CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.211
ISBN 978-65-86819-05-2

MAPEAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO COM SISTEMA ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO EM GARANHUNS-PE

FERREIRA, LETÍCIA MARIA COSTA
Estudante
Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns - AESGA
Pernambuco; Brasil
letimariacostaa@gmail.com

OLIVEIRA, MATEUS PEREIRA DE
Estudante
Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns
Pernambuco; Brasil
mateuspereirabr@hotmail.com

LIRA, GIANE MARIA DE
Estudante
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Pernambuco; Brasil
gianelira@hotmail.com

SOARES, RENAN GUSTAVO PACHECO
Estudante
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE
Pernambuco; Brasil
renangpsoares@hotmail.com

OLIVEIRA, ROMILDE ALMEIDA DE
Professor
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP
Pernambuco; Brasil
romildealmeida@gmail.com

CARNEIRO, ARNALDO MANOEL PEREIRA
Professor
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE
Pernambuco; Brasil
arnaldo2164@hotmail.com

RESUMO

Devido a grande utilização do concreto armado nas edificações, é necessário ter cuidados quanto à produção e execução do mesmo, devendo-se atentar à compacidade, resistência à compressão, processo executivo e mão-de-obra qualificada, por serem características fundamentais para o desempenho satisfatório da estrutura. O presente artigo consiste em estudar o mapeamento das manifestações patológicas de uma edificação que possui dois pavimentos, na cidade de Garanhuns-PE. Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo caracterizar as manifestações patológicas de modo a relatar a situação atual da referida edificação em concreto armado. Os elementos analisados foram as vigas e pilares, os quais apresentaram sinais de manifestações patológicas. Foram realizadas inspeções adotando o Método GUT**,** de modo a classificar o estado atual da edificação, além do ensaio não destrutivo de carbonatação. Como resultado, foram caracterizadas as manifestações patológicas da edificação em estudo, que se enquadrou no patamar crítico, quanto ao estado de manutenção. Resulta-se que a estrutura requer conserto imediato, emergencial e de modo contínuo. Diante disso, ressalta-se a importância da manutenção preventiva, assim como, a utilização de materiais adequados e procedimentos de acordo com as Normas.
Palavras-chave: concreto armado, manifestações patológicas, carbonatação, método GUT.

ABSTRACT

Due to the great use of reinforced concrete in buildings, it is necessary to be careful about its production and execution, paying attention to compactness, compressive strength, executive process and qualified labor, as they are fundamental characteristics for performance satisfactory structure. This article consists of studying the mapping of the pathological manifestations of a building that has two floors, in the city of Garanhuns-PE. In this sense, the research aimed to characterize the pathological manifestations in order to report the current situation of the referred reinforced concrete building. The elements analyzed were beams and columns, which showed signs of pathological manifestations. Inspections were carried out using the GUT Method, in order to classify the current state of the building, in addition to the non-destructive carbonation test. As a result, the pathological manifestations of the building under study were characterized, which met the critical level, regarding the state of maintenance. It turns out that the structure requires immediate, emergency and continuous repair. Therefore, the importance of preventive maintenance is emphasized, as well as the use of appropriate materials and procedures in accordance with the Standards.
Keywords: reinforced concrete, pathological manifestations, carbonation, GUT method.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O concreto armado é o composto mais utilizado na construção civil no Brasil e está interligado com uma produtividade intensa, que só aumenta com o decorrer do tempo. Devido a isso, algumas anomalias estruturais surgem ao longo do tempo nas edificações acabadas, e estudos são realizados para o diagnóstico destas problemáticas, por meio de perícias e inspeções que auxiliam na ampliação da vida útil da estrutura. As análises e verificações buscam determinar as possíveis causas e adequar a solução para cada caso.

Os agentes deletérios causam na estrutura um impacto, consideravelmente degradante. Para isto, é necessário compreender os problemas encontrados na estrutura de concreto armado pela ocorrência de manifestações patológicas, com base no levantamento literário e por meio de informações buscadas *in loco,* como a análise investigativa, que proporciona relatar por meio de um mapeamento a situação atual da edificação.

O alto índice de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado estão relacionadas, principalmente, a falhas de projeto ou ausência de um profissional na execução ou interliga-se a uma deficiência na escolha dos materiais e pela falta de manutenção na edificação ao longo da sua vida útil. No intuito de analisar como essas manifestações ocorrem, o presente artigo irá apresentar o mapeamento das manifestações patológicas de uma edificação em Garanhuns- PE, para o qual foi realizado um mapeamento dos agentes patológicos atuantes na estrutura.

A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica e exploratória. Complementada pela obtenção dos resultados, através do método de GUT e da Norma de Inspeção Predial Nacional, criada pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012).

2. CONCRETO ARMADO

O concreto é um elemento versátil, que é adaptável a cada tipo de obra, a depender dos critérios de projeto adotados pelo projetista, considerando assim, os concretos mais utilizáveis são o armado e o protendido. Os requisitos mínimos de desempenho e durabilidade estão contidos na norma, de modo que sua utilização é trivial para garantir a estabilidade das edificações.

Este é o componente mais utilizado na construção civil, pois possui características moldáveis, principalmente com o surgimento de novos tipos de material, como por exemplo, o CAA (Concreto Auto Adensável), bem como com a empregabilidade de novas tecnologias, como máquinas e softwares. Os materiais constituintes do concreto são fáceis de serem encontrados.

O concreto armado, como o próprio nome expressa, vincula-se à armadura de modo a ter característica dúctil. Conforme Botelho e Marchetti (2002), o aço serve para combater a tração que existe quando a estrutura deforma, pois, o concreto resiste mais à compressão, remetendo uma parcela de 10 vezes mais do que a tração. Permite, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), em seus domínios de deformação, definir parâmetros de tração e compressão, alongamento e encurtamento, de modo a possibilitar aos projetistas elementos estruturais capazes de suportar bem aos esforços de flexão, cisalhamento, torção e axiais.

2.1 Histórico do Concreto Armado

O nome concreto foi designado por volta do século 20 por um agricultor francês, Joseph Louis Lambot (1814-1887), que retrata a sua utilização por meio de um cimento Portland, reforçado com aço. Mas vale salientar que o início da pesquisa para descoberta do concreto é a atribuído a Joseph Monier, que compôs a estrutura autoportante, resistindo à tração, compressão e cisalhamento (CARVALHO, 2008).

Utiliza-se o concreto em lajes, vigas, pilares. Este também possui a finalidade de proteger a armadura, principalmente, contra a corrosão (BASTOS, 2006).

2.2 Composição do Concreto Armado

O concreto consiste em uma mistura de matérias-primas, como agregados graúdos (britas), agregados miúdos (areia), cimento e água. Para auxiliar no funcionamento do concreto, ou seja, para compor esse insumo, existem elementos como os aditivos (retardadores ou aceleradores de pega, plastificantes, superplastificantes) e adições minerais (fíller,

ISBN 978-65-86819-05-2

pozolana, escória de alto forno, metacaulim). Estes alteram a composição física do concreto, de acordo com seu modo de utilização, de modo a tornar o concreto com alta compacidade (ARAÚJO, 2014).

O concreto armado está associado ao uso de armadura que absorve os esforços solicitantes da estrutura. Atrelado a este fator, têm-se os elementos constituintes do concreto, que em conjunto contribuem diretamente para a funcionalidade e consistência do material. O modo de preparo e execução refletem na resistência, durabilidade e vida útil da estrutura. Logo, a dosagem do concreto necessita estar de acordo com o uso destinado. E a relação água-cimento é um dos elementos fundamentais para este material, de modo a influenciar as propriedades mecânicas do concreto (ARAÚJO, 2010a).

Para formação do concreto são necessários alguns materiais, mencionados anteriormente, e cada elemento constituinte exerce uma função quanto a sua forma de utilização. Dentre eles, o cimento é o elemento ligante que agrega a formação do concreto, este possui variados tipos e tem como resultado produtos diversificados.

Segundo Helene e Andrade (2010), o cimento Portland se faz presente na formação do concreto, quando misturado com a água, associando aos agregados origina o mesmo e pode ser moldado facilmente. Após a mistura, a água e o cimento iniciam um processo de cura, aumentando a resistência mecânica, fornecendo à estrutura, exposta a diversos ambientes, um desempenho estrutural satisfatório. Oliveira (2008) complementa que o cimento é derivado da pulverização do clínquer, juntamente com outras adições que podem modificar a propriedade do concreto.

Cada componente que constitui o clínquer tem uma funcionalidade, esta que irá determinar cada tipo de cimento, conforme indica Battagin (2011):

- Alita (C3S): ganho de resistência nas primeiras idades entre 1 e 28 dias, de endurecimento e resistência mecânica;
- Belita (C2S): compõe a resistência mecânica para idades mais avançadas, acima de 28 dias;
- Aluminato tri-cálcico (C3A): favorece o calor de hidratação, principalmente no início do período de pega;
- Ferrita (C4AF): responsável pelo fenômeno da pega, após o início da hidratação.
- Cal livre (CaO, Ca(OH)2 ou CaCO3), conforme situação: importante no processo de hidratação do clínquer;

Esses fatores acima tem sido estudado de modo aprofundado, em função de terem grande impacto quanto ao desempenho em serviço durabilidade dos elementos de concreto armado.

Os agregados graúdos e miúdos necessitam ser dosados da maneira correta, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005), pois eles influenciam a qualidade do concreto, a durabilidade, resistência, vida útil e o seu desempenho estrutural, vinculada à exposição a que a estrutura se submete.

Agregado graúdo é componente mais robusto. Usualmente é conhecido como pedregulho ou brita. Estes possuem variações de acordo com a granulometria. Essa variação é definida por meio da NBR 7211 (ABNT, 2005), que estabelece que os grãos denominados graúdos ultrapassam a peneira de malha 75 mm e ficam retidos na de abertura 4,75 mm.

Agregados miúdos são grãos mais finos, denominados as areias. Na NBR 7211 (ABNT, 2005), os agregados ultrapassam a peneira de malha 4,75 mm e o material é retido na que possui abertura de malha 150 µm, possuindo subdivisões de areias fina, média e grossa.

A água influencia diretamente na consistência da mistura, que em consequência altera a durabilidade, estabilidade, vida útil, ou seja, as propriedades físicas. A água está correlacionada com a relação água/cimento (a/c) presente no traço do concreto, fornecendo ao usuário a forma desejável para uma estrutura, a qual será executada e influencia na resistência à compressão.

Há agregados que servem para acrescentar mais benefícios, que é o caso dos aditivos e adições. Adições podem acrescentar ou substituir algum elemento já existente no traço do concreto por materiais que possam ser reciclados, reutilizáveis. Assim como, existem outros elementos como as adições, instituido a melhorar a compacidade e consistência, assim como existe os elementos líquidos, conhecidos por aditivos. Segundo Bauer, Noronha e Bauer (2008), os aditivos tanto podem ser remédio para alguns problemas ou então podem acarretar alguns defeitos.

ISBN 978-65-86819-05-2

2.3 Dosagem do Concreto armado

Os componentes que constituem o traço do concreto precisam ser bem definidos de acordo com a necessidade e particularidade. É necessário atenção quanto aos elementos que compõem o traço, pois vários fatores são importantes, como a relação a/c, granulometria, módulo de finura, aditidos, adições, dentre outros, para melhor compacidade do sistema.

O traço é determinado conforme a resistência do projeto destinado a um tipo de concreto. Vários métodos de dosagem existem atualmente, sendo o mais difundido pela comunidade científica brasileira, o Método de Dosagem do IPT/EPUSP. No qual determina-se o consumo dos materiais constituintes, que devem ser expressos em massa ou volume. Leva em consideração a Lei de Lyse, Abrams e Molinari (HELENE; TERZIAN, 1992).

Os métodos de dosagem, criados por alguns historiadores, possuem semelhanças, as quais são descritos por Helene e Terzian (1992). Abaixo, algumas atividades precisam estar presentes em todos os métodos para os referentes cálculos:

- Cálculo da resistência de dosagem;
- Correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento para determinado tipo e classe de cimento;
- Evolução do crescimento da resistência com o tempo;
- Consumo de água por unidade de volume para obtenção da consistência requerida;
- Ajustes experimentais em laboratório;
- Correções em obra.

Todas essas situações contribuem para a produção de um compósito de qualidade e que atenda às necessidades de projeto.

2.4 Elementos Estruturais em Concreto Armado

Uma edificação é constituída de elementos estruturais. Estes são componentes de um sistema estrutural que resultam em funcionalidade dos ambientes de uma edificação. Em sistemas de concreto armado, têm-se vigas, lajes, pilares e fundações (BASTOS, 2006). Os elementos estruturais analisados no estudo, foram viga e pilar.

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), a viga é um elemento linear que a flexão é preponderante, ou seja, devido às cargas que são direcionadas a ela, pode sofrer deformação. Recebem o carregamento advindo das lajes e transmitem os esforços aos elementos adjacentes, que são os pilares. Estes, por sua vez, conduzem as tensões aos elementos de fundação. Por conseguinte, as fundações transmitem os esforços ao solo.

2.5 Durabilidade da Estrutura

A durabilidade associa-se à funcionalidade da estrutura e está vinculada a diversos fatores. Considera-se um deles: os requisitos preestabelecidos em projeto, que necessitam, preponderantemente, serem seguidos conforme as normas. Do contrário, pode-se comprometer a estrutura, como também a sua vida útil, reduzindo o seu tempo de uso.

Existem fenômenos que influenciam na durabilidade da estrutura, como os mecanismos físicos (erosão, lixiviação, atuação da temperatura e umidade, cristalização), os químicos (corrosão, carbonização, reação entre os componentes dos materiais) e os mecanismos biológicos, atuantes por organismos vivos (microorganismos, fungos, plantas). Todos estes podem ocorrer numa estrutura de concreto, isolado ou simultaneamente (HOLA *et al.*, 2015).

A vida útil associa-se a durabilidade. A princípio, não se tem garantia certa da durabilidade de uma estrutura sem manutenção preventiva e corretiva. A estimativa na normativa brasileira é de 50 anos, no mínimo, mas isso só se torna possível desde que cuidados sejam tomados para garantir que ações internas e externas não interfiram de modo danoso o sistema (NBR 8681, ABNT, 2003).
A manutenção tem que ser periódica, pois assim aumenta a durabilidade e vida útil da estrutura. O usuário deve ficar sempre atento ao manual ou projeto da edificação que especifique o tempo para intervenções de cada sistema, seja de pintura, revestimento, instalações hidráulicas e elétricas, entre outros, para não surgirem patologias na infraestrutura e comprometê-la.

ISBN 978-65-86819-05-2

Alguns fatores interferem na durabilidade, vida útil e resistência da estrutura. Um deles é o clima, que é ainda mais prejudicial quando associado, principalmente, aos materiais que irão agregar ao concreto. Como exemplo, na hora da cura do concreto, que a água tem um papel essencial, pois ela vai hidratá-lo, a medida do traço da relação água/cimento, necessita estar devidamente adequada. Se ocorrer retração hidráulica, fissuras podem surgir. O que não é bom. Isso ocorre quando altas temperaturas e baixa umidade estão presentes (FIGUEIRA JÚNIOR, VALIN JR, 2003).

3 PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO

O termo patologia associado à construção civil remete-se ao encontrado na medicina, significando estudo das origens, sintomas e natureza das doenças. Quando se analisa na construção civil, as doenças que aparecem nos componentes de uma edificação interferem na funcionalidade, desempenho e vida útil da estrutura, bem como alavanca maiores riscos ao colapso (SOUZA; RIPPER, 1998).

Patologias são anomalias que aparecem nas estruturas. São diagnosticadas através de ensaios. Assim como na área da saúde, um diagnóstico bem definido pode endereçar o correto remédio para o sistema e restituir a saúde estrutural do conjunto.

3.1 Tipos de Patologias

3.1.1 Corrosão

A corrosão é determinada por um ataque destrutivo no aço. Ocorre quimicamente ou de forma eletroquímica em meio aquoso. O fato se dá devido a reação química aos elétrons, conduzindo a formação de óxido/hidróxidos de ferro, que acarreta uma reação mecânica ou física (SOUZA; RIPPER, 1998). Na Figura 1, um exemplo de armadura com problema de corrosão pode ser identificado.



Figura 1: Corrosão da Armadura

A corrosão expressa a capacidade de diminuir a resistência da armadura, devido à diminuição da área de aço, ou seja, o aço se expande e perde seção transversal. O estado de carregamento continua atuando, mesmo com essa perda. Logo, a capacidade resistente do sistema diminui, podendo chegar ao ponto de colapsar.

3.1.2 Carbonatação

O fenômeno da carbonatação é resultante da perca da camada passivadora presente numa peça de concreto. Essa camada é destruída quando o dióxido de carbono penetra no concreto e atinge as armaduras. As reações químicas do dióxido de carbônico (CO_2) diminui a alcalinidade da peça, ao reduz o seu PH (LI; ZHAO; ZHANG, 2019). Na Figura 2, pode ser identificado o resultado de uma análise de carbonatação, através do ensaio não destrutivo por aspesão de solução química de fenolftaleína a 1%.

A frente de carbonatação é caracterizada pela espessura da camada incolor da parte mais externa à parte mais interna da peça. Nesse caso, a região não carbonatada tem a coloração vermelho-carmim ou na figura acima, o cinza mais escuro.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 2: Ensaio de Fenolftaleína

3.1.3 Íons Cloretos

O fenômeno dos íons cloretos ocorrem em virtude da maresia, condicionada pelo vento, que entra em contato com a armação, despassivando-a, ou seja, ocorre a corrosão da armadura. Um fator que irá auxiliar na aceleração do processo é a umidade, em ambientes provenientes a alta agressividade essa taxa é relativamente elevada. Mas vale salientar que quanto mais contato a estrutura possui com a água do mar, torna-se mais agressiva a ação dos cloretos (MOTA *et al,* 2010, p.13).

A atuação dos íons cloretos na região do concreto pode surgir de duas formas seja livre, quando são dissolvidos na água dos poros ou então combinados com o C3A (Aluminato de Cálcio) e C4AF (Ferro Aluminato de Cálcio), ambos hidratados. O cloreto torna mais agressivo à armadura, quando os íons são livres, pois ele vai ocupar os espaços vazios (HELENE, 1993, PEREIRA; CINCOTTO, 2001, CAVALCANTI; CAVALCANTI, 2010 *apud* REAL, *et al*, 2015).

3.1.4 Íons Sulfatos

Os íons sulfatos assemelham-se aos de cloretos, pois surgem por meio de transportes aéreos associados à umidade e são encontrados em locais de alta agressividade, condicionados a áreas marítimas.

Segundo Almeida e Sales (2014), menciona que os íons podem ser detectados também em águas e solos contaminados, possibilitando a entrada no concreto, que reage com a matriz do cimento e produz um produto expansivo. Este causa deformações, fissuração e deslocamento em partes da estrutura. Bem como, os sulfatos quando misturados ao traço do concreto forma um sal, conhecido por Candlot e podem ocasionar manifestações patológicas futuras, que é o caso da desagregação do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).

4 METODOLOGIA

Neste trabalho, foi utilizado o método da Gravidade, Urgência e Tendência (GUT), que atende os requisitos necessários e exigidos pela norma de Inspeção Predial Nacional do (IBAPE, 2012). O estudo de caso serviu para analisar e aplicar o conhecimento proveniente do embasamento teórico (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O objeto do estudo consiste em uma edificação residencial com sistema estrutural em concreto armado, situado na cidade de Garanhuns-PE, localizada no Bairro Aluísio Pinto. A área específica onde foram feitas as análises consiste em um pórtico em concreto armado componente da entrada da garagem. A edificação foi construída de blocos cerâmicos como elemento de vedação. O revestimento interno e externo, é de pintura acrílica. O imóvel avaliado possui uma idade aproximada de vinte e dois anos.

Foi efetuado um mapeamento dos agentes patológicos, por meio de avaliações e considerou que alguns fatores, como falta de planejamento, ausência de profissionais qualificados durante a etapa de execução, alteração climática, umidade, assim como a falta de manutenção, foram fatrores que influenciaram a degradação da edificação.

O procedimento inicial realizado, foi a análise visual. Em adição foi efetuado o ensaio de carbonatação conforme a NBR NM 67 (CBCCA, 1998), executado por meio da escarificação do revestimento cimentício. Em vista disto, buscou-se verificar as manifestações patológicas atuantes, devido à degradação aparente. Na Figura 3, representa-se a área da edificação analisada.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 3: Estrutura em Análise

Segundo Rilem (1988), o ensaio de carbonatação, conhecido por CPC-18, é a medição do concreto quanto à profundidade de carbonatação, ou seja, é realizado em uma superfície de concreto endurecido, para verificar a profundidade da ação deletéria, por meio de um indicador, a substância fenolftaleína. A fenolftaleína quando apresenta coloração vermelho-carmim, indica que a área não está carbonatada, caso permaneça incolor, o concreto está carbonatado.

Como complemento da problemática da edificação em estudo, utilizou-se o método de GUT (Gravidade; Urgência e Tendência). Este caracteriza os problemas, define a situação atual, norteia as prioridades das intervenções e é utilizado como base para a qualificação dos problemas, a partir da Norma de Inspeção Predial Nacional (IBAPE, 2012).

Para um resultado preciso e imediato, o conhecimento sobre as características de uma edificação e sua funcionalidade são imprescindíveis para a inspeção. Cada item determina uma prioridade, a gravidade consiste na intensidade e na profundidade que o problema pode causar; a urgência relaciona-se ao tempo para solucionar o problema; a tendência associa-se ao desenvolvimento do problema (SOTILLE, 2014).

O método de GUT, definido por Kepner e Tregoe em 1981, define prioridades de forma racional para que sejam implementadas as soluções dos problemas. É uma ferramenta de gerenciamento de riscos que analisa todas as etapas construtivas, desde da fundação até o acabamento, conforme necessidade da edificação e da inspeção (SOTILLE, 2014).

Esse método também determina o grau de risco, com a avaliação criteriosa relacionada às anomalias e falhas existentes na edificação. Considera o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, dentro dos limites da inspeção. Um formulário pode ser criado após a inspeção para determinar qual serviço deve ser executado com mais urgência e, em seguida, as demais intervenções.

Conforme Souza e Ripper (1998), além de realizar um mapeamento das manifestações patológicas por meio de métodos, caracterizando a situação da edificação, é necessário uma constante manutenção preventiva, com um profissional qualificado, que deve atuar em pequenos intervalos de tempo com o intuito de reduzir as probabilidades de ruínas ou degradação da estrutura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal caracterizar as problemáticas do sistema estrutural, suas manifestações patológicas, bem como compreender as características vinculadas à mesma. Isso com vistas a relatar a situação atual da edificação. Realizou-se, também, ensaios *in loco* para investigar a estrutura, com foco no diagnóstico dos problemas.

O ensaio de carbonatação foi realizado com o intuito de determinar, previamente, se a estrutura apresentava deterioração na armadura. Foi utilizada solução de fenolftaleína a 1%. Os resultados serão demonstrados conforme recomendação do IBAPE (2012), onde o nível de inpeção ficou enquadrado no nível 1.

Com base nesses levantamentos, foi efetuado um *check*-list e uma classificação dos graus de riscos apresentados pelo método GUT, conforme a Norma de Inspeção Predial Nacional. Os dados serão apresentados a seguir.

ISBN 978-65-86819-05-2

5.1 Ensaios Realizados

Os ensaios realizados *in loco,* conforme a Norma de Inspeção Predial Nacional (IBAPE, 2012), auxiliaram a pesquisa, com o intuito de compreender o contexto evidenciado pela edificação.

Inicialmente, retirou-se o revestimento da viga, este não estava executado corretamente. Foi perceptível que o concreto não apresentava coesão entre os elementos, demonstrava grande porosidade. Como consequência, redução da vida útil, durabilidade e desempenho da estrutura, indo de encontro aos requisitos mínimos da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Detectar as falhas e corrigir, bem como assessorar o andamento da estrutura para garantir seu bom desempenho em serviço é papel do profissional de engenharia. Por sua ausência na etapa de projeto e execução, surgiram as falhas. Com isso, é possível afirmar o quanto é trivial o planejamento para obtenção de resultados satisfatórios, desde a elaboração dos projetos ao acompanhamento técnico.

5.2 Ensaio de Carbonatação

O resultado do ensaio de carbonatação, ocasionado por uma reação química no concreto, está apresentado na Figura 4. Após escarificação do concreto e aspersão da fenolftaleína, a área de estudo não apresentou a coloração vermelho-carmim, significando um Ph adequado para a proteção da armadura. Essa diminuição do Ph, despassivou a armadura, o quê ocasionou uma corrosão da mesma, e consequentemente, perda de seção transversal do aço. Constatou-se também alguns fatores que aceleraram a carbonatação, verificado por uma fragilidade na peça, que apresentou alta porosidade e ausência de cobrimento nominal adequado. Aliados a falta de planejamento e falha na execução, além das condições climáticas da região. Um concreto com o fator de compacidade bem definido, armaduras bem posicionadas e processo executivo em conformidade com as recomendações normativas são fatores que ajudam a prevenir esse tipo de situação.

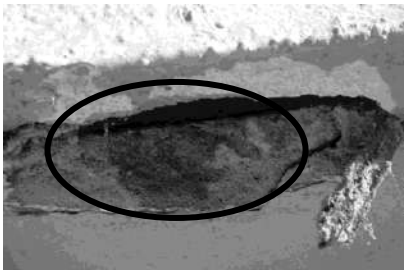

Figura 4: Ensaio de Carbonatação

5.3 Procedimentos Diagnósticos

A inspeção predial é importante para o entendimento do comportamento da estrutura. Esta foi realizada, inicialmente, com o intuito de estabelecer um diagnóstico para a edificação, de modo a determinar o grau de risco e sugerir as possíveis intervenções, sejam elas preventivas ou corretivas. Para isto, foi utilizada a Norma de Inspeção Predial Nacional (IBAPE, 2012).

A pesquisa foi enquadrada quanto ao nível de inspeção predial, no nível 1. De acordo com o IBAPE (2012), este nível é caracterizado por uma inspeção realizada em edificações com redução na aplicabilidade técnica, manutenção e operação dos elementos e sistemas construtivos, utilizada em edificações com planos de manutenção quase inexistente.

De acordo com as características encontradas na edificação, as anomalias e falhas foram classificadas de acordo com o grau de risco. Mas, para definir estes conceitos, foi estabelecido um *check-list*, que melhor possibilitou as interpretações e análises. Na Tabela 1, estão discriminados os resultados das inspeções realizadas, de modo que o mapeamento das manifestações patológicas identificadas estão associadas às siglas.

Tabela 1 – *Check-list* das manifestações patológicas

Sigla	Manifestações Patológicas	Registros
CA	Corrosão da Armadura	Sim
IS	Infiltração no Sistema	Sim
CC	Carbonatação do Concreto	Sim

ISBN 978-65-86819-05-2

Estes resultados, relatados na Tabela 1, caracterizam situações advindas das ações deletérias encontradas na estrutura. Estas serão citadas posteriormente, de acordo com o diagnóstico e o tratamento adequado a ser realizado.

5.3.1 Corrosão da Armadura (CA)

Os danos encontrados foram provenientes do surgimento de um ataque destrutivo, associado a um meio aquoso, proveniente da falta de manutenção e utilização de materiais de qualidade (concreto com alto índice de porosidade). Pela ausência de projetos e de um profissional qualificado, facilitou a degradação do elemento construtivo (nesse caso a viga) e dos componentes associados à mesma, como o concreto e as armaduras longitudinais e transversais (Figura 5).



Figura 5: Armaduras com perda de seção transversal

O cobrimento do aço inserido no concreto armado é um dos fatores que acelera a corrosão da armadura, caso não seja executado conforme a classe de agressividade que a estrutura está inserida, diminui a durabilidade da peça. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), o cobrimento mínimo deveria ser de 3,0 cm, pois a edificação está inserida em uma área urbana, de agressividade moderada de Classe II. O cobrimento serve para proteger a armadura contra as intempéries. A armadura encontra-se corroída, e consequentemente, comprometida, diminuindo a funcionalidade da estrutura por parte usuário.

O tratamento da corrosão, neste caso, pode ser feito com um reforço abaixo da viga, para sustentar a carga distribuída destinada dos elementos da edificação. Isso porque houve perda de seção transversal das armaduras, pela corrosão generalizada. O material utilizado para o reforço pode ser de estrutura metálica ou de concreto armado. Além disso, a situação que se encontra a estrutura, é fruto de erro construtivo aliado à ausência de manutenção. Os custos de reparo desse tipo de situação pode chegar a 125 vezes mais caro, conforme a Lei de Sitter (SITTER, 1984).

5.3.2 Infiltração no Sistema (IS)

Os danos encontrados foram provenientes de um excesso de água, provocado por um vazamento no banheiro, além de expansão por umidade em bloco cerâmico. Devido ao tempo e à falta de manutenção no revestimento, a água percolou, provocando problemas no revestimento, na parede de alvenaria e na viga. Na Figura 6, demonstra-se o problema causado pela infiltração.
O tratamento inicialmente é o conserto do vazamento. Na sequência, retirar o revestimento desgastado, refazer com um novo e realizar o acabamento necessário. Na viga de concreto, seguir as recomendações tratadas no subtópico anterior.



Figura 6: Infiltração na Estrutura

ISBN 978-65-86819-05-2

5.3.3 Carbonatação do Concreto (CC)

Verificada a falta de compacidade, aliada a ausência de cobrimento nominal mínimo e a mal conservação da estrutura, verificou-se que o concreto estava carbonatado. O ensaio por aspersão de fenolftaleína comprovou o fato. A composição inadequada do traço, sem preocupação com os fatores que interferem na compacidade do concreto como a relação a/c, granulometria, teor de ar incorporado, consumo de cimento, abatimento, adensamento, cura, dentre outros, torna propício a entrada de agentes degradantes. Esse concreto degradado em contato com o Dióxido de Carbono e alta umidade, provocaram na estrutura redução do pH, carbonatando-o. Assim, é imprescindível a manutenção preventiva e os cuidados para praticar a engenharia conforme ela deve ser realizada. Na Figura 4, descrita anteriormente percebe-se a área que está carbonatada.

O tratamento poderia ser feito *in loco,* com realcalinização eletroquímica, que restabelece o grau de acidez da peça e cria uma condição de repassivação da armadura, elevando a durabilidade da estrutura. Entretanto, esse tratamento só será viável quando nào houver reduções de seção das armaduras, caso ocorra a redução, o reforço estrutural torna-se obrigatório.

Com as características determinadas, pode-se classificar as anomalias e falhas, conforme o grau de risco. Na Tabela 2, por meio da Norma de Inspeção, apresenta-se as classificações previamente estudadas.

Tabela 2 – Classificação das anomalias e falhas

Patologias	Grau de Risco	Anomalias
CA	Crítico	Endógena
IS	Mínimo	Endógena
CC	Médio	Endógena

Com isso, o grau de risco define a intensidade da anomalia e por meio do método de GUT, determina-se qual a prioridade das patologias. Estas, se não tratadas de acordo com o mencionado na inspeção, podem agravar a situação e levar o sistema ao colapso. O método de GUT estabelece a prioridade do problema, pois está filiado à gravidade, urgência e tendência das anomalias e falhas, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação pelo Método de GUT

Problemas	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GUT
CA	4	4	4	12
IS	3	4	3	10
CC	2	2	2	6

Pela análise do quadro, a prioridade inicial está para a corrosão da armadura (CA). Na sequência, o tratamento da carbonatação do concreto (CC) e, posteriormente a infiltração (IS). Além das classificações anteriores, uma classificação do IBAPE (2012) quanto ao estado de manutenção, baseada nos Graus de Risco, na intensidade e no nível de aprofundamento da inspeção predial, foi estabelecida (Tabela 4).

Tabela 4 – Classificação quanto ao estado de manutenção

Classificação	Estado de conservação
Crítico	Quando a edificação apresenta anomalias e/ou falhas com grau de risco crítico.
Regular	Quando a edificação apresenta anomalias e/ou falhas com grau de risco regular.
Satisfatório	Quando a edificação não apresenta anomalias e/ou falhas com grau significativas.

Assim, conforme a classificação quanto ao Grau de Risco (Tabela 2), a classificação pelo Método de GUT (Tabela 1) e no nível de aprofundamento da inspeção (Nível 1), o imóvel estudado classifica-se em um patamar crítico quanto ao estado de manutenção, de acordo com as patologias encontradas. Isto requer atenção para um tratamento imediato, de modo a restabelecer os requisitos mínimos de segurança e desempenho. Sem deixar de mencionar que, a falta da manutenção preventiva acelerou o processo de degradação da estrutura, alavancando seu gasto com os reparos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários fatores foram determinantes para a situação atual da edificação. Iniciou-se com ausência de planejamento e execução. Depois pela falta de manutenção, onde vazamentos provocaram infiltrações; a corrosão das armaduras, por

ISBN 978-65-86819-05-2

ação da carbonatação; a baixa qualidade dos materiais empregados, o cobrimento das armaduras em desacordo com a Norma e a ausência de responsável técnico no acompanhamento da obra, contribuiram para a ocorrência das patologias. Tudo isso fez com que a edificação se enquadrasse em um patamar crítico quanto ao estado de manutenção, sendo necessário proceder com várias recomendações supracitadas para restaurar o sistema.

Para resultados satisfatórios, o planejamento dos projetos devem atuar em conjunto, não de modo isolado como infelizmente ainda se observa em diversas situações. Imprevistos podem ocorrer durante a etapa de execução e há necessidade de solução imediata, desde de que dentro das normativas vigentes.

Toda obra requer profissionais qualificados e técnico responsável no intuito de garantir a qualidade, o desempenho e a durabilidade da edificação, seguindo a execução conforme o estabelecido nos projetos. O pensamento de economizar com profissionais tem sido um dos grandes fatores de risco na situação do desempenho das edificações brasileiras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. C. R; SALES, A. Efeitos da ação do meio ambiente sobre as estruturas de concreto. In: RIBEIRO, D. V. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado:** Teoria, Controle e Métodos de Análise. 1. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado.** 3.ed. v. 1. Rio Grande: Dunas, 2010a.

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado.** 4. ed., Rio Grande: Dunas, 2014. Disponível em:< http://www.editoradunas.com.br/dunas/V1.pdf>. Acesso em: 28 agosto 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto-Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211: Agregados para concreto-Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas-Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-1: Edificações habitacionais-Desempenho, Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BATTAGIN, A.F. **Cimento Portland**. 1. ed. São Paulo, IBRACON: Ipsis, 2011.

BASTOS, P. S. D. S. **Fundamentos do Concreto Armado.** Departamento de Engenharia Civil, Campus de Bauru/SP, 2006. Disponível em:< http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BAUER, L. A. F.; NORONHA, M. A. A.; BAUER, R. J. F. **Uso de aditivos no concreto**. IN: BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. 5. ed, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado, Eu Te Amo.** 3. ed., São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

CARVALHO, J. D. N. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto.** Revista Tecnológica. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, v. 17, nº 1, p. 19- 28. 2008. Disponível em: <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/download/8169/5163>. Acesso em: 22 out. 2018.

FIGUEIRA JÚNIOR, A. S.; VALIN JR, M. O. **Influências climáticas na cura do concreto.** Congresso Internacional sobre patologia e recuperação de estruturas, João Pessoa-PB, 2003. Disponível em: <http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_023.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em:< http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 05 out. 2019.

ISBN 978-65-86819-05-2

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland.** IBRACON, 2010. Disponível em:< https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.** 1. ed., São Paulo: Pini, 1992.

HOLA, J.; BIEŃ, J.; SADOWSKI, L.; SCHABOWICZ, K. **Non-destructive and semi-destructive diagnostics of concrete structures in assessment of their durability.** Bulletin Of The Polish Academy Of Sciences Technical Sciences. v. 63, nº 1, p. 87 – 96. 2015. Disponível em:< https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/bpasts.2015.63.issue-1/bpasts-2015-0010/bpasts-2015-0010.xml>. Acesso em: 24 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA, IBAPE. **Norma de Inspeção Predial Nacional.** São Paulo, 2012.

LI, K.; ZHAO, F.; ZHANG, Y. **Influence of carbonation on the chloride ingress into concrete: Theoretical analysis and application to durability design**. Cement and Concrete Research. 2019. Disponível em:< https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884618304940>. Acesso em: 15 set. 2019.

MOTA, J. M. F.; SILVA, A. J. C.; BARBOSA, F. R.; ANDRADE, T. W. C. O.; DOURADO, K. C. A. **Avaliação da contaminação por íons cloreto em amostras de concreto submetidas a condições agressivas.** Caracterización de materiacles. Congresso Internacional Sobre Patología Y Recuperación de Estructuras. Córdoba, Argentina. 2010. Disponível em:<http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%203/CINPAR%20120.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

OLIVEIRA, H. M. Cimento Portland. IN: BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5. ed, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

REAL, L. V; OLIVEIRA, D. R. B.; SOARES, T.; MEDEIROS, M. H. F. Método colorimétrico por aspersão de nitrato de prata para avaliação da penetração de cloretos em concreto: estado da arte. **Revista Alconpat.** Universidade Federal de Paraná, v. 5, nº 2, p. 149- 159. 2015. Disponível em: <http://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/download/84/101>. Acesso em: 15 nov. 2018.

RILEM RECOMMENDATIONS. **CPC-18 Measurement of hardened concrete carbonation depth**. Materials and Structures. 1988. Disponível em:< https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02472327>. Acesso em: 1 out. 2019.

SITTER, W. R. **Costs for Service Life Optimization. The "law of fives".** In: CEB-RILEM Durability of concrete structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagem on 18-20 May, 1984.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1. ed., São Paulo: Pini, 1998

SOTILLE, M. A. **A ferramenta GUT – Gravidade, Urgência e Tendência.** PM Tech Capacitação em Projetos. 2014. Disponível em:<https://www.pmtech.com.br/PMP/Dicas%20PMP%20-%20Matriz%20GUT.pdf>. Acesso em: 29 out. 2019.