



## **PRÉDIO NOVO**

# **ENSAIOS PARA AVALIAR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

**PAULIS-RT-01-2018-R0**

**Abril/2018**

## 1. OBJETIVO

Indicar ensaios a serem realizados nas peças de concreto do Prédio Novo, visando avaliar o grau de comprometimento das estruturas do prédio.

## 2. INTRODUÇÃO

A Desek foi chamada para avaliar as condições em que se encontram diversas peças estruturais do edifício denominado “Prédio Novo” ou também de “Prédio Cultural” e, eventualmente, opinar a respeito de outros tópicos que venham a surgir durante as investigações.

Trata-se de uma estrutura composta por um subsolo, pavimento térreo e mais cinco pavimentos superiores, totalizando uma área projetada de aproximadamente 1.536 m<sup>2</sup> (32m x 48m) e 26m de altura.

De acordo com relatório da empresa Concremat “*Observa-se nos projetos disponibilizados e também in loco, que os pilares da fachada Norte e Sul possuem seção vazada e os pilares da fachada Leste e Oeste possuem seção maciça, ambos com 40 x 87 cm..... Através da extração dos testemunhos e de medições aferidas no local, pode-se constatar que os pilares das fachadas possuem ainda um encamisamento com graute com espessura variando entre 5 e 10 cm, do térreo ao 5º pavimento, logo, nesses casos, as seções dos pilares são da ordem de 55 x 100 cm. Destaca-se que os pilares do subsolo apresentam dimensões compatíveis com o projeto original, não apresentando visualmente o encamisamento com graute.....*”

Deverão ser avaliados graus de deterioração existentes em pilares devido à corrosão de armaduras, levando em consideração ocorrência recente em um pilar em que ocorreu deslocamento do concreto deixando à mostra severa deterioração devida a aquela manifestação patológica. Em rápida visita efetuada ao prédio notou-se a ocorrência de fissuras causadas, provavelmente, por corrosão de armadura em vários pilares, bem como panorama de fissuras aleatórias localizadas na argamassa de revestimento externo de pilares.

Tendo em vista os trabalhos de reforço das estruturas de concreto, a serem realizados, torna-se importante diagnosticar as causas destas ocorrências e indicar alternativas para seu reparo.

Este relatório apresenta as inspeções e os ensaios a serem realizados.

## 3. INSPEÇÕES A SEREM REALIZADAS

Deverão ser realizadas inspeções visuais, contando com o auxílio de ferramentas simples (fissurometro, martelo, lupa, máquina fotográfica, etc) para cadastramento e mapeamento das eventuais anomalias encontradas e preenchimento de cadastro relacionando as mesmas. O martelo deverá ser aplicado para detecção de som cavo quando de percussão, de modo a serem determinadas regiões onde os revestimentos de argamassa colocados há muitos anos em peças estruturais estejam soltos ou sem aderência. Servirá, também para determinação de regiões onde, potencialmente, a corrosão da armadura já esteja em estágio avançado.

As inspeções detalhadas deverão ser realizadas em todos os pilares e vigas de todos os andares do Prédio Novo. O resultado será, posteriormente, comparado com levantamento similar efetuado no ano 2014, para avaliação da evolução das anomalias neste período de 4 anos.

Nos locais onde haja fissuras típicas derivadas da corrosão de armaduras deverá ser aberta pequena janela até ser atingida a armadura principal (ultrapassando a capa de revestimento de graute, se houver), para a realização de ensaio de carbonatação, medição da espessura de cobertura e para medição da seção da barra de armadura.

#### **4. ENSAIOS A SEREM REALIZADOS**

Considerando a necessidade de avaliação das condições atuais principalmente de pilares e vigas, tendo em vista o projeto de reforço estrutural a ser desenvolvido, recomenda-se a realização dos ensaios indicados a seguir. Não será necessária a extração de corpos de prova para avaliação de sua resistência, pois os resultados obtidos em extrações efetuadas em pilares no ano 2014 mostraram que as resistências são superiores às especificadas pelo projeto original (15MPa) bem como atendem aos critérios da norma ABNT NBR 6118 quanto à classe de agressividade II:  $f_{ck} \sim 35\text{MPa}$ .

##### **4.1 Espessura de Cobrimento**

A determinação da espessura de cobertura da armadura pode ser realizada através do uso do pacômetro. Trata-se de ensaio não destrutivo de fácil realização e com razoável grau de precisão. Recomenda-se que haja uma “calibração” do aparelho mediante a comparação do valor medido pela pacometria com medição efetuada diretamente em pequena janela aberta em uma peça estrutural. Para isto poder-se-à empregar uma das janelas indicadas no item 3. O ideal é que a pacometris seja realizada para determinação da armadura principal existente em pilares e vigas, se possível.

No caso dos pilares, supondo que a mesma seção de armadura seja constante em toda a altura do mesmo, bastará efetuar a determinação do cobertura em um dos andares, bem como a determinação da seção do aço, se possível. Como, de acordo com os relatórios disponibilizados da Concremat e da Proconcreto, os pilares do subsolo não estariam revestidos com capa de graute recomenda-se a realização destes ensaios inicialmente nesses pilares.

##### **4.2 Perda de Seção**

A determinação da perda de seção aplica-se aos locais onde sejam notados sinais evidentes de corrosão acentuada das armaduras. Nestes casos é necessária medição da espessura das armaduras corroídas para, através de comparação com as armaduras do projeto original ser possível avaliar o seu comprometimento. Valem neste caso as observações do item 3 e dos subitens 4.1 e 4.4.

### **4.3 Carbonatação**

A carbonatação representa o avanço do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) no interior do concreto e que ao reagir com o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) oriundo da hidratação do cimento forma o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) com conseqüente redução do pH da solução contida nos poros do concreto de, aproximadamente, 12,5 para 9,5, aumentando a probabilidade de ocorrência de corrosão das armaduras.

A profundidade de carbonatação é função da permeabilidade do concreto, da umidade relativa, da concentração de  $\text{CO}_2$ , entre outros fatores. A avaliação da espessura carbonatada dá uma ideia sobre as probabilidades da armadura ter sido despassivada e vir a ser atacada por corrosão.

Recomenda-se a realização de ensaios de carbonatação em todas as janelas de inspeção que forem abertas nos pilares e vigas, conforme indicado no item 3 e subitens 4.1, 4.2 e 4.4.

### **4.4 Potencial de corrosão**

A determinação do potencial de corrosão é uma metodologia não destrutiva que auxilia no diagnóstico de corrosão de armaduras embutidas no concreto. O ensaio indica as regiões com maiores possibilidades de haver ocorrência de corrosão das armaduras.

No caso específico do Prédio Cultural, evidentemente, não haverá necessidade de ser empregada esta metodologia em regiões onde a inspeção visual mostrar já haver corrosão das armaduras. O objetivo principal é o de identificar zonas onde haja potencial de corrosão, porém que não forneçam indícios visíveis a respeito.

Caso após a análise dos resultados deste ensaio forem notadas áreas onde a corrosão seja considerada como "Provável", será necessária a abertura de janela que atinja a armadura para avaliar a situação real daquela peça estrutural.

Recomenda-se a realização deste ensaio em todos os pilares das fachadas Norte e Sul (vazados) e das fachadas Leste e Oeste (maciços) do prédio. Também devem fazer parte desta avaliação pilares e vigas externas, tais como o pilar P13h e a viga V13h e seus similares. Como uma grande parte do encamisamento com graute efetuado há muitos anos está sem aderência adequada ao concreto original dos pilares e há um interesse específico em se conhecer a real situação da armadura principal, recomenda-se que os ensaios de potencial de corrosão sejam efetuados sobre o concreto original, ou seja, em pequenas áreas onde a capa de graute possa ser removida.

### **4.5 Análise petrográfica e microscopia eletrônica de varredura**

Os ensaios de análise petrográfica complementada por microscopia eletrônica de varredura e difração por Raios-X visam avaliar os concretos empregados na obra, os agregados e cimento utilizados, bem como avaliar se há alguma anomalia, em nível microscópico, ocorrendo no material. Entre as anomalias que podem ser detectadas por estes meios estão a reação álcali-agregado e a presença anômala de sulfetos ou sulfatos na massa do concreto.

Para a realização destes ensaios recomenda-se a retirada de dois corpos de prova: um de um dos pilares que apresente acentuada corrosão de armadura e outro que não mostre sintomas visíveis de anormalidades.

#### **4.6 Determinação de cloretos e sulfatos**

A determinação do teor de cloretos visa avaliar se eventualmente durante a construção foi empregado algum aditivo que continha cloretos bem como, uma hipótese mais remota, seria se houve no decorrer do tempo alguma influência do cloro empregado na piscina na corrosão das armaduras. A determinação do teor de sulfatos visa verificar se há alguma possibilidade de expansão do concreto devido à formação de etringira ou gipsita e conseqüente fissuração caso a quantidade de sulfatos seja em proporções significativas, no concreto.

Os ensaios para estas determinações deverão ser realizados, preferencialmente, em dois pilares que nitidamente apresentem corrosão da armadura e que estejam próximos do lado da piscina e em dois pilares que não tenham nenhum sinal de anomalias visíveis quando da inspeção visual detalhada.