Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL A 100 M DO MAR – ESTUDO DE CASO

M. M. LOYO
Engenheira
Universidade Católica de Pernambuo
Pernambuco; Brasil
marcela.loyo@hotmail.com

R. A. BERENGUER
Graduando(a) Eng. Civil
Universidade Católica de Pernambuo
Pernambuco; Brasil
templarios_pm@hotmail.com

E. C. NASCIMENTO
Graduando(a) Eng. Civil
Universidade Católica de Pernambuo
Pernambuco; Brasil
elivelthoncarlos@yahoo.com.br

P. F. S. CHAVES
Graduando(a) Eng. Civil
Universidade Católica de Pernambuo
Pernambuco; Brasil
prychaves@hotmail.com

F. L. CARNEIRO
Graduando(a) Eng. Civil
Universidade Católica de Pernambuo
Pernambuco; Brasil
fabiocarneiro14@hotmailcom

E. C. B. MONTEIRO
Drª. Professora
Universidade Católica de Pernambuo
Pernambuco; Brasil
eliana@poli.br

RESUMO

Nos últimos anos a preocupação com as manifestações patológicas nas estruturas vem sendo tema discutido entre os pesquisadores. Principalmente em regiões litorâneas a incidência de patologias como a corrosão é muito comum, sendo esta a manifestação patológica mais fortemente evidenciada neste estudo de caso. A presente pesquisa tem como foco fazer um levantamento das manifestações patológicas em um edifício residencial em região litorânea. A edificação em estudo sofreu uma recuperação e reforço estrutural durante os anos de 2004 e 2005, após 10 anos, foram realizados ensaios para fins de comparação entre os pilares da torre que foram reforçados e os pilares de periferia que não sofreram nenhuma interferência prévia. Com a realização dos ensaios in loco, pode-se observar que os pilares que haviam sido reforçados apresentaram bons resultados, diferente daqueles que não haviam passado por nenhum processo de recuperação. O que nos mostra a importância da prevenção na manutenção da vida útil da estrutura.

Palavras-chave: Manifestações patológicas, Inspeção, Diagnóstico

ABSTRACT

In recent years, concern about the pathological manifestations in the structures has been discussed topic among researchers. Especially in coastal areas the incidence of diseases such as corrosion is very common, which is the pathological expression more strongly highlighted in this case study. This research is focused to survey the pathological manifestations in a residential building in the coastal region. The building under consideration has undergone a restoration and structural reinforcement for the years 2004 and 2005, after 10 years, tests were carried out for purposes of comparison between the tower pillars were reinforced and the outskirts of pillars which have not undergone any prior interference. With the completion of in situ tests, it can be seen that the pillars had been reinforced showed good results, different from those which had not undergone any recovery process. What it shows us the importance of prevention in maintaining the life of the structure.

Keywords: Pathological manifestations, Inspection, Diagnosis.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, seja como elemento estrutural ou estético. Nas últimas décadas a preocupação com as patologias aumentaram devido ao grande número de estruturas que apresentaram uma ou mais manifestações patológicas. Até o ano de 2003, a Associação Brasileira de Normas Técnicas não fazia referência a durabilidade das estruturas e consequentemente ao projetar edifícios em concreto armado levava-se em consideração apenas os requisitos estruturais. Não se pensava na vida útil das estruturas.

De acordo com a NBR 6118 [1], Item 5.1.2.3, Durabilidade "consiste na capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto". A partir de tal definição, entende-se que durabilidade é função das características construtivas, desde a concepção do projeto até a sua correta execução; a agressividade ambiental na qual a estrutura está inserida; e as condições de uso, operação e manutenção; e o tempo, ou seja, a vida útil requerida para uma estrutura em particular.
Entende-se por vida útil "o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo" [2].

Após o colapso do edifício residencial Areia Branca, localizado em Jaboatão dos Guararapes/PE, em Outubro de 2004, surgiu uma grande preocupação com relação à qualidade construtiva e estado de conservação das estruturas de concreto armado. Foi o primeiro caso de colapso de um edifício de múltiplos pavimentos no Estado e chocou a todos com o modo que aconteceu. Foi necessário acontecer uma tragédia para as pessoas se conscientizarem da importância das manutenções preventivas. Em Junho de 2006 foi aprovada a Lei nº 13.032 de inspeção a fim de evitar que outros fatos como esse ocorram. Após a implantação desta lei, as edificações passaram por inspeções e por isso, após investigações, descobriu-se que várias estruturas apresentavam diferentes casos de manifestações patológicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da manutenção preventiva em edifícios de concreto armado

No Brasil, o uso de concreto armado iniciou em meados do século XX e se intensificou a partir da década de 50 com o êxodo rural. Com as pessoas migrando para as cidades, surgiu a necessidade das construções verticais, pontes, viadutos, ferrovias e adaptações das cidades ao crescimento do comércio. Apesar da crescente utilização do concreto armado, ainda não se conhecia seu desempenho a longo prazo. Com isso, em meados dos anos 80 as estruturas de concreto armado começaram a apresentar manifestações patológicas, passou-se então a estudar a ocorrência desses problemas e como recupera-las e evita-las.

A manutenção é o "Conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários" [3]. Contudo, na indústria da construção civil, principalmente em condomínios residências, ainda necessita de um maior amadurecimento desses conceitos. Ao receber o imóvel o proprietário recebe da construtora o manual de uso, operação e manutenção do edifício, que não é seguido por muitos condomínios. Além da preocupação com a segurança dos usuários, também deve-se levar em consideração o custo com a manutenção. Com o decorrer do tempo as estruturas de concreto armado irão apresentar uma queda natural de seu desempenho no qual será necessária intervenção. Quanto mais cedo se detectar uma anomalia, mais eficiente e menos onerosa será a intervenção, como foi evidenciado por pesquisadores, entre eles [4], motra o crecimento ao longo do tempo observado na Figura 1.

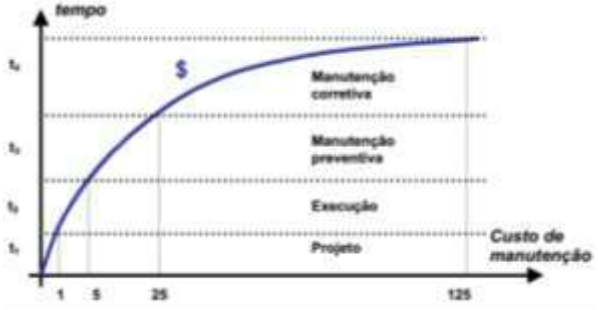

Figura 24 - Aumento do custo com manutenção com o passar do tempo [4].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Assim, a vida útil das estruturas irá depender dos cuidados desde a concepção do projeto, execução e manutenção, estas devendo ser periódicas para prevenir e detectar os surgimentos das manifestações patológicas e permitir que ela continue a desempenhar a função na qual foi projetada.

2.2 Inspeção em estruturas de concreto armado

A inspeção preliminar ou visual consiste no exame, a olho nu, de toda parte exposta da estrutura principal, excluindo as fundações, e são registradas através de fotografias, todas as manifestações patológicas encontradas. Já a a inspeção detalhada tem como objetivo detectar através dos métodos de realização de ensaios, divulgados no meio acadêmico, as possíveis manifestações patológicas presentes na estrutura de concreto armado, bem como reforçar e defender a hipótese da inspeção preliminar.

2.2.1 Inspeção Preliminar

Com a inspeção preliminar é possível determinar a natureza e origem do problema, como também de servir como base para um estudo mais detalhado. Para esta etapa recomenda-se utilizar formulários de avaliação, que poderão ser ou não os expostos neste Boletim [5].

A ficha de avaliação de antecedentes da estrutura tem como objetivo fazer um levantamento geral da estrutura como: a idade ou tempo de serviço, natureza e procedência dos materiais, agressividade do meio, resistência característica, qualidade da construção, quando os problemas iniciaram, diagnóstico e se a estrutura já sofreu algum tipo de reparo ou manutenção e se houve alguma mudança no uso da estrutura.

O exame visual é de fundamental importância pois através dele sabe-se se o problema é generalizado ou localizado. A inspeção normalmente é realizada durante o dia para facilitar a identificação das manifestações patológicas. Deve-se realizar um exame diferenciado dos elementos, registrando os sinais aparentes de corrosão (manchas, expansão, grau de degradação, etc.), fissuras (localização, direção, dimensão, abertura, etc.), regiões de desprendimento de concreto com e sem exposição da armadura, degradação do concreto, assim como qualquer outra anomalia [5]. O registro fotográfico também deverá ser realizado.

Para [6] em seu estudo de caso sobre reação álcali-agregado em um edifício residencial na cidade do Recife/PE, relatou como a empresa contratada procedeu com a inspeção, que foi da seguinte maneira:

- Inspeção visual;
- Profundidade de carbonatação;
- Teor de cloretos;
- Resistência à compressão.

A inspeção visual serviu para identificação das possíveis manifestações patologias, seguidas de ensaios simples como profundidade de carbonatação e teor de cloretos para saber se as armaduras estavam em processo de corrosão e por último o ensaio de resistência à compressão do concreto, uma vez que foi identificada a reação álcali-agregado que reduz a capacidade de carga do concreto.

2.2.2 Inspeção Detalhada

Depois de realizada a inspeção preliminar sabe-se se será necessária à inspeção detalhada e quais inspeção seram realizadas. Esta inspeção é responsável por um maior levantamento de dados e ensaios. No final de uma inspeção detalhada devem ser disponibilizados todos os dados necessários à caracterização dos danos existentes, de forma a realizar um diagnóstico sobre o estado da estrutura, bem como prever o seu comportamento futuro [7]. A Tabela 1 mostra os ensaios que podem ser realizados no concreto armado:

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Tabela 1 – Ensaios que podem ser realizados no concreto armado

ENSAIOS NO CONCRETO ARMADO	
Concreto	Armadura
Resistividade	Determinação do cobrimento
Dureza superficial	Determinação da seção do aço
Ultrassom	Potencial de corrosão
Profundidade de carbonatação	Velocidade de corrosão
Teor de cloretos	
Resistência a compressão	
Porosidade	

2.3 Manifestações patológicas em concreto armado

As manifestações patológicas no concreto armado são causadas devido a quatro fatores primordiais: materiais, projeto, execução e uso. A grande maioria das manifestações patológicas está ligada a má qualidade do material e execução incorreta dos procedimentos. Em construções com mais de 30 anos localizada em regiões litorâneas e sem nenhuma manutenção preventiva, é bem provável que seja evidenciado ao menos alguma manifestação patológica.

A degradação dos materiais é produzida pela interação físico química do ambiente com os materiais; estas interações podem ocorrer apenas depois do movimento dos agentes agressivos no interior do ambiente ou do material. Muitas das transformações sofridas ao longo do tempo por um material são influenciadas pela temperatura ou por suas variações [8]. Os sintomas de maior incidência nas estruturas de concreto, são as fissuras, as eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, a corrosão de armaduras e os ninhos de concretagem (segregação dos materiais constituintes do concreto) [7].

A NBR 6118 [1], a estrutura atinge o estado limite quando se torna inutilizável ou quando deixa de satisfazer as condições previstas para sua utilização. Além de considerar o meio ao qual a estrutura estará exposta, atentam para o tipo de estrutura ou componente estrutural em questão, se laje, viga ou pilar, pois, algumas patologias são mais tendenciosas em umas que em outras. As manifestações patológicas mais frequentes serão apresentadas a seguir, sendo estas encontradas no objeto de estudo deste presente trabalho [7].

2.3.1 Manchas por umidade

A ocorrência da umidade em uma estrutura pode se originar em infiltrações por fissuras ou trincas, falhas na impermeabilização, alta porosidade do concreto, entre outros. Associada a outros fatores, essa manifestação patológica, pode desencadear mecanismos de formação de incidência complicados, como a corrosão do aço do concreto armado [9].

O desenvolvimento de bolor ou mofo em edificações é ocorrência comum em climas tropicais. O bolor está associado a existência de alto teor de umidade no componente atacado e no meio ambiente, podendo interferir na salubridade e habitabilidade da edificação. Também pode ocorrer o emboloramento em paredes com umidade provocada por vazamentos ou infiltrações [10].

2.3.2 Fissuras

As trincas e fissuras são fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado e que podem se manifestar em cada uma das três fases de sua vida: fase plástica, fase de endurecimento e fase de concreto endurecido [7]. As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer [11]. É interessante observar que, no entanto, a caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade, e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência a tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência à tração [11].

Portanto, ao se analisar uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem do mapeamento das fissuras e em sua classificação, que vem a ser a definição da atividade ou não das mesmas (uma fissura

é dita ativa, ou viva, quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura, sendo inativa, ou estável, sempre que sua causa se tenha feito sentir um certo tempo e, a partir de então, deixado de existir) [11]. A água acumulada ou de passagem constante em fissuras e trincas no concreto, podem, se não tratadas aumentar as mesmas devido a pressão constante que água exercerá, sendo ou não associada com a lixiviação de componentes do concreto. Pode-se dizer que as fissuras estão diretamente ligadas a durabilidade do concreto, pois estas produzem um efeito de cadeia, permitindo a passagem de agentes agressivos que facilita a deterioração do concreto.

2.4.2 Ensaio de Velocidade de Pulso Ultrassônico

O ensaio do ultrassom faz parte dos ensaios não destrutivos e vem sendo comumente usado na engenharia civil devido a sua facilidade de operação, relativo baixo custo, rapidez na execução dos testes e à ausência de danos no material analisado. Este ensaio tem como objetivo a verificação da homogeneidade e compacidade do concreto, detectando eventuais falhas de concretagem, fissuras, além do monitoramento de variações no concreto ao longo do tempo, decorrentes da agressividade do meio ambiente, através da velocidade da onda.

O teste de determinação da velocidade de propagação da onda ulta-sônica tem sobre a esclerometria a vantagem de não se limitar a uma determinação superficial das características do concreto, estendendo-se a toda a sua massa. À medida que a velocidade de propagação aumenta a compacidade do concreto aumenta e à medida que a velocidade de propagação diminui a compacidade do concreto diminui [13].

O ensaio pode ser executado através da medição direta, indireta ou semidireta, a depender da peça estudada, como se pode observar na Figura 2. Para permitir um contato contínuo entre as superfícies, o emissor e receptor não ficam em contato direto com o concreto, sendo utilizado vaselina, silicone ou graxa na face dos transdutores. Transdutores são terminais que devem ser conectados por cabos coaxiais ao aparelho de ultrassom. Esses são responsáveis pela conversão do pulso elétrico em onda mecânica ultrassônica durante a emissão, e também pelo processo inverso na recepção das ondas [14]. O aparelho fará a leitura do tempo de propagação da onda, a depender do tipo do aparelho, se lhes for informado previamente a distância, a leitura será em velocidade.

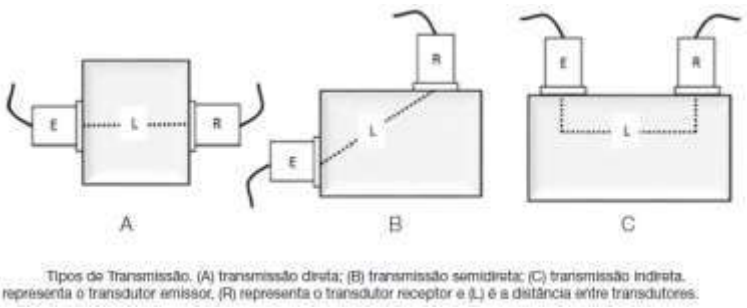

Figura 2 - Tipos de transmissão [14].

Segundo a NBR 8802 [15], a interpretação dos resultados deve seguir o Tabela 2.

Tabela 2 – Interpretação dos resultados do ensaio de ultrassom NBR 8802 [15]

Velocidade	Homogeneidade/ Compacidade
> 4500 m/s	Excelente
3500 - 4500 m/s	Boa
3000 - 3500 m/s	Regular
2000 - 3000 m/s	Ruim
< 2000 m/s	Péssima

2.4.3 Ensaio de profundidade de carbonatação

Este ensaio é bastante simples de ser realizado in situ além de ser de baixo custo, contudo é parcialmente destrutivo, havendo necessidade de reparos após sua realização. Este ensaio tem como objetivo determinar até que profundidade está carbonatação, se esta já atingiu o aço ou não. Caso não tenha atingido o aço, é possível determinar o tempo necessário para despassivação da armadura. Este tempo pode ser determinado através da fórmula:

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

$$x = k.\sqrt[3]{t}$$, onde: [1]

x - Espessura ou profundidade encontrada da carbonatacao;
k - Coeficiente do concreto em função da porosidade, cobrimento, agressividade do meio, etc;
t - Tempo de vida útil em anos.
O método utilizado para determinação de profundida é através da aplicação da fenolftaleína ou timolftaleína sobre o concreto, que deverá assumir a coloração rosa ou azul, respectivamente, para pH maior que 12 (não carbonatado) e incolor para pH menor que 9 (carbonatado). Para correta realização do ensaio, a peça a ser ensaiada deverá ser escarificada no momento de sua realização, para que não ocorra alteração dos resultados.

2.4.4 Ensaio de presença de cloretos

O método de aspersão de nitrato de prata é um método simples, rápido e de baixo custo, enquanto os ensaios realizados em laboratório são demorados e onerosos. Este ensaio é qualitativo e tem como objetivo medir a presença de cloretos livres na estrutura de concreto. A solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) quando aspergida em concreto contaminado por cloretos, reage com eles e forma um precipitado branco e floculento de cloreto de prata (AgCl). Há que se destacar que em concretos carbonatados e sem cloretos forma-se um precipitado branco de carbonato de prata. Do que se conclui que o método é sensível aos cloretos e também ao carbonato de cálcio [16, apud 17].

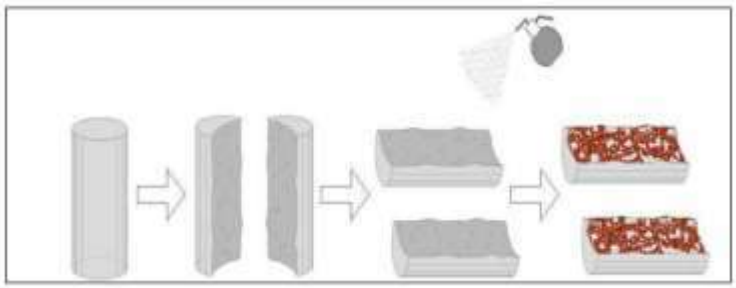

Figura 3- Esquema de ensaio de nitrato de prata realizado em corpos de prova de concreto [16] apud [17].

O ensaio de aspersão de nitrato de prata além da praticidade na execução tem a capacidade de identificar se a estrutura de concreto armado está sendo atacada ou não por cloretos, podendo assim antecipar a escolha da técnica de reparo a ser aplicada. A Figura 3 representa a execução do ensaio em corpos de prova.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Características da estrutura

O edifício estudado é localizado em Jaboatão dos Guararapes/PE, possui 12 pavimentos e 01 apartamento por pavimento, sua meso-estrutura é formada basicamente por concreto armado. A fundação direta é composta por sapatas assentes em torno da cota -4,00, sobre arenito de alta resistência, conforme estudo de prospecção do solo realizada. Aparentemente as manifestações patológicas se apresentam apenas na garagem no subsolo, sendo os pilares de periferia, vigas e lajes os mais afetados. Há 10 anos que não é realizado nenhum tipo de inspeção e/ou intervenção.

3.2 Histórico da estrutura

Em Outubro de 2004, após o colapso do edifício residencial Areia Branca, o edifício em estudo foi interditado pela prefeitura de Jaboatão dos Guararapes, e só seria liberado caso o prédio apresentasse laudos técnicos comprovando a segurança da edificação, devido à proximidade ao Areia Branca e por terem a mesma idade. No dia 19 de Outubro de 2004 foi feita uma visita para inspeção preliminar, realizada pelo engenheiro projetista Sérgio Osório, engenheiro geotécnico Alexandre Gusmão e o engenheiro tecnologista de materiais Tibério Andrade, na qual deixaram como recomendação:

- O monitoramento dos recalques dos apoios do prédio. Leituras diárias até os primeiros sete dias, quando a frequência poderá ser alterada;

- Escoramento emergencial das vigas e lajes danificadas no subsolo, térreo e primeiro pavimento.
- Colocação de 10 tomadas de prumo na vertical, sendo três em cada lado maior, e dois na fachada leste e oeste.
- A retirada dos entulhos do prédio só deverá ser realizada após o entulho do Edf. Areia atingir o nível do pavimento térreo, com a supervisão de engenheiros qualificados.
- Inspeção detalhada da fundação, superestrutura, contenções, caixas d'água, incluindo amostras de materiais do próprio prédio, sondagens e verificação de estabilidade.
- Extração de testemunhos e ensaios "in loco" de carbonatação, teor de cloreto e caso necessário, potencial de corrosão e resistividade do concreto.

No dia 20 de Dezembro de 2004, foi iniciada a prospecção da fundação e dos pilares do pavimento de garagem e pilotis, com retirada do revestimento dos pilares e a escavação da sapata do pilar 14. Na investigação, foram encontradas algumas regiões com corrosão de armadura de pequena intensidade. Contudo no complemento do pilar 14, isto é, abaixo do nível do piso da garagem, o processo de corrosão inspirou cuidados. Nesta região, todas as armaduras longitudinais de um lado do pilar apresentavam intensa corrosão, com destacamento do concreto de toda lateral da peça pelo processo expansivo da corrosão e, provavelmente pela flambagem de algumas armaduras.

Além da intervenção no pilar 14, foi realizada também a intervenção no pilar 18, inicialmente com o objetivo de recompor os estribos nos primeiros 1/3 da altura do pilar, que não foram colocados durante a construção. Diante do que foi descoberto foi necessário a intervenção de todas as sapatas, bem como, todos os pilares do pilotis e do térreo. Simultaneamente as investigações nas sapatas foi realizado o ensaio de sondagem em dois pontos do subsolo. As sondagens confirmaram um perfil típico daquela área da cidade e que a fundação foi executada sobre arenito de alta resistência, solução compatível com o tipo e porte da estrutura do edifício. Foi constatado com o monitoramento dos recalques e com as sondagens, que o prédio não apresentava nenhum problema de solo. Com isso, foi realizada as intervenções necessárias em cada pilar e sapata do edifício, sendo este liberado para retorno dos moradores em Janeiro de 2006.

3.3 Levantamento das manifestações patológicas

A metodologia utilizada na inspeção preliminar consistiu em um exame visual rápido, abrangendo a presença das manifestações patológicas, sendo registrados e catalogadas.

- Manchas de umidade

As manchas podem ser evidenciadas principalmente nas vigas com juntas de movimentação.

- Fissuras

É possível observar fissura na direção da armadura, indicador da corrosão, a fissura incialmente aberta devido à expansão do aço, provoca um efeito em cadeia quando favorece a velocidade da corrosão.

3.3.1 Ensaio de esclerometria

Este ensaio que tem por finalidade medir a resistência superficial do concreto foi realizado em dois pilares que já haviam sido reforçados. O esclerometro foi aferido e seu fator de correção ficou fc= 1,045, para utilização no cálculo do índice escleriométrico. A realização dos ensaios segue nas Figuras 4 e 5 e os resultados nas Tabelas 3, 4 e 5.



Figura 4 – Limpeza da superfície



Figura 5 – Realização do ensaio

Tabela 3 – Resultado dos ensaios de esclerometria

Ensaios de Esclerometria				
Resultados de Campo				
Pilar 1			Pilar 2	
Pontos	Valor/Impacto		Pontos	Valor/Impacto
Ponto 1	50		Ponto 1	46
Ponto 2	39		Ponto 2	48
Ponto 3	50		Ponto 3	40
Ponto 4	100		Ponto 4	42
Ponto 5	50		Ponto 5	46
Ponto 6	52		Ponto 6	44
Ponto 7	46		Ponto 7	48
Ponto 8	52		Ponto 8	40
Ponto 9	48		Ponto 9	44
Média I	54,11		Média I	44,22
10%	5,41		10%	4,42
<10%	48,70		<10%	39,80
>10%	59,52		>10%	48,64

Tabela 4 – Cálculo do índice escleriométrico médio

Cálculo do índice escleriométrico médio				
Pilar 1			Pilar 2	
Pontos	Valor/Impacto		Pontos	Valor/Impacto
Ponto 1	50		Ponto 1	46
Ponto 2	50		Ponto 2	48
Ponto 3	50		Ponto 3	40
Ponto 4	52		Ponto 4	42
Ponto 5	52		Ponto 5	46
Ponto 6	48		Ponto 6	44
Ponto 7			Ponto 7	48
Ponto 8			Ponto 8	40
Ponto 9			Ponto 9	44
Média II	50,33		Média II	44,22
10%	5,0		10%	4,4
<10%	45,3		<10%	39,8
>10%	55,4		>10%	48,6

Tabela 5 – Resultado do índice escleriométrico médio

Cálculo do índice escleriométrico médio			
IE	52,6	IE	46,2
Ábaco Pilar 1	64	Ábaco Pilar 2	48
Fator de Correção			
FC	1,045		

Com o resultado se observa que a dureza superficial dos pilares anteriormente reforçados obteve um excelente resultado segundo a [12].

3.3.2 Ensaio de Velocidade de Pulso Ultrassônico

Este ensaio só pode ser realizado nos pilares da torre, devido à dificuldade encontrada em uniformizar duas áreas nos pilares de periferia. Apesar dos pilares já terem passado por um encamisamento em seu reforço, os resultados encontrados não foram bons, como pode ser visto nas Tabelas 6 e 7. A realização do ensaio pode ser observada nas Figuras 6 e 7.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 6 – Realização do ensaio de ultrassom com transmissão direta



Figura 7 – Ensaio de ultrassom com transmissão indireta

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de ultrassom com transmissão direta

Ensaio de Velocidade de Pulso Ultrassônico				
Pilar 1			Pilar 2	
Transmissão direta			Transmissão direta	
Distância (m)	0,34		Distância (m)	0,36
Tempo (µs)	231,1		Tempo (µs)	244,3
Velocidade (m/s)	1471,22		Velocidade (m/s)	1473,60

Tabela 7 – Resultado do ensaio de ultrassom com transmissão indireta

Pilar 1	
Transmissão indireta	
Distância (m)	0,07
Tempo (µs)	244,1
Velocidade (m/s)	409,67

3.3.3 Ensaio de profundidade de carbonatação

O ensaio de profundidade de carbonatação foi realizado em quatro pilares, sendo dois da torre e dois da periferia. Foi removido o emboço e o concreto escarificado para sua realização. A fenolftaleína foi borrifada na estrutura, o resultado pode ser visto nas Figuras 9 e 10.



Figura 9 – Ensaio de profundidade de carbonatação no pilar recuperado



Figura 10 – Ensaio de profundidade de carbonatação no pilar de periferia

Pode-se observar que os pilares da torre reagiram com fenolftaleína, indicando que o concreto não está carbonatado, e os de periferia praticamente não reagiram, indicando a redução do pH.

3.3.4 Ensaio de presença de cloretos

Este ensaio foi realizado nos quatro pilares em que foi realizado o ensaio de carbonatação, seguindo o mesmo processo de remoção do emboço e escarificação do concreto. Em seguida foi feita a aspersão do nitrato de prata, e o resultado pode ser visto nas Figuras 13, 14 e 15.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 1 – Ensaio de presença de cloretos no Pilar 1 (reforçado)



Figura 2 – Ensaio de presença de cloretos no Pilar 2 (reforçado)



Figura 3 – Ensaio de presença de cloretos em pilar de periferia não recuperado.

Nota-se que assim como no ensaio de profundidade de carbonatação, os pilares da torre apresentaram bons resultados e nos de periferia é possível ver o precipitado, cloreto de prata, indicando que o pilar está sofrendo ataque por cloretos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagnóstico

A edificação em estudo possui o agravante por se tratar de uma estrutura inserida em região de orla marítima e classe de agressividade ambiental III segundo a [1]. Aliada a isto, está o local na qual foi realizado os ensaios, por tratar-se de um estacionamento no subsolo, onde a circulação de ar é desfavorável e dificulta a dissipação do gás carbônico, favorecendo a carbonatação. A carbonatação foi evidenciada em todos os pilares ensaiados, contudo nos que já haviam passado por recuperação estrutural, apenas 0,5 cm do concreto de alto desempenho apresenta carbonatação, já nos pilares de periferia o concreto apresenta alto grau de carbonatação.

A presença de cloretos foi bastante evidenciada nos pilares de periferia, resultado que já era esperado visto a idade da estrutura, falta de manutenção nesta região e proximidade do mar, além do efeito em cadeia causado pela carbonatação que ao atingir o aço causará a sua despassivação resultando na corrosão do mesmo. Devido a corrosão, o aço aumenta de volume causando fissuras no concreto, favorecendo assim a penetração de cloreto, outrossim acelerando o processo de corrosão. A corrosão de armaduras foi bastante encontrada, podendo ser evidenciada devido a manchas avermelhadas, fissuras longitudinais na direção do aço e o descolamento do concreto. Em virtude do colapso do edifício Areia Branca em 2004, durante a inspeção exigida pela prefeitura para liberação da plena funcionalidade do edifício em estudo foi detectado elevado grau de corrosão nas fundações e se fez necessário o reforço de todos os pilares da torre. Dez anos após a intervenção, os pilares reforçados não apresentam evidencias de corrosão, contudo as regiões dos pilares, vigas e lajes que não sofreram interferência apresentam elevado grau de corrosão em pilares, vigas e lajes.

O ensaio de esclerometria não pode ser realizado nos pilares devido à dificuldade encontrada na preparação da superfície, impossibilitando a comparação entre os pilares reforçados e os nãos reforçados. Ao realizar o ensaio de ultrassom, acredita-se que apesar do encamisamento realizado nos pilares seja suficiente na questão estrutural, os pilares podem estar fissurados ou apresentar vazios no concreto antigo, já que os dois pilares apresentaram resultado péssimo,

segundo a [15]. Contudo também não se pode fazer um comparativo com os pilares não reforçados devido à dificuldade acima exposta. A Tabela 8 abaixo descrito nos mostra a comparação entre os pilares ensaiados.

Tabela 8 – Quadro comparativo entre pilares ensaiados

QUADRO RESUMO				
Pilares Reforçados	ENSAIOS			
	Esclerometria	Ultrassom	Ensaio de carbonatação	Presença de cloretos
Pilar 01	Superfície dura	Péssimo	Não carbonatado	Sem presença de cloretos
Pilar 02	Superfície dura	Péssimo	Não carbonatado	Sem presença de cloretos

Pilares Não Reforçados	Esclerometria	Ultrassom	Ensaio de carbonatação	Presença de cloretos
Pilar 03	Não foi possível a realização	Não foi possível a realizar	Carbonatado	Com presença de cloretos
Pilar 04	Não foi possível a realizar	Não foi possível a realizar	Carbonatado	Com presença de cloretos

Podemos observar nos resultados que os pilares reforçados com concreto de alto desempenho obtiveram melhor desempenho em comparação aos não reforçados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as manifestações patológicas encontradas na edificação em estudo, as manifestações de corrosão das armaduras como as armaduras expostas e a perda de aderência do concreto são as mais preocupantes, visto que caso não sejam combatidas tendem a se agravar cada vez mais. Neste estudo foram comparados resultados no concreto armado após dez anos de sua recuperação e o que não teve nenhum tipo de recuperação. Devido ao alto custo de recuperação, o condomínio optou por executar apenas a área da torre, região mais solicitada, contudo, na periferia é evidenciada a Lei de [4], onde esses danos causados pela falta de manutenção aumentam exponencialmente o custo da recuperação. O estudo revela finalmente que, se não houver uma intervenção de manutenção e recuperação nos pilares de periferia (pilares não reforçados), serão mantidas as tendências de avanço das manifestações patológicas, podendo fazer até com que a estrutura perca sua funcionalidade, prejudicando parcialmente a edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.
[2] International Organization for Standardization (ISO) 13823, 2008. Disponível em: < https://law.resource.org/pub/et/ibr/et.iso.13823.2008.pdf>. Acesso em 23 dez.15.
[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de janeiro, 2012.
[4] SITTER, W. (1986), “Interdependence between technical service life prediction”, CEB-RILEM Int. Workshop Prediction of service life of concrete structure, Bolonia, October.
[5] TUTIKIAN, Berardo; E PACHECO, Marcelo. Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil, 2013.
[6] CORDEIRO, L. B; BERENGUER, R. A; ANDRADE, G. P; LINS, C. M. M. S; MONTEIRO, E. C. B. (2015) "Case Study on the Impact of Alkali-Aggregate Reaction on a Residential Building´s Concrete Structure." Electronic Journal of Geotechnical Engineering, v. 20, p. 12095-12108, 2015.
[7] DANIEL, Véras Ribeiro; HELENE, Paulo. Corrosão em Estruturas de Concreto: Teoria, Controle e Métodos de Análise. Elsevier, 240p. 2014.
[8] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 2014.
[9] BORGES, Micheline Gonçalves. Manifestações patológicas incidentes em reservatórios de água elevados executados em concreto armado. UEFS, Feira de Santana, 2008.
[10] GRANATO, José Edurado. Patologia na impermeabilização. Empek Impermeabilização, Manaus, 2014. Disponível em: <http://www.empek.com.br/patologia2.html>. Acesso em 16 mar.15.
[11] SOUZA, Vicente; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto, 2009.
[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
[13] PEREIRA, Fábio Sérgio. Emprego do ultra-som em estruturas de concreto armado no Rio Grande do Norte, 2011.

[14] GIMENEZ, Alexander; DEL LAMA, Eliane. Comportamento de ondas ultrassônicas no Granito Mauá para conservação do monumento às Bandeiras. São Paulo, 2014.
[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2013.
[16] PINTAN, N. M. ; BERENGUER, R. A. ; JUST, Angelo ; LINS, C. M. M. S. ; MONTEIRO, E. C. B. (2015) "Pathological Manifestations and The Study of Corrosion Present on Bridges on the City of Recife". Electronic Journal of Geotechnical Engineering, v. 20, p. 11893-11907, 2015.
[17] MORAES FILHO, Avaliação da resistência do concreto ao meio ambiente em estruturas de concreto do porto do Recife: Estudo de caso. Recife, 2013