avaliado nesta pesquisa, devido a velocidade com que o mercado da construção civil se expandiu acabou incentivando a adoção de técnicas construtivas ainda não aperfeiçoadas e, além disso, demandou o emprego de mão de obra pouco qualificada. Problemas com a deterioração das estruturas e seus materiais constituintes são muitas vezes o resultado de um projeto ruim ou construção descuidada e, infelizmente, essas deficiências permanecem comuns e causam falhas.

Em alguns casos a estrutura precisará ser reparada ou reforçada (ou até mesmo demolida em casos extremos). Nesta pesquisa mostrou vários motivos que podem levar a esses extremos como: como ignorar detalhes, ser muito ousado, falta de conhecimento de materiais de construção, limitações de custo e prazo, ou negligência ou fraude.

Portanto, durante a fase de elaboração de um projeto, é muito importante usar métodos como projetos de alta resolução, que podem ver lá no futuro na hora da execução um problema previsto. Adequar o ambiente de trabalho com mão de obra qualificada é a maneira mais assertiva de utilizar os materiais a serem empregados, tomando as precauções necessárias para evitar as manifestações patológicas e lidar com elas caso isso ocorra.

A eficácia dos sistemas de avaliação de causas estruturais e condições gerais de operação indica se há necessidade de ação imediata para implementar procedimentos de emergência ou para evitar o colapso estrutural.

Como mencionado anteriormente, os métodos disponíveis para trabalhos de reparo ou reforço vão desde o simples lixamento ou dobra da superfície até a substituição do concreto danificado ou substituir um reforço original. Qualquer que seja a natureza do trabalho a ser executado, deve-se empregar uma metodologia de procedimentos que visa preparar adequadamente a área a ser reparada e limpar minuciosamente a superfície na qual o material de reparo será aplicado, devendo assim ter o máximo de cuidado, prestando atenção aos detalhes e tentando consertar a situação em vez de piorá-la.

A integridade estrutural, portanto, requer planejamento adequado, execução e manutenção cuidadosa.

Toda as precauções podem ser tomadas e os sintomas patológicos da Construção Civil na área do Concreto armado podem ser resolvidos logo no começo, com uma boa

elaboração de projeto, execução e manutenções preventivas para que não ocorra tais manifestações.

Caso ocorra tais manifestações patológicas, ver os problemas antes deles darem sinais de doenças pode impedir que o pior venha a acontecer. Para isso, quanto mais estudo, pesquisas e qualificações, colocando tudo isso em pratica, apesar de mesmo assim ocorrer alguns erros, podemos, como Engenheiros salvar vidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR:14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 53p.

BANIB CONECTA. **Como reduzir o desperdício de material na construção civil?** Agosto de 2019. Disponível em: <<https://blog.banib.com/como-reduzir-o-desperdicio-de-material-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2022.

BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Patologias de Estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CUNHA, Manuel et al. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise**. Elsevier Brasil, 2013.

447

MICHAELIS, Dicionário online. **Patologia**. Disponível em <<https://michaelis.uol.com.br/busca?r=o&f=o&t=o&palavra=patologia>>. Acesso em: 09 de maio de 2022.

FORUM DA CONSTRUÇÃO. **Estruturas de concreto: 7 motivos que podem demandar uma intervenção**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2460>>. Acesso em 05 de junho de 2022.

GAIA, Tamara Aparecida. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. Estudo de caso: recuperação da platibanda do palácio Barriga Verde – prédio da assembleia legislativa de Santa Catarina – ALESC**. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. Palhoça, 2018. 83p.

GUERRA, Ruy Serafim de Teixeira. **Uma breve história do concreto armado**. Clube do concreto, julho de 2013. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/09/uma-breve-historia-do-concreto-armado.html>>. Acesso em: 01 de setembro de 2022.

HEERDT, Giordano Bruno; PIO, Vanessa Mafra; BLEICHVEL, Natália Cristina Thiem. **Principais patologias na construção civil**. Trabalho de Graduação, Bacharelado em

Engenharia Civil - Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – UNIASSELVI/FAMESUL, Rio do Sul: 2016.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros da construção civil: Causas e soluções para danos e prejuízos em obras.** São Paulo: Pini, 2007. 271p.

MAPA DA OBRA. **Problemas causados pela lixiviação do concreto.** Mapa da obra, julho de 2017. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto>>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

PEREIRA, Alisson. **Segregação e Desagregação.** Prezi, agosto de 2014. Disponível em: <<https://prezi.com/qqh6pbio7s7/segregacao-desagregacao/>>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

RIBEIRO, D. V., Sales, A., SOUZA, C., Almeida, F. C. R., Cunha, M. P. T., Lourenço, M. Z., & Helene, P. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise.** 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 405p.

SANTOS, Lauro Modesto dos. **A origem do concreto armado.** O Século XX, P. 37 – 46, dezembro de 2014. Disponível em: <<https://oseculoxx.blogspot.com/2014/12/a-origem-do-concreto-armado.html>>. Acesso em: 01 de setembro de 2022.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998. 257p.

448

TECNOSIL. **Corrosão de armadura: o que causa e como amenizar esse dano?** Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/corrosao-de-armadura-o-que-causa-e-como-amenizar-esse-dano/>>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

TECNOSIL. **Manifestação patológica: Segregação do concreto (bicheira no concreto).** Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/manifestacao-patologica-segregacao-do-concreto-bicheira-no-concreto/>>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em estruturas de concreto armado.** Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa maria - RS, 2015.