RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO COM CORROSÃO: ESTUDO DE CASO EM PILARES DE UM PRÉDIO EM ICARAÍ – NITERÓI/RJ

Marcelle Fernandes da Costa

Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
marcellefernandes_30@hotmail.com

Daniela Berkes Antunes

Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
danielaberkes.engenharia@gmail.com

Amaro Francisco Codá dos Santos

Doutor em Engenharia Civil UFF, Professor da Eng Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
coda.engenharia@uol.com.br

RESUMO

As estruturas de concreto armado são muito utilizadas na execução da maioria das edificações no país. Essas estruturas, no entanto, desenvolvem com o passar do tempo, patologias que podem ser decorrentes de falhas de projetos e/ou construtivas, da agressividade do meio, ou até mesmo ao longo de sua utilização. O processo de corrosão destaca-se como uma das patologias mais agressivas que causam danos nocivos a estrutura ao comprometerem suas armaduras, causando perda de seção e, conseqüentemente, perda de resistência. Para isso, torna-se de grande importância a necessidade de haver manutenções ao longo do tempo, garantindo sua vida útil e, conseqüentemente sua segurança. O presente estudo aborda uma edificação situada na região da praia de Icaraí na cidade de Niterói/RJ, que apresentava a maioria de suas estruturas de concreto armado deterioradas pelo avanço da corrosão. Foi dado enfoque nos principais motivos que levaram ao avanço dessa patologia, tais como as falhas construtivas identificadas, dentre elas: o mau adensamento do concreto, granulometria acima do recomendado, cobertura inferior ao exigido; além do meio ambiente agressivo. Sendo assim, detalhou-se o processo adequado de recuperação estrutural realizado no local, a fim de inibir o avanço da corrosão, além de descrever a forma correta de execução de recuperação de estruturas, ressaltando a importância da manutenção para a vida útil e de fazê-la com segurança.

Palavras-chave: Recuperação estrutural. Estruturas de concreto. Patologias. Corrosão.

CONCRETE STRUCTURAL RECOVERY: CASE STUDY OF COLLUMNS IN A BUILDING IN ICARAÍ – NITERÓI/RJ

ABSTRACT

In the country, the majority of the buildings is made of concrete structures. However, as time passes, these structures can present pathologies that may be a result from design and/or constructive failures, environmental factors, or even during their use. The corrosion process stands out as one of the most harmful pathologies for the structure by compromising its resistance. Consequently, it is very important to keep the maintenance over time, in order to maintain the lifetime and ensuring safety. This article study a building located in the region of Icaraí beach in the city of Niterói/RJ, which had most of its reinforced concrete structures deteriorated by the advance of corrosion. Some reasons that led to the advancement of this pathology, such as the identified constructive failures, including: poor concrete densification, granulometry above the recommended and coverage lower than required by Brazilian's standard; in addition to the proximity to an aggressive environment. Therefore, the process of the structural recovery carried out at the building was detailed, in order to inhibit the advance of corrosion, and describing the correct way to recover structures, highlighting the importance of maintenance for the overall structure lifetime and safety.

Keywords: Structural recovery. Concrete structures. Pathologies. Corrosion.

1 INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado, ainda que apresentem durabilidade significativa, necessitam de inspeção e manutenção ao longo dos anos após sua execução. A valorização do conceito de sustentabilidade na atualidade, somado à maior segurança e mitigação de riscos que a construção civil busca alcançar, coloca em pauta a necessidade do desenvolvimento de processos seguros e eficazes de manutenção dessas estruturas.

As estruturas de concreto iniciam o seu processo de degradação natural de envelhecimento ou provocado por falhas construtivas que evoluem ao longo do tempo em função de diversos fatores. Esses fatores podem estar associados à agressividade do meio, elevada amplitude térmica, materiais de baixa qualidade utilizados na execução, porosidade do concreto, cobrimento insuficiente, entre outros fatores.

Dentre as diversas patologias, a corrosão é considerada um dos agentes mais agressivos, levando em conta que compromete a durabilidade e resistência das estruturas de concreto armado. As estruturas, ao perderem parte de suas características que conferem a resistência necessária para suportar as cargas aplicadas sobre ela, passam a apresentar riscos, tornando necessária uma manutenção corretiva a fim de recuperar a estrutura comprometida (MARQUES, 2015).

O processo de recuperação estrutural, no entanto, é realizado muitas vezes de forma inexperiente ou com baixo conhecimento sobre as técnicas aplicadas, o que torna a intervenção ineficaz ou até mesmo prejudicial à construção, além dos riscos apresentados em caso de uma execução incorreta. Sendo assim, o presente estudo aborda esse processo, baseado no acompanhamento de uma obra de recuperação estrutural de pilares da área comum de uma edificação situada no bairro Icaraí na cidade de Niterói/RJ.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Patologias nas estruturas de concreto e suas causas

Ao longo da vida útil de uma estrutura de concreto armado, manifestações patológicas são desencadeadas por meio de sinais visíveis que indicam estados doentes da estrutura e, portanto, se faz necessário uma intervenção. As manifestações patológicas podem ser originadas em quatro fases: as congênitas, quando na fase de projeto (seja por falta de compatibilização, especificação inadequada de materiais ou erros de dimensionamento); as construtivas, quando na fase de execução (por falta de capacitação de mão de obra e/ou irresponsabilidade técnica, falha no controle de qualidade); adquiridas, quando têm origem na utilização da estrutura (uso inadequado ou falta de manutenção); e acidentais, quando têm origem a partir de fenômenos atípicos ou pela ação das intempéries. Sendo assim, o conhecimento da origem de uma manifestação patológica é de suma importância para sua solução (SENA, et al., 2020).

A exposição da estrutura ao meio ambiente faz com que ela sofra interações que podem comprometer a sua estabilidade e funcionalidade. Essas interações podem ser físicas, químicas, biológicas ou mecânicas, tendo nas três últimas, a armação como principal fator de degradação na estrutura.

As fissuras, como um dos primeiros sintomas a aparecerem nas estruturas, proporcionam um meio de entrada para agentes agressivos como o dióxido de carbono (CO_2) e os íons de cloreto (Cl^-), acelerando a corrosão das armaduras e, conseqüentemente a degradação da estrutura. A segregação do concreto, ocasionado muitas vezes pelo lançamento, adensamento e/ou dosagens inadequados, são responsáveis por um concreto mais poroso, tornando-se também um meio de entrada de agentes agressivos, deixando a armadura mais suscetível à corrosão.

O processo de corrosão avança para o interior da estrutura, até entrar em contato com a armadura. Com isso, é de significativa importância a necessidade de um revestimento adequado, visto que ele é como uma proteção física, impedindo o contato dos agentes agressivos externos

com a armadura. De acordo com a Tabela 1 - Classe de Agressividade Ambiental (CAA) da NBR6118 (2014), a estrutura recebe uma CAA dependendo da sua exposição ao meio em que se encontra. E, na Tabela 2 também da NBR6118 (2014), é feita uma correspondência dessa agressividade ambiental com o cobrimento. Na medida em que há aumento na classe de agressividade ambiental, o cobrimento nominal aumenta também. Além disso, quanto maior for a classe de agressividade, menor o fator a/c , influenciando diretamente na porosidade do concreto que será menor quanto maior for a CAA.

Tabela 1 – Classe de Agressividade Ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (2014)

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (2014)

2.2 Corrosão

De acordo com a NBR 6118 (2014), dois dos principais mecanismos de deterioração da estrutura relativos à armadura são: a despassivação por carbonatação (ação do gás carbônico atmosférico sobre o aço) e a despassivação por ação de cloretos (presença de íons-cloro). Ambos os mecanismos são responsáveis pela destruição da camada passivadora, permitindo assim que o processo de corrosão se inicie.

Segundo Soares, Vasconcelos e Nascimento (2015), a corrosão em armaduras em estruturas de concreto armado é resultante da interação entre material e meio ambiente no qual a estrutura se encontra. São reações químicas ou eletroquímicas, que podem resultar em ações físicas ou mecânicas (tensões internas no concreto, resultantes da expansão da carepa de corrosão). A presença de corrosão nas armaduras pode ser detectada através de manchas superficiais, fissuras, destacamento do revestimento do concreto e redução da seção transversal das barras.

A corrosão se propaga através das Equações 1 e 2, onde o hidróxido de ferro se transforma em hidróxido férrico, que por sua vez se transforma em óxido férrico hidratado. O hidróxido férrico possui volume duas vezes maior que a seção transversal do aço e, após hidratar-se, passa a ser seis a dez vezes o seu volume. Essa expansão é responsável por criar tensões internas de tração no concreto, ocasionando fissuras e acelerando a penetração de agentes agressivos (FELIX et al., 2018).

A NBR6118 (2014) define critérios de projeto a serem seguidos visando uma durabilidade adequada para as estruturas, sendo alguns diretamente ligados à prevenção da corrosão. Um adequado projeto de drenagem, por exemplo, visa inibir o acúmulo de água nos elementos estruturais (responsável por iniciar o processo de corrosão). A norma também define parâmetros, que devem ser seguidos, de relação água cimento máxima do concreto, classes de cimento e revestimentos nominais mínimos para cada tipo de agressividade ambiental, conforme Tabela 2 (um concreto de alta qualidade previne formação de fissuras que permitem a passagem de água e oxigênio). É restringida também a utilização de aditivos à base de cloretos (elementos responsáveis por causar a despassivação da armadura), além disso, o projeto deve prever inspeções e manutenções preventivas, que são de suma importância.

2.3 Recuperação Estrutural

Existem diversos métodos executivos para tratar a corrosão em armaduras de estruturas de concreto. A escolha do método a ser utilizado depende de diversos fatores como o acesso ao local, fatores econômicos e condições técnicas, que podem variar dependendo do caso.

Souza e Ripper (1998) diferencia os termos recuperação estrutural e reforço estrutural. O primeiro é a intervenção com objetivo de resgatar a integridade dos elementos estruturais, visando manter a vida útil estimada em projeto. Já o reforço pressupõe que o elemento não suporta mais as solicitações definidas em projeto, necessitando então de um trabalho que exija um cálculo estrutural. O presente trabalho tem o enfoque na recuperação estrutural.

É possível identificar estruturas com corrosão a partir de formação de fissuras ao longo do elemento, ocasionadas pela expansão da armação no processo de corrosão. A fim de realizar o tratamento adequado, deve-se retirar criteriosamente o concreto danificado ou de baixa resistência no local onde se encontra a armadura com corrosão. É crucial entender que a remoção excessiva do concreto e em múltiplos locais ao mesmo tempo pode comprometer a segurança da estrutura como um todo. Portanto, é importante o acompanhamento de engenheiro capacitado para o serviço.

Após a retirada do concreto, é necessária a rigorosa limpeza do elemento, comumente utilizada uma escova de aço. Deve-se realizar a medição das seções das barras de aço utilizando um paquímetro (equipamento utilizado para aferição de diâmetros), verificando se as mesmas obtiveram perdas significativas, considerada como redução em mais de 5% da área original. (Souza, Araújo, Santiago, Souza e Cormim, 2018). Em caso positivo, deve-se providenciar a substituição por barras de diâmetro igual ou superior e recomposição do concreto. Tal substituição é feita perfurando o concreto e chumbando a nova barra ao lado da outra, garantindo um transpasse adequado por norma.

É recomendada a utilização de inibidor de corrosão a base de zinco nas armações, antes do fechamento da cavidade, a fim de proporcionar mais uma camada de proteção. Ainda, pode-se utilizar uma pastilha presente no mercado que funciona como um anodo de sacrifício, criando uma proteção localizada em um raio de até 2 metros contra a corrosão, com vida útil de aproximadamente 15 anos.

A figura 1 retrata as etapas principais para a recuperação de armaduras corroídas. Etapa 1: Abertura da cavidade onde será executada o reparo; Etapa 2: Apicoamento e remoção do concreto deteriorado; Etapa 3: Limpeza de forma manual com escova de aço; Etapa 4: Remoção

das impurezas; Etapa 5: Revestimento da armadura (pintura); Etapa 6: Recomposição do concreto estrutural; Etapa 7: Proteção superficial.

Figura 1 – Etapas principais para a recuperação de estruturas de concreto armado com corrosão

Fonte: AECweb (Disponível em: www.aecweb.com.br)

2.4 Estudo de caso

O presente estudo aborda o procedimento executivo da recuperação estrutural realizada nos pilares comprometidos pelo avanço da corrosão das armaduras situados em uma edificação em Icaraí, na cidade de Niterói/RJ. A edificação, localizada próximo a praia, é composta por um subsolo de garagem, uma área de uso comum com um *playground* no térreo e dois blocos de apartamentos.

Foram identificados 31 pilares (sendo 25 localizados na garagem e 6 no *playground*) com patologias a serem tratadas, todos por conta da corrosão das armaduras ocasionada por diversos fatores observados. A elevada porosidade do concreto, devido ao mau adensamento e/ou agregados de granulometria acima do ideal, a proximidade com um ambiente agressivo (próximo a ambiente marinho) e o cobrimento abaixo do recomendado pela NBR6118 (2014), foram fatores contribuintes para acelerar o processo de corrosão dos elementos estruturais.

Trata-se de pilares com seção transversal armados com barras longitudinais (uns com diâmetro de 12,5 mm (1/2") e uns de diâmetro 16,0 mm (5/8")), e armadura transversal (estribos) de diâmetro 6,3 mm (3/16") a cada 20 cm aproximadamente. Os pilares apresentavam corrosão em sua base, até uma altura em torno de 50 cm a 1,0 m, aproximadamente, sendo visível na maioria dos pilares fissuras e deslocamentos (Figuras 2 e 3) de concreto resultantes do processo de corrosão das armaduras. Com o avanço da corrosão, a seção transversal das armaduras

aumentava, gerando tensões internas de tração no concreto, ocasionando tais fissuras, trincas e deslocamentos, o que consequentemente acelerou a penetração de agentes agressivos.

Figuras 2 e 3 – Pilares deteriorados pelo processo de corrosão

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

O processo para tratamento dos pilares que apresentavam patologias relacionadas à corrosão das armaduras foi iniciado com a remoção do concreto desagregado, de maneira a expor toda a área de armadura a tratar, mantendo sempre que possível recortes em figuras geométricas retangulares, a fim de prejudicar o mínimo possível a estética local (Figura 4). Como se trabalhou com a estrutura em pleno funcionamento, este procedimento foi realizado gradualmente, mantendo-se a integridade geral do elemento estrutural, ou seja, os pilares não sofreram interferência em suas seções de uma só vez, mas sim de forma gradual, e nem foram executados todos em uma só vez, visto que poderia colocar em risco a segurança da edificação.

Figura 4 – Remoção do concreto desagregado até o contato com a armadura

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

Ao realizar a remoção do concreto desagregado da estrutura, observou-se que diversos estribos se apresentavam rompidos devido à ação da corrosão, o que demandou a substituição por novos, de mesmo diâmetro e mantendo o espaçamento original entre eles. Da mesma maneira, foi detectado que algumas barras longitudinais apresentavam-se com carepas de corrosão e significativas perdas de seção confirmadas com a utilização de equipamento apropriado para aferição do diâmetro nominal das barras (o paquímetro) (Figuras 5 e 6). Realizou-se então o reforço dessas barras longitudinais que apresentavam perdas de seção superiores a 5%, conforme recomendado por Souza, Araújo, Santiago, Souza e Cormim (2018).

Figuras 5 e 6 – Estribos e barras longitudinais com perdas de seção e/ou rompidos

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

As barras de aço utilizadas foram de mesmo diâmetro das deterioradas e cortadas aproximadamente com 50 cm, a fim de posicionar-se um pouco além do comprimento da barra com perda de seção. O processo iniciou-se com a perfuração (aproximadamente 7 a 10 cm de profundidade) de pontos adjacentes às barras com perdas consideráveis de seção e que, portanto, necessitavam de reforço. Em seguida, as barras novas foram chumbadas com uma cola bicomponente a base de epóxi e fixadas com arame recozido às originais do pilar que estavam comprometidas pela corrosão. Após o reforço das barras, foi realizada a remoção das crostas de óxido de ferro através de escova de aço manual. Removida toda a carepa de corrosão, foi feita a remoção de poeira e resíduos das barras e aplicou-se um primer anticorrosivo à base de zinco sob as armaduras (Figuras 7 e 8).

Por fim, a seção de concreto foi recomposta utilizando-se argamassa estrutural (grout tixotrópico), garantindo o cobrimento adequado e deixando em condições para aplicação do revestimento, a ser recolocado pelo condomínio posteriormente.

Figuras 7 e 8 – Barras de aço chumbadas e aplicação do primer anticorrosivo de zinco

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

No entanto, foi detectado um pilar com índice de corrosão bem acima do padrão apresentado pelos demais (Figuras 9 e 10). Esse pilar com estado mais crítico situava-se na garagem do edifício (seu pior trecho) e seguia para o andar superior do *playground*. Possuía mais de um metro de barras longitudinais comprometidas pela corrosão, com perdas de seção e diversos estribos rompidos. O pilar é composto por barras de aço de 12,5 mm e estribos de 6,3 mm espaçados a cada 20 cm. Notou-se também que, além do baixo cobrimento de concreto que possuía e da porosidade do mesmo, ocorreu ainda uma falha executiva, possivelmente na fixação das formas da concretagem, pois suas barras apresentavam envergaduras e espaçamento irregular entre elas.

Figuras 9 e 10 – Pilar mais crítico

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

A recuperação da estrutura desse pilar se deu da mesma forma dos demais, com apicoamento da estrutura de forma gradual, a fim de não comprometer o funcionamento da estrutura e garantindo a segurança no local. Em seguida, foi feito o reforço das barras longitudinais chumbadas adjacentes às originais e substituição dos estribos necessários. No entanto, por apresentar mais de um metro de barra de aço comprometida, com perda significativa de seção, foi adicionado uma proteção catódica, por precaução, a partir da colocação de uma pastilha de zinco (Figura 11) com a função de inibir o processo de corrosão na armadura (em um raio de aproximadamente 2 metros), visto que este pilar se encontrava com uma seção consideravelmente extensa deteriorada pela corrosão, em relação aos demais.

Figura 11 – Colocação da proteção catódica (pastilha)

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

Ainda na edificação em questão foi detectada uma falha executiva decorrente de negligência e/ou falta de acompanhamento técnico-profissional capacitado, sendo também um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento das patologias identificadas no local. Conforme exposto pela Figura 12, um pilar foi escareado, até possuir sua armadura exposta, em contato com o meio, para que fosse possível a passagem de uma tubulação de ferro fundido através do pilar. Além de ser de extrema irresponsabilidade a interferência de um elemento estrutural dessa forma, a armadura exposta estava suscetível a uma agressividade muito mais intensa dos agentes externos, comprometendo toda a armação do pilar. Como forma de correção (Figuras 13 e 14), foi aberta uma seção do concreto, tratada a barra exposta com o mesmo processo descrito anteriormente e, em seguida recomposto com grout estrutural. A tubulação foi desviada de modo que não precisasse interferir em nenhum outro elemento estrutural.

Figura 12 – Pilar interceptado por tubulação

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

Figuras 13 e 14 – Correção e tratamento do pilar

Fonte: Acervo pessoal do autor (2020)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estruturas de concreto estão suscetíveis a diversos tipos de patologias ao longo de sua vida útil, comprometendo sua durabilidade e/ou até mesmo sua resistência e segurança. No entanto, essas patologias podem ser minimizadas desde a fase de projeto, na fase construtiva, até o seu uso. Nota-se que, grande parte das patologias nas estruturas são decorrentes de falhas na etapa de execução da obra, podendo ser evitadas ou minimizadas com a utilização de mão de obra especializada, materiais de qualidade e acompanhamento técnico profissional de competência, garantindo que os processos da obra sejam executados da forma correta.

O meio onde a estrutura está localizada influencia bastante em sua durabilidade também, havendo a necessidade de uma manutenção ao longo dos anos, especialmente em casos de maior agressividade, como no exemplo do estudo em questão. Edificações localizadas muito próximas a áreas marítimas tendem a ser mais suscetíveis a patologias, especialmente a corrosão, comprometendo rapidamente as estruturas.

A edificação em questão, localizada em Icarai – Niterói/RJ, pela proximidade com a área marítima da região, somada a falta de manutenção, apresentava suas estruturas bastante comprometidas pelo efeito da corrosão. A maioria dos pilares com fissuras e trincas, deslocamento do concreto e até mesmo com parte das armaduras já expostas, demonstrou a necessidade de uma rápida intervenção e manutenção.

Ao iniciar o tratamento dessas estruturas, foi notório que a causa dessa deterioração não foi apenas exposição a um meio agressivo, mas sim o descuido na etapa construtiva. Notou-se claramente a presença de um concreto bem poroso, composto por agregados com dimensões acima do recomendado, bem como uma má vibração e adensamento na concretagem. Além disso, o cobrimento das estruturas em alguns casos estava inferior ao recomendado por norma. Esses fatos foram responsáveis pelo avanço da entrada de agentes agressivos, que aceleraram o processo de corrosão.

Sendo assim, o presente trabalho, ao trazer como objeto de estudo uma edificação com patologias desenvolvidas por falhas construtivas (além da exposição ao meio), reafirma a importância de uma boa gestão de execução das estruturas de concreto e da competência técnico profissional, do projeto à execução. Isso evitaria as falhas construtivas que tanto ocorrem e comprometem a durabilidade das estruturas devido às patologias desenvolvidas. Não só a questão da durabilidade, mas um projeto detalhado e bem definido, somado a execução correta, evitam também retrabalhos e gastos desnecessários, otimização de tempo, conforto e segurança aos usuários ao longo dos anos, além de uma menor geração de resíduos.

Por fim, o estudo reforça a necessidade da manutenção ao longo dos anos e a importância de sua realização por mão de obra especializada, garantindo que os reparos sejam realizados de forma correta e segura. Por meio de um exemplo de manutenção das estruturas da edificação referida no estudo, é possível descrever e detalhar as etapas de um processo bem executado de recuperação estrutural após o avanço da corrosão nas armaduras, atentando-se para o fato de que tal processo exige níveis de conhecimento específicos ao lidar com estruturas em pleno funcionamento em muitas das vezes, conforme o caso apresentado nesse estudo.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (2014). NBR: 6118: Projetos de Estruturas de Concreto.

FELIX, E.F.; BALABUCH, T.J.R.; POSTERLLI, M.C.; POSSAN, E.; CARRAZEDO, R. (2018). Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF. Revista ALCONPAT.

MARQUES, Vinicius Silveira. Recuperação de estruturas submetidas à corrosão de armaduras: definição das variáveis que interferem no custo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre: 2015.

SENA, Gildeon Oliveira de, et al., (2020). Patologia das Construções. Salvador: 2B.

SOARES, Arthur Pimentel Falcão; VASCONCELOS, Livia Tenório; NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. (2015). Corrosão em armaduras. Maceió: Ciências exatas e tecnológicas v. 3, n.1, p. 177-188.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, Adler Teixeira de; ARAÚJO, Alan Moraes de; SANTIAGO, Ana Carlado Nascimento; SOUZA, Remo Magalhães de; CORMIM, Cristiano. (2018). Técnicas para recuperação da estrutura de concreto armado do Terminal Portuário de Outeiro. 60º Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON.