

RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DE CASO

STRUCTURAL RECOVERY IN REINFORCED CONCRETE: A CASE
STUDY

Ítalo Araújo Song

italoaraujosong@gmail.com

João Manoel de Freitas Mota

joaomota@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

A manutenção e recuperação estrutural desempenham um papel crucial na preservação da integridade e durabilidade das construções ao longo do tempo. Este artigo enfoca a importância da recuperação estrutural para manter a longevidade e a eficiência das construções ao longo do tempo, à medida que enfrentam problemas estruturais relacionados ao envelhecimento e ao desenvolvimento de patologias. O estudo de caso, realizado em um conjunto residencial em Paulista, PE, teve como objetivo a realização da descrição da recuperação estrutural de um conjunto residencial no município mencionado e envolveu a identificação e o mapeamento de problemas estruturais em estruturas de concreto armado, seguidos por procedimentos cuidadosos de recuperação. A abordagem incluiu a determinação da causa das falhas, a escolha de materiais de qualidade e a aplicação de métodos adequados, resultando na restauração eficaz tanto em termos de desempenho quanto de aparência. Dessa forma, com a implementação de procedimentos como apicoamento de superfícies, por exemplo, resultou na recomposição geométrica das estruturas afetadas, bem como na reestruturação da estética original das edificações. Portanto, conclui-se que a recuperação estrutural desempenha um papel fundamental na preservação da vida útil das edificações, assegurando a segurança dos ocupantes, e que a evolução contínua de técnicas e materiais contribui para aprimorar esse processo de correção de problemas em estruturas comprometidas.

Palavras-chave: Durabilidade; manutenção; recuperação estrutural.

ABSTRACT

Maintenance and structural recovery play a crucial role in preserving the integrity and durability of constructions over time. This article focuses on the importance of structural recovery in maintaining the longevity and efficiency of buildings as they face structural issues related to aging and the development of pathologies. The case study conducted in a residential complex in Paulista/PE, aimed to describe the structural recovery of a residential complex in the mentioned municipality. It involved the identification and mapping of structural problems in reinforced concrete structures, followed by careful recovery procedures. The approach included determining the cause of failures, selecting high-quality materials, and applying appropriate methods, resulting in effective restoration in terms of both performance and appearance. Thus, with the implementation of procedures such as surface chipping, for example, there was a geometric recomposition of the affected structures, as well as the restoration of the original aesthetics of the buildings. Therefore, it is concluded that structural recovery plays a fundamental role in preserving the lifespan of buildings, ensuring the safety of occupants, and that the continuous evolution of techniques and materials contributes to improving this process of addressing issues in compromised structures.

Keywords: Durability; maintenance; structural recovery.

1 INTRODUÇÃO

A estrutura de um condomínio residencial, ao longo do tempo, pode ser afetada por diversos fatores, como desgaste natural, eventos climáticos extremos e, em alguns casos, falhas de projeto ou construção. Dessa forma, acaba por aparecer fissuras, trincas e até rachaduras que funcionam como uma espécie de alívio de tensões advindas tanto do movimento de seus materiais como de seus componentes. Estas últimas tendem a surgir a partir do momento em que os esforços solicitantes nos materiais ou em suas conexões forem superiores aos seus esforços resistentes.

De modo geral, todas aquelas condições podem levar a problemas estruturais que ameaçam a segurança e o conforto dos residentes, bem como a depreciação do valor do imóvel. Por essa vereda e, assim como os seres humanos, as construções podem desenvolver patologias, seja em razão do deslocamento do concreto, seja por conta da corrosão da armadura e, portanto, é imperativo abordar esses desafios de forma eficaz e proativa, isto com o fim de realizar a identificação das patologias nas estruturas de concreto armado. O termo “patologia” é oriundo da medicina e significa “estudo das doenças e suas consequências para o corpo humano”. Essa expressão também é utilizada na construção civil, de modo geral, para representar o estudo dos problemas e suas consequências nas edificações, conforme Gusmão (2018).

Nesse sentido, hoje em dia, devido ao 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. Ao longo da história das construções, temos observado o surgimento de

patologias estruturais, que são problemas que afetam a integridade das edificações. Essas patologias podem estar relacionadas ao envelhecimento, uso inadequado de materiais, falhas de projeto e até mesmo à má qualidade do processo construtivo. Assim, é incessante o surgimento de novos materiais e técnicas que visam corrigir falhas anteriormente detectadas ou causadas pelo tempo (Resende, 2018). Dessa maneira, por exemplo, as estruturas quando estão “envelhecendo”, e, conseqüentemente, aumentando a necessidade de se fazer aplicações corretivas, para manter o desempenho dessas construções, então, podem ser melhor aproveitadas por conta do surgimento daqueles novos materiais e técnicas de correção de falhas, seja por conta do decorrer do tempo, seja devido à detecção profissional.

Por sua vez, todo esse processo de identificação das patologias, mapeamento e investigação de falhas nas estruturas pode ser feito por meio de vistorias e estudos do histórico da obra, podendo-se obter diagnósticos para as estruturas com problemas, e assim ser possível aplicar as técnicas mais adequadas, para tal recuperação, projetando o elemento de reforço que venha a trazer de volta o desempenho do elemento estrutural original. (Cabral, 2015). Ressalta-se aqui que não são apenas as estruturas já envelhecidas que necessitam de aplicações corretivas, embora sejam estas as que mais precisam em razão de sua deterioração com o passar do tempo.

Um dos problemas mais graves é a corrosão das armaduras, que pode ser causada por falhas de projetos, uso inadequado de materiais e até mesmo pela má qualidade do processo construtivo. A corrosão nos traz como consequência, uma diminuição da seção de armadura e fissuração do concreto em direção paralela a esta (Mota *et al.*, 2009). O processo corrosivo é evolutivo e tende a intensificar com o tempo, o meio ambiente, a qualidade e o cobrimento do concreto também influenciam na intensidade da corrosão. Contudo, pode-se afirmar que as manifestações poderiam ser minimizadas se houvesse um plano de manutenção preventiva das estruturas (Gurgel *et al.*, 2017).

Desse modo, a intervenção de recuperação estrutural em condomínios residenciais é de suma importância, pois visa restaurar a integridade das estruturas, garantir a segurança dos moradores e preservar o valor dos imóveis. Este artigo científico tem como objetivo principal analisar diferentes métodos e técnicas de recuperação estrutural, avaliar sua eficácia e custo-benefício, e fornece diretrizes práticas para a implementação bem-sucedida dessas intervenções em condomínios residenciais.

Ainda se tratando da intervenção de recuperação estrutural em condomínios residenciais, cumpre destacar o pensamento de Aguiar (2016), que atesta que 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. Um dos problemas mais graves é a corrosão das armaduras, que pode ser causada por falhas de projetos, uso inadequado de materiais e até mesmo pela má qualidade do processo construtivo. A corrosão nos traz como consequência uma diminuição da seção de armadura e fissuração do concreto em direção paralela a esta. Além da corrosão, outras patologias comuns incluem fissuras, infiltrações, deslocamento de revestimentos, deterioração do concreto e problemas relacionados à fundação. O

processo corrosivo é evolutivo e tende a intensificar com o tempo, o meio ambiente e a qualidade do revestimento do concreto também influenciam na intensidade da corrosão. Contudo, pode-se afirmar que as manifestações poderiam ser minimizadas se houvesse um plano de manutenção preventiva das estruturas.

Por sua vez, quanto ao estudo de caso, depois de uma prévia inspeção visual foi identificado algumas patologias que resultam em problemas de deterioração na estrutura de um conjunto residencial em Paulista, foi necessário aprofundar o estudo sobre o assunto, a fim de identificar as patologias e suas potenciais causas. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi descrever a recuperação estrutural de um conjunto residencial no município de Paulista/PE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Identificação das patologias e mapeamento

Quando se analisa uma estrutura de concreto que apresenta sintomas patológicos, é bastante importante realizar a investigação da causa desse problema, isto antes de escolher a melhor forma de correção. É fundamental conhecer a causa da patologia, não somente para escolher o melhor método, mas também para evitar que volte a incidir o problema já identificado. Um dos tipos de causas são aquelas do tipo intrínsecas que são definidas como as causas nas quais os processos de degradação das estruturas são inerentes a estes, isto é, causas advindas dos próprios materiais e suas peças estruturais, ocorridas durante o período de execução ou de utilização, ou por erro humano, ou por questões próprias ao material concreto, e até mesmo pela ação externa, como acidentes, conforme Souza; Ripper (1998).

Cumprindo ainda ressaltar que o estudo das causas responsáveis pelas diversas formas de deterioração das estruturas de concreto é bastante complexo, sendo uma área em constante evolução (Souza; Ripper, 1998).

2.2 Fissuras, Trincas e Rachaduras

As fissuras, trincas e rachaduras são aberturas que surgem nas edificações como um mecanismo de alívio de tensões provenientes da movimentação dos materiais e de seus componentes (Thomaz, 1989). Elas aparecem quando os esforços solicitantes nos materiais ou em suas conexões forem maiores que os esforços resistentes (Veiga, 1998).

Tabela 1: Classificação das trincas, fissuras e rachaduras de acordo com a abertura. Fonte: adaptado de Oliveira (2012)

PATOLOGIA	ABERTURA
Fissura	$\leq 0,5$ (mm)
Trinca	$0,5 \leq e \leq 1,5$ (mm)
Rachadura	$1,5 \leq e \leq 5,0$ (mm)

2.3 Deslocamento do concreto

De forma mais técnica, pode-se dizer que o problema do deslocamento ocorre com a perda da função agregadora do cimento, o que ocasionará no deslocamento de uma parte da camada de revestimento. As suas causas são diversas, sendo possível destacar a movimentação de fôrmas ou transporte inadequado do concreto, corrosão ou calcinação do concreto, ataques biológicos, carbonatação, perda de aderência e desgaste do concreto. A principal consequência do deslocamento é a perda de capacidade de resistir aos esforços solicitados (Souza; Ripper, 1998).

2.4 Corrosão de Armadura

A corrosão é uma patologia que deteriora as propriedades do aço em estruturas de concreto. Segundo Asope (2012), a corrosão das armaduras de aço em estruturas de concreto é causada por um fenômeno que só ocorre se as condições de proteção proporcionadas por esse revestimento de concreto forem insuficientes. Este fato torna a estrutura perigosa tanto em termos de aparência quanto de segurança.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no conjunto residencial localizado na cidade de Paulista/PE com 2 torres, cada torre com 4 andares e 24 apartamentos em que se buscou identificar manifestações patológicas na estrutura e apresentava a necessidade de intervenção quanto a sua recuperação. Conforme pode ser observado na Figura 01, foi possível coletar material para detalhar e ilustrar a importância das técnicas corretamente aplicadas.

Figura 01 – Área de intervenção



Fonte: Autor (2023)

3.2 Metodologia de recuperação estrutural

O processo de recuperação foi utilizado, conforme recomenda Saliba Júnior (2019):

- a) Determinar a causa do defeito. Somente após eliminá-la, executar o reparo no concreto, exceto em casos de emergência.
- b) Selecionar um material de qualidade reconhecida, apropriado para as recuperações em concreto, que possua características físico-químicas e performances compatíveis com o projeto original.
- c) Escolher o método de aplicação adequado ao material selecionado acima, objetivando obter seu melhor desempenho.
- d) Preparar corretamente o substrato a ser reparado, deixando-o livre de concreto solto, óleos, graxas, etc. e com forma geometricamente simples. No caso de materiais base mineral (cimento portland), saturá-lo com água. Já no caso de materiais a base de epoxy, esse substrato deverá estar seco.
- e) Uma aplicação bem executada e uma cura eficiente irão proporcionar um reparo duradouro, e, na maioria das vezes, melhor até que a estrutura de concreto original.

Uma especial atenção deve ser observada nos procedimentos de aplicação do material. Detalhamos a seguir alguns desses aspectos diretamente envolvidos com as técnicas de recuperação e restauração das estruturas afetadas:

3.3 Método executivo de reparo

Conforme, Resende (2019) a partir da identificação e mapeamento das patologias em estruturas de concreto armado, isto é, a sua origem e/ou 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. Por exemplo, os procedimentos diferem entre a anomalia de deslocamento do concreto e a de corrosão da armadura, como bem ficará demonstrado nos tópicos a seguir:

- Apicoamento das superfícies: Para Dominguez (2016), aplica-se golpes de fora para dentro, retirando todo o material solto, mal compactado e segregado, até atingir o concreto, obtendo uma superfície rugosa e propiciando boas condições de aderência. As ferramentas utilizadas foram marteleto, marreta, ponteira e talhadeira;
- Lixamento: Segundo Resende (2019), 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;
- Aplicação de inibidores de corrosão: De acordo com Silva (2017) aplica-se sobre as armaduras novas e corroídas, um primer de alta proteção a base de zinco, de forma a evitar a continuação do processo corrosivo e a corrosão da armadura;
- Aplicação de argamassa de alta resistência: Em conformidade com Saliba Júnior (2008), as superfícies devem ser perfeitamente limpas, isentas de nata de cimento e partes soltas, os substratos muito secos foram previamente e levemente umedecidos; aplicou-se a argamassa de alta resistência com colher de pedreiro e a mesma foi sarrafeada e dado acabamento com desempenadeira metálica e esponja seca.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

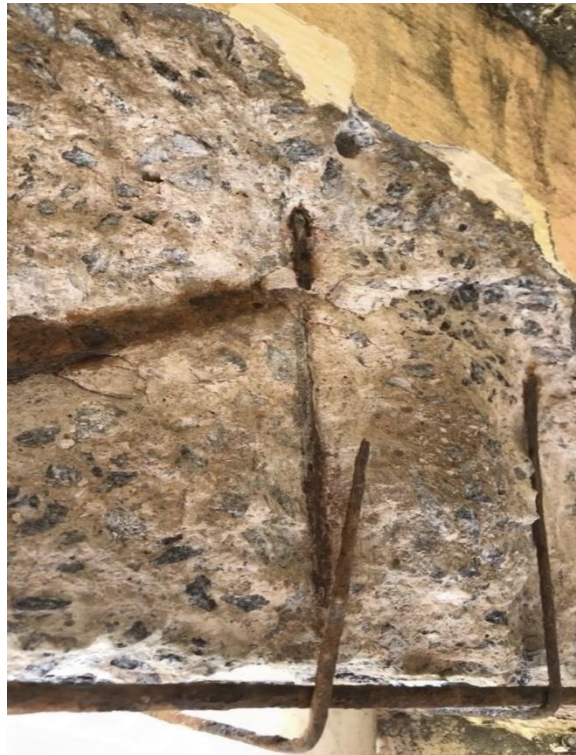
Foi realizado uma prévia inspeção visual no conjunto para entender como estava o estado da estrutura, em seguida mapeamos e identificamos as manifestações patológicas e a partir disso foi determinado os procedimentos de reparo e proteção do concreto a serem aplicados no conjunto residencial. Figura 02 e 03 Após o processo realizado é notável a mudança de aspecto visual do edifício trazendo mais segurança e um melhor aspecto visual.

Figura 02- Inspeção técnica visual



Fonte: Autor (2023)

Figura 03 – Manifestações patológicas



Fonte: Autor (2023)

O processo realizado além de trazer vários benefícios visuais também vai trazer segurança e durabilidade para os moradores que vão desfrutar de um ambiente mais seguro e agradável. A recuperação não apenas restaurou o aspecto visual do edifício, como eliminou problemas patológicos que tinha na estrutura.

4.1 Apicoamento das superfícies

O processo foi realizado de maneira consistente, começando do lado externo e movendo-se em direção ao centro, com o cuidado de evitar impactos que pudessem danificar as bordas e os contornos da área sob tratamento. Durante esse procedimento, todo material solto, mal compactado e segregado foi removido, até que alcançássemos o concreto sólido subjacente. Isso resultou em uma superfície áspera e coesa, que proporciona condições ideais para uma aderência eficaz. Para realizar esse trabalho, utilizamos ferramentas como talhadeira, ponteira, marreta e martelo. Conforme consta na Figura 04.

Figura 04 – Apicoamento



Fonte: Autor (2023)

4.2 Lixamento

Neste passo, utilizamos uma escova rotativa para eliminar a corrosão da superfície da armadura. A seguir vê-se todo o procedimento utilizado e a Figura 05:

- 1 Inicialmente, empregamos uma escova rotativa para a execução desta etapa;
- 2 A escova rotativa foi aplicada diretamente à superfície da armadura, removendo completamente a camada de corrosão;
- 3 Após a conclusão deste processo de limpeza, a superfície se apresentou com uma coloração uniforme de cinza claro.

Figura 05 – Lixamento da armadura



Fonte: Autor (2023)

4.3 Aplicação de inibidores de corrosão

Aplicamos o primer de alta proteção à base de zinco nas armaduras, sejam elas novas ou corroídas, utilizando um pincel. Essa técnica visa interromper o processo corrosivo em curso e evitar futuras corrosões das armaduras, de acordo com a Figura 06:

Figura 06 – Aplicação de inibidor



Fonte: Autor (2023)

4.4 Aplicação de Argamassa de Alta resistência

Primeiro, limpamos bem as superfícies, certificando-nos de que não houvesse sujeira, restos de cimento ou partes soltas. Se algumas áreas estivessem muito secas, umedecemos um pouco antes. Em seguida, usamos uma colher de pedreiro para aplicar uma argamassa resistente. A mesma foi sarrafeada e dado acabamento com desempenadeira metálica e esponja seca. Ao final do procedimento, aplicamos uma textura acrílica para proporcionar uma renovação visual à superfície, tudo isso segundo as Figuras 7 e 8:

Figura 07 – Recomposição Geométrica



Fonte: Autor (2023)

Figura 08 – Acabamento com textura e pintura



Fonte: Autor (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo se concentra na temática da recuperação estrutural, destacando a importância de manter o desempenho das edificações, mesmo quando as estruturas envelhecem. É fundamental compreender que as construções também estão sujeitas ao desenvolvimento de patologias e a recuperação estrutural emerge como um processo necessário para garantir a segurança e a durabilidade dessas edificações.

Neste contexto, realizamos um estudo de caso em um conjunto residencial localizado na cidade de Paulista, Pernambuco, para ilustrar a aplicação desses princípios. Utilizando uma metodologia que incluiu uma inspeção técnica visual preliminar e o detalhamento das manifestações patológicas, conseguimos identificar e mapear as falhas na estrutura de concreto armado. A partir dessas informações, determinamos os procedimentos de reparo e proteção do concreto necessários para a restauração eficaz.

O processo de recuperação estrutural seguiu uma metodologia adequada, considerando a investigação da causa subjacente do defeito, a seleção criteriosa de materiais de alta qualidade, a escolha do método de aplicação apropriado e a preparação adequada do substrato a ser reparado. A aplicação dos materiais de reparo, como o graute tixotrópico e a argamassa de alta resistência, juntamente com uma execução cuidadosa e uma cura eficaz, resultou em uma recuperação bem-sucedida, atingindo os objetivos estabelecidos. É importante ressaltar que a escolha do método de reparo deve ser orientada pela origem e causa da patologia, determinando se a estrutura requer apenas intervenções para recuperação ou se é necessário um reforço estrutural adicional.

No estudo de caso apresentado, implementamos com sucesso procedimentos como apicoamento das superfícies, lixamento, aplicação de inibidores de corrosão e argamassa de alta resistência. Essas ações permitiram a recomposição geométrica das estruturas afetadas. Além disso, após a recuperação estrutural, os pilares passaram por um processo de acabamento com textura e pintura, restaurando não apenas a função estrutural, mas também a estética original das edificações.

REFERENCIAS

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

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

CABRAL, D. N. **Análise e projeto de reforço de estruturas de concreto**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

DOMINGUEZ, Damián Alberto. **Estudo de Caso - Recuperação Estrutural em Concreto Armado**. Pós-graduando em Patologia nas Obras Civis, Instituto IDD, 2015.

GURGEL, B. et al. **Análise das Manifestações Patológicas Causadas por Corrosão nas estruturas de concreto armado do setor III da UFRN**. Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas – CONPAR. Recife, 2017.

GUSMÃO, A. D. **Patologia das Construções de Edifícios: Manifestações Patológicas das Fundações**. EDUPE. Recife, 2018.

MOTA, J. M. F; PONTES, R. B; et al. **Análise das Patologias em Estruturas de Concreto na Zona Litorânea da Cidade do Recife – PE**. X Congresso Latino-americano de Patologia – CONPAT. Valparaiso, Chile. 2009.

RESENDE, G. A. **Recuperação de Estruturas de Concreto Armado: Técnicas e Materiais para Prolongar a Vida Útil**. 6ª Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios - PATORREB. Rio de Janeiro, 2018.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, p. 255, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios - causas, prevenção e recuperação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo: Pini, 1ª ed., v. 1, 1989.

VEIGA, M. D. R. D. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes**. Doutorado em Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto. 1998.