

## Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso

### Pathologies in reinforced concrete structures: case study

DOI:10.34117/bjdv7n1-027

Recebimento dos originais: 05/12/2020

Aceitação para publicação: 05/01/2021

#### **Amanda Fernandes Pereira da Silva**

Engenheira Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

Endereço: Rua Território Fernando de Noronha, nº2063 – Bairro Aeroporto, CEP:  
64007-250 Teresina – PI, Brasil

E-mail: amandafeernandes09@gmail.com

#### **Hildegard Elias Barbosa Barros**

Engenheiro Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

Endereço: Rua Professor Pires Gayoso, nº629 – Bairro Noivos, CEP: 64046-350,  
Teresina – PI, Brasil

E-mail: hildegardebbarros@gmail.com

#### **Diego Silva Ferreira**

Mestre em Engenharia dos Materiais

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Endereço: Comercial IFPI: Rua Álvaro Mendes, nº94 – Centro (Sul), CEP: 64000-040,  
Teresina – PI, Brasil

E-mail: diegof.engenheiro@gmail.com

#### **Laécio Guedes do Nascimento**

Bacharel em Teologia, Pós-Graduado em Ciências da Religião, Docência do Ensino  
Superior, Graduando em Engenharia Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

Endereço: Rua 5, nº435 - Bairro Mangueira, Timon – MA, Brasil

E-mail: laecioguedes25@hotmail.com

#### **Francisco Éric Guimarães Lima**

Engenheiro de Produção

Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Endereço: Rua Duque de Caxias, nº964 (número predial) – Bairro Mangueira, Teresina  
– PI, Brasil

E-mail: chicoeric@hotmail.com

#### **Lucas de Oliveira Bezerra**

Graduando em Engenharia Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

Endereço: Avenida Nações Unidas, nº1805, apartamento 201 - Bairro Macaúba,  
Teresina – PI, Brasil

E-mail: engh.lucas@gmail.com

## RESUMO

Inúmeros são os fatores que intervêm no processo da corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado onde sua origem provém de diferentes fontes. À vista disso, com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de pesquisas acerca do assunto, este trabalho realizou uma vistoria, análise e julgamento das condições de serviço em estruturas corroídas de um edifício residencial (Teresina-PI). Posteriormente é feita uma discussão das possíveis causas mais recorrentes que podem ter acarretado o surgimento desse problema e, logo após, são comentadas as providências que podem ser tomadas para solucioná-lo de modo a evitar que o mesmo problema venha a acontecer no futuro. Chegou-se ao entendimento que é imprescindível a aplicação de medidas intensas (critérios de durabilidade) nos projetos e execução da obra juntamente com as principais medidas de prevenção. Além disso, a inspeção/manutenção é um procedimento fundamental para a elaboração do correto prognóstico e correção da patologia.

**Palavras-chave:** Patologia, Corrosão em armaduras, Concreto armado.

## ABSTRACT

There are many factors that intervene in the process of reinforcement corrosion in reinforced concrete structures where its origin comes from different sources. In view of this, in order to contribute to the development of research on the subject, this work carried out a survey, analysis and judgment of the service conditions in corroded structures of a residential building (Teresina-PI). Afterwards, a discussion is made of the most recurrent possible causes that may have led to the emergence of this problem and, soon after, the measures that can be taken to solve it in order to prevent the same problem from happening in the future. It was understood that it is essential to apply intense measures (durability criteria) in the projects and execution of the work together with the main prevention measures. Furthermore, inspection/maintenance is a fundamental procedure for the correct prognosis and correction of the pathology.

**Keywords:** Pathology, Corrosion in reinforcement, Reinforced concrete.

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que para se ter uma estrutura eficaz, é preciso que esta atenda às diretrizes mínimas de segurança, desempenho, durabilidade, resistência e seja executada de maneira econômica. O concreto, material composto por água, cimento e agregados (miúdo e graúdo) com presença ou não de aditivos, possui características vantajosas quanto à economia, conservação e alta resistência aos esforços de compressão, entre outras vantagens, mas apresenta baixa resistência aos esforços de tração. Por isso, sugere-se o seu uso juntamente com o aço, já que esse material tem uma excelente resistência à tração, surgindo, assim, o concreto armado.

Mas para que as estruturas em concreto armado se mantenham estáveis, além de ambos (concreto e aço) trabalharem conjuntamente e de maneira uniforme, devem atender aos três requisitos mínimos de qualidade para que venham a suportar as ações previstas e imprevistas ao longo de sua vida útil sem chegar à ruína. Tais requisitos são capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade.

Mesmo estruturas bem projetadas e executadas, e apropriadas para uso podem apresentar desempenho insatisfatório e problemas patológicos. A ocorrência desses problemas deve-se a falhas que podem acontecer durante a realização de uma ou mais etapas da construção. Por isso o assunto de patologia tem sido uma problemática no âmbito da Construção Civil e que necessita cada vez mais a preocupação com a estabilidade e segurança das edificações (1).

Assim, este presente trabalho tem por objetivo analisar, através de inspeções visuais e julgamento das condições de serviço, estruturas corroídas presentes em um edifício residencial em Teresina (PI) a fim de identificar possíveis origens, causas e mecanismos de ocorrência que condicionaram o surgimento da patologia de corrosão nas armaduras de concreto armado para que, dessa forma, haja a possibilidade de sugestões de reparos dessa patologia e, assim, este trabalho servir como auxílio para estudos futuros.

## **2 CORROSÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

A durabilidade, a vida útil e a segurança são os principais aspectos que garantem a qualidade nas estruturas de concreto armado, mas são os mais atingidos pelo problema da corrosão. É o concreto que protege o aço desse problema, pois é isso que vai garantir a durabilidade do conjunto, entre outros fatores, como a qualidade do concreto, por exemplo. Mas essa proteção da armadura só é garantida com a existência de um cobrimento mínimo que é justamente uma espessura de concreto entre a barra de aço e a superfície externa da peça que irá evitar o contato da armadura com os agentes externos agressivos (2).

O concreto é um material internamente poroso e os vazios são resultantes de água ou ar presentes na massa de concreto. Isso forma uma espécie de ligação com o exterior que é importante ao processo de transporte de gases, água e substâncias agressivas dissolvidas para o interior do concreto. Assim sendo, os mecanismos de degradação estão vinculados a esses poros.

Devido à frequência com que ocorre e suas consequências danosas às estruturas, a corrosão em armaduras de concreto armado tem sido uma patologia considerada

dominante. Por este motivo, é preciso conhecer metodicamente esse problema tão comum do concreto armado. Apesar de existir corrosão por carbonatação (química), corrosão uniforme, corrosão localizada, corrosão sobtensão, entre outros, este trabalho irá enfatizar apenas corrosão por cloretos (eletroquímica) por suas causas e manifestações assemelharem ao estudo de caso que foi realizado nas estruturas do edifício e, assim, facilitar o entendimento quanto à aparição da patologia e poder encontrar um modo de solucioná-la (2).

### **3 CORROSÃO POR CLORETOS (ELETROQUÍMICA)**

Esse tipo de corrosão das armaduras é caracterizado por suceder devido à agressividade do macroclima e microclima. Regiões onde o ambiente de maior agressividade é a atmosfera salina, pela ação da maré ou névoa salina, entre outros. O fenômeno da corrosão é desencadeado quando os íons cloretos penetram no concreto através de mecanismos de transporte de massa até atingir a armadura.

A corrosão de armaduras devido ao ingresso de cloretos é um dos problemas mais sérios e intensos que pode ocorrer em estruturas de concreto, podendo também provocar uma maior deterioração, e, refletindo-se na limitação da vida útil de serviço (3). Denomina-se como “teor crítico de cloretos”, aquele presente no concreto, junto à armadura capaz de desencadear o fenômeno da corrosão.

A diferença de umidade, aeração, concentração salina, tensão no concreto e no aço e a falta de uniformidade na composição do aço, são alguns dos fatores que favorecem uma diferença de potencial entre dois pontos na superfície do concreto gerando o aparecimento do eletrólito que representa uma umidade presente no interior desse material (4).

A armadura de aço, ao sofrer a corrosão, sofre perda de seção na região anódica, devido à dissolução do ferro. Ocorre uma perda de aderência aço/concreto, uma redução na capacidade estrutural da peça e o surgimento de manchas com a coloração marromalaranjada. Nessa região anódica, existe tensões internas expansivas resultantes da corrosão, fluindo uma deterioração da ferragem e o destacamento da camada de revestimento, uma desagregação (2).

Nem sempre quando há corrosão na ferragem, há fissuração. Caso o concreto sofra com bastante umidade, os óxidos serão gerados a uma velocidade constante e podem afastar-se através dos poros na massa de concreto, aparecendo na superfície sob a forma

de manchas marrom-avermelhadas, não apresentando fissura. Porém, é possível a ocorrência das duas situações: fissuras com manchas corrosivas (5).

É importante ressaltar que alguns autores afirmam que a corrosão química também é eletroquímica, mas em menor escala apresentando uma quantidade menor de eletrólito, não classificando esse tipo de corrosão de corrosão seca (oxidação) como alguns outros autores classificam (5).

#### 4 ESTUDO DE CASO

Foi realizado um estudo de caso em um edifício residencial construído em concreto armado, assentado em fundação direta, a sapata, com 2 pavimentos localizado em ambiente urbano em Teresina-PI. As estruturas analisadas que obtiveram as suas armaduras corroídas e expostas foram pilares e vigas. Foi possível averiguar as possíveis causas que propuseram o surgimento da patologia através de uma análise pela inspeção visual e julgamento das condições de serviço. Durante a referida análise também foi feito um recolhimento de algumas informações que foram obtidas através de conversas informais com o responsável da execução das estruturas citadas. Dentre algumas destas informações, os pilares (ver **Figura 1 e 2**) em estudo caracterizam-se por possuírem dimensões de 40x15 e vigas (ver **Figura 3 e 4**) com dimensões de 35x14. Após todas as avaliações feitas, adiante são expostas algumas conclusões que foram alcançadas.

#### 5 PATOLOGIA EM PILARES E EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Pelas informações obtidas com o responsável da obra, puderam-se pressupor algumas causas que propiciaram o surgimento da corrosão.

##### 5.1 POSSÍVEIS CAUSAS:

- Mão de obra não especializada. Descuido dos trabalhadores evidenciado pela presença de arames que ficaram fora da fôrma, como pode ser verificado na **Figura 5**, que normalmente não causam problemas, mas se executado de forma errada pode causar corrosões deixando espaços no concreto de tal forma a ocasionar defeitos na ferragem do pilar.
- Baixa qualidade do material elevando o grau de porosidade devido a uma dosagem inadequada, segundo o responsável.
- Não houve respeito quanto ao processo de cura adequada da superfície de concreto.

- Falha no projeto de estrutura pela ausência de um cobrimento mínimo, problemas no dimensionamento.
- Sem manutenção por longo período de tempo.
- Um macroclima relativamente quente na região Nordeste do Piauí, com a capital de Teresina chegando a atingir 40°C favorecendo uma maior agressividade.

## 5.2 MANIFESTAÇÃO DA PATOLOGIA:

- Evidências de armaduras expostas sofrendo com corrosão com manchas de cor marrom alaranjada.

Apesar do local em que as estruturas estão inseridas não sofrerem com a ação da maresia (atmosfera salina) e ser urbano, há a hipótese das corrosões verificadas serem motivadas por extração eletroquímica de cloretos, pois, pelas informações adquiridas que podem ter causado as patologias, corresponde aos fatores que são próprios desse tipo de corrosão, como foi explanado em tópicos anteriores. Por exemplo, o macroclima de Teresina que é altamente caloroso fazendo com que as estruturas sofram com uma incidência solar intensa, as manchas de cor marrom alaranjada, entre outros.

Figura 1: a) Visão geral do pilar 40x15 com armaduras expostas sem cobrimento adequado, segregação e fôrmas mal colocadas que cederam



Fonte: O próprio autor, 2017

Figura 2: Pilar com segregação do concreto ocasionado por má execução, possivelmente por não ter respeitado as recomendações de lançamento do concreto e sem cobrimento adequado



Fonte: O próprio autor, 2017

Figura 3: Viga 35x14 com suas armaduras expostas e corroídas por cloretos ocasionados por má execução da viga



Fonte: O próprio autor, 2017

Figura 4: Outras vigas 35x14 com suas armaduras expostas e corroídas. Sem cobrimento adequado ocasionado por mal execução das fôrmas



Fonte: O próprio autor, 2017

Figura 5: a) Pilar 40x15; b) e c) Arames evidenciados pela má execução das fôrmas podendo ocasionar problemas futuros com corrosão por cloretos



Fonte: O próprio autor, 2017

É importante esclarecer que, com o julgamento das condições de serviço das estruturas, as patologias encontradas se devem mais devido à má execução da estrutura, como o não atendimento ao cobrimento mínimo, má execução das fôrmas, segregação do

concreto no lançamento, entre outros, e isso poderá ocasionar o problema de corrosão eletroquímica.

### 5.3 INTERVENÇÕES QUE PODEM SER FEITAS:

Com uma mão de obra especializada, deve-se efetuar o cobrimento mínimo necessário de acordo com as especificações de projeto, posicionar corretamente as fôrmas, respeitar o processo de cura do concreto utilizando materiais de qualidade para a produção do mesmo e ter os cuidados necessários no momento do lançamento do concreto para evitar a segregação.

O mais usual na intervenção de estruturas em que a corrosão é ocasionada pela contaminação do cloreto são a reparação pontual e os métodos eletroquímicos. Para tratar a corrosão por eletroquímica de cloretos por meio da técnica de ruído eletroquímico devem-se seguir alguns passos (5).

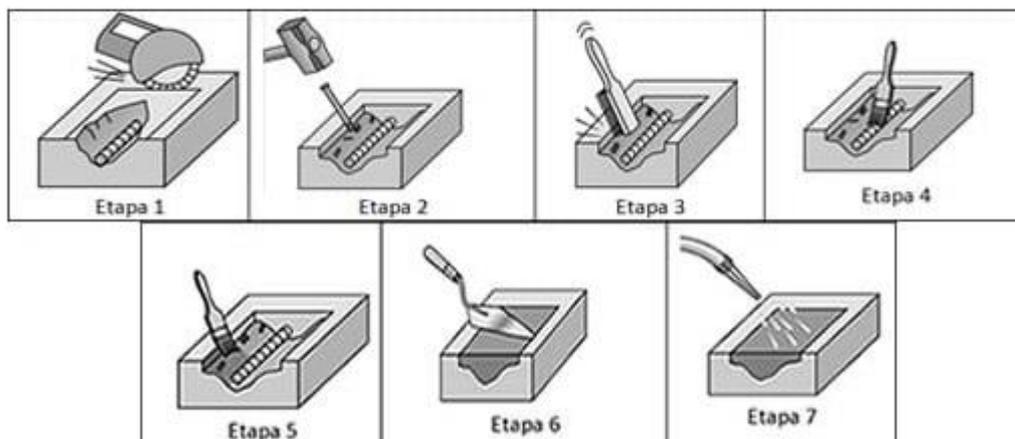
1. Detectar o início da corrosão localizada;
2. Distinção entre corrosão localizada e corrosão generalizada;
3. Caracterização do tipo de corrosão, se por pite ou sob a forma de corrosão sobtensão fraturante;
4. Distinção entre sistemas com corrosão ativa e sistemas passivos, onde ainda não ocorreu a corrosão;
5. Indicação da velocidade de corrosão, e não uma avaliação desta velocidade;
6. Fornecimento de um indicativo da intensidade do ataque corrosivo, caso não seja possível determinar o parâmetro  $R_n$  (resistência ao ruído). Para se aferir a taxa de corrosão é possível quando se sabe a existência aceitável de correlação entre o nível (amplitude) dos ruídos e a taxa de corrosão. Sendo assim, teoricamente, quanto mais altas apresentarem a frequência e a amplitude das flutuações de potencial observadas durante a corrosão, mais alta será a taxa de corrosão (5).

A recuperação de uma estrutura afetada por alguma manifestação patológica não é realizada de maneira rígida, ou seja, normalmente existem vários métodos ou sistemas de reparo para se utilizar, dependendo da gravidade e do tipo de manifestação. A escolha do método ideal dependerá de alguns fatores como a possibilidade de acesso ao local de reparo, fatores econômicos e condicionantes técnicas, que variam de caso a caso. No caso de estruturas deterioradas por corrosão de armaduras, a situação se torna um pouco mais complicada, à medida que o reparo deverá atuar em um ambiente que é, comprovadamente, agressivo (6).

Salienta-se que não serão abordadas etapas que envolvam o reforço de estruturas. Se tratando de corrosão de armaduras alguns métodos de tratamento são observados: reparos localizados, reparos generalizados, remoção eletroquímica dos cloretos, sendo este último citado anteriormente (5). Os reparos localizados consistem na exposição da armadura nos trechos corroídos, execução de tratamento no local, e posterior reconstituição da seção do elemento. Ao abrir a estrutura de concreto, os componentes de aço devem ser rigorosamente limpos, livres dos produtos da corrosão, e tratados com produtos que evitem a ocorrência da corrosão, de preferência à base de zinco. Neste caso a presença do zinco tem como objetivo atuar como ânodo de sacrifício, protegendo a armadura das reações deletérias. Para reparos generalizados são usados os mesmos materiais e procedimentos anteriores, e podem ser executados quando se deseja remover concretos contaminados de maneira preventiva. Esta é a intervenção mais comum, pois suas técnicas de execução já são bem conhecidas pelos profissionais e estão bem disseminadas no ramo da construção civil, com seus resultados, em termos de reestabelecimento do desempenho estrutural, altamente satisfatórios quando adequadamente executados (7).

O principal objetivo da recomposição estrutural, no caso da corrosão de armaduras, é restaurar a proteção à armadura reestabelecendo as propriedades físicas e características estéticas e geométricas do componente de concreto. A sequência de atividades, consideradas ideais para a prática da recuperação, é mostrada na ilustração da **Figura 6**.

Figura 6: Resumo das principais etapas para recuperação de armaduras corroídas



Fonte: [www.aecweb.com.br](http://www.aecweb.com.br), 2017

Na **Figura 6**, a Etapa 1: refere-se à delimitação de contorno do reparo com uma serra circular; a Etapa 2: remoção do material deteriorado; a Etapa 3: limpeza que pode ser feita manualmente ou com um jato de areia; a Etapa 4: preparação da camada de aderência; a Etapa 5: revestimento da armadura (pintura); a Etapa 6: recomposição do concreto; a Etapa 7: proteção da superfície de concreto com uma cura da argamassa geralmente feita com água potável (7).

## 6 CONCLUSÃO

Como foi visto muitos são os problemas que podem surgir nas estruturas e que podem ser evitados caso haja um cuidado maior na elaboração de projetos e nas suas especificidades. É preciso conhecer a utilidade de cada estrutura levando em conta as intervenções necessárias que esta precisa, como a manutenção preventiva, para que ela cumpra com satisfação a sua aplicação. Além disso, é preciso também que o correto diagnóstico acompanhado da escolha correta para reparar problemas é que vai garantir êxito no trabalho realizado e evitar intervenções inúteis.

Desta forma, este trabalho procurou identificar as prováveis e principais causas, através da inspeção visual (vistorias) e levantamento de dados alcançado por entrevistas informais com o responsável da execução, da patologia de corrosão encontrada em estruturas de vigas e pilares. Assim como procurar por alternativas que possam ser realizadas para solucionar o problema objetivando sempre ampliar o leque de conhecimento dos métodos reparatórios. E através disso verificou-se que a mão de obra não especializada, ausência de um cobrimento mínimo, material de má qualidade, a falta de consideração quanto ao tempo de cura do concreto usado, a falta de manutenção e a má execução das fôrmas, foram os motivos que mais propiciaram problemas nas estruturas como a segregação e podendo, assim, ocasionar a patologia de corrosão eletroquímica. Logo, é preciso a aplicação de medidas intensas (critérios de durabilidade) nos projetos somada com a manutenção preventiva que irá assegurar a permanência adequada das estruturas. Além do mais, a técnica de manutenção (inspeção) é imprescindível para estabelecer um correto diagnóstico e correção da patologia.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.
- (2) ROCHA, I. **Corrosão em estruturas de concreto armado**. Revista On-line Ipog, Goiânia e dezembro/2015, p. 1-26.
- (3) FIGUEIREDO, E. P. **Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto**. São Paulo: IBRACON, 2005.
- (4) HELENE, P. R. do L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1986.
- (5) CASCUDO, O. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto**. 1ª ed. Goiânia: PINI e UFG, 1997.
- (6) ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**, tradução e adaptação Antônio Carmona e Paulo Helene: Pini, 1992.
- (7) MEDEIROS, M. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos\\_6412\\_0\\_1](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1)> Acesso em: 25 de dez. de 2017.