

**UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DOUGLAS FERNANDES RODRIGUES**

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

**PUBLICAÇÃO N°:**

**CERES / GO**

**2020**

**DOUGLAS FERNANDES RODRIGUES**

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

**PUBLICAÇÃO Nº:**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADOR: Me. GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JÚNIOR**

**CERES / GO: 2020**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

RODRIGUES, DOUGLAS FERNANDES.

Patologias em estruturas de concreto armado.

(UniEvangélica, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UnIEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Patologias

3. Estruturas

2. Concreto Armado

4. Causas e Efeitos

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

RODRIGUES, D. F. Patologias em estruturas de concreto armado. Publicação 000, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, ceres, GO 2020.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR : Douglas Fernandes rodrigues

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:  
Patologias em estruturas de concreto armado.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Douglas Fernandes Rodrigues  
CEP 76310 000 – Rialma/GO – Brasil.

**DOUGLAS FERANDENS RODRIGUES**

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**Me. GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JÚNIOR**  
**( Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) -Campus Ceres).**  
**ORIENTADOR.**

---

**Esp. LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO**  
**(Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) -Campus Ceres).**  
**EXAMINADOR INTERNO.**

---

**Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS**  
**(Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) -Campus Ceres)**  
**EXAMINADOR INTERNO**

**DATA: CERES/GO, 19 de JUNHO de 2020.**

## PATOLOGIA EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Douglas Fernandes Rodrigues<sup>1</sup>  
Glediston Nepomuceeno Costa Júnior<sup>2</sup>

### RESUMO

As patologias são defeitos, falhas ou incorreções em uma das etapas da construção, geralmente comprometem a vida útil das estruturas diminuindo sua qualidade, estas anomalias obtém tamanhos variados e quando não tratadas a tempo, podem comprometer sua instabilidade levando ao colapso. Na construção civil pode-se atribuir patologia aos danos ocorridos em edificações, portanto se resume ao estudo da identificação das causas e dos efeitos dos problemas encontrados, com necessidade de elaborar seu diagnóstico e correção. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de descrever as manifestações patológicas mais comuns encontradas em duas obras na cidade de Ceres-GO, tais como: desagregação do concreto, corrosão as armaduras, segregação, furos em vigas e flexão em vigas. Foi realizado um estudo de caso, com o objetivo de identificar o problema no local da construção. A breve descrição de causas de manifestação patológica possibilitou indicar em que etapa do processo construtivo teve origem ao fenômeno que desencadeou o problema, podendo constar as medidas de profilaxia, que servem tanto para evitar o aparecimento da anomalia e possíveis correções. Portanto o estudo de caso demonstra que os imprevistos causadores de patologias podem ter origem em qualquer fase e / ou etapa envolvida no processo construtivo de uma edificação, em que muitas vezes, podem ser atribuídos a um conjunto de fatores agravantes que geram o processo de destruição da estrutura.

**Palavras-chave:** Patologia. Concreto Armado. Estruturas. Causas e Efeitos

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: douglas\_f\_rodrigues@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre, professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: gledistonjr@yahoo.com.br

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Desagregação do concreto / Ponte.....</b>	<b>10</b>
3.1.1 Diagnóstico.....	10
3.1.2 Prognóstico.....	10
3.1.3 Definição de conduta.....	10
<b>3.2 Corrosão das armaduras/ Ponte.....</b>	<b>11</b>
3.2.1 Diagnóstico.....	11
3.2.2 Prognóstico.....	11
3.2.3 Definição de conduta.....	11
<b>3.3 Segregação/ Galpão.....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Diagnóstico.....	12
3.3.2 Prognóstico.....	12
3.3.3 Definição de conduta.....	12
<b>3.4 Furo em vigas/ Galpão.....</b>	<b>13</b>
3.4.1 Diagnóstico.....	13
3.4.2 Prognóstico.....	13
3.4.3 Definição de conduta.....	13
<b>3.5 Deflexão da viga/ Galpão.....</b>	<b>14</b>
3.5.1 Diagnóstico.....	14
3.5.2 Prognóstico.....	14
3.5.3 Definição de conduta.....	14
<b>3.6 COMPROVAÇÃO FÍSICA.....</b>	<b>14</b>
3.6.1 Imagens de patologia na ponte.....	15
3.6.2 Imagens de patologia no galpão.....	16
<b>3.7- Característica de inspeção e resultados.....</b>	<b>17</b>
<b>3.7.1 Tabela 1. Classificação de análise Patológicas.....</b>	<b>17</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O termo Patologia, tem origem grega *páthos* = *doença*, e *logos*= estudo, e portanto, pode ser entendido como o estudo da doença, é muito utilizado nas áreas da ciência. Na engenharia civil pode-se atribuir aos estudos dos danos ocorridos em edificações assim como suas causas e os efeitos dos problemas encontrados (NAZÁRIO; ZANCAN 2011).

A Patologia das estruturas é o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. Geralmente são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções (SOUZA; RIPPER, 1998).

Em geral os imprevistos que se manifestam nas estruturas de concreto armado provocado por patologias, constituem indícios de comportamento irregular de componentes do sistema, onde necessitam ser devidamente avaliados e adequadamente corrigidos para que não venha a comprometer as condições de estabilidade (AZEVEDO, 2011).

As patologias tem tamanhos variados e, quando não tratadas adequadamente, comprometem a sua funcionalidade, a ausência de bom planejamento de obra, o uso inadequado de materiais, aliado à falta de cuidados na execução e mesmo as adaptações quanto ao seu uso, adicionado à carência de manutenção, geram problemas futuros, promovendo despesas nos recursos financeiros, são reparações que podem ser totalmente evitadas se tiver um bom estudo e planejamento (LOURENÇO, 2007).

O crescimento acelerado da construção civil algumas das vezes facilita a contratação de funcionários com falta de experiência no setor, isso ocorre devido a grande necessidade de mão de obra no mercado que aliados a falta de supervisão, e o mal uso dos equipamentos podem decorrer para a desatenção dos erros construtivos, em média cerca de 51% das patologias que acontecem tem sua origem na fase de execução da obra, logo após são os projetos que corresponde a 18% devido sua mau qualidade, geralmente obtém falhas na fase de elaboração, e difícil interpretação (GOMES, 2016).

As principais causa de manifestações patológicas que causam a deterioração da estruturas em concreto podem ser agrupadas de acordo com sua natureza, são elas: mecânicas, físicas, químicas, biológicas e humanas, esses processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente.

Segundo Diniz, (2009), as estruturas em concreto armado são o método construtivo mais empregado na construção civil, e é por esse motivo que o índice de patologias encontradas nestas estruturas em concreto passa a ser muito comum. É um método construtivo que encontra-se em constante inovação no mercado, apresenta-se inúmeras vantagens além de ser durável e econômico, porém possibilita ocorrer muitas falhas na fase de execução, caso não seja tomada medidas cabíveis para suas correções, estas patologias pode comprometer a vida útil da edificação.

Para que as manifestações patológicas existentes possam ser eliminadas, é fundamental realizar um estudo detalhado das suas origens. Pois, além de fornecer um melhor conhecimento do mecanismo envolvido no fenômeno, pode auxiliar na análise dos problemas encontrados, após a etapa de diagnóstico torna-se necessário selecionar a melhor alternativa de intervenção para o problema, é fundamental preparar um programa de estudo com solução e priorizar para resolver (TUTIKIAN E PACHECO 2013),

Segundo SOUZA e RIPPER, (1998) relatam que a análise do processos de deterioração de uma estrutura de concreto, agrupam-se por similaridade de causas e origens que podem comprometer e levar a deterioração, são elas:

Causas intrínsecas: que são inerentes as estruturas, têm origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização das obras, por falhas humanas, e/ou por mal qualidade dos materiais utilizados.

Causas extrínsecas: são vistas como os fatores que atacam a estrutura "de fora para dentro", durante as fases de concepção ou ao longo da sua vida útil, por ações externas.

Quando se trata de patologia no concreto, é importante evidenciar a sua durabilidade, pois este fator determina a qualidade da estrutura no qual esta submetida., assim é possível inspecionar a fim de manter a estrutura o mais segura possível das condições de uso e de operação

É importante a realização de estudos que buscam avaliar, caracterizar e diagnosticar a ocorrência de danos em edificações, pois são fundamentais para o processo de produção e seu uso; permite conhecer ações eficientes para atenuar a ocorrência de falhas e problemas, o que tende a melhorar a qualidade geral das edificações e otimizar a aplicações dos recursos (MIOTTO 2010).

Portanto a necessidade de analisar a estrutura em concreto armado para a identificação de patologias tem como objetivo a importância de se fazer um diagnóstico, apurar e descobrir as possíveis causas e efeitos, identificar qual anomalia, possibilitar descrever o problema e tomar medidas cabíveis através de sugestões referencial para minimizar, ou sanar os impactos.

A inspeção adotada nas obras em que foram visitadas tem seu baseamento adotado em alguns tipos de patologias que ocorrem em estrutura de concreto armado, geralmente são as mais comuns tais como :

Desagregação do concreto: Perda ou colapso da camada de cobrimento do concreto.

Corrosão das armaduras: Interação destrutiva interna por agressividade ambiental.

Trincas, fissuras e rachaduras: Abertura de fendas ao longo da linha de esforços solicitantes.

Segregação: Consiste na separação das propriedade dos componentes do concreto.

Deflexão de viga: Envergadura provocada por esforços solicitantes

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o levantamento de dados e informações a respeito do tema foi realizado um estudo sobre por meio de revisões bibliográfica por intermédio de pesquisas eletrônicas em artigos científicos, teses, monografias, normas e livros no âmbito da engenharia civil, bem como dissertações e publicações de revistas eletrônica.

O trabalho tem seu desenvolvimento baseado em pesquisa de campo, onde foi realizado levantamento sobre as causas de manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto armado em obras na cidade de Ceres.

Para desenvolvimento do objeto de estudo de caso, utilizou-se a metodologia proposta por Lichtenstein (1985), que consiste basicamente em 5 etapas:

Levantamento de subsídios, através de vistoria do local, identificando a natureza e origem das patologias.

O diagnóstico da situação, buscando estudar o entendimento dos fenômenos em termos de interpretação das relações do tipo da anomalia identificada e sua causa.

Prognóstico, são os efeito que caracterizaram as manifestações e as prevenções para que não possa acontecer.

Definição de conduta, ou seja, a descrição a ser executada para resolver o problema, adotando medidas de correções com técnicas de recuperação estrutural mais viável para o caso específico.

Comprovação Física, é por meio deste intermédio que é possível identificar os pontos problemáticos na situação.

Por definição de caráter de pesquisa foi realizada a análise da estrutura de concreto armado por inspeção visual, os materiais básicos utilizados foram: trena métrica, prancheta para anotações, régua de nível, notebook com software AutoCAD, câmera fotográfica e régua com escala fissurômetro.

Quanto à abordagem, a presente pesquisa se classificou como qualitativa, sendo o ambiente natural como fonte direta para a coleta de dados e estudo.

O estudo de caso do tipo descritivo, possibilitou procedimentos formais estruturados e dirigidos para a solução de problemas ou avaliação de alternativas de cursos de ação.

A primeira construção pública analisada, de caráter obra de arte conhecida como ponte nova da amizade está localizada entre as cidade de Ceres/ Rialma-Go, com aproximadamente 300 metros de extensão.

Já a segunda obra ainda em etapa de construção é o galpão de 1000 m<sup>2</sup>, obra particular localizada no setor central na cidade de Ceres-Go com propósito de fins comerciais, onde toda estrutura adotada na construção é de concreto armado.

**Figura 1-** Ponte nova, construída no ano de 1982.



Fonte: Arquivo Pessoal.

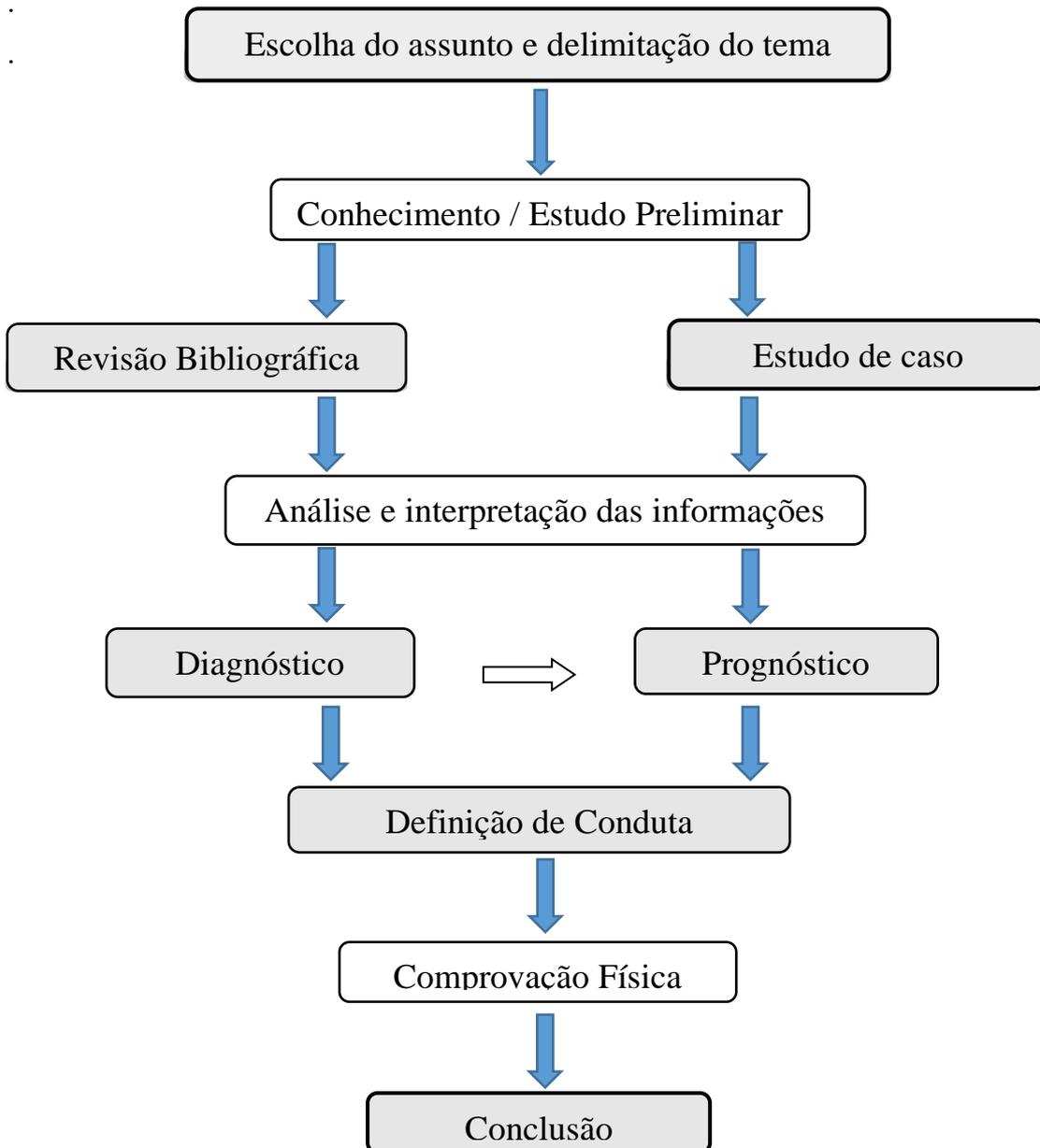
**Figura 2-** Galpão.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Foi desenvolvido um fluxograma das atividades e ações que permitiram alcançar os objetivos estabelecidos, sendo considerada a matriz de desenvolvimento para o trabalho, com finalidade de ser o guia prático de referencial e os caminhos percorridos que possibilitaram ser estudados para o desenvolvimento da pesquisa.

### 2.1- Fluxograma. Encaminhamento genérico das atividades desenvolvidas na pesquisa.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As patologias verificadas tem natureza variada e, quando não tratadas adequadamente comprometem a funcionalidade da estrutura. Uma possível explicação é a ocorrência de falhas em uma das etapas da construção. Estão compreendidas as avarias que foram analisadas para a presente pesquisa:

## **3.1 Desagregação do concreto- Ponte**

### **3.1.1 Diagnóstico**

**Tipo:** Foi identificado 2 incidências, localizada na barreira de contenção (figura 3) e nas vigas laterais da plataforma da ponte (figura 4), considerada do tipo grave, pois apresenta deformações internas e externas, conhecida no âmbito da engenharia como deslocamento.

**Causa:** Foi constatado o desprendimento do material por abrasão devido ao atrito causado pela passagem de pessoas e veículos, é proveniente também das rupturas geradas pela vibração mecânica da pista de rolamento e de agentes externos. Segundo (SILVA 2011), a agressividade ambiental é quase sempre o principal fator para a corrosão do concreto, a umidade na forma líquida ou a vapor influenciam ações eletroquímicas no seu interior que gera (lixiviação), a reação álcali sílica se processa entre íons hidroxílicos (OH<sup>-</sup>), associados aos álcalis de sódio (Na<sub>2</sub>H) e de potássio (K<sub>2</sub>O) do cimento juntamente com agregados reativos, gerando biodeterioração no qual, possibilita mudanças indesejáveis das propriedades dos materiais diminuindo sua resistência juntamente com a carbonatação.

### **3.1.2 Prognóstico**

**Efeito:** A armadura influenciada pelo o seu processo de expansão devido a corrosão faz com que o cobrimento do concreto se rompe, ultrapassando seu limite de resistência a tração que é 10% (SILVA 2011). No local foram diagnosticadas rachadura entre (1,5 a 5,0mm) e fendas (5,0 a 10 mm). O maior problema identificado é a desintegração do concreto no qual favorece a perda dos materiais que constituem na sua composição, o deslocamento ocorre devido a falta de aderência do concreto com a armadura separando-as suas partes, no cobrimento a carbonatação avança de fora para dentro gerando precipitação do carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). Foi observado também eflorescência, esta patologia causa presença de sais solúveis na superfície contribuindo para originar manchas brancas e presença de microorganismos vivos interferindo na qualidade e estética.

**Prevenção:** Para evitar perda indesejáveis por parte da estrutura é necessário o projetista estabelecer a espessura do cobrimento nominal do concreto de acordo com o grau de risco de deterioração descrito na (NBR 6118, 2014), (tabela 7.1 e 7.2 - agressividade ambiental e qualidade de concreto) assim como também o tipo de cimento mais apropriado para aquele ambiente afim de garantir maior resistência. O uso de aditivos químicos impermeabilizantes adicionados durante o processo de preparação do concreto de cimento Portland atenuam nas propriedades reológicas, além de controlar o desenvolvimento de resistências mecânicas, age no controle de ataque por sulfatos e reação álcali-agregado (LOPES 2010).

### **3.1.3 Definição de conduta**

**Correção:** Depois da lavagem controlada na proporção de 1:6 com água e solução de ácidos clorídrico para retirada de impurezas, recomenda-se realizar o apicoamento, consiste no processo de retirada de uma fina camada da superfície da estrutura deixando a mesma rugosa, com objetivo de proporcionar boa aderência para uma futura argamassa que viria a preencher o local ( HELENE, 1992).

Caso ainda esteja em fase de deslocamento do concreto, é importante colocar armaduras de aço, denominada grampos com finalidade de agir como pontes entre as duas partes separadas não deixando desagregar, ou reforçar com chapas de aço coladas na face externa do cobrimento através de resinas epóxi ou uso de parafuso auto fixante para garantir a solidariedade ao elemento estrutural (REIS 2001).

## **3.2 Corrosão das armaduras- Ponte**

### **3.2.1 Diagnóstico**

**Tipo:** Foi identificada 2 incidência. Na corrosão generalizada (figura 4) o ataque é produzido em uma grande superfície, que de forma eletroquímica se espalharam pela armadura. Já a corrosão localizada (figura 5), é chamada de puntiforme, se processa de ponto a ponto, em pequenas áreas (OLIVEIRA 2012).

**Causa:** A armadura tem como sua proteção um (filme) de películas óxidos originada através da dissolução presentes na composição do cimento no concreto de cobrimento, quando a proteção é corrompida gera a denominada despassivação. Quando o dióxido de carbono em contato com água ácida e alcalina de PH baixo estão submetida as ferragens, geram oxidação dos ânions e carbonatação de cátions por meio de eletrólise, na maioria das vezes interagem no interior da estrutura por meio de absorção capilar. Os principais fatores que provocam o fenômeno são os agentes agressivos internos e externos, que foram adicionados ao concreto, ou ainda que foram gerados pelo ambiente. (ALVES; CARVALHO 2019).

### **3.2.2 Prognóstico**

**Efeito:** Os primeiros sinais externos de corrosão ao longo da linha do aço levam ao surgimento de manchas superficiais e fissuras, a corrosão identificada obtém cor avermelhada denominada de ferrugem, são pulverulentos e porosos que se degradam com o tempo, pode causar a perda uniforme da espessura diminuindo a seção de aço, a anomalia produz uma espécie de pites ou simplesmente furos na armadura que pode levar a ruína. As tensões internas provocadas pela oxidação no interior da estrutura são capazes de expandir o aço em até 8 vezes, a força da expansão expõe o concreto ao ponto de gerar o deslocamento deixando a armadura totalmente exposta a agentes agressivos ( MARCELLI 2007).

**Prevenção:** Para que não haja patologia por corrosão, as normas brasileiras recomendam um cobrimento mínimo de concreto sobre as seção de aço. Para efeito de projeto devem determinar a espessura obedecendo os padrões de tabela da NBR 6118-(estruturas de concreto armado). Descrevem, a classificação quanto ao tipo de ambiente e as classes de agressividade ambiental que a estrutura estão submetidas, um bom cobrimento com alta compacidade protege a capa apassivante contra danos eletroquímicos e mecânicos.

A adição de sílica ativa na argamassa a ser preenchida promove a desinfecção da matriz cimentícia, devido a sua alta reatividade pozolânica, os silicatos de cálcio hidratados (componentes que conferem resistência ao concreto) impedi a porosidade, retarda a penetração dos íons cloreto e do dióxido de carbono (TECNOSIL, 2019).

### **3.2.3 Definição de conduta**

**Correções:** O procedimento padrão para a recuperação das áreas contaminadas por corrosão das armaduras consiste em fazer escarificação, retirar todo o concreto deteriorado até que se obtenha a exposição completa de uma superfície íntegra. Viabilizam-se os procedimentos de eliminação da corrosão, utilizando lixas grossas, escova de aço e jatos de areia ou limalhas sob alta pressão (MEDEIROS, 2018).

A proteção de tintas hidrofugantes em toda a armadura cria uma película na superfície impedindo contato direto da umidade gerada pelo concreto. Já a cobertura com bloqueadores de poros de silicato de sódio na face externa da estrutura forma uma camada menos porosa na superfície da peça, dificultando absorção de água para o seu interior. (MEDEIROS, 2018).

### **3.3 Segregação- Galpão**

#### **3.3.1 Diagnóstico**

**Tipo:** Foi identificado 2 incidências. De acordo com Ambrosio (2004), o concreto segregado pode ser avaliado através do estado que se encontra: a patologia é do tipo Média, com grandes falhas na superfície do concreto com aparecimento dos agregados graúdos. A outra patologia é do tipo profunda, contendo vazios interiores, (figura 6).

**Causa:** Na estrutura identificada, foi feito o acompanhamento e constatado que na fabricação do concreto, foi utilizada materiais graúdos, o dimensionamento inadequado que definiu a dosagem e a espessura do material a ser depositado nas formas provocou uma massa cimentícia com pouca fluidez comprometendo na sua trabalhabilidade, mediante a inspeção visual foi possível observar que o lançamento do concreto foi realizado de maneira incorreta, fugindo doas parâmetros que a NBR 6118 estabelece, além disso a estrutura não apresenta sinais de que foi realizado o processo de adensamento da maneira correta.

#### **3.3.2 Prognóstico**

**Efeitos:** Os nichos de concretagem é o primeiro indício de que a estrutura foi comprometida, apresenta-se grande quantidade de brita localizada em um ponto específico da estrutura, os agregados com maior diâmetro (os mais densos) não dão conformidade com a argamassa e acabam separando, quando o concreto ainda se encontra na fase plástica as tensões provenientes na fase de pega diminuem o volume do concreto (retração), motivando a eliminação de água contida no seu interior (exsudação). Anamolia identificada favorece bicheiras (vazios de concretagem) por incorporação de ar durante e após a secagem, estas possibilitou trincas podendo gerar futura corrosão nas armaduras.

**Prevenção:** De acordo com a NBR 14931 (2004) -procedimentos para execução de estruturas em concreto): O concreto devem ser lançado com dispositivos que conduzam lentamente o mais próximo possível de sua posição definitiva, os cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2 m, os agregados devem ser proporcional ao espaçamento das armaduras afim de não atrapalhar na trabalhabilidade. Para utilização do adensamento manual, é recomendável que a altura das camadas de concreto não deve ultrapassar 20cm.

Para a NBR 14931 (2004)- Execução de estruturas de concreto armado- Procedimentos: quando forem utilizados vibradores de imersão, a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha, o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior, sua frequência de vibração não pode ser inferior a 100 Hz, afim de reduzir índice de vazios e bolhas de ar. É de vital importância também fazer o ensaio de abatimento do concreto (*Slump Test*), afim de avaliar sua trabalhabilidade e fluidez.

#### **3.3.3 Definição de conduta**

**Correção:** NBR 15823-1 (2010) -Recuperações em áreas de estruturas complexas e locais de difícil acesso, recomenda-se o uso CAA (concreto auto adensável) com características de auto nivelamento, pois obtém propriedade com capacidade de escoar, sem perda de uniformidade ou sem provocar bloqueios através de espaços confinados, a aplicação de ponte aderência obtido pela ação de aditivos superplastificantes, proporciona excelente homogeneidade, viscosidade, resistência, durabilidade e coesão interagindo com o concreto curado já existente, é resistente contra segregação.

### **3.4 Furos em vigas- Galpão**

#### **3.4.1 Diagnóstico**

Tipo: Foram constatados 2 incidências diferentes. O furo realizado na viga de concreto, possibilitou futuras anomalias que de acordo com a tabela: Classificação de abertura de elementos estruturais elaborada por (OLIVEIRA 2012, P 78), foi identificada como fissuras ativa e trincas passivas (figura 7), localizadas na seção transversal da viga.

Causa: Na estrutura, foi realizado furo na viga com perfuratriz de broca modelo serra copo, a máquina em alta rotação tem como finalidade abrir orifícios, destruindo concreto e as armaduras no local desejado para passagem de tubulação, no caso em específico, foi para instalação elétrica e rede de água para o pavimento superior, porém o uso do equipamento trouxe algumas desvantagens, o serviço foi executado de maneira incorreta sem acompanhamento técnico, onde o operário perfurou no centro da viga, o diâmetro de 15cm adotado para a perfuração foi inadequado referente a sua espessura, contudo isso possibilitou que a resistência da estrutura fosse comprometida.

#### **3.4.2 Prognóstico**

Efeito: Os principais efeitos para a anomalia é a perda da segurança e a qualidade da estrutura, comprometendo sua instabilidade no entanto não vai ser tão rígida quando foi dimensionada, de acordo com a NBR 9575 (2003)- Impermeabilização, seleção e projetos, as trincas, são ocasionadas por avaria de um material ou componente com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1,0 mm.

Já as fissuras descreve como a abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5mm, geralmente aparecem onde estão submetidas a maior esforços e carregamentos, quando não tratadas a tempo a estrutura poderá vir a ruína, pois a patologia tende a aumentar. Segundo (SILVA 2011), as trincas e fissuras afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos, neste caso foi, umidade e bolôro.

Prevenção: Para as vigas em concreto armado, devem ser observadas limitações construtivas mínimas para a existência de aberturas paralelas à sua altura, o furo não devem apresentar diâmetro superior a 1/3 da largura da viga, a distância mínima do furo à face da viga deve ser de 5 cm ou duas vezes o cobrimento da armadura especificado, no caso de vários furos, estes devem estar espaçados de, no mínimo 5 cm ou o valor do diâmetro do furo, devendo manter pelo menos um estribo nesta região, o furo deve ter no máximo dimensões de 12cm ou  $h$  da viga /3. Os furos devem ser posicionados na zona de tração do elemento, a uma distância mínima do equivalente à duas vezes a altura da viga ( $2 \times h$ ), geralmente da metade da viga para baixo (NBR 6118 (2003), item 21.3.3).

#### **3.4.3 Definição de conduta**

Correção: A diversas tipos de tratamentos, por se tratar de reparo do tipo superficiais com profundidade inferior a 2 cm e semi profunda entre 2 e 5 cm, recomenda-se a técnica de injeção de fissuras com: espumas (poliuretano), resinas epóxicas ou acrílicas, são utilizado para a ligação rígida entre os agentes e sua vedação, obtém baixa viscosidade, apresenta alta capacidade de resistência a esforços mecânicos e ação de agentes agressivos. A injeção de fissuras deve ser realizada com ar comprimido e mangote próprio, a aplicação deve ser a cada 50 mm ao longo da abertura com tubos próprios de diâmetro igual a largura da fenda (SOUZA E RIPPER, 2018).

## **3.5 Deflexão da viga- Galpão**

### **3.5.1 Diagnóstico**

**Tipo:** O tipo de patologia identificada está relacionada ao erro no processo executivo onde possibilitou que a estrutura sofresse deflexão em virtude da pressão exercida de carga atuante do concreto quando estava no momento de cura dentro da forma (figura 8).

**Causa:** No processo de confecção das formas para a construção das vigas foi utilizado tábuas de pinho reaproveitadas de outras partes da obra, são madeiras flexíveis que possibilita uma boa trabalhabilidade, porém ela obtém algumas desvantagem, no caso em questão a madeira sofreu uma leve flambagem devido ao carregamento atuante dos esforços solicitados em direção a sua base, desde o momento que foi lançado até o ultimo dia de cura do concreto, isso favoreceu que a viga sofresse flexão na parte inferior da estrutura. A falta de escoras no local, foi o principal motivo para que a patologia pudesse ocorrer, foram utilizados espaçamentos muito longo.

### **3.5.2 Prognóstico**

**Efeito:** Além do fator econômico, e estético que foi comprometido, quando a estrutura não segue o mesmo alinhamento que foi projetado, ela por si própria atrapalha no momento de fechar as paredes com alvenaria, pois os blocos cerâmicos não acompanham a circunferência imposta pela a envergadura da viga, além disso quando uma estrutura tende a receber cargas em um ponto específico no qual não foi planejada, a grande possibilidade de sofrer trincas e fissuras.

**Prevenção:** Segundo a NBR 15696 (2009) - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos para fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto, na elaboração do projeto de escoramento deve ser considerados os seguintes espaçamentos: as distâncias máximas recomendadas para posicionamento dos elementos verticais de suporte devem 2,0 m x 2,0 m, as escoras devem ser metálicas afim de garantir regulagem da sua altura, é recomendável posicionamento de travas anti deflexão nas formas a cada 70 cm, deve ocorrer a verificação das diversas capacidades de cargas submetidas a estrutura, e nas diversas idades de aplicação e cura do concreto, para a retirada dos escoramentos.

### **3.5.3 Definição de conduta**

**Correção:** Neste caso não a muito o que fazer já que a patologia tinha alcançado seu nível máximo de cura do concreto, porém o mais aconselhável seria realizar um pequeno aumento na área de seção do elemento estrutural, ou seja no (cobrimento) por toda a estrutura, afim de igualar o seu nivelamento para que os esforços submetidos a estrutura seja de forma distribuída de modo a não ocorrer futuras trincas e fissuras.

## **3.6 COMPROVAÇÃO FÍSICA**

O fenômeno observado foi registrado em seu ambiente natural, para a comprovação física foi tirado fotos para compreender o evento em estudo, que evidenciam os problemas diagnosticados, através das seguintes figuras é possível observar as patologias, as imperfeições e as características que fizeram com que as estruturas ficassem comprometidas.

### 3.6.1 Imagens de Patologias na Ponte

**Figura 3.** Desagregação e corrosão da armadura



Fonte: Arquivo pessoal

**Figura 4.** Desagregação do concreto



Fonte: Arquivo pessoal

**Figura 5.** Corrosão das armaduras



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.6.2 Imagens de Patologias no Galpão

**Figura 6.** Segregação em Pilar



Fonte: Arquivo pessoal

**Figura 7.** Viga perfurada



Fonte: Arquivo pessoal

**Figura 8.** Viga com flexão



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.7 Característica de inspeção e resultados

Para ajudar na análise de interpretação de dados, foi elaborado a tabela com os seguintes locais que obtiveram patologias, foram diagnosticadas, onde permitiu descrever as seguintes características.

**3.7.1 Tabela 1-** Classificação de análise Patológicas,.

Nº	Local	Manifestação detectada	Tipo	Classe de Agressividade ambiental	Tipo de ambiente para efeito de projeto utilizado	Nº de avarias detectadas	Principal efeito provocativo	Espessura da abertura (mm)	Conformidade do problema	Efeitos secundários	Risco de deterioração
1	Ponte	Desagregação do concreto	Intrínseca Extrínseca	Moderada nível 2	Urbano <sup>2</sup>	14	Rachaduras  Fendas	1,5 - 5,0 - 5,0 - 10	Ativo	Infiltração, desagregação lixiviação, eflorescência, fungos	Médio - Alto
2	Ponte	Corrosão das armaduras	Intrínseca Extrínseca	Moderada nível 2	Urbano <sup>2</sup>	9	Trincas, fissuras, Rachaduras, Fendas, Oxidação, Carbonatação	0,5 0,5 - 1,5 1,5 - 5,0 5,0 - 10	Ativo	Corrosão, Infiltração, Ferrugem, Pites.	Alto
3	Galpão	Segregação	Intrínsecas Falhas humanas	Moderada nível 2	Urbano <sup>1 2</sup>	2	Lançamento e Adensamento incorreto Do concreto	-	Ativo Passivo	lixiviação Infiltração, Eflorescência, Agregados Aparentes, Nichos de Concretagem	Médio
4	Galpão	Furos em Vigas	Intrínsecas Falhas humanas	Baixa Nível 1	Urbano <sup>1</sup>	2	Furo na viga	Diâmetro = 150mm	Passivo	Trincas, fissuras Bolor.	Médio
5	Galpão	Flexão da viga	Intrínsecas Falhas humanas	Baixa Nível 1	Urbano <sup>1</sup>	1	Escoramento Inadequado	0,5	Ativo Passivo	Trincas, Flambagem, problemas Estético	Baixo

**\*Dados informativos para interpretação-continuação da tabela.**

- Tipo de patologia:
  - Intrínseca: Falhas humanas durante a construção ou utilização (ausência de manutenção), causas naturais (química, física e biológica).
  - Extrínsecas: Falhas humanas durante o projeto, durante a utilização, ou por ações: (mecânicas, física, química e biológica), ( SOUZA E RIPPER, 1998).
  
- Tipo de ambiente para efeito de projeto utilizado
  - 1). Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).
  - 2) Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, ou locais externos, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente, ( NBR 6118).
- Dimensão das espessuras de abertura, avaliadas de acordo com a NBR 9575.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para estabelecer alguns resultados afim de levantamento dos dados informativos, foi confeccionado um breve estudo, tais como seu diagnóstico, prognóstico, definições de conduta, comprovação física e resultados, proporcional ao índice de patologias identificadas nos locais da obra, assim como as suas características, onde foram inspecionadas para a elaboração do trabalho.

O método estudo de caso adotado, incentivou a utilização de múltiplas fontes de pesquisa favorecendo a triangulação de dados, permitiu abordar ampla variação de um mesmo fenômeno, no entanto foi possível diagnosticar a estrutura de concreto, reconhecer o motivo das falhas e estabelecer a melhor solução adotada para suas correções.

Contudo foi possível observar que todas as patologias que foram avaliadas estabeleçam um critério de deformação em comum, tinham como origem a agressividade ambiental que provocaram a sua deterioração e também as falhas humanas durante e depois o processo executivo da obra.

Foi observado que as patologias que contém eflorescência de trincas, fissuras e infiltração, estão presente em todas etapas da vida útil das estruturas de concreto que estão danificadas, são elas que garantem a natureza dos agentes agressores afim de favorecer que possam surgir as futuras anomalias e piorar a gravidade da situação, geralmente são os primeiros indícios de uma estrutura comprometida e a porta de entrada para agentes agressores.

Seja por intermédio físico, químico, mecânico, biológico, antrópicos ou humano, de qualquer forma deve sempre garantir a qualidade da edificação. A NBR 6118, (2014) define que estrutura, deve-se resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, é importante fazer um bom planejamento, elaborar projetos, estudar as classes de agressividade ambiental, estabelecer o melhor dimensionamento, fazer manutenções corretivas e preventivas afim de minimizar as futuras anomalias patológicas.

As substâncias agressivas proveniente da atmosfera estão por toda a parte, já que é impossível controlar os fenômenos naturais, é de extrema importância encontrar recursos, novas técnicas para minimizar os impactos previstos.

É necessário estar sempre em busca da qualidade da construção civil, é a segurança que garante ao usuário o conforto, e bem estar, por isso é de extrema importância a pesquisa e o estudo do tema na prática, vale lembrar que todos os aspectos necessários para a execução de um bom projeto devem estar em sincronia dentro dos padrões mínimos que as norma estabelece.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14931**, Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. P.20

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 15823- 1** (2010), Concreto auto adensável. Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. (Self-compacting concrete. Part 1: Classification, control and acceptance in the fresh state) ICS 91.100.30.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 15696**: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro, 2009. p17.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 5674**, Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 6118** : Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2014. 170 p.

\_\_\_\_\_**ABNT NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. 128 p.

AZEVEDO, Minos Trocoli de. **Patologia das Estruturas de Concreto**: In: Isaia, g. c. (ed.) concreto: Ciência e tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. v. 2. 10951128 p .

DINIZ,J,Z,FERREIRA; Concreto: material construtivo mais consumido no mundo, V1 Nº 53, P. 30-33, 2009.

GOMES. **patologias na construção civil - principais causas**. Un Um Arquitetura e Urbanismo 2016. Disponível em: <https://www.unumarquitetura.com/single-post/2016/1/11/PATOLOGIAS-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVIL>. Acesso em 22/04/2020.

HELENE, Paulo R.L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992. 119 p.

LIMA, Anielly Iasmin Nunes; et.al. **A Influência Cultural na Edificação das Pontes sobre o Rio das Almas entre Ceres e Rialma**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pp 687-696, Julho de 2017. ISSN:2448-0959

LOPES, Rafaela Rocha. **Análise da contribuição de adições de Microssílica e Nanossílica na resistência à compressão de concretos convencionais**. p. 65. Goiânia, 2010.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil**: causas e soluções para danos e prejuízos em obras .p.113. São Paulo: Pini, 2007.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Publicas) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010. 63 p.

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

OLIVEIRA, A. M. de. **Fissuras, Trincas e Rachaduras Causadas por Recalque Diferencial de Fundações.** 2012. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

REIS, L. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1998. 255 p.

SILVA, L. K. da. **Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará.** 2011. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SOUZA, V. C. de; RIPPER, T. **Patologia: Recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. **Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil.** Merida, 2013. Disponível em:<  
[http://alconpat.org.br/wpcontent/uploads/2012/09/B1\\_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-eProgn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf](http://alconpat.org.br/wpcontent/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-eProgn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf) >  
Acesso em: 25 maio/ 2020.