Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

"METODOLOGIA PARA A RECUPERAÇÃO DE PILARES SUBMETIDOS À CARBONATAÇÃO: APRESENTAÇÃO DE CASO DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR DE TÉRREO EM PILOTIS DE MANAUS/AM"

L. T. DIAS BARBOSA FILHA
Estudante
Universidade Federal do Amazonas
Amazonas; Brasil
liafilha@hotmail.com

E. ARAUJO SILVA
Estudante
Universidade Federal do Amazonas
Amazonas; Brasil
elber.araujo.silva@gmail.com

S. CALÔBA AGUIAR
Estudante
Universidade Federal do Amazonas
Amazonas; Brasil
samuel.caloba@gmail.com

J. ALMEIDA MELO FILHO
Professor DSc.
Universidade Federal do Amazonas
Amazonas; Brasil
jalmeida26179@gmail.com

RESUMO

As estruturas de concreto armado representam a alternativa estrutural mais empregada em edificações dentro do território nacional, passíveis de manifestações patológicas que, dependendo da gravidade, podem ocasionar riscos à segurança das construções se não submetidas a adequadas técnicas de reparo. Com o objetivo de apresentar uma possível alternativa de recuperação e prevenção a danos materiais e humanos, o presente artigo leva ao conhecimento dos profissionais da construção civil a metodologia empregada para a recuperação de pilares submetidos à carbonatação no estacionamento de um prédio residencial multifamiliar de Manaus/AM. A técnica de reparo adotou método convencional, ao qual conjugaram-se inovações necessárias às especificidades locais, sobretudo, quanto à qualidade e resposta dos materiais de construção ao clima da região. O maior desafio, entretanto, residiu na projeção de escora metálica que impedisse a reacomodação das vigas durante o reparo dos pilares, especialmente porque foi executado com a edificação ainda em uso. Concluída a recuperação, pôde-se confirmar o êxito dos objetivos propostos com a intervenção, haja vista que a estrutura tem sido monitorada continuamente, sem apresentar indícios de novas manifestações patológicas
Palavras-chave: Carbonatação, pilar, manifestações patológicas.

ABSTRACT

The reinforced concrete structures represent the most used structural alternative in buildings within the Brazilian territory, subject to pathological manifestation, which, depending on the severity, can cause risks to the safety of buildings, in case of those do not receive appropriate repair techniques. Aiming to present a possible alternative recovery and prevention of human and material damage, this article leads to knowledge of professionals in the methodology employed construction to recover pillars subjected to carbonation in the parking area of a multifamily residential building in Manaus, State of Amazonas. The repair technique adopted was the conventional method, which conjugated necessary innovations to local conditions, especially regarding the quality and response of building materials to regional climate. The biggest challenge, however, resided in the projection of the metal prop that could prevent the re-accommodation of the beams during the repair of the pillars, especially because it was done with the building still in use After recovery was completed, it was possible to confirm the success of the proposed objectives with the intervention, considering that the structure has been continuously monitored, without showing evidence of new pathological manifestations.
Keywords: Carbonation, pillar, pathological manifestations.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é uma tecnologia construtiva desenvolvida na Europa em meados do século XIX, que alia a argamassa (composta por água, areia, cimento e agregados) a armaduras metálicas para conferir resistência a esforços de tração à estrutura. Desde então, o Brasil é um dos países pioneiros no uso deste material.

A implantação do concreto armado como material de construção no país, deu-se por influências europeias, porém seu emprego em larga escala deve-se à abundância de matéria-prima no território brasileiro, à facilidade de moldá-lo em qualquer forma, e a não limitação da quantidade de pavimentos. Além disso, segundo Couto [1], é apreciado por sua resistência mecânica, durabilidade – quando não exposto a ambientes agressivos, pode chegar a 100 anos sem quaisquer intervenções – e viabilidade econômica.

Contudo, por se tratar de material não inerte, sua capacidade resistente e durabilidade podem ser comprometidas pelo surgimento de manifestações patológicas oriundas da interação dos constituintes do concreto com agentes presentes no meio – entre estes os sais, ácidos, etc. Como qualquer outro material, fica sujeito, também, à aplicação incorreta de princípios de engenharia.

Para Helene [2], o número de estruturas acometidas por manifestações patológicas acentuou desde a última década do século XX, sobretudo aquelas relacionadas com a corrosão de armaduras em decorrência da falta ou perda da proteção química oferecida pelo cobrimento de concreto. Dentre estas, a carbonatação é uma das mais frequentes, sobretudo em estruturas expostas a ambientes com altas concentrações de gás carbônico.

Este artigo discorre sobre o processo de recuperação de 34 pilares de concreto armado, situados na garagem de um edifício residencial multifamiliar de térreo em pilotis localizado em Manaus/Amazonas, afetados pelo processo de carbonatação, sem que houvesse a interrupção do funcionamento do prédio, vez que o mesmo se encontra habitado em sua totalidade.

No caso em questão, os pilares apresentavam dimensões iniciais de 0,15 x 0,40 x 2,40 metros, resistência característica a compressão de 18 MPa e distância entre vãos de aproximadamente 3,5 metros. Cabe salientar, ainda, a necessidade de serem confeccionadas escoras metálicas com capacidade de carga elevada, considerando a inviabilidade, por motivos mecânicos e funcionais, da utilização das escoras disponíveis no mercado local.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O fenômeno da carbonatação, de acordo com Ribeiro e Cunha [3], consiste na formação de carbonato de cálcio através da interação do gás carbônico - oriundo, sobretudo, da queima de combustíveis em ambientes classificados sob agressividade II da ABNT [4] - que penetra pelos poros ou fissuras do concreto, com o hidróxido de cálcio ali presente. Em estruturas expostas a ambientes com altas concentrações de CO_2, tais como viadutos, garagens e túneis, o aparecimento deste tipo de manifestação patológica ocorre, portanto, com mais frequência.

A problemática, no entanto, não está na formação de carbonato de cálcio (já que este não provoca a deterioração do concreto), mas no desencadeio do consumo de álcalis da pasta, provocando a redução do potencial hidrogeniônico a níveis abaixo de 11,5. Richardson [5] inclusive, refere que a transformação da portlandita (hidróxido de cálcio) em calcita ($CaCO_3$), ocorrida durante o processo de carbonatação, aumenta a resistência mecânica do concreto.

Ainda segundo Ribeiro e Cunha [3], o fenômeno pode ser facilitado por diversos fatores, dentre eles, construtivos, de projeto e climáticos. Dentre estes, destacam-se o não-alcance do valor normatizado de cobrimento nominal das armaduras do concreto armado (para zona urbana > 30 mm), a elevada relação água/cimento do elemento construtivo e ciclos de umedecimento e secagem. Para o caso de edificações com térreo em pilotis, onde os pilares encontram-se expostos às intempéries ambientais, os ciclos de umedecimento/secagem ocorrem com maior frequência e intensidade.

Para Nakamura [6], quando a frente de carbonatação atinge os aços das armaduras, o fenômeno dá início à retirada da camada passivadora (despassivação) devido à diminuição da alcalinidade do meio a níveis inadequados, favorecendo a entrada de agentes químicos que provocam a corrosão e, por conseguinte, comprometendo a durabilidade e resistência da estrutura.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Montemor [7] propõe quatro etapas do processo de carbonatação: difusão do gás carbônico para o interior do concreto; reação do gás dissolvido na solução de poros com o hidróxido de cálcio; reação com silicatos e aluminatos; e produção do carbonato de cálcio e água. Neste processo, o potencial hidrogeniônico do concreto reduz a níveis inferiores a 9, quando ocorre a ativação da barra de aço. Porém, para Ribeiro e Cunha [3], na presença de água e excesso de CO_2, há a possibilidade de ocorrer a formação da substância bicarbonato, a qual, por sua característica ácida, reduz o valor do pH a valores próximos à neutralidade, e, em ditas condições, a corrosão pode resultar alarmante.

Dito isto, ao acometer determinada estrutura, o elemento afetado necessita passar por intervenções de reparo, tornando-se indispensável a utilização de técnicas que restituam o adequado desempenho da estrutura, seja através de recuperação ou de reforço estrutural, conforme preconizado por Piancastelli [8]. Cabe registro, também, que grande parte do aparecimento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado decorre de falhas no exercício da engenharia, ocorram elas durante a fase de projeto ou a de construção.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Diagnóstico da manifestação patológica

As patologias foram manifestadas em edificação residencial multifamiliar de quatro pavimentos (sendo o andar térreo em pilotis, usado como garagem, e outros três de apartamentos) do município de Manaus/AM. O diagnóstico iniciou com a identificação visual das manifestações patológicas em 34 dos 100 pilares construídos, os quais tinham necessidade iminente de reparo. Após este levantamento, realizou-se uma caracterização das condições estruturais do edifício para definir a ordem de prioridade de atuação das intervenções, além de buscar alternativas de execução sem prejudicar o funcionamento do prédio.

Não somente a utilização do espaço sob os pilotis como garagem favoreceu o surgimento da manifestação patológica. Em sua totalidade, os pilares comprometidos foram executados sem observância do cobrimento adequado das armaduras. Para os parâmetros de construção do caso - em ambientes com classe de agressividade II, segundo ABNT [4] -, o cobrimento nominal deveria ser de 30 mm, mas na prática foi alcançado apenas 1/3 deste valor (10 mm).

A carbonatação dos pilares foi detectada após 27 anos da construção, e se manifestou através de fissuras e trincas próximas às bases e exposição das armaduras nas superfícies destes elementos estruturais, conforme ilustrado na Figura 1(a) e (b).



(a) (b)

Figura 1: (a) Ocorrência de trincas na base de pilar e (b) Exposição das armaduras.

O aspecto geral das fissuras demonstrou preferência pelo sentido vertical. Algumas delas, inclusive, já haviam sido anteriormente mascaradas pela aplicação de argamassa no local, o que, de certo modo, dificultou as identificações.

3.2 Escoramento

O grande diferencial do presente caso foi a necessidade de confecção de três escoras metálicas reguláveis, cada uma com capacidade de carga de 20 toneladas-força, todas utilizadas para recuperação de cada pilar do edifício de maneira sequencial. Em Manaus, as escoras metálicas disponíveis para locação têm, em regra, capacidade de carga de aproximadamente 1,5 tonelada-força, e, dadas as cargas que se encontravam aplicadas aos pilares, o uso das escoras comerciais tornou-se inviável. O modelo desenvolvido está esquematizado na Figura 2.

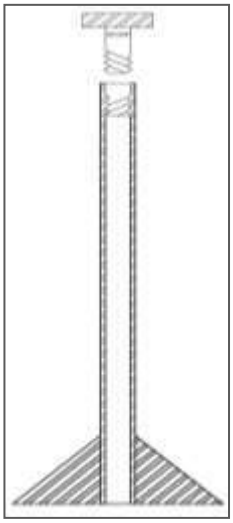

Figura 2: Esquema de corte da escora projetada (*sem escala*).

A indisponibilidade de macaco hidráulico para fins de construção civil na oportunidade, fez com que fosse buscada solução para minimizar os efeitos de deflexão nas vigas do edifício. Para tanto, as escoras foram dotadas de roscas extensoras na parte superior, permitindo, assim, tensioná-las manualmente, e não apenas escorá-las nas vigas.

3.3 Recuperação dos pilares

Inicialmente, os pilares com manifestações patológicas sofreram redução de carga mediante o escoramento de três vigas confluentes ao pilar. Buscou-se distar as escoras simetricamente em um intervalo entre 0,5 e 1,0 metro do elemento reparado. Posicionadas as escoras, o rosqueamento ocorreu de maneira manual com o auxílio de alavanca acoplada à rosca, para que entrasse em carga.

Em sequência, os pilares tiveram o seu cobrimento retirado até exposição das armaduras, conforme ilustra a Figura 3. Identificou-se, visualmente, as zonas corroídas (estas situadas a uma altura de até 50 cm do nível do piso), procedendo-se ao seu lixamento e aplicação de estabilizador para a eliminação e conversão da ferrugem em camada passivadora.



Figura 3: Procedimento de retirada de cobrimento de armaduras.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A posteriori, novas armaduras foram inseridas no contorno da antiga seção dos pilares, desde sua base até a altura de 1,20 metros. Sobre tais armaduras e concreto mantido nos pilares, foi aplicado adesivo epóxi de alta resistência, com a finalidade de permitir a aderência entre as camadas de concreto velho e novo (Figura 4). Após a nova concretagem, adotou-se um processo de cura durante os quatorze dias iniciais, de modo a garantir que o concreto permanecesse sob condições de umidade ideal. O resultado final gerou um pilar de dimensões 0,19 x 0,48 x 2,40 metros no trecho recuperado (vide Figura 5) e com concreto de resistência de 25 MPa.

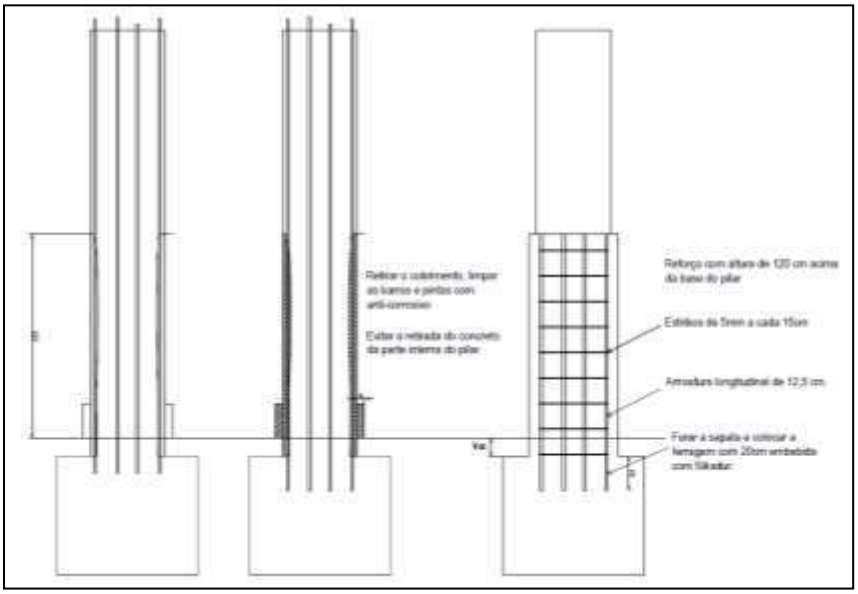

Figura 4: Metodologia para inserção de novas armaduras.

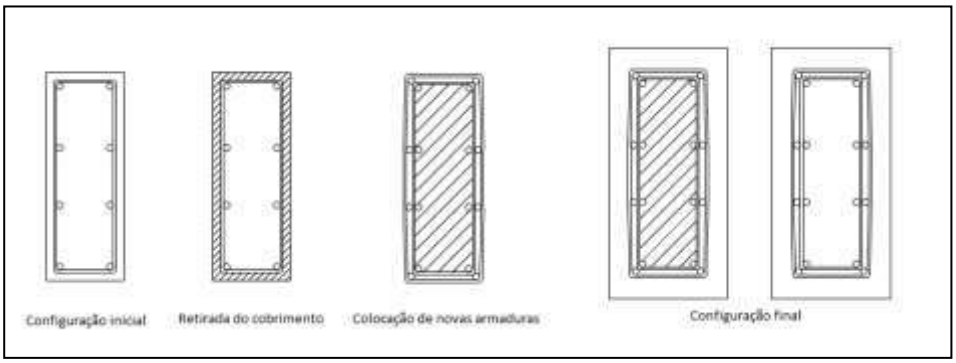

Figura 5: Esquema de transformação da seção transversal do pilar a uma altura de até 1,20 metros.

O mesmo procedimento foi comum à recuperação dos 34 pilares afetados da edificação. Os demais 66 pilares, que não apresentavam manifestação patológica, permaneceram sem quaisquer alterações.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

4. RESULTADOS

A configuração final das estruturas modificadas, pode ser observada nas Figuras 7 e 8. Após dois anos de sua recuperação, os pilares reparados não demonstraram quaisquer sinais do aparecimento de novos indícios patológicos.



Figura 7: Configuração de pilar acabado.



Figura 8: Panorama geral da edificação após reparo dos pilares carbonatados.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

5. CONCLUSÕES

Nem sempre o surgimento de determinadas patologias se correlaciona unicamente à ação de fatores ambientais adversos ou idade das construções. O caso em pauta evidencia consequências da inobservância de parâmetros normativos pelos responsáveis técnicos, as quais ocasionaram o aparecimento de manifestações patológicas em pilares. Essa imprecisão durante o processo construtivo submeteu os usuários a riscos evitáveis.

As manifestações patológicas identificadas nas estruturas estudadas, decorreram, principalmente, do processo de carbonatação dos pilares de concreto armado. A falta de cobrimento adequado das armaduras (o qual, antes da intervenção era de apenas 10 mm) é apontada como principal causa para que isto ocorresse. Entretanto, certamente concorreu para a potencialização deste fenômeno a exposição dos pilares a grandes volumes de gases liberados pelos escapamentos de veículos e às intempéries ambientais. Por se tratar de edificação residencial que admite a criação de animais domésticos, levanta-se, também, a hipótese de que a incidência de urina na base dos pilares durante o momento de passeio possa ter acelerado o surgimento do fenômeno.

Nenhum dos pilares do prédio estudado estava revestido por pintura. É sabido, no entanto, que a utilização de tintas próprias para fins de construção civil não apenas melhora o aspecto estético, como também, promove uma barreira de proteção aos poros do concreto, ação esta que teria dificultado a penetração de agentes desencadeadores do processo de carbonatação no interior das estruturas.

A alternativa de recuperação que se encontra no escopo do presente artigo mostra-se eficaz para pilares de edificações de características semelhantes à apresentada e com os recursos tecnológicos disponíveis. Vale salientar que, apesar da universalidade das técnicas de engenharia, o seu uso requer diferentes enfoques, já que os fatores, tais como o tempo e materiais disponíveis para execução e o tipo de uso influem na eleição do método.

No caso em apreço, aponta-se que a inobservância da espessura do cobrimento nominal das armações preconizada pelas normas técnicas brasileiras, especialmente a NBR 6118:2014, ocorreu durante a execução da obra e não na elaboração do projeto estrutural, vez que aproximadamente dois terços dos pilares se encontram estruturalmente conservados.

6. REFERÊNCIAS

[1] COUTO, J. A. S. *et al*. "*O concreto como material de construção".* Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT. v.1, n. 3, p. 49-58, 2013.

[2] WEBER, L. F. L. "*Cobrimento de armaduras em estruturas de concreto armado: análise comparativa entre os valores projetados e executados nas obras do vale do Taquari*". Lajeado, 2014.

[3] RIBEIRO, D. V. *et al*. "*Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e método de análise"*. 1. ed, p. 89-96. Rio de Janeiro, 2014.

[4] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014 – "*Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*". Rio de Janeiro, 2013.

[5] RICHARDSON, M. G. "*Carbonation of reinforced concrete: Its causes and management".* Citis Ltd. Publichsers. Nova Iorque, 1988.

[6] NAKAMURA, J. "*Reparo, reforço e recuperação de concreto*". Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/146/artigo285462-1.aspx>. Acesso em: 05 fevereiro 2016.

[7] MONTEMOR, M. F.; SIMÕES, A. M. P.; FERREIRA, M. G. S. "*Corrosion behaviour of rebars in fly ash mortar exposed to carbono dioxide and chlorides"*. Cement and Concrete Composites, v. 24, n.1, p. 45-53, 2002.

[8] PIANCASTELLI, E. M. – "*Comportamento e desempenho do reforço à flexão de vigas de concreto armado, solicitado a baixa idade e executado inclusive sob carga*". Belo Horizonte, 1997.