

---

Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## **CORROSÃO DAS ESTRUTURAS PÓS RECUPERAÇÃO DA CATEDRAL METROPOLITANA DE NATAL: um estudo de caso**

Daniela Maria Arruda Rocha<sup>a</sup>, Victor de Paiva Maia<sup>b</sup>, Fábio Sérgio da Costa Pereira<sup>c</sup>, Carlindo Avelino Bezerra Neto<sup>d</sup>

### **Abstract**

---

The significance of durable construction requires the implementation of decisions and procedures that guarantee the durability structure through its use of specific materials. The absence of periodic maintenance promotes the development of pathological problems that may be crucial to maintaining the durability of the structure.

In this sense, the article aims at a case study in the Metropolitan Cathedral of Natal, in the state of Rio Grande do Norte, from the detection of pathological manifestations in the present post-recovery conception was previously performed. The analysis starts with visual inspection. Then the survey and diagnosis of the structures in their present design are assessed. Finally, the need for a recovery intervention plan with constructive reinforcement and repair techniques is concluded, besides the elaboration of a maintenance program for the monument.

**Keywords:** Corrosion, durability, pathologies, structural recovery.

### **Resumo**

---

A concepção de uma construção durável implica na adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção. A ausência de manutenções periódicas, acarreta o desenvolvimento dos problemas patológicos que podem ser cruciais para manter a durabilidade da estrutura. Neste sentido, o artigo objetiva um estudo de caso na Catedral Metropolitana de Natal, no estado do Rio Grande do Norte, a partir da detecção de manifestações patológicas na estrutura atual pós recuperação realizada anteriormente. A análise parte da inspeção visual, com o levantamento de informações e diagnóstico das estruturas na situação presente e a necessidade de um plano de intervenção de recuperação com técnicas construtivas de reforço e reparo, além da elaboração de um programa de manutenção para o monumento.

**Palavras-chave:** corrosão, durabilidade, patologia, recuperação estrutural.

---

<sup>a</sup> Engenheira Civil – Universidade Potiguar

<sup>b</sup> Graduando em Engenharia Civil – Universidade Potiguar

<sup>c</sup> PHD, Engenheiro Civil - ENGEAL

<sup>d</sup> Mestre, Engenheiro Civil – Universidade Potiguar

---

## Introdução

---

Nos tempos contemporâneos, tem-se observado a ausência de políticas preventivas de manutenções em estruturas que sofreram recuperações e/ou reparos, aspecto essencial na preservação das características de desempenho para o qual a edificação foi inicialmente projetada. Para a inversão deste quadro, são necessárias a adoção de práticas e a elaboração de metodologias de técnicas e inspeções periódicas da edificação.

Como a prática de intervenções são tardias para atingir-se a durabilidade e proteção da estrutura, desencadeia-se um crescimento exponencial dos custos. Segundo Helene (1992), a lei dos “5” ou “Lei de Sitter” a evolução deste custo pode ser assimilada a uma progressão geométrica de razão 5. No caso de intervenções em fase de manutenção corretiva, correspondente ao diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já perderam sua vida útil de projeto e apresentam manifestações patológicas evidentes, associa-se a um custo de 125 maiores se tomado na fase de projeto.

A corrosão de armaduras tem se mostrado uma deterioração de inúmeros mecanismos com a ação de maior incidência e com maiores prejuízos econômicos aos países (CARMONA, 2005). Decorrente da exposição ao ambiente agressivo, utilização de materiais de má qualidade e negligência nos processos de execução, uma vez iniciado o processo corrosivo são complexas as formas de saná-lo.

A ABNT NBR 6118 (2014) cita o ataque de íons cloretos e, a carbonatação como os principais agentes despassivadores. A ação dos agentes agressivos depende das características ambientais ao qual a estrutura está exposta e das propriedades dos materiais do concreto. O pH da solução no concreto e o potencial eletroquímico, componentes da zona de corrosão, são responsáveis para que os produtos das camadas não sejam mais estáveis, sendo assim, aptos para o processo de corrosão.

Em virtude disso, pretende-se como objetivo principal deste artigo, analisar de forma crítica a durabilidade das estruturas da Catedral Metropolitana de Natal pós recuperação, de modo a investigar através de vistorias in loco e avaliações, a necessidade de manutenção corretiva de recuperação para reabilitação em função do seu estado de conservação.

Busca-se apresentar que as ausências da realização de manutenções preventivas são elementares para o surgimento de patologias, uma vez que, os materiais não são perenes, recomendando-se a sua realização para redução da probabilidade de falha ou degradação total da estrutura em peças estruturais com a presença de elemento corrosivo na estrutura atual pós recuperação.

---

## Metodologia

---

O trabalho estruturou-se em duas partes: no primeiro momento de forma indireta realizou-se o levantamento das informações, com base na descrição esquemática do projeto e de seus componentes estruturais realizado na época da primeira recuperação. Em consequente, implementou-se entrevistas com os relatos do engenheiro especialista responsável dos ensaios realizados na estrutura da Catedral, visando informações sobre o estado de conservação da estrutura no ano de 2010, com a caracterização do processo de recuperação instaurado.

Após vinte e dois anos da realização da concepção estrutural na Catedral Metropolitana, evidenciou-se a necessidade de uma intervenção reparadora em suas estruturas a partir de vistorias in loco, requisitando-se da necessidade de manutenções corretivas para recuperação, reparo e/ou reforço das estruturas.

Foram realizados ensaios na estrutura da Catedral, pré-recuperação, no ano de 2010 pelo engenheiro responsável pela a reabilitação, visando obter informações sobre o estado de corrosão das armaduras e do concreto.

No ensaio de probabilidade de corrosão foram medidos doze pontos diferentes da estrutura, com base na norma ASTM-C 876 (2009), utilizando o eletrodo de Cobre/ Sulfato de Cobre. Os valores obtidos apresentaram-se todos acima de -350mv, demonstrando uma probabilidade de corrosão de 95% nas armaduras analisadas ( -386mv, -380mv, -362mv, -352mv, -373mv, -461mv, -515mv, -627mv, -384mv, -540mv, -400mv, -348mv).

Foram medidos vários pontos da estrutura pelos indicadores fenolftaleína, timolftaleína e lápis medidor de pH, observando-se que, as áreas externas, apresentaram agressividade superior, indicando um alto valor de carbonatação (concreto com cor incolor, após aspersão da fenolftaleína, obtendo  $ph = 5$  pelo lápis medidor de ph). De maneira oposta, a parte interna da Catedral não apresentou carbonatação refletindo o concreto com cor rosa após aspersão da fenolftaleína, obtendo  $ph = 12$  pelo lápis medidor de ph.

Foram extraídas amostras (pó) de seis pontos na estrutura; os ensaios foram feitos por titulação pelo Método de Morh no laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), apresentando valores abaixo do limite de 0,4% da massa do cimento, indicado pelas normas. Realizou-se conjuntamente ensaio através da aspersão de nitrato de prata no concreto, apresentando o concreto após aspersão, coloração branca, indicando cloretos.

Para os valores de resistência a compressão foram retiradas amostras de corpos de prova através da extração de testemunhos de corpos-de-prova (10x20cm) conforme a ABNT NBR 7680 (2007), levadas ao laboratório da UFRN para o rompimento, em que todos os resultados apresentaram valores satisfatórios, com resistências superiores à 30 MPa.

Por fim, retirou-se amostras de concreto da Catedral em alguns pontos para medição da porosidade, sendo levadas ao laboratório da UFRN para análise, conforme a ABNT NBR 9778 (2009), apresentando resultados inferiores a 10%, indicando, conforme a norma, um concreto de boa qualidade e compacto (8,66%, 8,65%, 9,91%, 9,15%, 8,80%, 7,87%, 9,845%).

Com a análise dos resultados dos ensaios realizados descritos anteriormente e exame visual in-loco, realizou-se o projeto de recuperação, reforço e impermeabilização das estruturas na Catedral Metropolitana de Natal (2009-2010).

Entretanto, sete anos após realizada a primeira recuperação devido à ausência de manutenção, detectou-se e permitiu concluir que atualmente a Catedral Metropolitana de Natal, apresenta patologias na sua tipologia.

Em virtude disso, na situação pós recuperação da estrutura, foram realizadas de forma direta através de vistorias in loco com registros fotográficos para identificação dos problemas patológicos encontrados nas estruturas da edificação pós recuperação, diagnosticando as patologias decorrentes da ausência de manutenções preventivas e obtendo-se um plano estratégico de manutenções com técnicas de terapias para a recuperação do estudo de caso.

## **Resultados**

---

Com o emprego de metodologias adequadas realizou-se um estudo crítico e sistemático por meio da execução de inspeção visual da edificação, para obter-se o conhecimento das tipologias e frequentes anomalias responsáveis pela deterioração da obra. A determinação do diagnóstico da ausência de manutenção permitiu concluir que atualmente a Catedral Metropolitana de Natal, detectou patologias na sua tipologia.

Geralmente o tratamento da peça deteriorada generativamente parte da análise e identificação dos pontos, seguida da respectiva demolição/escarificação da área danificada, com posterior técnica de aplicação do reparo.

Nos aparelhos de apoios metálicos localizados na parte externa e interna da lateral (esquerda e direita) da Catedral, ocorreu ausência de manutenção na estrutura de aço. Se tratando dos aparelhos de apoios de neoprene e neoflon, recomenda-se realizar a manutenção, uma vez que o prazo de garantia de cinco anos ter se excedido.

Para a ocorrência de problemas oriundos da falta de manutenção dos apoios laterais localizados na face interna e externa da Catedral, recomenda-se como solução corretiva o lixamento dos aparelhos, seguido da aplicação de pintura anti-corrosiva de zinco.

De acordo com a Figura 3, verificou-se a ausência da manutenção das placas de metal na parte posterior da Catedral e corrosão com perda de secção dos perfis metálicos de interligação entre as placas, dado que, as peças sofrem constante ação agressiva do meio ambiente e carecem da ausência de manutenções preventivas.



**Figura 3 - Ausência de manutenção nas placas metálicas**

**Fonte: Autores.**

Na parte externa da catedral a laje de fundo da fachada principal, observou-se perda significativa das seções, devido a insuficiência da espessura do revestimento, uma vez que, a introdução de classes de agressividades do ambiente, entrou em vigor a partir da NBR 6118 (2003), conforme mostra a Figura 1 e 2 abaixo. Além disso, verificou-se a constante ação da frente de carbonatação e agentes agressivos externos do meio por ausência das pingadeiras na borda da laje superior de fundo resultando na percolação da água e conseqüentemente, diminuição do pH do concreto e redução da proteção das armaduras (despassivação).



**Figura 1 e 2 - Corrosão linear na laje de fundo e ausência de pingadeiras na viga protendida.**

**Fonte: Autores.**

Foram ainda constatadas manifestações patológicas corrosivas aparente nas peças estruturais do subsolo (pilares, lajes e vigas) conforme figura 4, em função do pequeno recobrimento adotado na época ou por falha de execução, uma vez que a ação de íons cloreto e da carbonatação tem menor incidência devido a inferior exposição à ação ambiental externa. Além disso, observou-se a ausência de juntas de dilatação em alguns pilares do subsolo.



**Figura 4 – Corrosão nas peças internas da Catedral.**

**Fonte: Autores**

## **Discussão**

Diante do intenso desgaste das armaduras com corrosão na laje de fundo, deve-se em primeiro lugar realizar a remoção do concreto desagregado com liberação das armaduras com corrosão. Em seguida, recomenda-se realizar o hidrojateamento de areia para limpeza das armaduras e a aplicação de uma pintura anti-corrosiva de zinco nas armaduras antigas, para assim, aplicar-se camadas de concreto projetado de 3 cm de espessura e de argamassa polimérica de 1 cm. Estes dois últimos serviços especificados visam propiciar um aumento de durabilidade das estruturas de concreto armado, em função do pequeno recobrimento existente das armaduras. Ainda associado ao fato, propõe-se a instalação de pingadeiras na fachada das jardineiras garantindo a proteção da laje, protegendo-a da percolação da ação da água derivadas das chuvas, e consequentemente, das infiltrações.

Compreende-se como terapia de manutenção em relação às placas de metais localizadas na parte posterior, conforme observado, a realização de hidrojateamento de água para limpeza das placas. É necessário ainda, quanto a corrosão na estrutura de aço dos perfis metálicos, a execução de hidrojateamento de areia, com posterior aplicação de pintura anti-corrossiva de zinco.

Em contrapartida, como segunda solução proposta para evitar-se futuros problemas corrosivos, sugere-se a retirada e substituição das placas metálicas por outros materiais como o plástico ou a borracha. Este serviço deve-se proceder na inserção de placas com dimensões de 3,62m x 0,82m, totalizando uma área total unitária de 2,95m<sup>2</sup>, com abertura inclinada entre elas de 42 cm, e a disposição de um total de 155 placas.

Para a estrutura da parte interna da Catedral Metropolitana no subsolo recomenda-se executar uma nova camada com aplicação de graute. É necessário ainda, em alguns pilares locados no subsolo a limpeza e a inserção de juntas de dilatação com introdução de elastômeros.

---

## Conclusões

---

Após a última intervenção reparadora em suas estruturas, e com a verificação atual através de vistorias in loco, levantamento da coleta de dados e definição das causas, danos e terapias para reparo e reforços estruturais, conclui-se um estado de ausência de manutenções na Catedral Metropolitana de Natal. Visa-se, com base na análise estrutural, através de terapias de reparo e recuperação, que se restabeleça as condições de segurança global da estrutura ao se proporcionar o aumento da vida útil e da durabilidade da edificação.

Nota-se, a carência de uma cultura pela preservação, assim como, procedimentos para a avaliação de estruturas de concreto armado existente, através de inspeções prediais obrigatórias e manutenções periódicas pelos órgãos públicos. Comprova-se que em primeiro plano, necessita-se de uma cultura futurista, que aplique na prática, o investimento adequado e os serviços de manutenções.

---

## Referências bibliográficas

---

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. C 876. **Standard Method for Half-cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete**. Philadelphia, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto, procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7680 – Partes 1-2**: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778**: Argamassas e concretos endurecidos – Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

CARMONA, Thomas Garcia. **Modelos de Previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em:  
<[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-27072005.../Mestrado\\_Thomas.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-27072005.../Mestrado_Thomas.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2017.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2 ed. São Paulo. Pini, 1992

\* \* \*