

RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

TÉCNICAS E MATERIAIS PARA PROLONGAR A VIDA ÚTIL

Guilherme Andrade Resende¹

guiresende_js@hotmail.com

ÁREA: MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO

Resumo

Inevitavelmente, estruturas de concreto se degradam ao longo do tempo, seja por ações do intemperismo, fatores externos ou até mesmo falhas de execução, e a terapia desses elementos se torna procedimento importante para prolongar sua vida útil. Portanto, o objetivo deste artigo é analisar as técnicas de recuperação estrutural, levando em consideração sua importância diante de conceitos como segurança e economia. Diferentemente do passado, hoje em dia, com maior conhecimento sobre o comportamento estrutural, é possível realizar intervenções que garantem à estrutura cumprir seus objetivos de desempenho sem que seja necessária a adição de novos elementos. Mas para garantir um resultado durável e seguro, é fundamental que sejam adotados os procedimentos adequados e que os mesmos sejam executados de maneira correta. O presente estudo foi realizado e baseado no acompanhamento de uma obra de manutenção e restauração que envolveu recuperação estrutural de um edifício localizado em Belo Horizonte – Minas Gerais, o qual apresentava manifestações patológicas na estrutura e necessitava de intervenção. Assim, foi possível coletar material que ilustrasse e permitisse analisar as consequências de cada etapa realizada na execução dos reparos, apontando falhas e acertos, respeitando as peculiaridades de cada caso.

Palavras-chave: Corrosão

Concreto armado

Carbonatação

Fissura

Estrutura

¹ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais



RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

TÉCNICAS Y MATERIALES PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL

Guilherme Andrade Resende¹

guiresende_js@hotmail.com

AREA: MANTENIMIENTO Y RESTAURACIÓN

Resumen

Inevitablemente, las estructuras de hormigón se degradan a lo largo del tiempo, ya sea por acciones del intemperismo, factores externos o incluso fallas de ejecución, y la terapia de estos elementos se convierte en un procedimiento importante para prolongar su vida útil. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es analizar las técnicas de recuperación estructural, teniendo en cuenta su importancia ante conceptos como la sostenibilidad, la seguridad y la economía. A diferencia del pasado, hoy en día, con mayor conocimiento sobre el comportamiento estructural, es posible realizar intervenciones que garantizan a la estructura cumplir sus objetivos de desempeño sin que sea necesaria la adición de nuevos elementos. Pero para garantizar un resultado duradero y seguro, es fundamental que se adopten los procedimientos adecuados y que los mismos sean ejecutados de manera correcta. El presente estudio fue realizado y basado a través del acompañamiento de una obra de mantenimiento y restauración que involucró recuperación estructural de un edificio ubicado en Belo Horizonte - Minas Gerais, el cual presentaba manifestaciones patológicas en la estructura y necesitaba intervención. Así, fue posible recolectar material que ilustrara y permitiese analizar las consecuencias de cada etapa realizada en la ejecución de las reparaciones, apuntando fallas y aciertos, respetando las peculiaridades de cada caso.

Palabras clave: Corrosión

Hormigón armado

Carbonatación

Fisura

Estructura

² Guilherme Andrade F. Resende

Introdução

A valorização do conceito de sustentabilidade atrelado à modernidade ocorre em nível mundial estando presente em todas as partes, devido à troca de informações e à interatividade globalizada. Nesse sentido, a busca por soluções econômicas que buscam atender às necessidades e exigências da população, sob o prisma da segurança, está cada vez mais intensa, advindo daí o surgimento mais acelerado de tecnologias inovadoras.

Portanto, diferentemente do passado, hoje em dia, com maior conhecimento sobre o comportamento estrutural, e segundo a Norma Técnica ABNT NBR 5674/2012 - Manutenção de edificações - Procedimento, que diz que é inviável economicamente e inaceitável ambientalmente considerar as edificações como produtos descartáveis, quando uma edificação apresenta sua estrutura comprometida, o natural é buscar recuperá-la. Assim, é incessante o surgimento de novos materiais e técnicas, que visam corrigir falhas anteriormente detectadas ou causadas pelo tempo.

Porém, de nada adianta o aprimoramento e evolução da engenharia, se os procedimentos não são conhecidos e/ou aplicados de forma incorreta. Isso torna a intervenção ineficaz, ou até mesmo prejudicial à construção.

Dessa forma, o presente estudo se faz importante no âmbito da engenharia, e foi realizado e baseado no acompanhamento de uma obra de manutenção e restauração que envolveu recuperação estrutural de um edifício localizado em Belo Horizonte – Minas Gerais o qual apresentava manifestações patológicas na estrutura e necessitava de intervenção. Dessa forma, foi possível coletar material suficiente para detalhar e ilustrar a importância das técnicas serem corretamente aplicadas.

Patologias no concreto e suas causas

As manifestações patológicas nas edificações, notadamente nas estruturas de concreto armado, são causadas por diversos fatores, podendo estar presentes em todas as etapas de uma obra. Na sua concepção, podem resultar de equívocos nos projetos e planejamento ou erros de dimensionamento e detalhamento. Na etapa executiva, que inclui má execução dos serviços devida à mão de obra pouco qualificada, como deficiência na concretagem, na confecção de fôrmas e escoramentos, má distribuição de armaduras, falta de cura, cobrimento insuficiente, relação água/cimento indevida, deficiência do sistema de impermeabilização da estrutura, entre outros. Podem ser causadas por falta de manutenção ou uso inadequado, por exemplo, excesso de carga, impactos e abrasão. Ou mesmo por ações do intemperismo, que incluem carbonatação, ação de cloretos e exposição a ambientes agressivos.

Segundo AGUIAR, J. E. 2016, antes de executar uma recuperação estrutural, deve-se seguir uma metodologia de diagnósticos de patologias, cujo primeiro passo é efetuar inspeções preliminares para avaliação e detalhamento das patologias e monitoramento de fissuras. Em alguns casos, realizar ensaios, que podem ser semidestrutivos, como retirada de corpos de prova e testemunhos para avaliação de características mecânicas, de profundidade de carbonatação (com aplicação de fenolftaleína que atesta o PH do concreto), de contaminação por cloretos, entre outros. Realizar também ensaios não destrutivos, tais como, pacometria para identificação e potencial de corrosão das armaduras, ultrassonografia, esclerometria, provas de carga e outros

que possam detectar problemas que comprometem a estrutura, suas fundações e demais aspectos, partes ou elementos da edificação.



Figura 01: Aplicação de fenolftaleína na área recuperada
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017



Figura 02: Corrosão da armadura por falta de cobertura, gerando fissura.
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

No caso das edificações urbanas usuais, os sintomas mais frequentes e aparentes são as fissuras, eflorescência, desagregação, expansão do concreto por ação de sulfatos e por reação álcali-agregado. Quanto às causas, principalmente aquelas devidas à ação do tempo, as infiltrações de água, e a carbonatação do concreto resultam na corrosão das armaduras, estando quase sempre associada à porosidade excessiva e ao cobrimento insuficiente, como mostra a figura 02. Uma das primeiras consequências da oxidação das barras de aço é sua expansão, que gera ou agrava as fissuras e posteriores escamações com deslocamentos do concreto. As variações naturais da umidade relativa do ar e da temperatura aceleram os mecanismos de degradação do concreto. A manutenção das estruturas passa a ser urgente e inexorável.

Esta degeneração estrutural acarreta a diminuição da vida útil da edificação, afeta seu desempenho, sua durabilidade, sua segurança, obriga a intervenções corretivas, gera retrabalhos com custos adicionais para usuários e proprietários, provoca transtornos econômicos e sociais, agrega novos materiais, produz resíduos e, em última análise, se opõe frontalmente ao conceito de sustentabilidade na construção civil, além de contrariar profundamente às melhores práticas de sustentabilidade social-ambiental.

Obra de manutenção e restauração de um edifício residencial

Trata-se de um edifício residencial urbano, localizado na área central de Belo Horizonte – Minas Gerais o qual apresentava notáveis problemas no revestimento das fachadas, incluindo manifestações patológicas na estrutura e necessitava de intervenção. Construído no período de 1993 a 1996, com dezessete pavimentos sendo um térreo, dois primeiros andares superiores de garagens, um andar de transição, denominado pilotis, semiaberto, doze pavimentos-tipo com dois apartamentos por andar de aproximadamente cem m² cada um, e um pavimento de cobertura, privativo dos condôminos do último pavimento-tipo. Em estrutura convencional de concreto armado, $f_{ck}=150\text{kgf/cm}^2$ equivalente a 15MPa e aço CA-50A. As paredes divisórias e de fechamento externo (espessura nominal de 15cm) em alvenaria de tijolos cerâmicos furados ($e=10\text{cm}$), revestimento interno em argamassa com espessura de 2cm e externo composto de

emboço e reboco de aproximadamente 3cm, recoberto com pastilhas cerâmicas 14x8cm e 8x8cm, com espessura de 0,8cm, fixadas com argamassa fina (e~0,2cm), espessura média final de 16cm.

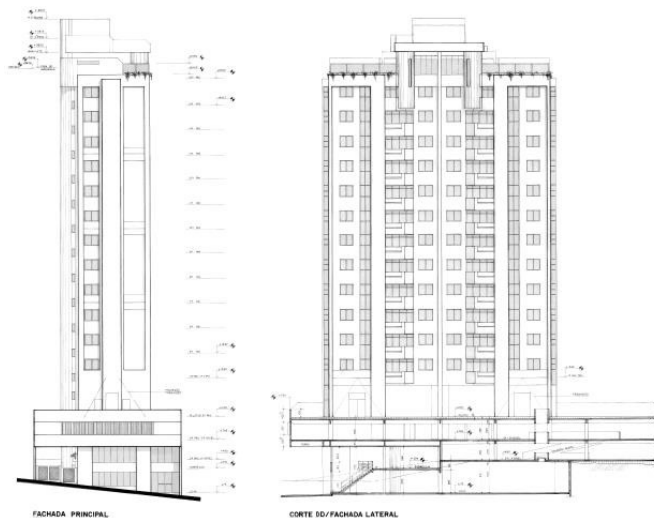


Figura 03 – Fachadas do edifício em manutenção

Fonte: Projeto original

Os pilares da estrutura externa e algumas poucas vigas e platibandas da cobertura em concreto aparente, sem proteção. Detalhe relevante: no projeto estrutural não existe em qualquer das 35 pranchas, alusão ao cobrimento das armaduras. No entanto, pelo detalhamento dos estribos, relativamente à largura das formas e considerando o diâmetro dos referidos estribos, os cobrimentos reais das barras das armaduras principais, incluindo os pilares, estão entre 10mm e 15mm.

Faz-se importante ressaltar que a norma técnica brasileira para projeto e obras de concreto, em vigor em 1993, a ABNT NBR 6118:1978 - Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado, revisada em 1980, exigia apenas cobrimentos mínimos conforme consta da tabela 1:

Tabela 1: Adaptada da NBR 6118:1978 (1980)

COBRIMENTOS MÍNIMOS em MILÍMETROS*	Concreto revestido com argamassa de pelo menos 1,0cm de espessura		Concreto aparente		Elementos estruturais em contato com o solo	Concreto em meio fortemente agressivo
	Interior de edifícios	Ao ar livre	Interior de edifícios	Ao ar livre		
Peças						
Pilares	15	20	20	25	30	40
Paredes	10	15	20	25	30	40

*Cobrimento medido a partir dos estribos ou das armaduras secundárias, externas à armadura principal.

Portanto, atualmente é fundamental seguir a NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento, que estabelece, em função da agressividade do ambiente, o cobrimento mínimo das armaduras de cada elemento, além de requisitos de qualidade para o concreto.

Tabela 2: Adaptada da ABNT NBR 6118:2014

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II**	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
	Viga / Pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo	30	-	40	50

Classe de agressividade do local onde está construído o edifício: **II “Moderada”, ambiente urbano.

Recuperação

A partir da identificação da origem e causa da patologia é que são definidas as técnicas de reparo. É importante definir se a estrutura passará por intervenções para recuperação ou se será necessário também um reforço, uma vez que os processos são diferentes para cada tipo de anomalia. Entende-se por recuperação o retorno da integridade dos elementos estruturais incluindo a vida útil inicial, e a solução é a recomposição da sua geometria, seguindo os passos adequados para tratamento do substrato de concreto deteriorado e, não menos importante, das armaduras, pois geralmente o problema passa pela corrosão das mesmas. Assim, definidas as etapas a serem executadas, a área começa a ser preparada para a intervenção.

Para se recuperar um elemento estrutural, a primeira providência deve ser determinar a área a ser recuperada, a partir de inspeção visual e percussão auscultativa.



Figura 04: Execução de percussão auscultativa e marcação de áreas a serem tratadas.

Fonte: Elaborada pelo executor da reforma, 2017

Então, determinada essa área, passa-se à remoção do concreto contaminado. Deve-se ter cuidado especial para que esse processo não seja muito agressivo, causando micro-fissuras na massa de concreto decorrentes da energia empregada.

Toda a armadura eventualmente corroída deve ser exposta, o que significa que deve ser removido em torno de 2 cm do concreto situado por detrás das barras expostas. Isso garante um bom acesso e permite a correta limpeza das barras da armadura, bem como a completa passivação das mesmas quando empregado o material do reparo. Porém é sempre recomendável estudar a necessidade de escoramento ou execução parcial, para não comprometer a segurança estrutural.

Caso esse procedimento seja executado de forma inadequada, como ilustra as figura 05, onde parte da armadura continua imersa no concreto contaminado, ocasionará na formação de uma pilha de corrosão eletroquímica, devido a diferença dos materiais (concreto antigo funciona como ânodo e a parte nova, recuperada, funciona como cátodo), causando um processo de corrosão muito mais acelerado e agressivo que o anteriormente detectado.



Figura 05: Armadura imersa no concreto afetado, conforme confirma ensaio com fenolftaleína.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

Para recuperar corretamente as áreas contaminadas por corrosão das armaduras, todo o concreto deteriorado deve ser retirado, até que se obtenha uma superfície do concreto, sã e íntegra, completamente exposta.

A partir da remoção do concreto, deve ser estabelecido um contorno geométrico linear da área a ser recuperada. Essa delimitação é, geralmente, feita com a utilização de um equipamento de serra com disco diamantado, que deve ser regulado para estabelecer um bordo reto com pelo menos 5 mm de profundidade, para garantir uma espessura mínima para o novo material empregado. Falhas na execução do contorno de algumas áreas geram locais com maior tendência à fissuração e desagregação.

A figura 06 mostra um contorno bem feito, obedecendo às recomendações, mas as armaduras não foram totalmente expostas.



Figura 06: Contorno geométrico com profundidade adequada da área a ser recuperada (ESCALA: Estribos com diâmetro de 4,2mm)

Fonte: Elaborada pelo executor da obra, 2017

Se porventura, ocorram manifestações de corrosão muito próximas, é conveniente que as áreas de reparos sejam agrupadas em uma única área de geometria bem definida, caso contrário, filetes de material antigo e contaminado são deixados entre as áreas de material novo. O uso de

scanners de parede auxiliam no mapeamento das armaduras e evitam cortes acidentais. A seguir, a forma inadequada de execução dessa etapa.



Figura 07: Áreas de manifestações de corrosão ocorrendo muito próximas e sendo tratadas separadamente

(ESCALA: Armaduras expostas com 10mm de diâmetro)

Fonte: Elaborada pelo executor da obra, 2017

A limpeza de forma correta das armaduras corroídas, por serem uma das principais causas de deterioração do concreto, é fator fundamental para o resultado positivo. Para tanto é imprescindível que todo o produto de corrosão aderido às superfícies das barras das armaduras seja completamente retirado. Os procedimentos de eliminação da corrosão são válidos quando utilizam lixas ou mesmo uma escovação intensa (escova de aço). Jatos de areia ou limalhas apesar de eficaz são ambientalmente contraindicados, além de exigirem cuidados adicionais com a segurança dos trabalhadores.

Caso, após a limpeza da armadura, seja constatada uma redução de seção transversal da ordem de 15% a 25% da seção original da barra, é recomendável a execução do complemento de armadura. Essa nova armadura deverá ser convenientemente ancorada, seguindo rigorosamente as recomendações das normas estruturais.

Em hipótese alguma, deve ser utilizado zarcão para a pintura das armaduras de concreto armado, pois o mesmo impede a aderência dos dois materiais. Após a limpeza das armaduras, é feita a “passivação” das mesmas com a utilização de produtos a base de zinco e/ou cimentícios, como exemplo da figura 09.



Figura 08: Proteção da armadura executada através de pintura com primer a base de zinco.

Fonte: Elaborada pelo executor da reforma, 2017



Figura 09: Produto a base de zinco indicado para pintura de proteção contra corrosão da armadura.

Fonte: Elaborada pelo executor da reforma, 2017.

Sempre é aconselhável a construção de uma ponte de aderência nos reparos de áreas com manifestação de corrosão das armaduras, pois garante uma completa aderência entre o reparo e o substrato de concreto. O ideal é a utilização de uma ponte de aderência cimentícia ou epoxídica, respeitando as características de cada produto.

Para a recomposição da seção devem ser utilizados produtos que atendam aos seguintes requisitos básicos: capacidade de aderência; possuir retração compensada; ter módulo de elasticidade compatível com o sistema de reparo; possuir baixa permeabilidade; ter resistência mecânica compatível com a do elemento no qual irá atuar; ter suficiente resistência à agressividade do meio ambiente; ter suficiente resistência a ataques químicos.

É muito importante considerar que o reparo em superfícies verticais e em faces inferiores deve ser feito em camadas, conforme a orientação do fornecedor dos produtos tixotrópicos. Quando a superfície é horizontal, face superior de lajes ou topos de vigas, os produtos indicados admitem a aplicação em uma só camada, principalmente os grautes tixotrópicos.



Figura 10: Produto para reconstituição da peça aplicado em camadas

(ESCALA: Barra com diâmetro de 5,0mm)

Fonte: Elaborada pelo executor da obra, 2017

Finalmente, após a recomposição da peça, é essencial que seja realizada a sua cura, que pode ser química ou através de métodos convencionais. Caso contrário, a área sofrerá retração e fissuração, o que ocasiona entrada de agentes agressivos, carbonatação, e deterioração precoce da estrutural, conforme confirmado através da figura 11, que ilustra o ensaio de fenolftaleína em uma área recuperada.

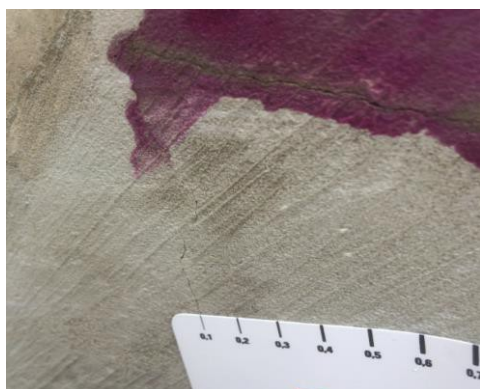


Figura 11: Área recuperada e já com indícios de carbonatação, por falta de cura

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

Conclusões

Avaliando as informações coletadas no início da referida obra e baseando-se nas normas, concluiu-se que já havia uma deficiência de projeto na origem, de não conformidade à



NBR6118, pois o cobrimento mínimo deveria ser de 25mm. Então, com a causa do problema diagnosticada, foi dado início ao processo de recuperação dos elementos danificados.

Porem, como fica claro ao longo do trabalho, nem todas as técnicas utilizadas foram adequadas, tornando o serviço ineficaz quanto à durabilidade, como comprova a figura 11, que ilustra uma área do elemento tratada já apresentando indícios de carbonatação, a qual despassiva a armadura e favorece o processo de corrosão.

Portanto, a realização desse trabalho teve suma importância educacional e profissional no âmbito da engenharia, uma vez que o mesmo reforçou e comprovou sua idéia principal, o quanto é essencial, perante conceitos de segurança e economia, o domínio das melhores práticas se tratando de recuperação estrutural, que desconhecidas tornam métodos e materiais inúteis.

Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 5674:2012 Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção 25pg.,Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 6118:1978 Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado - Procedimento, Rio de Janeiro, rev. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento 238pg.,Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15575:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho, Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais 31 pg., Rio de Janeiro, 2013.

AGUIAR, J. E. Metodologia de Diagnósticos de Patologias. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

AGUIAR, J. E. Reparo, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

WEBER SAINT-GOBAN, Como recuperar e reforçar estruturas de concreto. Disponível em: <<https://www.weber.com.br/reparos-reforços-e-proteção-de-concreto/ajuda-e-dicas/solucoes-construtivas/reforçar-e-recuperar-estruturas/como-recuperar-e-reforçar-estruturas-de-concreto.html>>. Acesso em: 04 out. 2017.

SANTOS, A. Carbonatação do concreto. 2009. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/carbonatacao-do-concreto/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MEDEIROS, H. Doenças concretas. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/artigo287763-1.aspx>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

REITEC ENGENHARIA. **Recuperação estrutural**. 2017. Disponível em: <<http://www.reitec.com.br/site/atuacao-detalle.php?cod=2>>. Acesso em: 04 out. 2017.