

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO NORTE - UNINORTE**  
**PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Tamay Karoline de Melo

Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE.

Departamento de Ciências Exatas, Manaus – Amazonas.

Karomelo21@gmail.com

Orientador: José Claudio Moura Benevides

Especialista em Saúde e Segurança do Trabalho, Docente no Centro Universitário do Norte- UNINORTE.

**RESUMO:** As manifestações patológicas nas construções de concreto armado tem sido crescente, essas manifestações comprometem a durabilidade das edificações. Isso se deve ao crescimento do setor da construção no país sem os devidos cuidados ao que as normas vigentes estabelecem. Nesse contexto com a necessidade de adquirir mais conhecimento sobre as manifestações patológicas no concreto armado escolheu-se o tema para este trabalho como sendo “Patologia em estruturas de concreto armado” que tem como principal objetivo realizar um estudo sobre as patologias e métodos de diagnósticos em estruturas de concreto armado.

**Palavras chaves:** Manifestações Patológicas, Construção, Concreto Armado.

**ABSTRACT:** Pathological manifestations in the constructions of reinforced concrete have been increasing, these manifestations compromise the durability of the buildings. This is due to the growth of the construction sector in the country without due care to what the current norms establish. In this context, with the need to acquire more knowledge about the pathological manifestations in the reinforced concrete, the theme for this work was chosen as "Pathology in Reinforced Concrete Structures", whose main objective is to carry out a study on pathologies and methods of diagnosis in reinforced concrete structures.

**Key-words:** Pathological Manifestations, Construction, Armed Concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme sua evolução o homem foi tendo a necessidade de encontrar abrigos, primeiramente se buscou abrigo em cavernas, grutas, rochas, etc, mais adiante começariam a construir seus próprios abrigos com pele de animais que eram caçados, surgindo assim as combinações de materiais para as construções de seus abrigos. No início da idade do bronze surgem então as primeiras construções feitas de pedra e com o passar do tempo foram surgindo combinações de materiais para a construção até chegar aos que temos nos dias de hoje.

O material considerado ideal para as construções é aquele que apresenta conjuntamente as qualidades de resistência e durabilidade. A pedra, muito usada nas construções antigas, tem resistência à compressão e durabilidade muito elevadas, porém, tem baixa resistência à tração. A madeira tem razoável resistência, mas a durabilidade é limitada. O ferro e o aço têm resistência elevada, mas a durabilidade também é limitada em consequência da corrosão que podem sofrer, (BASTOS, 2016).

Tendo necessidade de associar a resistência da pedra com a resistência do aço surge o concreto armado, as vantagens apresentadas pelo material são de poder assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, envolvendo e protegendo o aço com o concreto para evitar a sua corrosão.

As manifestações patológicas nas construções de concreto armado tem sido crescente, essas manifestações comprometem a durabilidade das edificações. Isso se deve ao crescimento do setor da construção no país sem os devidos cuidados ao que as normas vigentes estabelecem.

Nesse contexto com a necessidade de adquirir mais conhecimento sobre as manifestações patológicas no concreto armado escolheu-se o tema para este trabalho como sendo “Patologia em estruturas de concreto armado” que tem como principal objetivo realizar um estudo sobre as patologias e métodos de diagnósticos em estruturas de concreto armado.

## **2. METODOLOGIA**

O método utilizado para o levantamento de informações sobre as manifestações patológicas foi dividido em três etapas.

Na primeira etapa foram feitas pesquisas em livros, revistas e artigos acadêmicos relacionados ao tema tendo referências para os resultados encontrados.

A segunda etapa consistiu na escolha da edificação que apresente patologias para a obtenção de dados para a composição do estudo de caso.

A terceira etapa foi constituída pela análise das manifestações patológicas encontradas. Através da inspeção de nível 1 realizou-se somente análises visuais sem o auxílio de equipamentos ou ensaios. Assim chegando aos diagnósticos e propostas de recuperação.

## **3. CONCRETO ARMADO**

O concreto armado é caracterizado pela combinação do aço com o concreto simples para juntos resistirem aos esforços mecânicos. Sendo o objetivo dessa combinação a resistência aos esforços de compressão realizados pelo concreto, e ao de tração realizado pelo aço.

Para o uso do concreto armado torna-se indispensável o cálculo do dimensionamento seguindo rigorosamente as especificações das normas vigentes.

Segundo Carvalho e Figueiredo (2011), as principais vantagens e desvantagens, quando relacionados ao concreto armado corretamente executado, são:

### **Vantagens**

- Economia, custo relativamente baixo, devido ao fácil acesso aos materiais necessários;
- Facilidade na execução;
- Adaptação a praticamente todo tipo de forma e tamanho;
- Obtenção de estruturas hiperestáticas, apresentando uma melhor distribuição dos esforços;
- Baixo custo de manutenção;
- Boa resistência a maioria das solicitações mecânicas;
- Maior durabilidade e resistência ao fogo, comparados a madeira e ao aço;
- Resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e desgaste mecânico.

## **Desvantagens**

- Peso próprio elevado, limitando a extensão dos vãos ou elevando o custo de execução oferecendo alternativas como concreto protendido;
- Dificuldade em reformas, demolições e desmontes;
- Não é completamente impermeável;
- Não é um bom isolante térmico, nem acústico;
- É necessário o uso de formas e escoras que permanecem no local até que a estrutura atinja a resistência adequada.

### **3.1 Patologias no concreto armado**

Certos cuidados são requeridos no processo de preparação do concreto armado garantindo sua durabilidade e vida útil. A maior parte das patologias são consequências dos erros de execução e pela ausência do controle de qualidade colocando em risco a segurança e durabilidade do empreendimento. Os problemas patológicos surgem em consequência das falhas que ocorrem durante uma ou mais etapas das atividades da construção civil.

O aço na maioria das patologias é o material mais afetado devido sua vulnerabilidade aos ataques do meio ambiente, portanto, deve-se proteger por uma camada de concreto.

O cobrimento das armaduras é um fator muito importante, pois ele é responsável pela sua proteção, sendo assim, é preciso projetar e executar adequadamente o cobrimento, a fim de alcançar o desempenho adequado da estrutura. Mas para que se possa projetar é necessário o conhecimento sobre as condições ambientais nos quais a estrutura estará inserida, classificando assim a agressividade do ambiente.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define as classificações de agressividade do ambiente de acordo com a Tabela 1, onde pode ser avaliada simplificadamente, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes. Após classificação da agressividade do ambiente, verifica-se quais os valores estabelecidos na norma para o cobrimento mínimo de cada tipo de agressividade, dependendo do tipo de concreto armado, e do elemento estrutural.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
		Marinha <sup>a</sup>	Grande
III	Forte	Industrial <sup>a, b</sup>	
		Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	
<p><sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe 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).</p> <p><sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.</p> <p><sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.</p>			

Tabela 1: Classe de agressividade ambiental. Fonte: NBR 61185 (ABNT 2014)

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55
<p><sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.</p> <p><sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal <math>\geq 15</math> mm.</p> <p><sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de esfluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.</p> <p><sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal <math>\geq 45</math> mm.</p>					

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para tolerância de 10mm. Fonte: NBR 6118 (ABNT 2014).

A corrosão é considerado um fenômeno normal com passar do tempo devido ao envelhecimento da estrutura, mas quando o cobrimento não é executado adequadamente, a espessura insuficiente faz com que os agentes agressores cheguem até a armadura de maneira precoce, ocasionando a corrosão das armaduras do concreto.

A corrosão causa a perda da aderência entre aço e concreto comprometendo a capacidade da estrutura de resistir às solicitações mecânicas.

A formação da camada de ferrugem, implica no aumento do volume do ferro que pode assumir um valor até dez vezes maior que o original, exercendo assim grande pressão sob a camada de concreto que envolve a armadura, o suficiente para fraturar este concreto (FREITAS, 2016).

É necessário que se tenha conhecimento sobre essas ações para que se possa concluir um diagnóstico e assim escolher a melhor maneira de se tratar a patologia.

#### **4. ESTUDO DE CASO**

A seguir serão apresentadas todas as informações coletadas durante o processo de vistoria, tais como a análise do Prédio assim como as manifestações patológicas.

##### **4.1 Descrição do prédio**

O Prédio é residencial de dois pavimentos com área de 300m<sup>2</sup> possuindo no primeiro pavimento dois quartos suíte, uma sala, cozinha, dois banheiros, um corredor, área de serviço e garagem para dois carros. No segundo pavimento possui três quartos suítes, uma sala, uma cozinha, três banheiros, uma varanda lateral/frontal. Fachada pintada com tinta acrílica na cor rosa, possui muro no entorno de toda residência com portão e de alumínio da garagem e porta de acesso de alumínio.

###### **4.1.1 Vistoria.**

No processo de vistoria foi possível encontrar várias manifestações patológicas, mas para este estudo foram consideradas as que mais se destacaram estando presentes e todo o perímetro vistoriado.

#### 4.1.1.1 *Manifestações patológicas em lajes*

Foi possível identificar na edificação a exposição das armaduras ocasionada pela corrosão da armadura devido à falta de impermeabilização da laje de cobertura conforme mostra as figuras a seguir.



Figura 1: Exposição das armaduras. Fonte: próprio autor.



Figura 2: Exposição das armaduras. Fonte: próprio autor.



Figura 3: Apresentação de fissura e manchas na laje. Fonte: próprio autor.



Figura 4: Eflorescência na laje interna. Fonte: próprio autor.

#### 4.1.1.2    *Manifestações patológicas em pilares.*

Nos pilares foi possível observar a presença de manchas esverdeadas, exposição das armaduras e corrosão das armaduras.



Figura 5: Exposição de armadura no pilar. Fonte: próprio autor.



Figura 6: Manchas esverdeadas no pilar. Fonte: próprio autor.

## 4.2 Resultados

Os resultados para esse trabalho foi obtido através de inspeção visual sem o auxílio de ensaios específicos apresentando diagnósticos e prognósticos baseados em trabalhos já realizados sobre o tema.

### Corrosão das armaduras

A corrosão é o resultado da interação destrutiva de um material com o ambiente por reação química ou eletroquímica. A corrosão do aço no concreto armado é por reação eletroquímica.

Esta corrosão conduz à formação de óxidos/hidróxidos de ferro, produtos de corrosão avermelhados, pulverulentos e porosos, denominados ferrugem, e só ocorre nas seguintes condições:

- Existência de um eletrólito;
- Existência uma diferença de potencial;
- Deve haver oxigênio;
- Podem existir agentes agressivos.

A corrosão no concreto armado pode apresentar inúmeros riscos à estrutura quando não tratada de forma correta, podendo interferir na resistência e vida útil.

Os sinais mais comuns são: fissuras e trincas, manchas na superfície, desagregações, deformação excessiva, destacamento do concreto, entre outros.

Sendo assim, considera-se a corrosão das armaduras em estruturas de concreto uma anomalia grave que podem levar ao colapso estrutural, com desabamentos de edifícios, marquises, pontes etc.

### Lixiviação do concreto

A lixiviação do concreto é uma das manifestações patológicas mais comuns sendo causada pelo contato da água com a estrutura. Durante o processo de hidratação do cimento é formado um composto chamado hidróxido de cálcio —  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Essa substância pode ser dissolvida e carregada para fora da superfície de concreto ao entrar em contato com a água. A remoção do hidróxido de cálcio recebe o nome de lixiviação.

A lixiviação do concreto pode ser encontrada em qualquer tipo de peça de concreto, seja naquelas com vida útil avançada ou nas recentemente executadas. A principal causa do surgimento do problema é a utilização de cimentos sem nenhuma adição.

### **Carbonatação**

Quando o anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ), que está presente na atmosfera se transporta da superfície para o interior do concreto, reagindo com o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), presente na pasta de cimento, no meio aquoso, originando o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) ocorre a carbonatação. O hidróxido de cálcio desaparece no interior dos poros, e origina o carbonato de cálcio, que faz com que o pH do concreto diminua de valores entre 12,5 e 14 para valores inferiores a 9.

Segundo Cascudo (1997), o processo de carbonatação é caracterizado pela presença de uma “frente” de avanço do processo. Conhecida como “frente de carbonatação”, ela define o limite entre duas zonas com pH muito diferentes, uma com pH menor que 9, caracterizando a zona carbonatada, e outra com pH maior que 12, zona que não foi carbonatada. Este limite avança da superfície do concreto para o seu interior, de acordo com o aumento de zona carbonatada. A espessura da camada de cobrimento de concreto é a relação para a medida deste avanço.

Os danos causados pela a carbonatação são vários como: destacamento do cobrimento do aço, fissuração do concreto, perda de aderência desta com o concreto e redução da seção da armadura.

#### **4.2.1 Diagnóstico**

Na estrutura estudada pode ser observado o estado de corrosão nas armaduras comprovada pela perda de seção das armaduras devido à sua exposição aos agentes agressivos do ambiente causados pela falta de cobrimento suficiente para a proteção. A localização destas armaduras expostas apresenta uma grande quantidade de eflorescência caracterizando a lixiviação do concreto.

Foi identificada durante a visita a ausência de impermeabilização na laje e nos pilares facilitando a percolação de águas pluviais na estrutura dissolvendo o hidróxido de cálcio presente no concreto, essa dissolução favorece a entrada de

Líquidos e gases nocivos à armadura ocasionando a aparição de fissuras nas estruturas.

O processo de deslocamento do concreto foi possivelmente ocasionada pela corrosão das armaduras ajudando no aumento das fissuras causadas pela lixiviação.

Portanto, temos os seguintes resultados:

Tabela 3: Possível diagnóstico. Fonte: próprio autor.

PATOLOGIA	CAUSA	MANIFESTAÇÃO	ORIGEM	AGRAVANTE	CONSEQUÊNCIAS
Corrosão da armadura devido a carbonatação.	Causada pela a lixiviação do concreto.	Surgimento de eflorescência, exposição das armaduras, deslocamento do concreto devido a falta de aderência, fissuras.	Falha de execução, ausência de impermeabilização da laje e dos pilares.	Camada de cobrimento da armadura insuficiente.	Perda de resistência da estrutura, falta de aderência entre concreto e aço, alteração na estética do empreendimento.

#### 4.2.2 Prognóstico

Para que se tenha um prognóstico eficiente é necessário que seja feito ensaios específicos para a identificação da verdadeira situação e definir o melhor método para se tratar a patologia.

Neste trabalho foi proposto um possível prognóstico para as patologias identificadas baseando-se em situações existentes pesquisadas.

#### Infiltração

Para que a infiltração seja resolvida é necessária a aplicação de meios impermeabilizantes que pode ser a implantação de telhados verdes, mantas impermeabilizantes, impermeabilização com poliureia, injeção química na laje, etc. Lembrando que para a definição do melhor método é necessário a consulta de um profissional especializado.

## Corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras no concreto armado pode ser evitada com a boa execução de concretagem da estrutura aplicando uma camada suficiente de cobrimento para a proteção da armadura.

Mas quando a corrosão da armadura já é existente, há a necessidade de traçar um diagnóstico preciso realizado por profissionais qualificados na área. Para a recuperação das áreas contaminadas por corrosão das armaduras há um procedimento padrão que consiste na retirada de todo o concreto deteriorado até que se tenha a completa exposição uma superfície do concreto saudável e íntegra.

Para realizar o tratamento das áreas afetadas pela corrosão, podemos separar o processo em etapas como:

- a) Delimitação da área contaminada: consiste em delimitar toda a área contaminada para a retirada do produto de corrosão aderido às superfícies das barras das armaduras;
- b) Escarificação do concreto solto e deteriorado: consiste no processo de retirada do material contaminado de forma mecânica utilizando martelete, rompedor ou de forma manual utilizando talhadeira, marreta. Nesse processo o concreto que contorna a armadura deve ser todo retirado até o ponto em que não se observe sinais de corrosão.
- c) Limpeza do produto de corrosão formado: nesta etapa é realizada a limpeza do material corroído através do jato de areia/jato d'água ou por lixamento mecânico.
- d) Pintura na superfície do metal para maior proteção: nas barras que não sofrem perda de seção maior que 10% é realizado a proteção através de pinturas, misturas inibidoras de corrosão, proteção catódica, entre outros.
- e) Aplicação de uma ponte de aderência: nessa etapa é recomendada a aplicação a aplicação de adesivos e “primers” a base de epóxi, PVA e acrílico atuam como ponte de aderência e diminuem o potencial corrosivo da armadura.
- f) Preenchimento com argamassa de reparo e acabamento da superfície: nessa etapa são realizados os reparos finais como a suplementação das armaduras rompidas pela corrosão e por fim a recomposição do substrato, por uma massa de concreto que deve apresentar baixíssima retração e

permeabilidade resistindo à agressividade do ambiente do qual a estrutura pertence, ter módulo de elasticidade compatível com a peça reparada.

Portanto vale ressaltar a importância da boa execução em todos os processos para a preservação da durabilidade e vida útil da estrutura.

## 5. CONCLUSÃO

As manifestações patológicas nas construções de concreto armado tem sido crescente, essas manifestações comprometem a durabilidade das edificações. Isso se deve ao crescimento do setor da construção no país sem os devidos cuidados ao que as normas vigentes estabelecem.

Os crescentes avanços da tecnologia e o conhecimento sobre o comportamento dos materiais, suas propriedades e características, são de grande importância no ramo da construção civil, para colaborar com os parâmetros presentes nas normas reguladoras, com o objetivo de construir e projetar estruturas que apresentem uma vida útil maior associada a uma maior economia no processo de execução.

O concreto armado assim como todas as outras estruturas necessita de atenção quanto a sua execução, é necessária mão de obra qualificada e conhecimento sobre as propriedades do material utilizado para que se garanta a durabilidade da estrutura.

Foi apresentado neste trabalho um estudo de caso onde foram identificadas manifestações patológicas nos pilares e lajes, sendo que cada patologia apresenta diversos métodos de correção que exigem desde materiais e equipamentos até metodologias de execução diferenciadas. Mas para que seja definido o melhor método de correção é necessário levar em consideração fatores técnicos e econômicos.

Conclui-se que é de suma importância que se tenha um planejamento seguindo as especificações oferecidas pelas normas reguladoras garantido assim uma execução segura que preserve a durabilidade e o ciclo de vida das estruturas evitando que haja no futuro o aparecimento de patologias.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

- . **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2014.
- . **NBR 8545: Execução de Alvenaria sem Função Estrutural de Tijolos e Blocos Cerâmicos.** Rio de Janeiro, 1984.
- . **NBR 12655: Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2015.
- . **NBR 14037: Manual de Operação, Uso e Manutenção das Edificações – Conteúdo e Recomendações para Elaboração e Apresentação.** Rio de Janeiro, 1998.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos Do Concreto Armado.** Notas de Aula – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

BLOG TECNOZIL. **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: 23 de setembro de 2018.

FERREIRA, Ídilla Kaenna Abrantes. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado: Estudo realizado nas edificações do Centro de Tecnologia Campus I da Universidade Federal da Paraíba.** Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) CGEC./ Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

FREITAS, Camila. **Patologia De Estruturas De Concreto Armado.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, 2014.

GRAMACHO, D. R. **Caracterização E Aproveitamento Do Resíduo Sólido Proveniente Do Processamento Industrial Do Óleo De Mamona.** Dissertação, Mestrado em Química – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

**HELENE, Paulo R.L. Manual Para Reparo, Reforço E Proteção De Estrutura De Concreto Armado.** 2º ed. São Paulo: Pini, 1992.