

AVALIAÇÃO PATOLÓGICA DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE DOURADOS – MS

ROCHA, Ítalo Dobbins ¹; MELLO, André Felipe Aparecido de ²

¹ Graduando em Engenharia Civil – Universidade Federal da Grande Dourados

² Docente do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal da Grande Dourados

italodobbins@gmail.com ¹; andremello@ufgd.edu.br ²

RESUMO – Quando uma construção em concreto armado é finalizada, espera-se que ela atenda a todas as exigências estabelecidas em norma, cumprindo os requisitos de durabilidade e conforto impostos. Diante disso, surge a necessidade de tomar os devidos cuidados na hora de realizar o projeto e na execução dos elementos estruturais, a fim de evitar o surgimento de problemas que possam comprometer a vida útil da estrutura. O presente trabalho consiste num estudo de caso, no qual foi analisado um edifício existente na cidade de Dourados – MS, a fim de listar problemas estruturais que ocorrem no concreto armado, propondo soluções e medidas preventivas. Inicialmente, fez-se uma análise de quais manifestações patológicas foram encontradas na estrutura, listando características, consequências a longo prazo e causas prováveis. Posteriormente, são citadas quais seriam as medidas corretivas e preventivas para os problemas encontrados, visando a preservação da obra em si. Ao final do estudo, comprovou-se que muitos dos problemas foram decorrentes de erros de execução. Isso mostra o impacto que o investimento em fiscalização e mão de obra qualificada tem em relação à vida útil da estrutura.

Palavras-chave: concreto armado; análise estrutural; patologias em estruturas de concreto.

ABSTRACT – When a reinforced concrete construction is completed, it is expected to encounter all the requirements set out in the standard, meeting the specification of durability and comfort imposed. In view of this, the need arises to take due care when designing and executing the structural elements in order to avoid the appearance of problems that could compromise the useful life of the structure. The present work consists of a case study, in which an existing building was analyzed in the city of Dourados – MS, in order to list structural problems that occur in the reinforced concrete, proposing solutions and preventive measures. Initially, an analysis was made of which pathological manifestations were found in the structure, listing characteristics, long-term consequences and probable causes. Subsequently, what are the corrective and preventive measures for the problems encountered, aiming at the preservation of the work itself. At the end of the study, it was found that many of the problems were due to execution errors. This shows the impact that the investment in inspection and skilled labor has in relation to the useful life of the structure.

Keywords: reinforced concrete; structural analysis; pathologies in concrete structures.

1. INTRODUÇÃO

Desde muito tempo, o protagonista dos materiais na construção civil é o concreto armado. Este material é produto da junção de dois elementos que fornecem uma alta rigidez e se completam em termos de resistência: o concreto, responsável pelos esforços de compressão, e o aço, encarregado dos esforços de tração (KAZMIERCZAK; LINDENMEYER, 1996).

Com o passar dos anos, houve um aumento significativo na demanda de abrigos para a população que saiu do campo para ir aos grandes centros urbanos. Isso fez com que amplificassem a produção de casas e edifícios, tanto comerciais quanto residenciais, e, com isso, uma intensificação do uso do concreto armado na construção civil (MEDEIROS, 2008).

De acordo com Medeiros (2008), após as primeiras obras realizadas, notou-se que, em alguns casos, existiam fissuras em elementos estruturais, erosões nas superfícies das peças, armaduras ficavam expostas com o tempo, dentre outros problemas. Esses surgiam imediatamente ou após uma certa idade da construção.

Hoje, com a difusão do conhecimento e evolução da tecnologia, pode-se concluir que tais adversidades são decorrentes de erros nas etapas de projeto e/ou execução, que resultam na diminuição da resistência e,

consequentemente, redução da vida útil da estrutura (SOUSA, 2004).

Dentre os principais problemas que contribuem para a má qualidade nas construções civis, a que mais se destaca é a corrosão das armaduras. Essa deterioração é decorrente da interação dos vergalhões de aço com o ambiente externo, geralmente por conta de fissuração excessiva do concreto ou cobrimento insuficiente (SOARES; VASCONCELOS; NASCIMENTO, 2015).

No cenário atual da construção civil, há um grande descaso em relação a fiscalizações durante a execução de obras e, principalmente, em relação a manutenções periódicas após a entrega dessas. Por conta disso, faz-se necessário um maior campo de pesquisa de problemas patológicos que influenciem na segurança e vida útil de estruturas em concreto armado.

Com base nessas informações, o presente trabalho visa proporcionar ao leitor um conhecimento básico sobre alguns problemas patológicos que ocorrem em estruturas de concreto armado, analisando um edifício em construção na cidade de Dourados – MS; listar as possíveis causas desses; sugerir medidas corretivas que preservem a vida útil da construção; elencar ações que previnam o surgimento dessas falhas em construções futuras.

2. PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.1. Carbonatação do Concreto

Quando o assunto é estrutura de concreto armado, pensa-se logo na resistência que cada um dos elementos componentes oferece nesse conjunto. Porém, o concreto, além de proporcionar uma alta resistência à compressão, também é responsável por outro papel de grande importância: a proteção das armaduras. O ambiente externo conta com vários agentes agressivos e um pH neutro (próximo de 7), ou seja, fatores que contribuem para a corrosão do aço. Diante disso, a proteção que o concreto proporciona se dá por conta de o material conter um pH de caráter alcalino (em torno de 13,5), o que faz com que não ocorra a degradação das armaduras por estarem em contato com este meio. A essa proteção, dá-se o nome de passivação do aço (JAVOR, 1991).

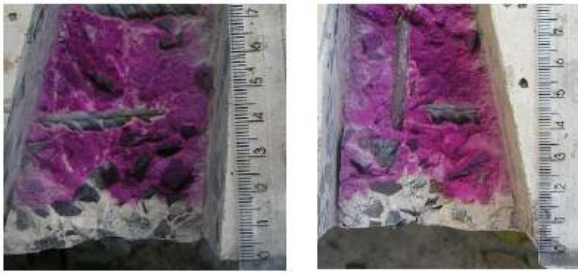
Segundo Kazmierczak & Lindenmeyer (1996), quando uma estrutura de concreto armado é exposta ao meio externo, ela é submetida a um estado de degradação contínua e um dos principais responsáveis por isso é a carbonatação.

Um dos métodos para comprovar a ação da carbonatação em uma peça de concreto é o ensaio de fenolftaleína. Nesse ensaio, um corpo de prova é encharcado por uma solução de fenolftaleína e, após um certo período, a substância recebe uma coloração

que depende do pH do local: púrpura para meios básicos (pH acima de 7) e incolor para meios neutros ou ácidos (pH igual ou inferior a 7). Com as cores destacadas, consegue-se medir a profundidade de carbonatação, designada de “frente de carbonatação”, que a estrutura sofreu, analisando a espessura da parte incolor do objeto, como mostra a figura 1 (ANDRADE, 1992).

A carbonatação é decorrente do contato da superfície do concreto com o gás carbônico (dióxido de carbono) presente na atmosfera. Inicialmente, a estrutura de concreto se encontra em um estado de proteção para as barras de aço (pH de caráter básico), ilustrado pela parcela de coloração púrpura (figura 1). A partir do momento em que o dióxido de carbono penetra pelos poros do concreto e entra em contato com a umidade presente, ocorre uma reação química, gerando o ácido carbônico. Isso faz com que o pH do material reduza, tornando-o mais ácido (parte incolor do corpo de prova da figura 1), gerando a despassivação do aço, ou seja, as armaduras perdem seu estado de proteção, facilitando a corrosão do material (KAZMIERCZAK; LINDENMEYER, 1996).

Figura 1. Profundidade de carbonatação do concreto em ensaio de fenolftaleína medida pela espessura da camada incolor do material.



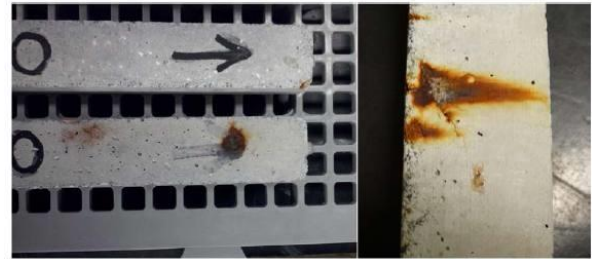
Fonte: (Website Massa Cinzenta ¹, 2009).

2.2. Reação Sulfática Interna

De acordo com a NBR 13583, outro fator que influencia na vida útil das estruturas de concreto armado é o ataque interno de sulfatos. Esse processo é ocasionado por agregados contaminados com sulfetos (não recomendados pela NBR 7211) que, em contato com água e oxigênio, resultam em materiais solúveis e prejudiciais ao concreto, além de proporcionar manchas na estrutura, como mostra a figura 2 (CZEREWKO; CRIPPS, 1999).

Segundo Capraro et al. (2017), a oxidação do concreto gera novos produtos e, com isso, variações volumétricas internas, ocasionando fissuras. Isso propicia a deterioração precoce das armaduras, pois estarão em contato com o meio externo.

Figura 2. Manchas na argamassa devidas ao processo de oxidação do sulfeto.



Fonte: (PEREIRA et al., 2016).

2.3. Ingresso de Íons Cloreto

Em conformidade com Trevisol et al. (2017), quando se trata de construções em ambientes de alta agressividade, o obstáculo mais comum é a degradação das estruturas (ilustrado pela figura 3) por meio do ingresso de íons cloreto.

Na atmosfera terrestre, vários compostos são presentes na parcela gasosa existente. Porém, além dos gases, há algumas partículas sólidas suspensas nesse meio, uma delas são os íons cloreto. Esses íons que, em contato com água e oxigênio, são responsáveis por gerar uma reação química no aço que resulta em corrosão das armaduras (TREVISOL et al., 2017).

O transporte desses íons pelo material ocorre pelo princípio da osmose, ou seja, de um meio mais concentrado (atmosfera) para um de menor concentração (interior da estrutura), até atingir as armaduras, ocasionando uma queda do pH e, conseqüentemente, a corrosão do aço (MEDEIROS et al., 2014).

Figura 3. Viga de concreto armado que sofreu ataque de íons cloreto.



Fonte: (Website Massa Cinzenta ², 2012).

2.4. Ninhos de Concretagem

Um dos problemas mais decorrentes da má execução de uma obra é a formação de ninhos de concretagem, popularmente chamados de “bicheiras”, decorrentes da segregação do concreto.

De acordo com Takata (2009), a má vibração no instante da concretagem, a baixa trabalhabilidade do concreto adotado, a alta densidade de armaduras e a presença de agregados de grandes diâmetros são fatores que propiciam a formação de vazios na massa de concreto (como mostra a figura 4) e, conseqüentemente, que geram a segregação do mesmo, devido à difícil penetração do material pela forma durante o lançamento.

Além disso, seguindo o que está definido na NBR 12655, outra etapa que merece grande atenção e cuidado é o processo de desforma do concreto. Esse procedimento deve ser realizado seguindo o que é disposto em norma e tomando todas as

precauções cabíveis, pois a desforma incorreta do material também é responsável pela formação desses vazios na estrutura. Isso pode ocorrer devido à precária aplicação de um produto desmoldante ou ausência deste na caixaria, o que faz o concreto se aderir às formas de madeira e dificulta o processo de retirada dessas. Dessa maneira, no momento de desforma, o concreto pode ser destacado juntamente com as formas, levando ao surgimento dos vazios na peça (TAKATA, 2009).

De acordo com Angelo (2004), o elevado índice de problemas devido à execução se deve a uma mão-de-obra desqualificada e despreparada, falta de organização e planejamento, e a não-observância das especificações de projeto.

Figura 4. Pilar com "ninhos de concretagem".



Fonte: (REPETTE, 2011).

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa é composta por um estudo de caso realizado em várias etapas, sendo elas: escolha do edifício a ser estudado; análise e interpretação das manifestações patológicas encontradas; sugestões de ações corretivas e preventivas aos problemas listados.

Primeiramente, foi escolhido um edifício em construção na cidade de Dourados – MS, para ser objeto de estudo. O edifício em questão foi designado a ser o futuro bloco de uma universidade da região. A construção teve início em setembro de 2011 e enfrentou vários problemas com as empresas envolvidas, o que gerou um grande atraso em sua execução. Em janeiro de 2015, a construtora responsável declarou falência e anunciou que a obra seria paralisada, situação que se estende até o presente momento.

Fez-se, então, o levantamento dos problemas encontrados na obra no dia 3 de setembro de 2018, realizando registros fotográficos, seguidos de uma análise de causa e efeito das adversidades.

Em seguida, foi feita uma comparação com fatos similares encontrados na literatura, facilitando a compreensão das prováveis causas e suas possíveis soluções.

Por fim, listou-se as principais medidas preventivas dos problemas encontrados para construções futuras e, também, quais seriam as ações corretivas para reparar obras

existentes, a fim de evitar o revés que um edifício em desuso gera em diversos níveis econômicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Logo na entrada do edifício, pôde-se identificar vários problemas graves na estrutura.

Foram encontradas marcas de degradação das armaduras em várias vigas (figura 5), provavelmente por conta de cobrimentos insuficientes e/ou fissuração excessiva. Isso ocasiona o contato direto do aço com o ambiente externo, em consequência de erros de execução ou de projeto. Outra possibilidade é a presença de agregados contaminados com sulfatos, propiciando a formação de fissuras e manchas (marcas marrons encontradas na viga da figura 5) na superfície, fatores que proporcionam a corrosão das armaduras (CAPRARO et al., 2017).

Figura 5. Viga com fissuras e marcas de corrosão.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

Além disso, um número significativo de peças estruturais estava com armadura exposta (figura 6), possivelmente por conta de falhas na concretagem, formas inadequadas e irregularidade ou ausência de espaçadores. Isso facilita a penetração de agentes agressivos às barras de aço.

Figura 6. Viga com suas armaduras expostas.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

De acordo com as NBRs 9575 e 15575, que diferenciam fissuras, trincas e rachaduras, algumas das lajes apresentavam trincas (figura 7), possivelmente por conta de desforma irregular e processo de cura ineficaz, ou seja, o concreto aplicado nesses locais pode não ter sido irrigado constantemente durante o processo de cura, o que resulta em retrações excessivas do material e, conseqüentemente, aparição de aberturas.

Figura 7. Trincas aparentes em uma das lajes.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

Posteriormente, constatou-se a presença de infiltrações em lajes (como mostra a figura 8), decorrentes de impermeabilização precária e/ou falta de mecanismos de drenagem nas áreas da cobertura.

Figura 8. Laje de cobertura com infiltração.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

Em seguida, verificou-se que, em algumas peças, foi adicionado EPS (Poliestireno Expandido) junto ao concreto (figura 9), objetivando maior volume. Isso é um fato alarmante, visto que o material

Avaliação patológica de uma edificação em concreto armado adicionado não tem função estrutural alguma, ou seja, é extremamente prejudicial à estabilidade do edifício. Tal problema pode ter ocorrido por falta de fiscalização na execução ou negligência da construtora responsável.

Figura 9. Encontro de pilar e viga com EPS na composição do concreto.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

O problema que mais se destacou, por estar presente em praticamente todas as partes da construção, foi a segregação do concreto.

Foram encontrados ninhos de concretagem na grande maioria das vigas (figura 10), pilares (figura 11) e lajes do edifício, fato decorrente de ao menos um desses fatores: mão de obra ineficaz e desqualificada; má vibração; falta de fiscalização; concreto com trabalhabilidade inadequada.

Figura 10. Viga com ninho de concretagem e tubulação passando por dentro.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

Figura 11. Concreto segregado na base de um pilar.



Fonte: (ROCHA; MELLO, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise dos problemas encontrados no edifício em questão e tendo como base a NBR 6118, pode-se concluir que o principal fator contribuinte para as manifestações patológicas existentes foi a falha na execução, visto que a maior parte

dessas é decorrente de mão de obra desqualificada, falta de fiscalização, incompatibilidade com o projeto e técnicas construtivas inadequadas.

A fim de impedir o desuso e o embargo da obra, a possível solução para a deterioração precoce das armaduras do edifício seria realizar um reforço estrutural em cada peça que manifesta esse tipo de problema, adicionando-se barras de aço e aumentando sua seção transversal de concreto, atentando-se a um serviço de qualidade e com a devida fiscalização.

Para o fato das trincas na laje, deve-se realizar um estudo para determinar se a estabilidade da mesma foi comprometida. Caso tenha afetado, deverá ser feito um reforço na peça, adicionando uma malha de aço na superfície e concreto de boa qualidade. Caso contrário, poderão ser cobertas as trincas com argamassa ou resina Epóxi, porém, atentando-se para posteriores aberturas ou flechas excessivas.

Já na situação das infiltrações nas lajes, deverá ser feita uma secagem das superfícies molhadas e, em seguida, realizar a devida impermeabilização, garantindo que não ocorra novamente a percolação de água. Além disso, garantir que os mecanismos de drenagem da cobertura estejam funcionando de maneira eficaz, evitando o empoçamento da água da chuva.

Em relação ao uso de EPS na composição do concreto, dever-se-á analisar a resistência do material, seja pela verificação da resistência à compressão dos corpos de prova referentes ao concreto aplicado ou por ensaios destrutivos ou não-destrutivos, nos locais que apresentam tal problema, a fim de avaliar a necessidade de realizar ou não um reforço estrutural.

Visando a correção dos problemas de segregação do concreto, uma solução coerente seria o destacamento do concreto nas superfícies que contêm os ninhos de concretagem. Posteriormente, preencher os vazios com concreto de boa trabalhabilidade, atentando-se a uma adequada vibração, ou utilizar o concreto auto adensável, visto que este não necessita de processo de vibração, pois tem propriedades únicas que conferem uma alta fluidez na hora da aplicação. Por fim, atentar-se para a realização de um processo de desforma eficaz.

Para obras futuras, cabe à construtora responsável realizar treinamentos que capacitem suas equipes de execução, visando uma excelente e qualificada mão de obra, e investir em fiscalização no canteiro de obras, dando enfoque nos detalhes construtivos, objetivando a compatibilização do projeto com a execução.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus familiares e amigos próximos que estiveram ao lado durante toda a minha trajetória como pessoa.

Ao prof. Me. André Felipe Aparecido de Mello por ter aceitado ser meu orientador e auxiliado durante toda a confecção do trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Grande, que, de alguma forma, contribuíram para minha formação profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram e fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 1992.

ANGELO, A. M. V. **“Análise das patologias das estruturas em concreto armado do estádio Magalhães Pinto – Mineirão”**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 404 p. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13583: Cimento Portland – Determinação da variação dimensional de barras de argamassa de cimento Portland expostas à solução de sulfato de sódio**. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.

CAPRARO et al. **Reação Sulfática Interna (RSI) como degradação de matriz cimentícia: comportamento de pastas dosadas com diferentes teores de contaminação por sulfato**. Revista ALCONPAT, v. 7, n. 2, p. 119-134, 2017.

CZEREWKO, M. A.; CRIPPS, J. C. **“Sources of sulfur species – Identification and quantification”. Thaumasite and other forms of concrete deterioration and protection**. The centre for cement and concrete. Halifax Hall, University of Sheffield, 1999.

JAVOR, T. **Damage Classification of Concrete Structures. The State of the Art Report of RILEM Technical Committee 104-DCC Activity**. Materials and Structures, n. 24, p. 253-259, 1991.

KAZMIERCZAK, C. S.; LINDENMEYER, Z. **Comparação entre metodologias utilizadas para a determinação da profundidade de carbonatação em argamassas**. International Congress on High-Performance and Quality of Concrete Structures. Florianópolis, p. 402-413, 1996.

MEDEIROS et al. **Ensaio de migração de cloretos em estado estacionário para avaliação de sistemas de proteção de superfície**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 8, n. 2, p. 54-63, 2014.

MEDEIROS, M. H. F. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com proteção superficial frente à ação de íons cloretos.** Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 218 p. 2008.

PEREIRA et al. **Oxidação da pirita e seus efeitos em argamassas de cimento Portland sujeitas ao ataque por sulfatos de origem interna.** Revista Matéria, v. 21, n. 2, p. 342-354, 2016.

REPETTE, W. L. **Concreto autoadensável – Conquistas e desafios: foco no mercado brasileiro.** Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC2012 54CBC. Maceió, 2012.

SILVA et al. **Escolha do tipo de cimento capaz de proteger o concreto quanto à corrosão das armaduras sob ação de íons cloreto através de análise hierárquica.** Revista ALCONPAT, v. 5, n. 3, p. 174-189, 2015.

SOARES, A. P. F.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. C. **Corrosão em armaduras de concreto.** Cadernos de Graduação – Ciências exatas e tecnológicas, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

SOUSA, M. M. F. **Patologia da construção – elaboração de um catálogo.** Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto, Porto. 199 p. 2004.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 152 p. 2009.

TREVISOL et al. **Avaliação de inibidores de corrosão para estruturas de concreto armado.** Revista Matéria, v. 22, n. 4, 2017. Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170004.0238>

¹ Website Massa Cinzenta. **Ataque por íons de cloreto custa R\$ 800 milhões por ano ao Brasil, 2012.**

Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/ataque-s-por-ions-de-cloreto-custa-r-800-milhoes-por-ano-ao-brasil/>. Acesso em: 03 de julho de 2018.

² Website Massa Cinzenta. **Carbonatação do concreto, 2009.**

Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/carbonatacao-do-concreto/>. Acesso em: 03 de julho de 2018.