XIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS

Volume I-B
Manifestações Patológicas

ISBN: 978-85-65425-32-2

07 a 09 de Setembro de 2017
Centro de Convenções do Cariri
Crato - Ceará - Brasil

REALIZAÇÃO

Universidade Regional do Cariri - URCA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI

UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ

Faculdade Paraíso - CE

APRESENTAÇÃO

Para o especialista em patologia das construções é fundamental o conhecimento da tecnologia dos materiais utilizados, os métodos de ensaios a serem realizados, os sistemas de medições da geometria das estruturas, das diversas deformações e, obviamente, os recursos da resistência dos materiais e do cálculo estrutural. Muitos desses métodos apresentam uma acelerada evolução e é bastante intensa a velocidade com que aparecem novos materiais e técnicas para o estudo das patologias, assim como para a execução dos trabalhos de reabilitação e reforços. Considerando a importância do conhecimento das manifestações patológicas nas estruturas, suas causas e principais técnicas empregadas na recuperação destas estruturas, as instituições de ensino superior URCA, UFCA, UVA e FAP promoveram no período de 7 a 9 de setembro de 2017, o **XIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS - CINPAR 2017**.

O CINPAR 2017 representa uma importante etapa para aquisição de novos conhecimentos, técnicas e tecnologias que sejam de grande valia para a realização dos trabalhos de restauração e recuperação das estruturas. Tem por objetivo geral promover a divulgação de novos conhecimentos sobre as manifestações patológicas das estruturas, suas causas e efeitos, assim como os mais modernos procedimentos e materiais utilizados na recuperação das estruturas.

Dentre os pesquisadores/palestrantes que compatilharam seus conhecimentos, estiveram presentes:

- Prof. Angel Oshiro (Argentina)
- Prof. Eduardo Ballan Ballan (Espanha)
- Prof. Elton Bauer (Brasil)
- Prof. Esequiel Mesquita (Brasil)
- Prof. Gibson Meira (Brasil)
- Prof. Humberto Varum (Portugal)
- Profª Irani Clezar Mattos (Brasil)
- Prof. Jefferson Luiz Alves Marinho (Brasil)
- Prof. Marcelo Marquez Marambio (Chile)
- Profª Maria Positieri (Argentina)

COMITÊ ORGANIZADOR

Presidente Geral: Francisco Carvalho de Arruda – UVA – IEMAC (Brasil)

Vice-presidente: Humberto Varum – FEUP (Portugal)

Presidente Local: Jefferson Luiz Alves Marinho – ITEC – URCA (Brasil)

Janeide Ferreira Alencar de Oliveira – ITEC – URCA (Brasil)

Antonia Fabiana de Almeida – UFCA (Brasil)

Sofia Leão Carvalho – FAP (Brasil)

COMITÊ CIENTÍFICO

Presidente: Jefferson Luiz Alves Marinho – ITEC – URCA (Brasil)

Alexandre Araujo Bertini – UFC (Brasil)

Angel Oshiro – UTN – FRC (Argentina)

Antonia Fabiana de Almeida – UFCA (Brasil)

Antonio Nobre Rabelo – URCA (BRASIL)

Eduardo Ballán – UCJC (España)

Enio Pazini Figueiredo – ECC-UFG (Brasil)

Esequiel Mesquita – Universidade Do Porto (Portugal)

Francisco Carvalho de Arruda Coelho – UVA (Brasil)

Gibson Rocha Meira – IFPB (Brasil)

Humberto Varum – FEUP (Portugal)

Jefferson Heráclito Alves de Souza – URCA (Brasil)

José Luís Rangel Paes – Universidade Federal de Viçosa (Brasil)

Maria Josefina Positieri – UTN – FRC (Argentina)

Renato de Oliveira Fernandes – URCA (Brasil)

Soledad Gómez Lorenzini – PUC (Chile)

SUMÁRIO

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTE RODOVIÁRIA LOCALIZADA EM AMBIENTE SALINO NA CIDADE DE BRAGANÇA/PA.....6

ATAQUES DE CLORETOS EM CONCRETO ARMADO: CAUSAS, EFEITOS E TÉCNICAS MAIS UTILIZADAS PARA DIAGNÓSTICO, TERAPIA E RECOMENDAÇÕES DE PROFILAXIA.....18

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL.....41

ESTUDO DA INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO: CASO DE UMA ESCOLA EM ANGICOS/RN.....59

ANALISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES DA REGIÃO LITORÂNEA DE LUÍS CORREIA - PI.....74

SOLUÇÕES ADOTADAS PARA AS PATOLOGIAS NAS PAREDES DE CONTENÇÃO EM ESTACAS SECANTES EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO NA CIDADE DE FORTALEZA. 86

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NA PONTE SOBRE O RIO MAGUARI, ILHA DE OUTEIRO – PA.....99

MONITORAMENTO DE FISSURAS EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR. 113

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*: UMA ANÁLISE DAS OBRAS DO PMCMV DA ZONA SUL DA CIDADE DE JOÃO PESSOA, PB 122

CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE.....134

CORROSÃO NEGRA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS CAUSAS E MECANISMOS DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....153

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, ESTUDO DE CASO: EDIFICAÇÃO EM SALGUEIRO-PE.....165

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS MANIFESTADAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE TERESINA - PI.....177

AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE E RECUPERAÇÃO DE FUNDAÇÃO AFETADA 190

INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM UMA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE 207

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS IDENTIFICADAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO DA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DO PARÁ 223

IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ORIUNDAS DA AUSÊNCIA DE MANUTENÇÃO PREDIAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FORTALEZA-CE 235

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO CENTENÁRIA NO MUNICÍPIO DE GRANJA-CE: UM ESTUDO DE CASO 252

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI 261

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS FREQUENTES EM FACHADAS DE CONJUNTO HABITACIONAL DE BAIXA RENDA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE/CE 273

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLOGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM OBRAS DA REGIÃO DO VALE DO ASSÚ/RN 288

RECALQUE POR COLAPSO DO SOLO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS 303

ANÁLISE DE PATOLOGIAS MANIFESTADAS DEVIDO A COMPOSIÇÃO DO MASSARÁ NO REBOCO DE CASAS DE UM CONJUNTO HABITACIONAL EM TERESINA-PI 320

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SOBRAL – CE 330

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: O CASO DO BRT DA AVENIDA BEZERRA DE MENEZES EM FORTALEZA/CE 345

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA EM FORTALEZA PRÓXIMA À PRAIA 357

ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADA COM MANIFESTAÇÕES EM PINTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL 373

PATOLOGIA OBSERVADA NO SISTEMA DE REVESTIMENTO EXTERNO CERÂMICO: UM ESTUDO DE CASO EM FACHADA DE UM HOTEL EM TERESINA-PI 386

ANÁLISE TEÓRICA DE DESLOCAMENTOS DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS À FLEXÃO COM MANTAS DE PRFC 397

AVALIAÇÃO DA PERDA DE DESEMPENHO DE ESTRUTURA EXECUTADA COM CONCRETO USINADO VENCIDO 406

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO: ESTUDOS DE CASOS DE CARBONATAÇÃO 424

ESTUDO DE CASO: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM CONJUNTO HABITACIONAL DE BAIXO PADRÃO 442

ESTUDO DE CASO: CONSEQUÊNCIAS DE FALHAS DE PROJETO, EXECUÇÃO E USO SOBRE A ESTRUTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CONCRETO ARMADO 463

GUIA DE IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PARA INSPEÇÃO PREDIAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO 483

AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIAS EM BLOCOS CERÂMICOS 504

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO 515

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS: FABRICAÇÃO E ASSENTAMENTO 529

DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO 541

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DE SOBRAL ..549

INVESTIGAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM GINÁSIO DE ESPORTES CONSTRUÍDO NA DÉCADA DE 1974 561

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: RUFOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ARMADO E PLATIBANDAS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS..... 567

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS NOS PRIMEIROS ANOS DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIOS DE FORTALEZA- CE 580

AÇÃO DE CLORETOS SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM AMBIENTE MARINHO – AVALIAÇÃO DA 3ª PONTE EM VITÓRIA, ES..... 593

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTE RODOVIÁRIA LOCALIZADA EM AMBIENTE SALINO NA CIDADE DE BRAGANÇA/PA

Pathological Manifestations In Road Bridge Located In Saline Environment In The City Of Bragança/Pa

Adler SOUZA[1], **Felipe** SOUSA[2], Felipe OLIVEIRA[3]
[1] Dynamis Techne, Belém, Brasil, adler.souza@dyntech.com.br
[2] UFPA/Programa de Educação Tutorial, Belém, Brasil, ricardo897@gmail.com
[3] UFPA/Programa de Educação Tutorial, Belém, Brasil epileferamosoliveira@gmail.com

Resumo: A inevitável degradação de estruturas em concreto localizadas em zonas costeiras remete à necessidade imperativa de manutenções preventivas, tendo em vista que a névoa salina que se apresenta como um elemento veicular operante e ativo de ataque por transportar cloretos, fundamentalmente, em peças de concreto armado aparente. Este estudo foi realizado em estrutura de concreto armado situados na orla marítima ou eflúvio marítima da cidade de Bragança-PA, a qual está localizada no litoral atlântico nordeste do Estado do Pará. Tem como objetivo geral analisar as manifestações patológicas de uma ponte de concreto, localizada sobre um rio com influência das marés oceânicas, da Região litorânea de Bragança-PA. A mesma tem como particularidade ter sido projetada e utilizada inicialmente como ponte férrea, mas atualmente está integrada à malha rodoviária da cidade. Foi realizada "*in loco*" uma ampla inspeção visual com acervo fotográfico, além da realização de ensaios de carbonatação, e esclerometria para verificar a resistência do concreto. Os resultados permitiram classificar seu desempenho, segundo a metodologia sugerida pelo Manual de Inspeção Rodoviário (DNIT) e ABNT NBR 7584/2012, respectivamente, a qualidade do concreto. Sendo assim, é possível apresentar neste artigo o estudo/diagnóstico capaz de classificar a qualidade da estrutura da Ponte do Sapucaia.

Palavras-chave: Concreto armado. Ponte. Carbonatação. Ensaios não destrutívos.

Abstract: The inevitable degradation of concrete in structures located in coastal areas brings the imperative care for preventive maintenance in order that the salt smog that is presented as an active pathological agent that attack s by transporting chloride, being an menace for fundamentally reinforced concrete . This study was conducted in reinforced concrete structure situated on the waterfront or maritime effluvium of the city of Bragança-Pa, that is located on the Atlantic coast north of Pará state. And has as main objective to analyze the pathological manifestations of a concrete bridge , located on a river with influence of ocean tides, the coastal region of Bragança-PA. The same has the particularity to have been designed and used primarily as support for railroad, but is currently integrated road network of the city. It was held "*in loco*" a comprehensive visual inspection with photographic collection, in addition to carrying out carbonation tests, and sclerometry to verify the strength of concrete. The results allowed to classify their performance, according

ISBN: 978-85-65425-32-2

to the methodology suggested by Brazilian National Department of Transports and NBR 7584/2012 respectively, the quality of concrete. Being so it is possible to present in this article the study / Diagnostic able to rank the quality of Sapucaia bridge structure.

Keywords: Reinforced concrete, bridge, carbonation, non-destructive testing.

1. Introdução

É inegável a importância das pontes para o desenvolvimento econômico e social das comunidades e seu entorno, com relativa frequência é dado destaque às grandes pontes com complicados sistemas estruturais, sendo pouco consideradasas pontes de pequeno e médio porte. No estado do Pará, devido a sua geografia e alta concentração de hidrovias, há dezenas de pequenas pontes, as quais ligam inúmeras localidades, muitas vezes como único acesso rodoviário, oferecendo a estas a oportunidade de acesso a recursos necessários e de escoamento da produção conforme Miranda (2009). Entretanto muitas destas apresentam manifestações patológicas comprometedoras, cuja presença poderá oferecer riscos à sociedade e implica em prejuízos financeiros conforme é demonstrado por Verly *et al* (2015).

Deste modo, esta pesquisa buscou avaliar e apresentar o estado de conservação de uma ponte de médio porte, localizada na zona urbana da cidade de Bragança, situada na região nordeste do Pará. Foi objeto de estudo a Ponte do Sapucaia, que transpõe o Rio Caeté, por apresentar uma série de especificidades relevantes ao estudo das manifestações patológicas como: influência flúvio marítima, pois sazonalmente o rio Caeté recebe a água marinha advinda do oceano Atlântico; elevado tempo de construção, uma vez que data da década de 1950; alteração na funcionalidade de projeto, já que foi originalmente projetada como suporte à ferrovia da Estrada de Ferro de Bragança e hoje encontra-se incorporada à malha rodoviária, uma vez que segundo Santos (2010) **: "** Outras patologias podem vir a surgir caso o número de ciclos aumente ou o carregamento por eixo dos vagões e, pior, estas patologias podem estar associadas à fadiga e a deslocamentos excessivos devidos a ações dinâmicas. As patologias decorrentes da fadiga no aço ou no concreto podem ir da simples fissuração e ruptura dos materiais até o colapso total da estrutura ou parte dela. O mesmo acontece com os deslocamentos excessivos devido à instabilidade dinâmica" ; além das características próprias da região amazônica como grande variação diária de temperatura e elevada umidade.

O meio ambiente é um dos principais agentes causadores de danos nas construções, de tal forma que um ambiente agressivo pode acelerar, ou mesmo, desencadear um processo patológico conforme NBR 6118, introduzindo, pela porosidade e pela rede de capilares, gases e líquidos que contêm agentes químicos agressivos.

Uma vez conhecidas e estimadas as características de deterioração dos materiais e dos sistemas estruturais, é possível conceituar durabilidade como sendo a capacidade da estrutura resistir a estas características, sem deteriorar-se, apresentando um desempenho satisfatório, o qual determinará sua vida útil.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Com o intuito de avaliar a durabilidade da ponte em estudo, foi realizada "*in loco*" uma ampla inspeção visual com acervo fotográfico, além da realização dos ensaios não destrutivos de carbonatação e esclerometria para verificar a resistência do concreto. Os resultados destes, em conjunto com a inspeção visual, ao serem comparados com as dos parâmetros presentes em normas regulamentadoras permitiram obter uma síntese do nível patológico apresentado pela estrutura estudada.

2. METODOLOGIA

Utilizou-se como base para a inspeção visual a metodologia das inspeções rotineiras, descritas no Manual de Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento, (DNIT - NORMA 010/2004 – PRO) a qual consiste em coleta de informações sobre os danos e insuficiências estruturais instalados nos diferentes elementos componentes da obra. Sendo assim registradas e quantificadas as necessidades da estrutura em termos de manutenção e recuperação, bem como, avaliar as condições de segurança das mesmas. Os danos devem ser amplamente fotografados e eventualmente representados em croquis, visando manter um padrão na apresentação dos dados, assim como foi feito por Sartorti (2008) e Carvalho *et al* (2007).

Aos elementos estruturais são atribuídas notas técnicas que variam de acordo com os danos existentes e as insuficiências estruturais eventualmente geradas pelos mesmos A estrutura como um todo também recebe uma nota técnica, que refletirá sua condição de estabilidade. A nota técnica da estrutura corresponde à nota técnica do elemento que receber a nota mais baixa. O Quadro 1 apresenta o quadro que relaciona as notas técnicas com as condições apresentadas pelo elemento estrutural.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1- quadro de notas técnicas (adaptado de DNIT)

NOTA	DANOS NO ELEMENTO/ INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos e nem insuficiência estrutural	Nada a fazer; só manutenção preventiva	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção corretiva e preventiva	Boa	Obra sem problemas sérios
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática	Boa ou Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se monitorar os elementos danificados, através de inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, em eventual agravamento da insuficiência estrutural
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutura	A recuperação (e/ou reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo	Sofrível	Obra problemática Postergar em demasia a recuperação da obra pode significar sério comprometimento da vida útil - ou mesmo um eventual colapso - da estrutura no futuro
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural	A recuperação (e/ou reforço estrutural, ou mesmo substituição) da obra deve ser feita sem tardar	Precária	Obra Crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

Os ensaios não destrutivos foram realizados *in loco*, o teste de carbonatação visa detectar reações de compostos formados por de cálcio, presentes no concreto, com o gás carbônico do ambiente causando perda da reserva alcalina, possilitando desta forma a corrosão das armaduras. O teste baseia-se na observação do intervalo da mudança de cor da solução de fenolftaleína, situada numa faixa de pH entre 8,3 e 10, isto é, quando a cor encontrada é vermelho-carmim o concreto apresenta-se não carbonatado, entretanto, caso fique incolor, de fato, o concreto está carbonatado; utilizamos um procedimento semelhante ao descrito por MOTA.

Esclerometria é o ensaio não destrutivo para avaliação da dureza superficial do concreto. Neste ensaio utiliza-se um aparelho denominado esclerômetro de reflexão (ou Martelo de Schmidt) comforme o mostra na figura 1. Com este aparelho obtém-se um valor da dureza do concreto, chamado Índice Esclerométrico. O uso do esclerômetro de reflexão tem seu uso normatizado no Brasil pela NBR 7584 (2012). A utilização do esclerômetro é simples: posiciona-se o esclerômetro perpendicularmente à superfície a ser ensaiada, encostando-o e o pressionando-o em uma área determinada conforme a NBR 7584 mostrado na figura 2. Através de um mecanismo interno de mola, uma massa metálica de características conhecidas é arremessada contra a haste metálica, e esta se impacta no concreto. Ocorre um repique dessa massa tanto maior quanto mais duro (ou mais resistente) for o concreto. Faz-se a leitura desse repique, que através de uma curva de correlação conveniente, encontra-se a resistência estimada do concreto naquela região.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 1: Esclerômetro similar ao utilizado no ensaio

Figura 2 : Área de aplicação de golpes do martelo

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1-Resultados de inspeção visual

As manifestações patológicas apresentaram-se abundantes em toda extensão da estrutura estudada, conforme dados sintetizados na quadro 01.

Notou-se que, visualmente, os elementos estruturais mostravam-se deteriorados em sua maioria, indicando falta de manutenções preventivas e, ou, intervenções corretivas inoperantes. Deve-se salientar que é dever da engenhariadespertar a atenção da sociedade civil para a necessidade cívica de planejar a manutenção e a reabilitação de todo patrimônio edificado, individualmente e coletivamente Ripper (2005).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Nas figuras de 1 a 6 são mostradas os principais danos passíveis de identificação visual.

Figura 3: Exposição e corrosão de armadura longidutinal

Figura 4 : Vista do tabuleiro

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5: Ausência de armadura devido à corrosão e degaste superficial devido à erosão no pilar a esquerda.]

Figura 6: Exposição e corrosão da armadura inferior do tabuleiro rodoviário.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7: Vista inferior do tabuleiro mostra sinais de oxidação de armaduras e de infiltração

Figura 8: Detalhamento da desagregação de concreto

Utilizando metodologia semelhante a de Mota (2009) em consonância às notas mostradas nO Quadro 1, pode-se sintetizar as patologias encontradas no quadro 2

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 02 – Catalogação dos danos

Aspectos identificados	Danos	Causas Prováveis
Exposição e Corrosão de armadura	Ruína parcial	Cobrimento ínfimo e perda de elevada seção da armadura
Esgotamento estrutural-colapso praticamente total	Ruína	Cobrimento ínfimo e perda de quase toda a seção da armadura
Manchas avermelhadas	Manchas de corrosão	Cobrimento deficiente, armaduras expostas e com perda elevada da seção.
Desagregação do concreto	Ruína parcial	Desgaste superficial devido à cavitação

3.2 Ensaios não destrutivos

3.2.1-Teste de carbonatação

A elevada alcalinidade, obtida principalmente pela presença de hidróxido de cálcio, (Ca(OH)2), liberado das reações de hidratação pode ser reduzida com o tempo. Segundo Helene (1986), essa redução ocorre, essencialmente, pela ação do gás carbônico (CO2) presente na atmosfera e outros gases ácidos, tais como SO2 e H2S. Esse processo, denominado carbonatação do concreto, ocorre lentamente.

A espessura de carbonatação na sua forma de avanço em direção ao aço, considerando os concretos armados e protendidos, pode ser considerado como uma frente de carbonatação. Esta frente pode ser visualizada mediante a um indicador químico apropriado como é a fenolftaleína que se torna incolor na zona carbonatável e toma uma cor vermelho-carmim na região que permanece alcalina (não carbonatada) (ANDRADE, 1992). Uma vez que a frente de carbonatação atinja a armadura, a passividade do aço é perdida e o mesmo poderá iniciar a corrosão.

Verificou-se que o nível de carbonatação foi baixo, haja vista as análises investigatórias realizadas "*in loco*" com aplicação da fenolftaleína, onde as peças de concreto ficaram na cor vermelho-carmim. Em condições similares, esse resultado também foi atestado por Castro *et al*. (2000a), uma vez que esses autores verificaram em pesquisa realizada no México uma limitada carbonatação em estrutura de concreto em Região do litoral, atribuindo a corrosão da armadura ao ataque de cloreto, sendo, no entanto, a carbonatação existente tanto maior, quanto maior fossem o tempo de operação (serviço), a altitude e a distância do mar (até 200 m aproximadamente). Nesta linha, Castro *et al*. (2000c) através de ensaios realizados, concluíram como fatores prováveis na limitação da carbonatação, a proximidade do mar e uma elevada resistência à compressão da estrutura de concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 9: Peças de concreto durante a aplicação da solução de fenolftaleína

3.2.2-Ensaio de Esclerometria

As vantagens desse método são que ele não provoca danos estruturais, é rápido de ser executado (caso as superfícies já tenham sido preparadas) e sua operação é simples. Como principal desvantagem do ensaio é que ele avalia somente a superfície do concreto, a qual deve ser representativa de concreto em exame.

Para determinar o Índice esclerométrico, conforme normatizado na NBR 7584, é necessário calcular a média aritmética dos 16 valores obtidos na área mostrada na figura 2, desprezar os valores individuais divergentes em 10% da média obtida e recalcular a média aritmética, uma vez que nenhum dos valores individuais divergiu mais de 10% desta média e havendo mais de cinco valores , encontra-se o índice esclerométrico apresentados na quadro 03, o qual através de correlação definida no próprio martelo escletométrico fornece a resistência superficial. Ainda que estes valores sejam superficiais e não representem fielmente a resistência de um material homogêneo como o concreto, este ensaio pode ser utilizado como um dos parâmetros de aferição da integridade estrutural.

Quadro 03 – Valores de Índice Esclerométrico

Ponte sobre o rio Sapucaia Índice Esclerométrico		**Resistencia em MPa**	
Pilar 1	Pilar 2	Pilar 1	Pilar 2
35	33	27	24

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. CONCLUSÃO

A inspeção visual, respeitando-se o quadro mostrado no quadro 1 , leva a concluir que o estado de preservação da ponte a colocaria entre as notas 2 ou 1, sendo assim classificada quanto a estabilidade como sofrível ou precária uma vez que a estrutura estudada apresentava níveis de deterioração elevados, indicando que a vida útil encontra-se praticamente esgotada. Com isso, necessitaria de reabilitações imediatas.

Ao analisar o teste de carbonatação, verificou-se um índice de alcalinidade satisfatória, o que está de acordo com os resultados de Castro *et al*. (2000a). A corrosão em decorrência do ataque dos íons cloreto mostra-se presente através deterioração avançada das peças, tendo em vista que a ponte encontra-se em um ambiente de influência marinha, e por esta razão recebe diariamente a névoa carregada de íons cloreto, além de sazonalmente a própria maré ser parcialmente composta de água salgada.

A dureza superficial aferida através do ensaio esclerométrico apresentou um resultado satisfatório, entretanto este fator por si só não é representativo de ausência de patologias.

O fato de Ponte do Sapucaia ser originalmente usada na malha ferroviária e posteriormente integrada a rodovia sem ter passado por reforço ou adequação estrutural, por si só torna-se fonte potencial de patologias, conforme é mostrado por SANTOS(2010) a alteração no trem-tipo padrão para uma ponte ferroviária deve ser precedida de estudos dinâmicos, capazes de estimar o novo comportamento da estrutura, e indicar eventuais adequações, uma vez que a atividade dinâmica decorrente da mudança do trem tipo, associado a maior frequência dos ciclos de carregamentos dinâmicos, podem incorrer em deslocamentos excessivos, os quais podem provocar a perda de contato entre a roda e o trilho bem como a instabilidade da via, devido a fenômenos de movimentação da camada do lastro.

Somado ao ambiente agressivo e falta de manutenções preventivas levou a um estado preocupante no que tange a estabilidade e funcionalidade.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. P. “Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras”. 1.ed. PINI. São Paulo,1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: (2012) Concreto endurecido –Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão.Rio de Janeiro.

CARVALHO *et al*. “Estudo não destrutivo das técnicas de ultrassom e Esclerometria na avaliação do desempenho mecânico de estruturas de concreto armado”. Congresso Latino Americano de Patologia.Comlombia,2007.

CASTRO *et al*. “Influence of marine micro-climates one carbonation of reinforced concrete buildings”. Cement and Concrete Research. Pergamo, 2000.

CASTRO *et al*. “Carbonation of concretes in the Mexican Gulf”. Building and environment. Pergamo 2000.

ISBN: 978-85-65425-32-2

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 010/2004 – PRO, NORMA. “Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento”. Rio de Janeiro, 2004a.

HELENE , Paulo R. L. “Corrosão em Armaduras para Concreto Armado”. São Paulo: PINI, 1986, 46 P.

MOTA *et al*. “Análise das patologias em estruturas de concreto na zona litorânea da cidade de Recife-Pe”. Congresso Latino Americano de Patologia.Valparaíso, 2009.

RIPPER, T. – “Sistemas Especiais para Reforço de Estruturas de Betão - O futuro em perspectiva segura”. Portugal, 2005.

SANTOS, Régis Rivo Ferreira dos Santos. “Segurança estrutural de uma ponte ferroviária em concreto armado sobre o Rio Maria”. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.

SARTORTI, Artur Lenz. “Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP”. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual deCampinas, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura.Campinas,2008.

VERLY *et al*. “Comparação entre as metodologias de inspeção de pontes: GDE/UNB e DNIT”.Congresso Latino aAnericano de Patologia.Lisboa,2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ATAQUES DE CLORETOS EM CONCRETO ARMADO: CAUSAS, EFEITOS E TÉCNICAS MAIS UTILIZADAS PARA DIAGNÓSTICO, TERAPIA E RECOMENDAÇÕES DE PROFILAXIA

Chloride Attacks In Reinforced Concrete: Causes, Effects And Techniques Most Used For Diagnosis, Therapy And Prophylaxis Recommendations

Marcos A. R. da SILVA[1], Evelyne E. P. LIMA[2],João R. P. da SILVA[3]

[1] Centro Universitário de João Pessoa (UNIPE), João Pessoa, Brasil, marcosmtr3@gmail.com

[2] Centro Universitário de João Pessoa (UNIPE), João Pessoa, Brasil, evelynejpa@gmail.com

[3] Departameto de Enhenharia Civil -FACIPE, Recife, Brasil, eng_jrps@hotmail.com

Resumo: Apesar do amplo desenvolvimento mundial da engenharia civil o concreto armado continua sendo utilizado em larga escala para fins estruturais. As estruturas estão sujeitas a deterioração por determinados mecanismos e elementos degradantes. O ataque por cloretos às armaduras do concreto é um problema patológico que gera grande deterioração e como dado tem-se que no Brasil a recuperação de estruturas contaminadas por esse agente é da ordem de R$ 800 milhões. O trabalho objetiva elucidar aos profissionais todas as temáticas mais importantes a respeito dos ataques de cloretos, mostrando também as técnicas mais utilizadas no mundo para diagnóstico, terapia, recomendações de profilaxia e ao final confeccionar uma tabela contendo base para tal afirmação, mostrando trabalhos feitos e as técnicas de cada um. Os cloretos podem estar contidos no concreto já moldado ou penetrar e se locomover nele através de quatro mecanismos: absorção capilar, difusão iônica, permeabilidade e migração. Eles desestabilizam a camada de passivação das armaduras e instauram o processo de corrosão pontualmente. A corrosão causa expansão das armaduras podendo levar a fissuração e desagregação do concreto. As principais técnicas para diagnóstico são a aspersão de nitrato de prata, teor de cloretos totais, profundidade de carbonatação, potencial de corrosão, resistividade e resistência a polarização. Para terapia a dessalinização. Como recomendações de profilaxia tem-se os cuidados com as características do concreto e o uso de mecanismos de barreira, inibidores de corrosão e a proteção catódica. Durante todas as fases da vida das estruturas, devem ser seguidas medidas no sentido de prevenir e solucionar os problemas patológicos. É de suma importância a aplicação de soluções sempre por um profissional com experiência na área, pois uma solução equivocada pode gerar um problema ainda maior que o já existente. Quanto mais cedo seja detectado um problema, menor custo terá a solução aplicada.

Palavras-chave: Patologia.Concreto armado.Cloretos.Técnicas.

Abstract: Despite the broad world development of civil engineering, reinforced concrete is still used on a large scale for structural purposes. Structures are subject to deterioration by certain mechanisms and deteriorating elements. The chloride attack on the reinforced

ISBN: 978-85-65425-32-2

concret is a pathological problem that generates great degradation and as data in Brazil the recovery of structures contaminated by this agent is in the order of R $ 800 million.The objective of this study was to elucidate to the professionals all the most important topics regarding the chlorides attacks, showing also the most used techniques in the world for diagnosis, therapy and recommendations of prophylaxis and at end to make a table containing base for such affirmation, showing works done and The techniques of each. Chlorides can be contained in concrete already molded or penetrate and move in him through four mechanisms: capillary absorption, ionic diffusion, permeability and migration. They destabilize the layer of passivation of the bars and establish the process of corrosion punctually. Corrosion causes bars to expand and may lead to cracking and disintegration of concrete. The main techniques for diagnosis are silver nitrate sputtering, total chloride content, carbonation depth, corrosion potential, resistivity and polarizatiom resistance. For therapeutic, desalination. As recommendations for prophylaxis, care must be taken with the characteristics of concrete and the use of barrier mechanisms, corrosion inhibitors and cathodic protection. During all phases of the life of structures, measures should be taken to prevent and solucion pathological problems. It is very important importance to always apply solutions by a professional with experience in the area, because a wrong solution can generate an even bigger problem than the existing one. The sooner a problem is detected, lower cost will have the solution applied.

Key words: Pathology. Reinforced Concret. Chlorides. Techniques.

1. Introdução

A engenharia civil em âmbito mundial vem sendo cada vez mais estudada e desenvolvida, visando sempre a construção de estruturas duráveis e que apresentem desempenho satisfatório frente a todos os esforços solicitantes que lhe serão submetidas. Embora novas tecnologias de materiais de construção sejam periodicamente descobertas e aplicadas, o concreto armado ainda é amplamente utilizado com a finalidade estrutural. Assim como quaisquer outros materiais, o concreto e o aço também estão sujeitos ao desgaste. Essa deterioração, além da parcela natural, pode acontecer a partir de diversas anomalias que aparecem decorrentes de elementos externos, existentes no meio ao qual a dada estrutura está inserida, bem como provenientes de erros no projeto, na execução e na utilização. A manifestação dessas anomalias é dada o nome de sintomas patológicos. Segundo Granato (2002) patologia consiste na ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças, sendo com ela, portanto, possível o estudo das causas, efeitos e soluções para as doenças relativas aos materiais de construção.

Fissuras, desagregação, corrosão, manchas, são exemplos de sintomas patológicos que podem ocorrer em estruturas de concreto armado. Cada um desses sintomas pode gerar um efeito maléfico ao corpo estrutural, na maioria dos casos com início pontual e posterior dano ao todo. Segundo Santos (2012) o ataque por íons cloretos às armaduras do concreto é o problema patológico mais estudado no mundo todo pelos pesquisadores da área, problema este que gera gastos anuais de recuperação no Brasil, da ordem de 800 milhões de reais. O íons cloretos (Cl^-) podem estar presentes na composição do concreto desde sua confecção, através de produtos adicionados a ele que possuam cloretos ou adentrarem

ISBN: 978-85-65425-32-2

na estrutura provenientes do meio externo. Os principais fatores conhecidos na literatura que influenciam sua entrada são: a posição da construção referente ao mar, altura da mesma, umidade, temperatura, ventos predominantes, tipo de cimento utilizado e características gerais do concreto. Ao entrar em contato com a armadura, o íon Cl^- instaura a corrosão da mesma de maneira pontual, com a ruptura da camada passivante. Este processo é degradante não só para as armaduras, mas também para o concreto, devido principalmente ao aumento de volume daquelas em função da corrosão, gerando fissurações e posterior desagregação as camadas envoltórias de concreto.

2. Objetivos

Este trabalho possui dois objetivos. O primeiro é reunir e elucidar aos profissionais da área os principais temas a respeito da incidência de cloretos nas estruturas de concreto armado, desde a sua entrada até recuperação das estruturas contaminadas bem como as técnicas de diagnóstico, terapia e recomendações de profilaxia mais utilizadas atualmente no âmbito nacional e internacional encontradas na literatura. O segundo é confeccionar uma tabela através de trabalhos da área para comprovação de que as técnicas discorridas no trabalho são de fato as principais utilizadas atualmente.

3. Metodologia

A pesquisa realizada neste trabalho é uma pesquisa bibliográfica de natureza exploratória ou seja, procura proporcionar maior familiaridade com o problema em questão através de ampla revisão bibliográfica. Para coleta de dados foram utilizados livros sobre o tema, trabalhos acadêmicos, publicações, artigos e afins.

O desenvolvimento do artigo consistiu em duas partes. A primeira foi uma ampla pesquisa bibliográfica para reunir os temas mais pertinentes relativo a ataques de cloretos em estruturas de concreto armado e a segunda, uma pesquisa mais específica nas publicações da área para descrição das principais técnicas de diagnóstico, terapia, recomendações de profilaxia e com isso, a confecção de uma tabela contendo as técnicas usadas em cada trabalho encontrado.

4. Mecanismos de entrada de cloretos

Os cloretos podem adentrar e se locomover dentro da estrutura de quatro formas fundamentais, a depender de como se encontra no meio ambiente envoltório e das próprias características da estrutura de concreto.

4.1 Absorção capilar

Segundo Romano (2009) consiste em cloretos presentes em um meio líquido, penetrando no concreto a partir do fluxo deste líquido devido a tensão superficial atuante nos capilares, que provoca a ascensão do fluido. Portanto, fica evidente que depende da configuração de seus capilares, posto a influência no formato dos mesmos a pressão resultante no líquido.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Este mecanismo para Carvalho (2014), é o principal para a penetração de cloretos em concretos que estejam com suas superfícies aparentes ou sem revestimento pois, ligado ao fato de estarem expostos ao intemperismo da atmosfera circundante, possibilitam a impregnação de cloretos nas peças, que se dissolvem e penetram por absorção capilar, sendo necessário que os poros do concreto estejam secos ou parcialmente secos, para que seja possível a absorção da água por capilaridade.

4.2 Difusão iônica

De acordo com Meira (2004), a difusão é um mecanismo que ocorre devido a diferenças de concentração de cloretos em regiões, onde os cloretos das áreas mais concentradas se movem para as menos concentradas, sendo um meio líquido fundamental para que isso ocorra, no caso do concreto, ele é a água.

Portanto, é um processo de penetração de cloretos que ocorre tipicamente no interior do concreto. Segundo Carvalho (2014) em concretos saturados, a difusão é o principal mecanismo de ingresso de cloretos, associados ou não ao gradiente de pressão.

4.3 Permeabilidade

Ferreira (2015) indica que a permeabilidade consiste na penetração de um líquido pelos poros do material, influenciado por um gradiente de pressão devido ao acúmulo de água sobre a superfície. Do mesmo modo que a absorção capilar, este mecanismo também é influenciado pela configuração dos poros.

4.4 Migração

A entrada de cloretos através da migração se dá por um campo elétrico. Segundo Romano (2009) quando aplicado um dado campo elétrico no material, gerado por uma fonte externa, ocorre o transporte de íons através de um eletrólito.

5. Corrosão

A corrosão é um fenômeno natural, de acordo com Carvalho (2014), além de natural é espontâneo, tratando-se do processo de retorno do material a forma como é encontrado na natureza, transformando os materiais metálicos em materiais com desempenho e durabilidade diferentes dos seus destinos de aplicação.

A corrosão segundo Fogaça (2016) pode se dar de 3 maneiras básicas, a eletroquímica, que ocorre com um metal em contato com a água, formando a pilha eletroquímica, a corrosão química que não precisa da presença de água e é bastante influenciada pela temperatura e a corrosão eletrolítica que ocorre pela aplicação externa de uma corrente tratando-se, portanto, de um processo não espontâneo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.1 Tipos de corrosão

Segundo Meira (2004) o processo corrosivo pode ser classificado em corrosão uniforme, quando o ataque se faz de maneira homogênea na superfície, corrosão por pites, se produzindo em zonas discretas do material as quais são mais ativas que o resto da superfície, ou seja, de maneira pontual, corrosão localizada , essa intermediária entre as duas anteriormente citadas e a corrosão fissurante, ocorrendo quando, além das condições propícias para a corrosão, o dado metal se encontra sob tensões trativas. Essas classificações encontram-se representadas na figura 1.

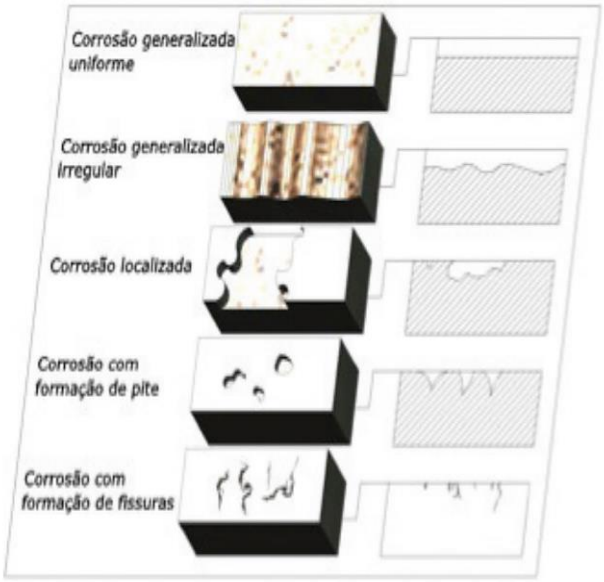


Figura 1 – Classificação das corrosões (FIGUEIREDO, 2013)

5.2 Corrosão das armaduras por ação de cloretos

O concreto oferece ao aço duas proteções. Segundo Figueiredo (2013) a primeira proteção é física, separando o aço inserido no concreto do contato direto com o meio externo e, a segunda, uma proteção química, conferida pelo potencial hidrogeniônico (pH) básico do concreto, tendo valores em torno de 13, o qual promove a formação de uma película passivante envoltória ao aço.

A formação dela se dá por meio de reações eletroquímicas (na solução aquosa existente no concreto), que resultam numa fina camada aderida as armaduras, sendo sua composição segundo Figueiredo (2013) mais internamente composta por magnetita e mais externamente por óxidos férricos. A solução aquosa é resultado da água de amassamento do concreto que não é absorvida e normalmente vai ocupando os seus capilares.

Devido a ação de determinados mecanismos, a película de passivação também está suscetível a deterioração, podendo ocorrer sua não mais existência ou, como é mais conhecida, sua despassivação. A partir da perda desta camada protetora, as armaduras do concreto ficam completamente vulneráveis ao processo de corrosão. Essa película

ISBN: 978-85-65425-32-2

segundo Figueiredo (2013) apresenta grande resistência ôhmica, conferindo taxas de corrosão desprezíveis, uma vez que impede o acesso de umidade e de compostos como oxigênio e agentes agressivos à superfície do aço, bem como dificulta a dissolução do ferro.

Os íons cloretos ao penetrarem pelas camadas da estrutura de concreto armado, entram em contato com a barra de aço e provocam a desestabilização da camada de passivação de maneira pontual, propiciando também uma corrosão pontual, com a formação de pites sendo este tipo, portanto, característico da ação dos Cl^-. Na figura 2 pode ser observado a formação de pites (corrosão pontual) na armadura.

Figura 2 – Corrosão em armadura por ação de cloretos (FIGUEIREDO, 2013)

A contaminação do concreto por cloretos pode se dar tanto por agentes externos como por causas internas. É bastante comum a utilização de aditivos para obtenção de determinadas propriedades do concreto de maneira mais rápida ou até mesmo de potencializa-las. Entretanto, em alguns casos, esses aditivos podem conter teores de cloretos, como em alguns aceleradores de pega. Esse teor muitas vezes passa do máximo permitido para o concreto e acarreta na futura despassivação.

O teor de cloreto presente no concreto armado em brandas condições de exposição, seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura, é limitado a 0,4% da massa do aglomerante, segundo a ABNT (2015). Quando já iniciado o processo de corrosão, os íons cloretos se combinam com os íons Fe^{2+}(ferro). Além disso, os cloretos se reciclam nas reações, o que o torna um elemento altamente agressivo pois volta a ser livre para novas combinações com os Fe^{2+}. Esses cloretos reciclados juntamente com os que continuam adentrando ao concreto, potencializam cada vez mais o fenômeno de corrosão.

Segundo Real (2015) os íons cl^- podem ser encontrados no interior do concreto livres ou combinados com o C_3A (Aluminato tricálcico) e C_4AF (Ferro aluminato tetracálcico), formando cloroaluminatos, sendo cloretos livres os realmente nocivos a estrutura de concreto armado, mas, os combinados podem ainda tornar-se livres devido a carbonatação ou elevação de temperatura.

O processo de corrosão no concreto ocorre de maneira eletroquímica e necessita da ação o O_2 (oxigênio) para seu desencadeamento. Segundo Ferreira (2015) o mecanismo de corrosão eletroquímica, instaura a formação de pilhas eletroquímicas, onde na zona anódica, há oxidação do metal em íons metálicos com liberação de elétrons para a zona catódica como poder ser visto na figura 3, enquanto na zona catódica, a água e o oxigênio

ISBN: 978-85-65425-32-2

sofrem redução. A corrosão pode se estabelecer entre dois metais distintos envoltos em uma mesma solução ou em regiões diferentes de um mesmo metal (GENTIL, 1996 *apud* FERREIRA 2015).

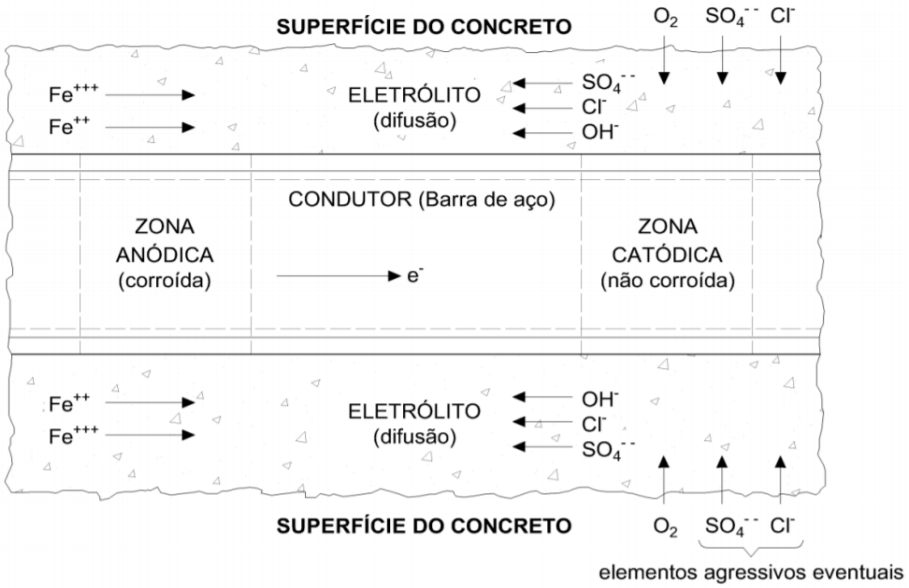


Figura 3 – Célula de corrosão em concreto armado (PELLIZZER, 2015)

Os íons metálicos liberados da zona anódica, se combinam com outros elementos externos transformando-se em produtos como a ferrugem.

Tal processo é um grande desencadeador de fissuramento. Quando instaurado, pode acarretar em perda da aderência da barra de aço com o concreto, comprometendo assim a transmissão de esforços e em casos mais avançados desagregação do concreto envoltório pelo aumento do volume dado.

Na figura 4 está exposto o processo de degradação que se inicia pela entrada do elemento agressor, com posterior aumento do volume da armadura pela corrosão já instaurada gerando fissuração e por fim, a perda do concreto envoltório.

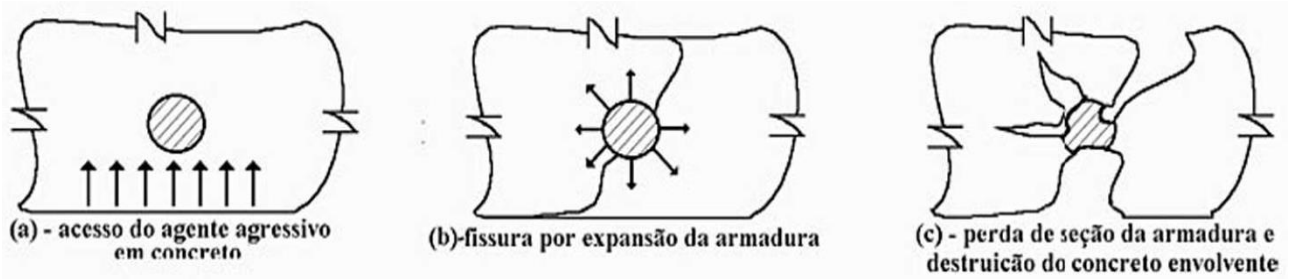


Figura 4 – Fases da corrosão na armadura (SOUZA, 2009)

6. Principais técnicas para diagnóstico de cloretos

ISBN: 978-85-65425-32-2

O termo diagnóstico, em síntese, consiste na descrição detalhada de algo feito por um examinador. Correlacionando com a engenharia, o diagnóstico tem a função de descrever os fatos envolventes ao problema patológico estudado, como mecanismos de atuação, origem e causa.

Os Ensaios, testes ou experimentos entram para auxiliar o profissional examinador da área neste sentido, proporcionando uma avaliação crítica de vários fatores do objeto de estudo, tais como comportamento, propriedades e qualidade obtendo assim, o fiel entendimento dos problemas patológicos e a suas detecções.

6.1 Aspersão de nitrato de prata

Este ensaio visa analisar a incidência de cloretos em argamassas, no caso do trabalho em questão, do concreto, bem como também a espessura de contaminação. Segundo Real (2015) o desenvolvimento deste método se deu na Itália em 1970 por Mario Collepardi. Por ser necessário a retirada de uma amostra para realização do ensaio, o mesmo tem caráter destrutivo.

De acordo com Jucá (2002), a aspersão de nitrato de prata além de ser um método barato e rápido, pode ser usado para determinar o tempo alcançado para que o cloreto livre se transforme em combinado, mas a aplicação mais usual deste método é a determinação da espessura que os cloretos penetram por difusão em dada amostra de concreto.

Consiste na aspersão de solução de nitrato de prata sobre a superfície da amostra. Onde os cloretos estiverem combinados, a tonalidade ficará marrom e onde estiverem livres, ficará branca. Por fim é feita a leitura das medidas de profundidade (JUCA,2002). É recomendado que na amostra segundo Real (2015), sejam feitas 7 medidas da profundidade de penetração dos cloretos, distando cerca de 10mm uma da outra. Tal fato é recomendado pela não uniformidade da incidência de cloretos ao longo dos elementos. O resultado do ensaio será a média das medidas obtidas.

Entretanto, é necessário a observação do fato em sequência. Jucá (2002) averiguou que mesmo em concretos sem cloretos, mas já carbonatados, ocorre a formação de carbonato de prata, precipitado com a coloração branca, mesma do cloreto de prata (AgCl). A solução adotada para saber se a substância se trata de carbonato ou cloreto é a tentativa de dissolver os precipitados em ácido nítrico.

$AgNO_3 + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow + NO_3^-$ (Insolúvel em ácido nítrico) (1)

$2Ag + CO_2 \rightarrow Ag_2CO_3\downarrow$ (Solúvel em ácido nítrico) (2)

Como pode ser observado nas reações acima, o cloreto de prata (AgCl) é insolúvel em ácido nítrico, já o carbonato de prata (Ag_2CO_3) é solúvel. Portanto, fica clara a constatação da presença de cloretos após a utilização do ácido nítrico.

ISBN: 978-85-65425-32-2

6.2 Cloretos Totais

Existem vários métodos para se encontrar o teor de cloretos totais (livres + combinados) em uma dada amostra de estrutura. Entretanto, aqui se encontra discorrido apenas um por se tratar de um método rápido e prático de aplicação, o Sistema CL-2000 de ensaios de cloretos para uso em obras, da NDT JAMES INSTRUMENTS INC.

Segundo Romano (2009), o sistema CL-2000, exposto na figura 5, trata-se de um equipamento portátil contendo:

a) Contador eletrônico de alta impedância, sendo acionado por uma bateria com circuitos para compensação de temperatura e um microprocessador para conversão direta a percentual de cloretos;
b) Um conjunto de frascos líquidos para calibração do equipamento e
c) Eletrodo com censor de temperatura.

Figura 5 – Sistema CL-2000 (CHLORIDE FIELD TEST SYSTEM, 2016)

O método tem o princípio de acordo com Romano (2009) de medir a voltagem gerada pela reação dos cloretos com um ácido e a converter, a partir de um sensor de temperatura, aplicando automaticamente a correção desta, apresentando assim em seu visor a concentração de cloretos em percentual com relação a massa do concreto, sendo, portanto, necessário ser feita a conversão para massa de cimento ao final do ensaio.

Diante mão do teor de cloretos totais em cada amostra analisada, pode-se montar o perfil de cloretos ao longo das espessuras dos elementos de concreto armado, mostrando a % de cloretos com relação a massa do cimento em cada ponto da espessura.

7. Métodos para diagnóstico e avaliação da corrosão

Estes métodos a partir de seus resultados proporcionam a análise e probabilidade de ocorrer ou estar ocorrendo a corrosão.

ISBN: 978-85-65425-32-2

7.1 Profundidade de Carbonatação

Apesar de não ser seu objetivo principal, o presente método auxilia na avaliação da corrosão. Este ensaio permite a aferição da profundidade de carbonatação, avaliando a frente de carbonatação na estrutura de concreto afetada, de maneira simples e econômica. Consiste na aspersão de uma solução indicativa de pH sobre a superfície do material. Essa solução muda sua coloração conforme o pH encontrado no meio ao qual ela é inserida. É bastante comum a utilização de soluções a base de fenolftaleína e timolftaleína. Quando a substância já está na amostra é verificado o valor do pH de acordo com a coloração, conforme a figura 6.

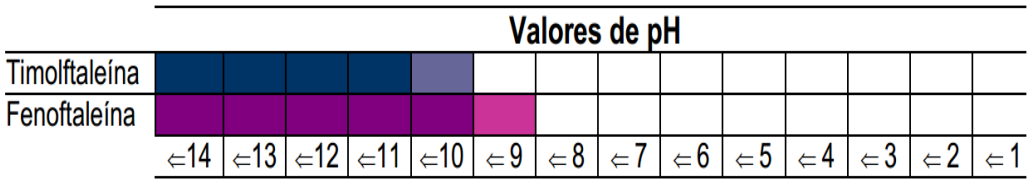


Figura 6 – Escala de coloração de acordo com o pH (GRANATO, 2002)

Nas reações de carbonatação, ocorre a queda do pH do concreto para valores inferiores a 9. Portanto, a zona não carbonatada mudará de cor e a zona carbonatada permanecerá com a coloração natural. Com o auxílio de uma régua é medida a profundidade carbonatada ou seja, até que profundidade com relação a superfície não alterou sua coloração após o borrifamento.

A utilização desta técnica além de avaliar a carbonatação em si, proporciona uma análise do meio interno do concreto, indicando se ele está propício ou não ao processo de corrosão das armaduras. A película passivante envoltória as armaduras só existem se o concreto tiver um meio alcalino. Como as reações de carbonatação diminuem muito o pH e deixam o meio não mais alcalino, as armaduras ficam mais facilmente sujeitas a corrosão.

7.2 Resistividade

De acordo com Carvalho (2014) a medida de resistividade elétrica (ρ) do concreto é amplamente utilizada para o monitoramento da evolução da corrosão de suas armaduras, tratando-se de uma ferramenta não destrutiva.

Resistividade elétrica consiste em o quanto determinado material consegue se opor ao fluxo de corrente elétrica através dele, ou seja, ela é inversamente proporcional a condutividade. Silva (2016) aponta que o método de Wenner é um dos mais usados para medir a resistividade por suas vantagens que são o fato de poder ser empregando tanto em campo como em laboratório, ser um método não destrutivo e a quantidade pequena de equipamentos necessários para o seu procedimento.

Na figura 7 é possível ver o esquema desta técnica.

ISBN: 978-85-65425-32-2

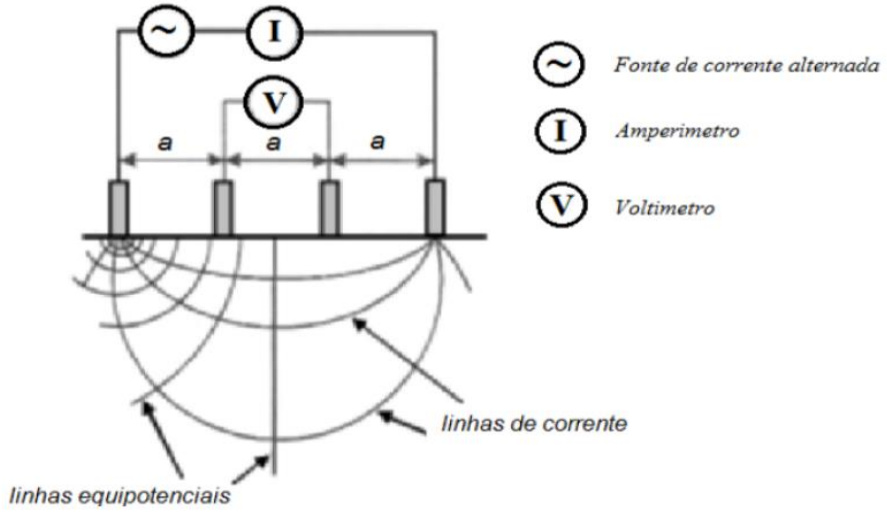


Figura 7 –Método de Wenner (CARVALHO, 2014)

Método de Wenner também conhecido como técnica de quatro eletrodos, consiste na aplicação de quatro eletrodos igualmente espaçados sobre determinada superfície de concreto a ser estudada. Segundo Carvalho (2014) o equipamento aplica uma corrente entre os dois eletrodos situados mais externamente e consequentemente, uma voltagem que é captada pelos eletrodos internos, obtendo a partir da diferença de potencial desses dois últimos e aplicação dos cálculos competentes a medida de resistividade. O quadro 1 apresenta a probabilidade de corrosão de acordo com a resistividade encontrada.

Quadro 1 – Probabilidade de corrosão relativo à resistividade do concreto (CARVALHO,2014)

Resistividade do concreto (kΩ.cm)	**Probabilidade de Corrosão**
ρ > 20	Desprezível
10 < ρ > 20	Baixa
5 < ρ < 10	Alta
ρ < 5	Muito alta

7.3 Potencial de corrosão

Potencial de corrosão (Ecorr) é um dos métodos eletroquímicos mais utilizados para monitorar o comportamento das armaduras segundo Silva (2010). Consiste na medida da diferença de voltagem entre a armadura e um eletrodo de referência de acordo com Carvalho (2014), podendo ser feito tanto em corpos de prova como também na própria estrutura.

Para Silva (2010) o registro da diferença de potencial é proporcionado pela formação da pilha de corrosão, através da armadura e do eletrodo de referência, de maneira que valores

ISBN: 978-85-65425-32-2

mais negativos indicam atividade corrosiva e valores menos negativos sugerem a continuidade da passivação, podendo ser visto no quadro 2.

Quadro 2 – Probabilidade de corrosão relativo ao potencial de corrosão (MEDEIROS,2010)

Potencial de corrosão (E_{corr}) (mV vs. CSE)	**Probabilidade de Corrosão**
≤ -350 mV	95% de haver corrosão
(-350 mV) – (-200mV)	Incerteza
> -200mV	95% de não haver corrosão

7.4 Resistência de polarização

A Resistência de polarização (Rp) é amplamente utilizada para medição da taxa de corrosão das armaduras, sendo de acordo com Carvalho (2014) esse o método mais confiável para monitoramento da corrosão por penetração de cloretos e de carbonatação no cobrimento do concreto. Este método indica a resistência de dado elemento a polarização de sua armadura induzida durante o procedimento. Com os devidos cálculos do método, é encontrada a corrente de corrosão, conforme o quadro 3.

Quadro 3 – Taxa de corrosão X nível de corrosão (MEDEIROS,2010)

Corrente de corrosão I_{corr} (µA/cm²)	**Velocidade de corrosão V_{corr} (mm/ano)**	**Nível de corrosão**
≤ 0,1	≤ 0,001	Desprezível
0,1 – 0,5	0,001 – 0,005	Baixo
0,5 – 1	0,005 – 0,010	Moderado
> 1	> 0,010	Alto

8. Métodos de terapia para estruturas atacadas por cloretos

Na medicina, terapia consiste no tratamento para uma dada doença, portanto, na engenharia é ela quem define o decorrer do tratamento das anomalias construtivas. Vários são os métodos existentes para tratar e solucionar os problemas patológicos recorrentes no concreto armado. É amplamente recomendado que apenas com o fiel estudo do desencadeador da determinada anomalia presente na estrutura, pode-se optar pela escolha do melhor método.

8.1 Remoção eletroquímica de cloretos ou dessalinização

Esse método de recuperação da estrutura contaminada apresenta vantagem principalmente pelo fato de ser não destrutivo. Pode ser aplicado, portanto, sem

ISBN: 978-85-65425-32-2

preocupação em membros estruturais em que o comportamento monolítico é essencial, sem alteração na estabilidade e segurança local e geral da edificação, como deixa claro Monteiro (2002).

Segundo ainda Monteiro (2002) este método consiste na aplicação de um campo elétrico entre a armadura do concreto e um eletrodo constituído por uma malha metálica fixada externamente à superfície da estrutura e colocada no interior de um reservatório de eletrólito. A armadura é conectada ao polo negativo de uma fonte e a malha ao polo positivo. Deste modo com a aplicação de uma corrente, os cloretos migram para fora do concreto em direção a malha. Na figura 8 é exposto o princípio da extração de cloretos por este método.

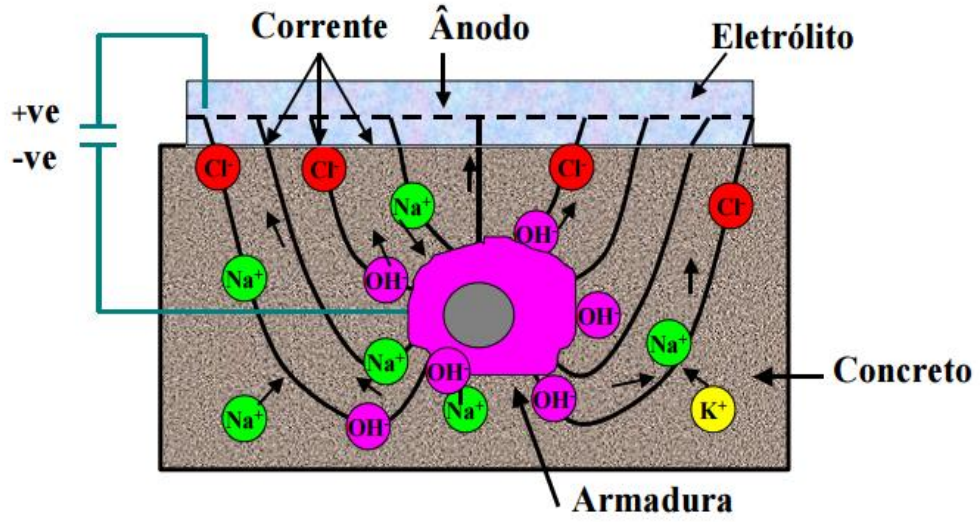


Figura 8 – Princípio da extração eletroquímica de cloretos (MONTEIRO,2002)

A água tratada (água fornecida a população) é o eletrólito indicado para utilização neste processo pois, pelo fato dela ser tratada, a existência de outros compostos que possam também ser transportados pela corrente elétrica é minimizada, corroborando para o objetivo do método. Durante a dessalinização os cloretos livres são rapidamente removidos, porém só até certo ponto, sendo necessário o desligamento da corrente por um certo tempo e posterior reestabelecimento da mesma para garantir a maior extração possível, sendo o tempo típico geral de todo o tratamento variando de oito a doze semanas (REALCALINIZAÇÃO E DESSALINIZAÇÃO,1997).

Durante a aplicação da dessalinização, ocorrem reações segundo Monteiro (2002) que provocam o aumento na produção de hidroxilas na superfície das barras e em consonância com a retirada dos íons cloretos, permitem a repassivação de maneira indireta ao objetivo do método, desde que o teor daqueles íons esteja abaixo do valor limiar crítico.

Existe ainda um método muito semelhante a este, a realcalinização eletroquímica, que visa especificamente reestabelecer a alcalinidade do concreto. Todo funcionamento é igual, a

ISBN: 978-85-65425-32-2

única mudança está no eletrólito que precisa ser alcalino. Apesar de não influir diretamente sobre os cloretos, este método pode ser atrelado a outras recuperações posto que um meio alcalino não é propício para a corrosão.

8.2 Reposição ou recuperação de armaduras

Nos casos em que os cloretos já tiverem instaurado o processo de corrosão avançado, é feito a reposição de armaduras. Sempre que existir a insuficiência de armaduras, devido aos esforços solicitantes ou as mesmas estarem em processo de deterioração avançado ou já deterioradas, pode ser feito o uso da reposição parcial ou substituição total das barras.

Quando as armaduras não tiverem sido muito comprometidas, é feito apenas a remoção dos agentes deterioradores e os materiais aderidos a sua superfície como a ferrugem causada pelo processo de corrosão. No geral, é realizado a partir de escovação manual ou mecânica das barras, ou com jateamento de areia nas mesmas. Deve sempre ser bem avaliado a viabilidade de se fazer a recuperação ou substituição.

8.3 Substituição ou proteção do concreto

Uma das possibilidades de tratamento é a substituição do concreto contaminado por concreto novo. A partir do diagnóstico, cabe ao profissional da área avaliar a viabilidade de aplicar a extração de cloretos ou retirada completo do concreto contaminado. Este método, portanto, é mais indicado para reparos localizados, posto o gasto enorme que seria substituir o concreto de toda uma construção devido a incidência generalizada dos cloretos.

Em casos em que, após estudo do perfil de cloretos, for feita a constatação dos mesmos, mas em porcentagens inferiores as estabelecidas por norma, pode ser realizada a simples proteção do concreto com um mecanismo de barreira. A aplicação de uma barreira vai impedir a entrada de novos Cl^-, como também do oxigênio que consome elétrons no processo de redução, impossibilitando assim a formação da pilha de corrosão.

9. Recomendações para profilaxia de estruturas atacas por cloretos

Profilaxia é o termo ligado a aplicação de medidas para evitar as doenças ou a sua propagação sendo em síntese, relativo a prevenção. Na medida em que é estudado o meio ambiente o qual se encontra inserido a estrutura, bem como os erros que ela pode ser acometida, a prevenção é utilizada como medida para proteger contra o surgimento de eventuais anomalias provenientes de agentes agressivos ou daqueles erros.

Os mecanismos de proteção são bastante utilizados na prevenção dos problemas patológicos, mas, podem ter seu uso atrelado a reabilitação.

9.1 Características do concreto

O surgimento de problemas patológicos no concreto se dá principalmente pelo fato dele ser poroso tendo então a possibilidade da entrada de agentes que venham a deteriora-lo, influenciando diretamente sobre sua durabilidade e vida útil. Atrelado a isso, existe ainda a

ISBN: 978-85-65425-32-2

série de erros cometidos durante todas as fases de vida do concreto, desde o planejamento até a materialização.

As características desse material irão influenciar, então, de maneira benéfica ou maléfica para a existência de elementos agressores, bem como para o desencadeamento do processo corrosivo nas armaduras.

Quanto menor a porosidade, menor será a contribuição deste fator para penetração de elementos como os cloretos. É recomendado então o cuidado na elaboração dos traços do concreto, respeito dos limites de teores de cloretos já presentes na argamassa e garantia da eficiente hidratação das partículas de cimento através da molhagem (cura). Deve ser dada atenção especial também as fissuras. Mesmo em casos que elas não comprometam a estrutura, por se tratar de uma abertura no concreto, é um meio de entrada de agentes externos e portanto, deve ser solucionada da maneira correta conforme estudo em cada caso.

De maneira mais intrínseca ao concreto, relativo agora ao cimento que o constitui, é recomendado a utilização de cimentos que contenham elevados teores de C_3A (aluminato tricálcico) como prevenção relativo a corrosão devido a cloretos. Como já explanado, os cloretos livres são os realmente nocivos as armaduras. O C_3A forma compostos com os Cl^- impedindo que estejam livres para realizar a corrosão. Entretanto, vale salientar que concretos feitos com cimentos que possuam elevado teor de aluminato tricálcico são fracamente resistentes a sulfatos. É necessário então o estudo de cada caso para se optar pela melhor solução de cimento.

9.2 Inibidores aplicados sobre à superfície do concreto

Segundo Lima (1996), proteger a armadura através de inibidores consiste em aplicar substâncias que atuam sobre a sua superfície, anulando ou retardando as reações anódicas, catódicas ou ambas. Podem estar presentes na composição inicial do concreto ou aplicado posteriormente sob a superfície.

Quando misturados na água de amassamento, tem a finalidade da profilaxia contra a corrosão, já quando aplicados sobre a superfície do concreto, são terapias e tanto podem prevenir como reparar, penetrando para o interior do concreto.

Os inibidores são muito empregados como método preventivo, destacando-se os inibidores a base de nitritos como os mais utilizados como aditivos no concreto segundo Lima (1996). As principais recomendações deixadas por Lima (1996) são: o conhecimento dos teores específico de cada inibidor em questão pois muitos deles, com concentrações diferentes das recomendadas ,provocam aceleração na corrosão; proporcionar a máxima homogeneização quando adicionados a água de amassamento e; utilizar inibidores que não alterem as propriedades físico-químicas do concreto.

9.3 Proteção catódica

Consiste em um sistema de prevenção (também utilizado como reparo), onde um material servirá como ânodo de sacrifício em substituição às ferragens do concreto, ou seja, se sacrificando no lugar delas. Segundo Lima (1996) são enquadrados como proteção

ISBN: 978-85-65425-32-2

catódica os sistemas de proteção através da utilização de ânodos de sacrifício, seja fazendo mão da imposição de corrente/potencial externos, buscando reestabelecer as condições de potencial/corrente onde o metal está protegido, ou no uso de pinturas metálicas ou pastilhas, onde materiais como o zinco estão presentes na formulação.

9.4 Barreira

Um material que exercer separação entre o agente agressivo e o elemento a ser agredido, estará exercendo a função de barreira. No caso do foco do trabalho, os materiais discorridos exercem barreira contra a penetração de cloretos e instauração do processo de corrosão. Existem dois tipos de barreira a física e a química.

Lima (1996) aponta que os sistemas por barreira física sobre as armaduras têm como base o bloqueio do acesso dos agentes agressivos a elas, sendo bastante utilizado pinturas de barras com materiais de base epóxi, já os sistemas por barreira física do concreto procedem com o bloqueio de agentes externamente ao cobrimento do concreto, como os revestimentos de argamassas poliméricas. Por fim, os sistemas por barreira química, são mais conhecidos como inibidores, assunto tratado no tópico 9.2.

10. Pesquisa de técnicas

A partir de toda a revisão bibliográfica efetuada, foi realizada uma pesquisa mais a fundo com o objetivo de encontrar nos trabalhos publicados na literatura (casos reais e estudos), as principais técnicas utilizadas atualmente quando o assunto é contaminação de cloretos nas estruturas, no âmbito nacional e internacional. O resultado da pesquisa encontra-se no quadro 4, indicando o autor, o ano de publicação, as técnicas utilizadas e o título do trabalho.

Quadro 4 – Técnicas mais utilizadas em estruturas contaminadas por cloretos

Autor	Ano	Técnicas Utilizadas	Título do Trabalho
FERREIRA	2015	Potencial de corrosão, resistência a polarização, corrente de corrosão, cloretos totais	Análise da indução da corrosão por cloretos em concretos armados com adição de resíduo de tijolo moído a partir de ensaios acelerados
CARVALHO	2014	Potencial de corrosão, resistência de polarização, corrente de corrosão	Resistência à corrosão dos aços CA24 e CA50 frente à ação dos cloretos
JERÔNIMO	2014	Cloretos totais, resistência a polarização, potencial de corrosão	Estudo da durabilidade de concretos com adição de resíduos da indústria de cerâmica

ISBN: 978-85-65425-32-2

			vermelha com foco na corrosão de armaduras
ALVES	2013	Dessalinização, cloretos totais	Reabilitação de uma estrutura contaminada por cloretos utilizando a técnica da dessalinização
MIGUEL	2012	Potencial de corrosão, velocidade de corrosão(Icorr), resistividade,profundidade de carbonatação, cloretos totais	*Deterioro por corrosión de elementos de concreto armado de um edificio industrial*
GONZÁLES	2011	Realcalinização eletroquímica, profundidade de carbonatação	*Electrochemical Realkalisation of Carbonated Concrete: an Alternative Approach to Prevention of Reinforcing Steel Corrosion*
MEDEIROS	2010	Potencial de corrosão, taxa de corrosão, teor de cloretos totais	Influência da altura e posição da edificação na penetração de cloretos: estudo de caso em obra no Rio de Janeiro-Brasil
ARCHILA	2010	Potêncial de corrosão, resistência a polarização, espectroscopia de impedância eletroquímica, corrente de corrosão (Icorr)	*Evaluacion de la corrosion mediante técnicas electroquimicas em el acero de refuerzo del concreto em um ambiente com clouro y sulfato*
MOTA	2010	Cloretos totais	Avaliação da contaminação por íons cloreto em amostras de concreto submetidas a condições agressivas
ZACCARDI	2009	Potencial de corrosão, corrente de corrosão (Icorr), profundidade de carbonatação, cloretos totais	*Evaluación de estructuras patrimoniales de hormigón armado afectadas por corrosión por cloruro en la*

ISBN: 978-85-65425-32-2

			provincia de buenos aires
GOMES	2008	Profundidade de carbonatação, potencial de corrosão, resistividade elétrica,corrente de corrosão (Icorr), cloretos totais	Recuperação estrutural de blocos de fundação afetados pela reação álcali-agredado-a experiência do recife
VALLE	2006	Profundidade de carbonatação, cloretos totais,potencial de corrosão	*Degradación por corrosión de un muelle del pacífico mexicano*
SILVA	2006	Potencial de corrosão, espectroscopia por impedância eletroquímica, teor de cloretos	Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos
ANGELO	2004	Profundidade de carbonatação	Análise das patologias das estruturas em concreto armado do estádio magalhaes pinto-mineirão
MEIRA	2004	Potencial de corrosão, densidade de corrente instantânea, teor de cloretos livres e totais	Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema da corrosão em estruturas de concreto armado
VU	2000	Taxa de corrosão (Icorr), concentração de cloretos	*Structural reliability of concrete bridges including improved chloride-induced corrosion models*
CAVALCANTI	-	Profundidade de carbonatação, aspersão de nitrato de prata	Inspeção técnica do píer de atracação de Tambaú

ISBN: 978-85-65425-32-2

11. Conclusões

A Patologia em estruturas de concreto armado é uma ciência que necessita ser amplamente difundida entre os profissionais da área da construção civil. A deterioração das estruturas existe e é um problema recorrente negligenciado em muitos casos. Em especial, os cloretos são agentes altamente deteriorantes, sendo medidas no objetivo de prevenir os problemas ocasionados por eles executadas sempre que possível.

Com o presente trabalho, é possível o fiel entendimento dos principais assuntos quando o problema é contaminação por cloretos, desde sua entrada até recuperação e prevenção. O ataque de íons Cl^- está intimamente ligado a corrosão das armaduras e com isso proporciona vários problemas. Inicialmente, ele instaura o processo corrosivo pontual, com a despassivação. Essa corrosão pode acarretar no rompimento da armadura e na expansão da mesma, provocando fissuração do concreto. A fissuração pode tomar proporções tamanhas, devido à alta tensão expansiva, que o concreto envoltório desagrega.

Com o rompimento da armadura e a desagregação a estrutura terá um abalo apenas pontual, e se reestabilizar com os demais elementos ou, uma interferência maior e perder sua estabilidade global vindo a ruir (entrar em colapso). Fica evidente a importância da consideração deste agente.

Portanto, quando já existentes e detectados a presença de cloretos, é de suma importância a aplicação de soluções pertinentes sempre elaboradas por um profissional técnico com conhecimento específico da área. Uma solução mal elaborada pode agravar mais ainda o problema patológico estudado ou até desencadear no aparecimento de um novo problema.

Como pode ser visto no quadro 4, as técnicas de cloretos totais, aspersão de nitrato de prata, profundidade de carbonatação, resistência a polarização, potencial de corrosão, resistividade e remoção eletroquímica de cloretos são bastante difundidas e utilizadas no meio técnico, tanto nacional como internacional. Sendo, portanto, essas indicadas como as principais quando o assunto é ataques de cloretos.

Em virtude dos fatos apresentados, durante todas as fases da vida útil das estruturas, é necessário sempre seguir medidas e métodos no sentido de prevenir e solucionar os problemas patológicos. Vale lembrar a importância da existência de um programa de manutenção, para que a estrutura seja devidamente monitorada e mantida em desempenho satisfatório ao longo de sua vida útil ou seja, é de suma importância a aplicação de métodos de profilaxia. Quanto mais cedo seja detectado um problema, menos onerosa será a solução aplicada ao mesmo.

Referências Bibliográficas

ALVES, Henrique *et al*. (2013). Reabilitação de uma estrutura contaminada por cloretos utilizando a técnica da dessalinização.Scielo. Disponível em: <http://www.scielo.mec .pt/scielo.php?script =sci_arttext&pid=S0870-11642013000100001> Acesso em: 27 set. 2016.

ANGELO, Ana Margarida Vieira. (2004). Análise das patologias das estruturas em concreto armado do estádio Magalhães pinto-Mineirão. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal

ISBN: 978-85-65425-32-2

de Minas Gerais. Belo Horizonte,2004. Disponível em : <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handl e/1843/FACO-6AZQ46> Acesso em 6 out. 2016.

ARCHILA, John Milton Casas. (2010).Evaluación de la corrosión mediante técnicas electroquímicas em el acero de refuerzo del concreto em um ambiente acuoso com cloruro y sulfato. Monografia (Graduação) –Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Quimica,Escuela de Ingeniería Quimica. Bucaramanga,2010. Disponível em: <http://tangara .uis.edu .co/biblioweb/tesis/2010/135004.pdf> Acesso em 7 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) -NBR NBR 12655. (2015). Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro.

CARVALHO, Leonardo Gomes de Sá e. Resistência à corrosão dos aços CA24 e CA50 frente à ação dos cloretos. (2014). Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. Goiânia,2014. Disponível em : < https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4368> Acesso em 28 set. 2016.

CAVALCANTI, Antonio Nereu *et al*.Inspeção técnica do píer de atracação de Tambaú.Tecncon. Disponível em: < http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Pier_Tamba u_Rev_Concreto_ v57.pdf> Acesso em: 6 out. 2016.

Chloride Field Test System.NDT JAMES INSTRUMENTS. Disponível em: < http://espanol.ndtjames.com/ProductDetails.asp?ProductCode=C-CL-2000 >Acesso em: 13 nov. 2016.

FERREIRA, Pablo Ramon Rodrigues. Análise da indução da corrosão por cloretos em concretos armados com adição de resíduos de tijolo moído a partir de ensaios acelerados. (2015). Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Pernambuco.CTG.Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.Recife,2015.Disponível em: < http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/ 14948 >Acesso em: 12 nov. 2016.

FIGUEIREDO,Enio J. Pazini ; MEIRA,Gibson Rocha. Boletim Técnico-Corrosão das armaduras de concreto. (2013). Mérida,México.Disponível em: < http://alconpat.org.br/wp-content/ uploads /2012/09/B6-Corros%C3%A3o-das-armaduras-das-estruturas-de-concreto.pdf> Acesso em: 26 maio 2016.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Tipos de Corrosão. (2016). Brasil Escola. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>. Acesso em: 06 dez. 2016.

GOMES, Eduardo Alves de Oliveira. Recuperação estrutural de blocos de fundação afetados pela reação álcali-agregado – a experiência do Recife. (2008). Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco.,Pró reitoria acadêmica, curso de mestrado em

ISBN: 978-85-65425-32-2

engenharia civil. Recife,2008. Disponível em: < http://www.unicap.br/tede/tde_arquivos/3/TDE-2009-03-18T1208 06Z-225 /Publico/Dissertacao_Eduardo.pdf>Acesso em: 7 out. 2016.

GONZÁLEZ, F. *et al*. Electrochemical Realkalisation of Carbonated Concrete: an Alternative Approach to Prevention of Reinforcing Steel Corrosion.(2011),Intercational Journal of Electrochemical Science,2011. Disponível em: < http://www.electrochemsci.org/papers/vol6/ 6126332.pdf > Acesso em: 6 out. 2016.

GRANATO,Eduardo José. Patologia das Construções. (2002). Disponível em: <http://irap uama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf> Acesso em: 9 mar. 2016.

JERÔNIMO, Valdith Lopes. Estudo a durabilidade de concretos com adição de resíduos da indústria de cerâmica vermelha com foco na corrosão de armaduras. (2014). Tese (Doutorado) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre,2014.

JUCÁ, Tatiana Renata Pereira. Avaliação de cloretos livres em concretos e argamassas de cimento Portland pelo método de asperção de solução de nitrato de prata. (2002). Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. Goiânia,2002

LIMA,Maryangela Geimba de *et al*. . Inibidores de corrosão compatibilidade cimento-aditivo. (1996). São Paulo. Disponível em: < http://www.pcc .usp.br/files /text/publica tions/ BT_001 68 .pdf > Acesso em: 03 out. 2016.

MEDEIROS, M. H. F. *et al*. Influência da altura e posição da edificação na penetração de cloretos: Estudo de caso em obra no Rio de Janeiro- Brasil. (2010). Cinpar. Disponível em: <http://www.edutecne.utn.edu .ar/cinpar_2010/Topico%201/CINPAR%20133.pdf> Acesso em: 29 set. 2016.

MEIRA, Gibson Rocha. Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema da corrosão em estruturas de concreto armado. (2004). São Carlos. Tese (Doutorado) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFSC. Santa Catarina,2004.

MIGUEL, G. F. San *et al*. Deterioro por corrosión de elementos de concreto armado de um edifício industrial.Revista Alconpat,(2012).v. 2,n.3,p. 195-210,set./dez. Disponível em: <http://www.revis tasconacyt.unam.mx/ alconpat/index.php/ RA/article/view /38/37 > Acesso em: 29 set. 2016.

MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto. Avaliação do método de extração eletroquímica de cloretos para reabilitação de estruturas de concreto com problemas de corrosão de armaduras. (2002) São Paulo. Tese (Doutorado) –Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo,2002. Disponível em : < http://www.teses .usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19042007-160242/pt-br.php> Acesso em 30 set. 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MOTA,João Manoel de Freitas *et al*.Avaliação da contaminação por íons cloreto em amostras de concreto submetidas a condições agressivas.(2010).Cinpar. Disponível em: <http://www .edutecne.utn.edu.ar/cinp ar_2010/Topico%203/CIN PAR%20120.pdf> Acesso em: 12 nov. 2016.

PELLIZZER, Giovanni Pais. Análise mecânica e probabilística da corrosão de armaduras de estruturas de concreto armado submetidas à penetração de cloretos. (2015). São Carlos. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas – Escola de Engenharia de São Calos da Universidade de São Paulo. São Carlos,2015. Disponível em: < http://www.teses .usp.br/teses/dis poniveis/18/18134 /tde- 08042015-093036/pt-br.php>Acesso em: 09 nov. 2016.

REAL, L. V.. *et al*. Método colorimétrico por aspersão de nitrato de prata para avaliação da penetração de cloretos em concreto: estado da arte.Revista Alconpat,(2015).v. 5,n.2,p. 149-159,maio/ago. Disponível em: <http://www.revistas-conacyt.unam.mx/alconpat/index.php/ RA/article/download/84/ 101> Acesso em: 29 set. 2016.

Realcalinização e dessalinização. (1997). Editora Pini. Disponível em: < http://pini web.pini.c om .br/construcao/noticias/realcalinizacao-e-dessalinizacao-85346-1.aspx>Acesso em: 30 set. 2016.

ROMANO, Fátima Sequeira. Estudo do ingresso de cloretos em concretos localizados no litoral norte do rio grande do sul. (2009). Porto Alegre. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre,2009. Disponível em: < http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21925/000 738089.pdf;sequem ce = 1>Acesso em: 26 set. 2016.

SANTOS,Altair. Ataques por íons de cloreto custa R$800 milhões por ano ao Brasil. (2012). Cimento Itambe. Disponível em: < http://www.cimentoitambe .com.br/ataques -por-ions-d e-cloreto-custa-r-800-milhoes-por-ano-ao-brasil/>. Acesso em: 7 out. 2016.

SILVA, Edvaldo Pereira da. Avaliação do potencial de corrosão de concretos estruturais produzidos segundo as prescrições da nbr6118,submetido a ensaio de corrosão acelerado.(2010). Fortaleza. Monografia (Graduação) –Universidade Federal de Goiás,Centro de Tecnologia,Depto. De Emgenharia e Construção Civil. Fortaleza,2010. Acesso em : <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2010/Edvaldo_Silva_Avaliacao%20de%20Potencial%20de%20Corrosao%20de%20Concretos%20Estruturais%20Submetidos%20a%20Ensaio%20de%20Corrosao%20Acelerado.pdf> Acesso em 28 set. 2016.

SILVA, Fernanda Giannotti da. Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos. (2006). São Carlos. Tese (Doutorado) –Universidade de São Paulo. São Carlos,2006. Disponível em : < http://www.teses.usp.br/teses/ disponíveis /88 /88131 /tde-26072006-135429/pt-br.php> Acesso em 30 set. 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SILVA, Leandro Melo Andrade e.Resistividade elétrica superficial do concreto:influência da cura.(2016). Goiânia. Monografia (Graduação) –Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. Goiânia,2016. Disponível em : < https://www.eec.ufg.br/up/140/o/RESISTIVIDADE_EL%C3%89TRICA_SUPERFICIAL_DO_CONCRETO_INFLU%C3%8ANCIA_DA_CURA .pdf> Acesso em 29 set. 2016.

SOUZA,Vicente Custódio Moreira *et al*.Patologia,recuperação e reforço de estruturas de concreto.(2009). São Paulo:Pini,2009.

VALLE, Angélica del *et al*. Degradación por corrosión de um muelle del pacífico mexicano. Revista Ingeniería de Construcción, (2006) v. 21, n.3, p. 193-204, dez. Disponível em: <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10173/000467381.pdf?sequence=1&isAllowed = y> Acesso em: 6 out. 2016.

VU, Kim Anh T. *et al*. Structural reliability of concrete bridges including improved chloride-induced corrosion models.(2000).Structural Safety. Disponível em: <https://www.researchgate .net/publication/223591011_Structural_reliability_of_concrete_bridges_including_improved_chloride - induced_ corrosion_models> Acesso em: 6 out. 2016.

ZACCARDI, Villagrán *et al*. Evaluación de estructuras patrimoniales de hormigón armado afectadas por corrosión por cloruro em la província de Buenos aires. (2009). Congresso Iberoamericano y VII Jornada “Técnicas de restauración y Conservación del Patrimonio. Disponível em: <http://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/1712/11746_1712.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 7 out. 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL

Diagnosis Of Patologic Manisfestations In Flexible Pavimento

Daniela SILVA[1], **Agostinho** MARINHO[2], **João** SILVA[3]

[1] Universidade Federal de Pernambuco UFPE, Recife, Brasil, danielaslv0711@hotmail.com

[2] Universidade Paulista UNIP/INBEC, Recife, Brasil, agostinhomarinho@yahoo.com.br

[3] Faculdade Integrada de Recife FACIPE, Recife, Brasil, eng_jrps@hotmail.com

Resumo: A pesquisa desenvolvida apresenta um estudo de caso de duas vias, identificadas como Secundária 2A e Secundária 2B, executadas no interior de um condomínio de galpões e áreas de armazenamento, localizado no Município do Cabo de Santo Agostinho - PE. Apesar das vias em estudo disporem pouco tempo de utilização foi identificado danos ao longo do pavimento, conduzindo assim à necessidade de conhecimento dos fatores responsáveis. O tráfego considerado no dimensionamento do projeto originalmente concebido para execução das vias foi N = 5 x 10^6, sendo então este tráfego considerado nas análises. Para avaliação das condições dos pavimentos foram realizados levantamentos deflectométricos com o uso de equipamento do tipo FWD e abertura de janelas de inspeção. Para cada janela de inspeção foram avaliadas as camadas de reforço do subleito, sub-base e base. A camada de revestimento asfáltico não foi avaliada por apresentar-se, em muitos pontos, bastante danificada e contaminada com o solo local. Os resultados obtidos indicam a utilização de materiais de baixa qualidade e o emprego de procedimentos de execução inadequados. Estas constatações foram feitas a partir da obtenção de dados de deflexões excessivas, camadas muito espessas, reduzidos graus de compactação, elevada umidade e solo com baixa capacidade de suporte e alta plasticidade.

Palavra Chave: Pavimento flexível, Avaliação estrutural, Deflexões.

Abstract: The research developed here presents a case study of two routes, identified as Secondary and Secondary 2A 2B, performed inside a condominium warehouses and storage areas, located in the city of Cabo de Santo Agostinho - PE. Despite oping study dispose short term use was identified damage along the pavement, leading to the need for knowledge of the factors responsible. The traffic considered in the project design originally designed to run the routes was N = 5 x 10^6, so this traffic being considered in the analysis. To assess the condition of the floors were made deflectométricos surveys using equipment FWD type and opening inspection windows. For each inspection window were evaluated subgrade reinforcement layers, sub-base and base. The asphalt coating layer has not been evaluated by presenting, in many places, badly damaged and contaminated with the local soil. The results indicate the use of low quality materials and the use of inadequate enforcement procedures. These findings were made from obtaining excessive deflections

ISBN: 978-85-65425-32-2

data, very thick layers, reduced compaction degrees, high humidity and soil with low bearing capacity and high plasticity.

Keywords: Flexible pavement, Structural evaluation, Deflections.

1. Introdução

A construção de um pavimento visa melhorar as condições de rolamento nos quesitos comodidade e segurança, sendo necessário para isto que o pavimento resista aos esforços a ele transmitidos e às intempéries do ambiente. De acordo com Domingues (1993), quando um pavimento compromete a segurança e conforto dos usuários, ou quando a sua estrutura está sobremodo ameaçada, é imprescindível algum tipo de reparo ou de reabilitação. O planejamento da recuperação de pavimentos requer, contudo, um diagnóstico das causas que conduziram aos danos existentes, possibilitando assim a elaboração de projetos de recuperação com maior eficiência. Esta pesquisa descreve os estudos realizados durante elaboração de diagnóstico do pavimento flexível de duas vias de acesso existentes no interior de um complexo de galpões e áreas de armazenamento em construção no Município do Cabo de Santo Agostinho – PE. Apesar das vias em estudo disporem pouco tempo de utilização foi identificado diversos danos ao longo do pavimento. A identificação dos fatores responsáveis pelos danos será de grande importância para o planejamento da recuperação do pavimento, bem como para a prevenção de ocorrência de danos nos pavimentos a serem construídos na área estudada.

2. Metodologia

Estudo de caso baseado em recomendações citadas na Norma DNER (1979) Devido à presença de danos ao longo dos pavimentos estudados tais como: deformações excessivas; fissuras; e até rupturas, conduziram à necessidade de realização de levantamento deflectométricos e abertura de janelas de inspeção. O levantamento deflectométrico foi realizado com o emprego de equipamento FWD, com pontos de ensaio a cada 20m de distância ao longo da via. As janelas de inspeção foram utilizadas para a realização de ensaios de densidade *in situ*, determinação da umidade do solo, determinação da espessura das camadas de terraplenagem e coleta de amostras deformadas de solo. Estas amostras de solo foram conduzidas a laboratório onde foram realizados ensaios de compactação, Índice de Suporte Califórnia (ISC), granulometria por peneiramento e limites de consistência.

3. Área de estudo

A área de estudo aqui apresentada está incluída dentro de um Condomínio de galpões e áreas destinadas a alugueis comerciais, localizado no Município do Cabo de Santo Agostinho – PE. A construção deste condomínio foi fundamentada na necessidade de armazenamento de artigos produzidos na Região Metropolitana do Recife, bem como apoiar a logística de transporte através do Porto de Suape, localizado no Município vizinho de Ipojuca – PE. O objetivo do levantamento desenvolvido por uma empresa de consultoria e projetos de pavimentação, contratada pelo Condomínio, foi mapear as condições do

ISBN: 978-85-65425-32-2

pavimento de 5 diferentes áreas, como apresenta a Figura 1. Estes galpões foram construídos em uma grande aterro que por sua vez foi construído em uma grande área periodicamente alagada (várzea), o solo originário tinha a característica de argila turfosa. Foi constatado que na execução do aterro, não teve controle tecnológico do material empregando e nem o devido acompanhamento de sua execução. A áreas em estudo apresentavam, problemas estruturais diversos no pavimento e na terraplenagem como: fissuras, trincas isoladas, panelas e afundamento de consolidação. As áreas citadas apresentam projetos de pavimento diversos, a depender da finalidade do uso, sendo as Áreas 1 e 2 referentes a pavimentos flexíveis projetados como vias de acesso; Área 3 referente a pavimento flexível tendo sua área destinada ao armazenamento de containers vazios; Área 4 composta de pavimento flexível destinada ao armazenamento de containers cheios; e a Área 5, composta de pavimento de blocos de concreto intertravados, destinada ao estacionamento de caminhões. Vale destacar que, no momento do estudo aqui realizado, apenas as Áreas 1, 2 e 3 apresentavam-se com todo o pavimento finalizado já no estágio de uso. Devido aos problemas estruturais apresentados nestas áreas, a diretoria do Condomínio decidiu por avaliar as condições de terraplenagem já executada nas demais áreas para só então avaliar a finalização destas obras, ciente de que poderia assim já haver a proposta de recuperação da terraplenagem. Todo o solo utilizado na terraplenagem das camadas do pavimento foi proveniente de áreas de corte localizadas no interior do próprio condomínio, realizando assim a compensação corte-aterro. A escolha do solo utilizado foi baseada na redução de custos e na agilidade devido à disponibilidade de material existente dentro do próprio condomínio. Destaca-se, no entanto, a baixa qualidade do solo local para finalidade de execução de camadas de reforço do subleito e sub-base do pavimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

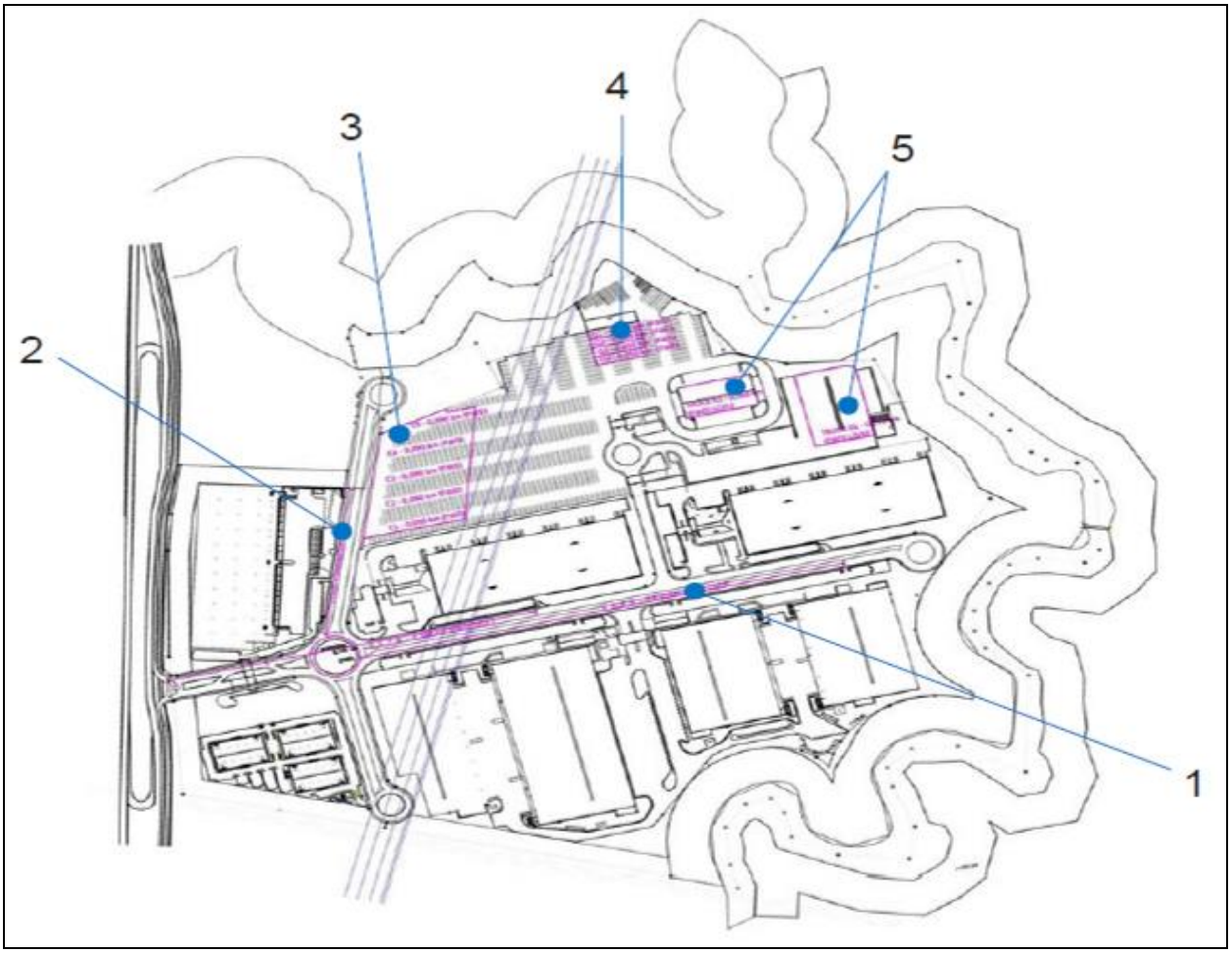


Figura 1 – Áreas envolvidas no estudo do Condomínio

Para apresentação desta pesquisa, foi tomada como referência apenas a Área 1, identificada como Via Secundária 2A e Via Secundária 2B, conforme apresenta a Figura 2.

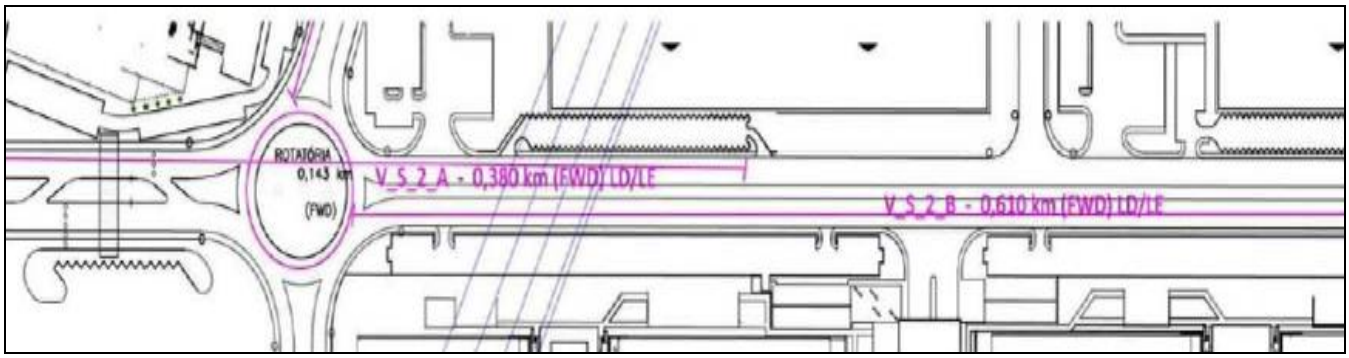


Figura 2 – Área 1 estudada nesta pesquisa (Via Secundária 2A e Via Secundária 2B)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Durante o período da realização deste estudo o pavimento identificado como Via Secundária 2A, encontrava-se com as atividades de execução do pavimento paralisadas, estando concluída parcialmente com apenas 380m de comprimento finalizado com camada de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). A retomada das atividades nesta Via estava dependente do diagnóstico a ser apresentado neste estudo. Toda a Via Secundária 2A foi projetada com extensão de 820m. A Via Secundária 2B, no momento do levantamento aqui apresentado encontrava-se com todo o pavimento flexível já executado, sendo já finalizada a camada de CBUQ. Esta Via, contudo, mesmo com o curto período de tempo em operação (aproximadamente 6 meses), apresentava-se com graves problemas estruturais, tendo inclusive em alguns pontos, todo o seu revestimento de CBUQ já removido devido às grandes deformações ocorridas. De um total de 820m de comprimento, esta Via teve 610m submetidos a esta inspeção.

4. Resultado e discussões

Devido à existência de rupturas prematuras presentes ao longo de toda a via estudada, foram realizados ensaios deflectométricos com o FWD bem como abertura de poços de inspeção para realização de ensaios de densidade *in situ*, determinação da umidade do solo e coletas de amostras deformadas de solo. Estas amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas para laboratório onde foram realizados ensaios de compactação, Índice de Suporte Califórnia (ISC), granulometria por peneiramento e limites de consistência. O levantamento deflectométrico e os ensaios realizados nas janelas de inspeção e nas amostras de solo foram posteriormente avaliados conjuntamente. Com base no Projeto de Pavimentação apresentado pela Empresa que projetou o pavimento, o tráfego considerado no dimensionamento do pavimento foi de $N = 5 \times 10^6$.

Levantamento deflectométrico

A determinação das deflexões foi realizada utilizando-se o deflectômetro de impacto do tipo *Falling Weight Deflectômetro* (FWD). Os procedimentos utilizados no levantamento das deflexões em campo foram adotados de acordo com a Norma DNER (1996). Os pontos de ensaio com o FWD foram escolhidos ao longo de cada Via estudada. Estes pontos foram escolhidos com espaçamento de 20m. Estes pontos foram nomeados de Estaca com numerações de 0 a 19, no caso da Via Secundária 02A, e numerações de 0 a 31 no caso da Via Secundária 02B. As medidas das bacias de deflexões recuperáveis foram realizadas em faixas alternadas. As deflexões máximas no centro da aplicação da carga foram utilizadas para definição dos segmentos homogêneos. Após definidos os pontos de aplicação de carga com o FWD, para medidas da deflexão, estes pontos foram demarcados ao longo da via, com suas respectivas identificações, conforme apresentam as Figuras 3 e 4.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 3 – Realização do levantamento deflectométrico

Figura 4 – Realização do levantamento

Deflexão Admissível x Deflexão Medida com FWD

A partir do número N, foi determinada a deflexão máxima admissível, de acordo com as equações propostas pelas normas citadas a seguir:

- DNER (1979): Log D_{adm} = 3,01 - 0,176 Log N;
- DNER (1994b): Log D_{adm} = 3,148 - 0,188 Log N.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos parâmetros utilizados na avaliação do pavimento estudado e a Deflexão Admissível, de acordo com as normas já citadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1 – Parâmetros utilizados na avaliação

Trecho	Volume Médio Diário (VMD)		Fator de Equivalência	Deflexão admissível (x 10^{-2}mm)	
	1º ano	10º ano		Norma DNER-PRO 011/79	Norma DNER-PRO 269/94
Acesso Principal	2.750	4.702	1,60 E+08	38	40

De acordo com a empresa responsável pela recuperação do pavimento, a Deflexão Admissível será aquela proposta pela Norma DNER (1994): D_{adm} = 40 x 10^{-2} mm.

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam, respectivamente, o gráfico das deflexões obtidas em campo, o histograma de distribuição definidos através do agrupamento das deflexões recuperáveis, e a Deflexão média para cada intervalo definido pelo histograma de deflexões, todos referentes à Via Secundária 02A.

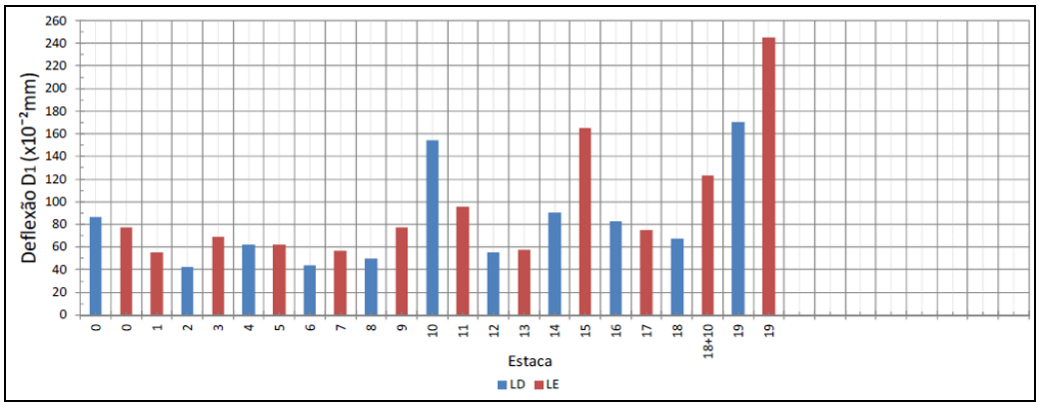


Figura 5 – Gráfico das deflexões obtidas em campo para a Via Secundária 02ª

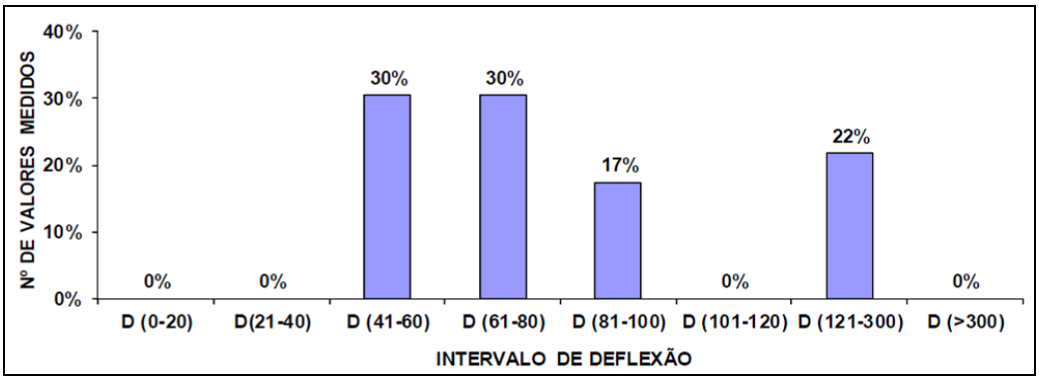


Figura 6 – Histograma de distribuição das deflexões medidas na Via Secundária 02A

ISBN: 978-85-65425-32-2

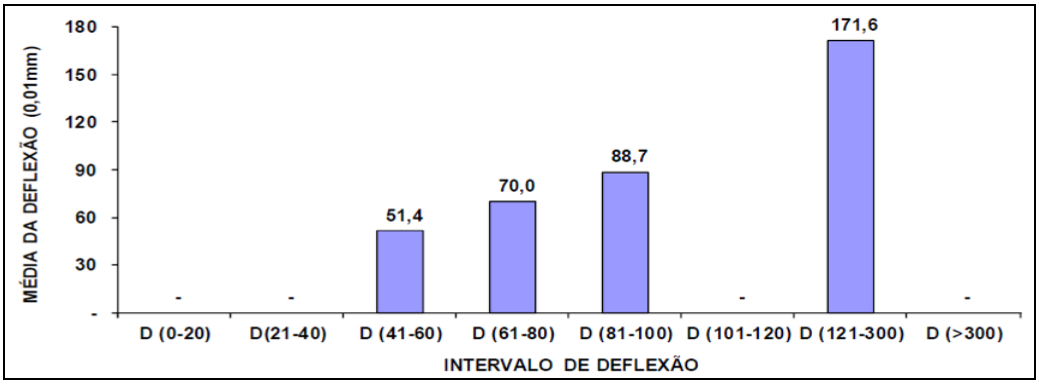


Figura 7 – Deflexão média por intervalo de deflexões – Via Secundária 02 A

De acordo com os gráficos apresentados acima, em torno de 78,26% das deflexões apresentam valores abaixo de 100 x 10^{-2} mm e 60,87% das deflexões apresentam valores abaixo de 80 x 10^{-2} mm. As Figuras 8, 9 e 10 apresentam, respectivamente, o gráfico das deflexões obtidas em campo, o histograma de distribuição definidos através do agrupamento das deflexões recuperáveis, e a Deflexão média para cada intervalo definido pelo histograma de deflexões, todos referentes à Via Secundária 02B.

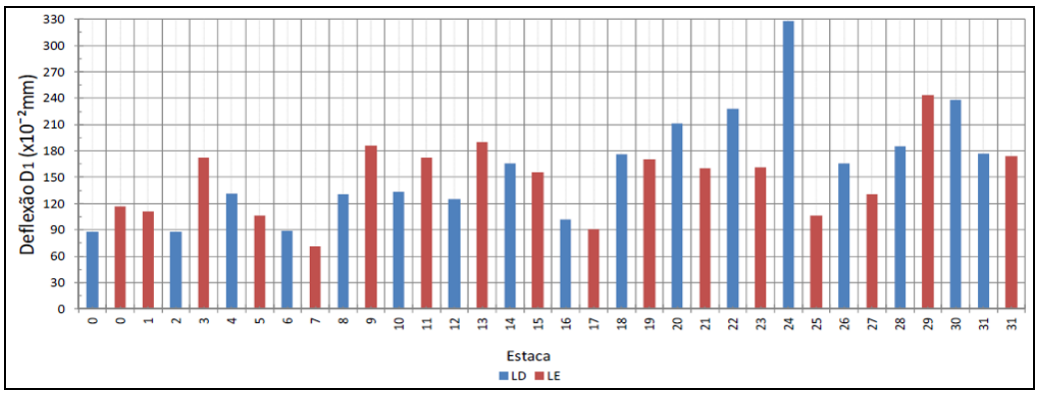


Figura 8 – Gráfico das deflexões obtidas em campo para a Via Secundária 02B

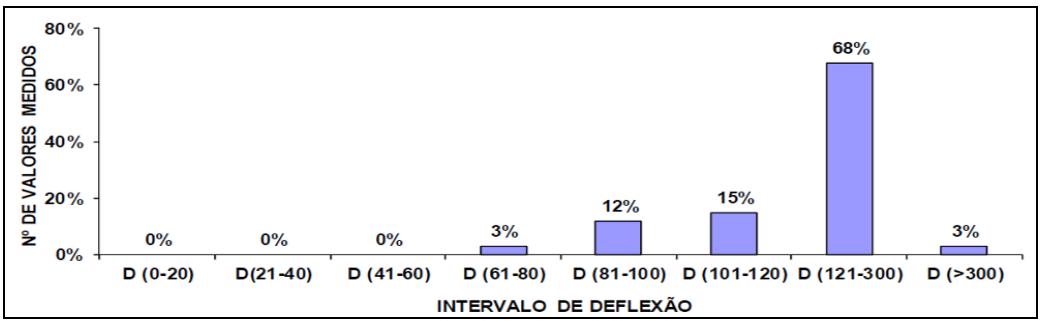


Figura 9 – Histograma de distribuição das deflexões recuperáveis medidas na Via Secundária 02B

ISBN: 978-85-65425-32-2

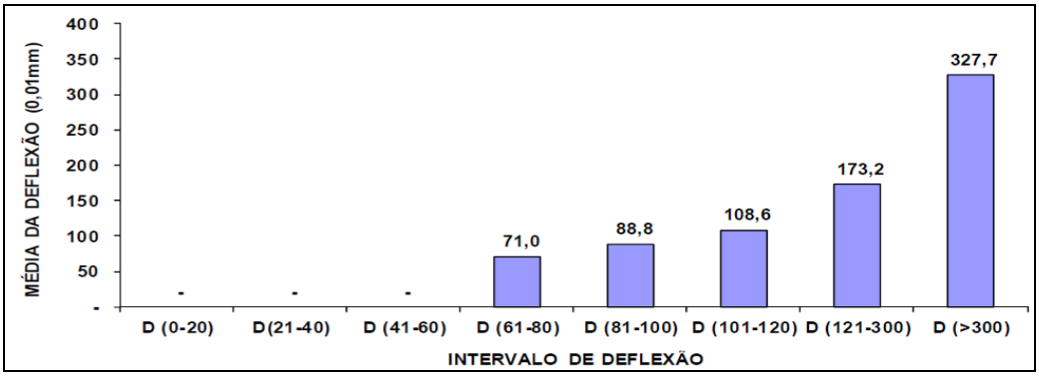


Figura 10 – Deflexão média por intervalo de deflexões – Via Secundária 02 B

De acordo com os gráficos apresentados acima, aproximadamente 29,41% das deflexões apresentam valores abaixo de 120 x 10^{-2} mm, 14,71% apresentam valores abaixo de 100 x 10^{-2} mm e apenas 2,94% das deflexões apresentam valores abaixo de 80 x 10^{-2} mm.

Com o objetivo de conhecer as características físicas dos materiais utilizados nas camadas de terraplenagem, foram realizadas janelas de inspeção, com dimensões aproximadas de 1,00 x 1,00m (largura x comprimento), a profundidade destas janelas apresentaram-se em dimensões variadas a depender da espessura das camadas de terraplenagem e, da umidade do solo local. O Projeto de Pavimentação apresentado pela Empresa que projetou o pavimento indicava a composição das camadas conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Composição do pavimento conforme o Projeto

Ao realizar as janelas de inspeção em campo, foi verificado que, muitas das camadas avaliadas, apresentavam espessuras superiores àquelas indicadas no projeto do pavimento. As espessuras verificadas nas janelas de inspeção foram então anotadas para posterior avaliação. Para cada uma das camadas verificadas nas janelas de inspeção, foi anotada a espessura da camada, realizados ensaios de densidade *in situ* e verificada a umidade do solo. Amostras do material utilizado nas camadas foram também coletadas e encaminhadas ao laboratório onde foram realizados os ensaios. As Figuras 12, 13, 14 e 15 apresentam

ISBN: 978-85-65425-32-2

fotografias da realização da inspeção em cada uma das janelas estudadas, sendo assim observadas a medição das camadas e a realização dos ensaios de densidade *in situ*.

Figura 12 – Janela de Inspeção localizada na Estaca 09

Figura 13 – Verificação da espessura da camada na Janela

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 – Janela de Inspeção localizada na Estaca 10

Figura 15 – Janela de Inspeção localizada na Estaca 30

O Quadro 02 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de campo e laboratório, bem como a espessura de cada uma das camadas executadas e ensaiadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 02 – Resultados dos ensaios realizados em campo e laboratório

LOCALIZAÇÃO DA JANELA	CAMADA	PROFUNDIDADE DA CAMADA(cm)	GRANULOMETRIA							LIMITES DE CONSISTÊNCIA (%)			CLASSIFICAÇÃO TRB	COMPACTAÇÃO		IND. SUP.		DENSIDADE "IN SITU"		
			PESO PASSANDO NAS PENEIRAS (%)											DENS. AP. SECA MÁX. (kg/m³)	UMID. ÓTIMA (%)	CBR (%)	EXP. (%)	DENS. AP. SECA DE CAMPO (kg/m³)	UMID. SPEEDY (%)	GC (%)
			2"	1"	3/8"	nº4	nº10	nº40	nº200	LL	LP	IP								
Estaca 9 (VIA DE ACESSO 02A)	BASE	8-23	100,0	100,0	88,8	53,0	31,1	13,0	6,5	NL	NP	-	A-1-A	2.066	6,9	179,0	0,0	2.062	8,8	99,8
	SUB-BASE	23 - 38	100,0	100,0	69,6	60,5	47,7	39,5	29,6	NL	NP	-	A-2-4	2.078	8,1	139,9	0,0	2.025	9,4	97,4
	3ª MS	38-58	100,0	74,4	63,5	60,4	56,0	33,4	24,0	25	22,4	2,6	A-2-4	2.016	8,4	6,3	0,0	1.987	9,2	98,6
	2ª MS	58-78	100,0	100,0	99,6	99,1	96,7	58,8	43,9	33,2	25,4	7,8	A-4	1.904	9,7	2,8	3,3	1.823	16,0	95,7
	1ª MS	78-93	100,0	100,0	100,0	99,7	98,0	65,7	50,7	39,6	30,1	9,5	A-4	1.880	11,3	2,8	4,4	1.777	16,2	94,5
Estaca 18+10 (VIA DE ACESSO 02A)	BASE	7 a 22	100,0	97,7	88,8	85,1	79,8	61,0	44,8	NL	NP	-	A-4	2.119	5,8	153,3	0,0	2.028	10,0	95,7
	SUB-BASE	22 a 42	100,0	100,0	90,6	86,2	79,7	45,5	32,7	43,6	22,4	21,2	A-2-7	2.037	7,3	19,4	1,7	1.966	12,0	96,5
	3ª MS	40 a 60	100,0	100,0	99,5	98,5	94,2	57,7	43,5	42,8	26,6	16,2	A-7	1.886	11,6	5,7	1,5	1.801	15,6	95,5
	2ª MS	60 a 80	100,0	100,0	96,2	89,7	85,2	81,7	76,7	52,2	43	9,2	A-5	1.545	10,8	10,7	2,1	CAMADA MUITO ÚMIDA		
ESTACA 10 (VIA DE ACESSO 02B)	BASE	7-27	100,0	91,5	49,4	39,2	29,0	18,2	11,5	NL	NP	-	A-1-A	2.099	8,9	71,6	0,1	2.029	8,2	96,7
	SUB-BASE	22-42	100,0	94,1	84,8	81,3	76,9	68,3	59,7	34,6	28,2	6,4	A-4	1.921	10,9	5,4	1,5	1.902	11,0	99,0
	3ª MS	27-47	100,0	99,1	83,2	77,5	71,6	58,6	42,0	39,0	27,5	11,5	A-6	1.961	9,8	11,4	0,9	1.920	20,5	97,9
	2ª MS	47-77	100,0	100,0	100,0	99,1	97,3	87,3	73,9	31,9	24,8	7,1	A-4	1.870	11,9	16,5	0,1	1.805	21,0	96,5
	1ª MS	77-100	100,0	100,0	99,7	99,1	98,0	87,3	78,4	49,9	41,6	8,3	A-5	1.449	19,6	3,7	4,7	1.450	24,0	100,1
ESTACA 20 (VIA DE ACESSO 02B)	BASE	16 -31	100,0	91,9	71,4	65,2	59,3	33,2	19,1	NL	NP	-	A-2-4	2.114	8,1	120,7	0,2	1.948	8,0	92,1
	SUB-BASE	31 -47	100,0	100,0	92,3	86,7	75,5	53,1	41,9	37,8	29,4	8,4	A-4	1.754	12,5	2,6	7,0	1.626	17,4	92,7
	3ª MS	47-71	100,0	100,0	99,1	91,4	86,9	84,5	80,4	47,8	41,8	6,0	A-5	1.393	23,1	12,2	1,3	1.314	18,0	94,3
	2ª MS	71 - 91	100,0	100,0	99,8	99,2	98,4	96,5	92,2	58,7	46	12,7	A-7	1.429	24,6	4,2	5,1	1.360	26,8	95,2
	1ª MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CAMADA SATURADA		
ESTACA 30 (VIA DE ACESSO 02B)	BASE	0 - 13	100,0	79,6	42,4	34,4	25,1	9,8	5,7	NL	NP	-	A-1-A	2.140	4,2	147,1	0,9	CAMADA SATURADA		
	SUB-BASE	13 - 53	100,0	100,0	99,4	99,0	98,1	63,8	49,7	39,7	27,6	12,1	A-6	1.945	9,5	26,9	1,8			
	3ª MS	53-68	100,0	100,0	94,7	90,3	85,1	32,6	12,0	30,7	24,9	5,8	A-2-4	1.860	12,5	15,0	0,4			
	2ª MS	68 - 88	100,0	100,0	99,9	99,6	99,3	93,9	82,9	42,1	19,8	22,3	A-7-6	1.736	14,9	16,5	0,8			
	1ª MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Análise dos resultados

De acordo com as medições de deflexões em campo verifica-se que todos os pontos de ensaio, tanto na Via de Acesso 02A, como na Via de Acesso 02B, apresentaram deflexões superiores à Deflexão Máxima Admissível (D_{adm}). De acordo com as recomendações do Projeto de Recuperação do Pavimento, e com a Norma DNER (1994b), a D_{adm} é igual a 40 x 10^{-2} mm. Os gráficos apresentados nas Figuras 15 e 18 indicam o estudo estatístico

ISBN: 978-85-65425-32-2

realizado com as deflexões medidas em campo para as Vias de Acesso 02A e 02B, respectivamente. A avaliação estrutural através do Deflectômetro de Impacto FWD indicou que as estruturas executadas estão com deslocamentos verticais (deflexões) excessivos. Os projetos modernos de pavimentação visam não somente determinar a resistência dos materiais, mas também limitar as deformações e tensões de tração que podem causar a fadiga do revestimento e o aparecimento de fissura precocemente. Portanto, o controle rigoroso das deflexões deverá minimizar os riscos de ruptura prematura do revestimento e de camadas cimentada. A estrutura existente não suportará o tráfego previsto, podendo ocorrer a ruptura precoce, fato este inclusive já observado em alguns pontos da Via. O Quadro 03 apresenta o resumo das deflexões máximas obtidas para o sensor localizado no centro de carga. Verifica-se que as deflexões são elevadas para o tipo de pavimento e a carga prevista.

Quadro 03 – Resumo estatístico das Deflexões medidas com o FWD

Via	Medidas das Deflexões (x 10^{-2} mm)	Desvio Padrão das Deflexões (x 10^{-2} mm)	Deflexão Característica (x 10^{-2} mm)	Numero de ensaios realizados
Acesso 02A	89,7	50,1	139,8	23
Acesso 02B	155,3	54,3	209,6	34

As Deflexões Características (Média + Desvio Padrão) para as Vias de Acesso 02A e 02B indicam que a estrutura apresenta deformabilidade incompatível com o tráfego previsto. Em todas as situações e trechos estudos as deflexões estão muito além dos valores esperados para as estruturas e materiais empregados. Essa conclusão enseja a possibilidade de deficiência de compactação dos materiais. Os reflexos será a ruptura precoce da camada asfáltica que não tem capacidade de suportar as deformações excessivas identificadas nos ensaios. Para cada uma das camadas do pavimento, foram analisados os resultados dos ensaios apresentados no Quadro 04, fazendo assim a comparação com os valores admissíveis apresentados pelas normas e pelo projeto de pavimentação. De acordo com o Projeto do Pavimento elaborado para a referida obra, esta camada deveria ser realizada com espessura de 15 cm, apresentando o material as qualidades exigidas na Norma DNIT (2010c), com granulometria da mistura enquadrando-se na Faixa B da referida norma. O Projeto indicou também a necessidade de execução desta camada de acordo com as recomendações da norma citada. Após abertura das janelas de inspeção e realização dos ensaios de compactação (energia modificada), ISC (energia modificada), granulometria por peneiramento e limites de consistência, foi avaliada a qualidade do material de acordo com as recomendações da norma de referência. Os resultados obtidos foram sintetizados e apresentados no Quadro 04.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 04 – Avaliação da camada de Base de acordo com a Norma DNIT (2010c)

Localização da Janela	Ensaio realizado (Critério de aceitação)						Situação
	ISC (>80%)	Granulom. (Faixa B)	LL (< 25%)	IP (< 6%)	Expansão (< 0,5%)	Grau de compact. (> 100%)	
Estaca 9 (Acesso 02A)	179,0	Faixa B	NL	NP	0,0	99,8	Grau de comp. inferior ao recomendado.
Estaca 18+10 (Acesso 02A)	153,3	Faixa B	NL	NP	0,0	95,7	Grau de comp. inferior ao recomendado.
Estaca 10 (Acesso 02B)	71,6	Faixa B	NL	NP	0,1	96,7	ISC e Grau de comp. inferior ao recomendado.
Estaca 20 (Acesso 02B)	120,7	Faixa B	NL	NP	0,2	92,1	Grau de compactação inferior ao recomenda
Estaca 20 (Acesso 02B)	147,1	Faixa B	NL	NP	0,9	*	Expansão superior ao recomendado. *Camada saturada.

Conforme registros do controle de execução da obra, a camada de sub-base de solo-brita foi realizada com mistura de solo local na proporção de 85%, com 15% de brita. As camadas de Sub-base de solo-brita, de maneira geral, não atendem às especificações citadas na Norma DNIT (2010b), conforme indica o Quadro 05.

Quadro 05 – Avaliação da camada de Sub-base de acordo com a Norma DNIT (2010b)

Localização da Janela	Ensaio realizado (Critério de aceitação)				Situação
	ISC (>20%)	Índice de Grupo (= 0)	Expansão (< 1,0%)	Grau de compact. (> 100%)	
Estaca 9 (Acesso 02A)	139,9	0	0,0	97,4	Grau de comp. inferior ao recomendado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Estaca 18+10 (Acesso 02A)	19,4	0	1,7	96,5	ISC e Grau de comp. inferior ao recomendado. Expansão superior ao recomendado.
Estaca 10 (Acesso 02B)	5,4	5	1,5	99,0	ISC e Grau de comp. inferior ao recomendado. Expansão e Índice de Grupo superior ao recomendado.
Estaca 20 (Acesso 02B)	2,6	1	7,0	92,7	ISC e Grau de comp. inferior ao recomendado. Expansão e Índice de Grupo superior ao recomendado.
Estaca 20 (Acesso 02B)	26,9	3	1,8	*	ISC inferior ao recomendado. Expansão e Índice de Grupo superior ao recomendado. * Camada saturada.

As três camadas de reforço do subleito (MS) foram avaliadas de acordo com a Norma DNIT (2010a). De acordo com os parâmetros obtidos nos ensaios, verifica-se que o solo apresenta no geral baixa capacidade de suporte (baixo ISC), e variados resultados de expansão, conforme apresenta o Quadro 06. O solo utilizado nestas camadas é de origem local, contudo obtido de diferentes profundidades, sem a ocorrência de um rígido controle na sua seleção antes da execução da compactação. Verificou-se no geral que as camadas apresentavam umidade elevadas, estando, em alguns pontos, a camada totalmente saturada. Foram observados também baixos valores para o grau de compactação em diferentes pontos.

Quadro 06 – Avaliação das camadas de reforço do subleito de acordo com a Norma DNIT (2010a)

Localização da Janela	**Camada**	**Ensaio realizado (Critério de aceitação)**			**Situação**
		ISC (> 10%)	**Expansão (< 2,0%)**	**Grau de compact. (> 100%)**	
Estaca 9 (Via de Acesso 02A)	3ª MS	6,3	0,0	98,6	Camadas com ISC e Grau de Comp. inferiores ao recomendado em norma. Expansão para as 2ª e 3ª camadas superiores ao recomendado.
	2ª MS	2,8	3,3	95,7	
	1ª MS	2,8	4,4	94,5	

ISBN: 978-85-65425-32-2

Estaca 18+10 (Via de Acesso 02A)	3ª MS	5,7	1,5	96,5	3ª camada com ISC e Grau de Comp. baixos. 2ª camada com expansão e Grau de Comp. baixos.
	2ª MS	10,7	2,1	95,5	
	1ª MS	-	-	-	Camada muito úmida.
Estaca 10 (Via de Acesso 02B)	3ª MS	11,4	0,9	97,9	3ª e 2ª camadas com Grau de Comp. baixos. A 1ª camada apresentou valores para o ISC e a expansão em desacordo com as recomendações.
	2ª MS	16,5	0,1	96,5	
	1ª MS	3,7	4,7	100,1	
Estaca 20 (Via de Acesso 02B)	3ª MS	12,2	1,3	94,3	As camadas apresentaram todos os índices em desacordo com a Norma.
	2ª MS	4,2	5,1	95,2	
	1ª MS	-	-	-	Camada saturada.
Estaca 20 (Via de Acesso 02B)	3ª MS	15,0	0,4	-	O material atende aos parâmetros exigidos para o ISC e a expansão, contudo a camada apresentou-se saturada.
	2ª MS	16,5	0,8	-	
	1ª MS	-	-	-	Camada saturada.

5. Conclusões

O controle rigoroso das deflexões durante o período de execução das camadas de reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico deve sempre ser realizado de forma a identificar possíveis problemas em tempo hábil de correção e/ou adoção de possíveis ajustes ao projeto do pavimento executado. Estes procedimentos visam minimizar os riscos de ruptura prematura do pavimento, promovendo assim uma maior vida útil. Conforme recomendações do DNIT, estes procedimentos podem ser adotados com baixo custo para a obra, podendo ser realizado através de controle deflectométrico com a Viga *Benkelman*.

Os pavimentos flexíveis aqui estudados indicam que a estrutura existente não suportará o tráfego previsto com ruptura precoce, fato este, inclusive já observado em alguns pontos da via. Durante a abertura das janelas de inspeção, verificou-se a baixa resistência da camada de revestimento, podendo esta ser removida facilmente com o uso de pá e picareta.

De maneira geral, as deflexões excessivas estão diretamente relacionadas com vícios construtivos devido à qualidade dos materiais empregados (solos, misturas estabilizadas granulometricamente e Concreto Betuminoso a Quente), deficiência de compactação e desrespeito ao controle da umidade dos materiais utilizados nas camadas de terraplenagem.

Os valores de ISC dos materiais ensaiados estão, no geral, abaixo do recomendado em projeto e nas Especificações do DNIT, sendo este fato observado nas camadas de base,

ISBN: 978-85-65425-32-2

sub-base e reforço do subleito. Os materiais da sub-base e camadas de reforço do subleito apresentam, no geral, excesso de finos e elevados índices de expansão, que ao entrar em contato com a água apresenta perda de resistência e deformações plásticas excessivas. Muitos dos ensaios de densidade *in situ* (realizados pelo método do frasco de areia) indicam camadas com espessuras elevadas, graus de compactação baixos e umidades elevadas, refletindo problemas no processo executivo. Estes dados obtidos nos ensaios de densidade *in situ* indicam grandes perspectivas do pavimento apresentar ao longo de sua vida útil baixa estabilidade volumétrica, baixa resistência à compressão, elevada permeabilidade e elevada deformabilidade.

Referências

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L.M .G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES,J.B. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Petrobras, ABEDA, Rio de Janeiro, 2007.

BORGES, C. B. S. Estudo comparativo entre medidas de deflexão com Viga *Benkelman* e FWD em pavimentos da malha rodoviária estadual de Santa Catarina. Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis, 2001.

DNER. Procedimento PRO 011/79 - Avaliação estrutural de pavimentos flexíveis. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro/RJ, 1979.

DNER. Método de Ensaio ME 024/94 - Determinação das Deflexões no Pavimento pela Viga *Benkelman.* Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro/RJ, 1994a.

DNER. Procedimento PRO 269/94 - Projeto de restauração de pavimentos flexíveis - TECNAPAV. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro/RJ, 1994b.

DNER. Procedimento PRO 273/96 - Determinação de Deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo "*Falling Weight Deflectometer*" – FWD. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro/RJ, 1996.

DNIT. Manual de Pavimentação. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 3. ed. – Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Especificação de Serviço ES 137/2010 - Pavimentação – Regularização do subleito. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Rio de Janeiro/RJ, 2010a.

ISBN: 978-85-65425-32-2

DNIT. Especificação de Serviço ES 139/2010 - Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Rio de Janeiro/RJ, 2010b.

DNIT. Especificação de Serviço ES 141/2010 - Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Rio de Janeiro/RJ, 2010c.

DOMINGUES, F. A. A. MID – Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos. 1ª ed. São Paulo – SP, 1993.

MACÊDO, J. A. G. Interpretação de Ensaios Deflectométricos para Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

MAGALHÃES, S. T. Relatório de Diagnóstico de Pavimentos Flexíveis. Empresa de Consultoria PDCA Engenharia Ltda. Recife/PE, 2012.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DA INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO: CASO DE UMA ESCOLA EM ANGICOS/RN

Study Of The Impact Of Pathological Manifestations In A Building: Case Of A School In Angicos/RN

Antunes França EDUARDO[1], Juliana Estefanie da Silva SANTOS[2], Marcilene Vieira da NÓBREGA[3]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos/RN, Brasil, antunesfilho1@hotmail.com

[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos/RN, Brasil, juliana_estephany@hotmail.com

[3] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos/RN, Brasil, marcilenenobrega@ufersa.edu.br

Resumo: A presença de manifestações patológicas em edificações antigas é comum, pois antes as técnicas construtivas eram mais rudimentares e susceptíveis a falhas no processo de construção. Essas falhas, podem surgir da deficiência de projeto, de deficiências de execução, má qualidade dos materiais ou o seu emprego inadequado. Além dessas falhas, a interação do meio ambiente (sol, chuva, vento, etc.) contribuem para a deterioração das edificações, pois colaboram para o surgimento de manifestações patológicas que diminuem a vida útil da edificação. Dessa maneira, faz-se necessária a manutenção das edificações com o objetivo de diminuir as manifestações patológicas e todas as deficiências que possam minimizar a vida útil da edificação, principalmente, nas edificações que possuem um valor histórico. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo principal estudar as manifestações patológicas existentes no prédio do Educandário Padre Félix que é uma edificação antiga e que possui um valor histórico e também identificar as causas dessas manifestações e um plano de manutenção preventiva e corretiva dessas manifestações. Para se atingir o objetivo foi realizado um levantamento das principais manifestações patológicas presentes na edificação, por meio de registros fotográficos, medição de todos os ambientes da edificação, e com isso, possibilitar a construção da planta baixa e do mapa de danos da edificação. As manifestações presentes na edificação foram: fissuras, destacamento da pintura, eflorescência, bolor, desprendimento de revestimento argamassado e cerâmico. A maior parte dessas manifestações estavam ligadas a presença de umidade na edificação ocasionada pela ascensão capilar da água do solo e da água oriunda de infiltrações no teto da edificação que encontra-se deteriorado em alguns pontos.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Edificações antigas. Construção civil.

Abstract: The presence of pathological manifestations in old buildings is common, because before the construction techniques were more rudimentary and susceptible to failures in the construction process. These failures may arise from design deficiencies, execution deficiencies, poor quality of materials or inappropriate use of materials. In addition to these faults, the interaction of the environment (sun, rain, wind, etc.) contributes to the deterioration of the buildings, and consequently contributes to the appearance of

ISBN: 978-85-65425-32-2

pathological manifestations that diminish the useful life of the building. In this way, it is necessary to maintain the buildings with the purpose of reducing the pathological manifestations and all the deficiencies that can minimize the useful life of the building, mainly, in the buildings that have a historical value. In this context, this work had as main objective to study the pathological manifestations existing in the building of the Padre Félix Educandário which is an old building and that has a historical value and also to identify the causes of these manifestations and a plan of preventive and corrective maintenance of these manifestations. In order to reach the objective, a survey of the main pathological manifestations present in the building was carried out, by means of photographic records, measuring all the environments of the building, and with this, to enable the construction of the ground floor and the damage map of the building. The manifestations present in the building were: fissures, detachment of the painting, efflorescence, mold, detachment of mortar and ceramic coating. Most of these manifestations were related to the presence of humidity in the building caused by the capillary rise of the water of the soil and the water coming from infiltrations in the roof of the building that is deteriorated in some points.

Keywords: Pathological manifestations. Old buildings. Construction.

1. Introdução

Para Silva (2008), as obras de construção civil possuem um tempo de vida útil e o que determina esse tempo é um conjunto de fatores a qual a obra estará exposta, portanto nenhuma edificação é eternamente durável. A interação com o meio ambiente (sol, chuva, vento, frio, calor etc.) é um dos fatores que contribui para a deterioração das edificações e consequentemente o surgimento de manifestações patológicas.

O estudo das manifestações patológicas é muito importante, pois, conforme Lira (2015) as edificações em geral estão suscetíveis ao surgimento dessas manifestações e quando o surgimento desse fenômeno se concretiza, compromete e ameaça o desempenho da edificação, sendo necessária a realização de diagnóstico sempre que ocorra surgimento de anomalias em uma edificação. Além da necessidade do diagnóstico é de fundamental importância o reparo das manifestações patológicas detectadas para a utilização da edificação, garantindo aos seus usuários conforto e segurança e em edificações antigas além disso, tem-se que preservar as edificações devido a sua representatividade histórica.

A edificação estudada tem um valor histórico muito grande para os cidadãos angicanos, pois no ano de 1944 foi instalado nesse prédio, o primeiro colégio de ensino fundamental de Angicos, no ano de 1970 foi instalado o curso do 2° grau que funcionou até 1985 e mais recente no ano de 2009 até 2011 foi sede provisória da Universidade Federal Rural do Semi-Árido campus Angicos. Até hoje essa edificação colabora para a educação na cidade de Angicos onde funciona o Educandário Padre Félix. Devido a essa representatividade histórica do prédio, o tempo de sua edificação e também ao fato da edificação ao longo da sua vida útil ter passado por poucos reparos, foi visto a necessidade de se estudar as manifestações patológicas existente nesse prédio com o objetivo de conservá-lo e para isso, conseguir propor um plano de manutenção para aumentar o tempo de vida útil dessa edificação que faz parte da história de Angicos/RN.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2. Metodologia

Para se atingir o objetivo da pesquisa, primeiramente, teve-se que fazer um inspeção visual acompanhada de um levantamento de registros fotográficos em visitas que foram realizadas nas edificações para identificar as manifestações patológicas presentes na edificação com o auxílio de revisão bibliográfica, em seguida foi realizada a construção do mapa de danos da edificação e por fim foi elaborado um plano de manutenção preventivo e corretivo através de auxílio dos registros fotográficos e de consulta bibliográfica.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Fissuras

De acordo com Peres (2001), fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas que se caracterizam por pequenas aberturas que podem surgir tanto na estrutura, como nos revestimentos de uma edificação.

De acordo com Duarte (1998), as fissuras podem ser classificadas quanto a atividade em: ativas, que são fissuras que sofrem variação na abertura em determinado período de tempo, ou inativas (estabilizadas), que são fissuras que não sofrem alterações na abertura ou comprimento ao longo do tempo.

Para Vitório (2003), as aberturas podem ser classificadas de acordo com a espessura da abertura, descrita da seguinte maneira:

- **Fissura** é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm.
- **Trinca** é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm.
- **Rachadura** é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm.
- **Fenda** é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, com espessura superior a 1,5mm.

Vitório (2003) afirma que os fatores geradores de fissuração mais conhecidos são: a retração, variação de temperatura e a sobrecarga de tração ou compressão em elementos da estrutura. Thomaz (1989) ainda acrescenta outros fatores como a deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado e o recalque de fundações.

3.2 Eflorescência

A eflorescência é um depósito de sais acumulado sobre a superfície das alvenarias, de composição e aspecto variáveis de acordo com o tipo de sal depositado (VITÓRIO, 2003).

ISBN: 978-85-65425-32-2

De acordo com Segat (2005), esse fenômeno resulta da migração de sais solúveis presentes no cimento, nos tijolos, na argamassa, no concreto ou na areia, utilizada para promover a trabalhabilidade e hidratação do cimento. A água existente na argamassa é o agente transportador dos sais presente nesses materiais para a superfície da alvenaria, evaporando e ficando os sais acumulados na superfície na forma de pó branco.

3.3 Bolor

O bolor ou mofo é o surgimento de fungos em locais da edificação que possuem pouca ou nenhuma ventilação, e luminosidade, o surgimento de tal manifestação pode aumentar com a presença de umidade nesses locais. Segundo Sadika (2013), essa umidade pode ser proveniente do excesso da mesma no ar devido ao clima, a falhas construtivas ou à umidade interna da parede adquirida pela capilaridade, ou mesmo por erro ou falta de impermeabilização.

4. Resultados e discussões

Para melhor identificar incidência de manifestações patológicas presentes na edificação, foi construído um mapa de dano. O mapa de dano foi dividido entre o pavimento térreo e o pavimento superior.

O mapa de danos do pavimento térreo é mostrado na Figura 1. Através desse mapa de danos pode identificar a incidência das seguintes manifestações patológicas no pavimento térreo: fissura pontual, fissura no forro, fissura no piso, destacamento da pintura, eflorescência, destacamento de revestimento cerâmico, desprendimento de revestimento e bolor.

Figura 1 – Mapa de danos do pavimento térreo

ISBN: 978-85-65425-32-2

O mapa de danos do pavimento superior pode ser observado na Figura 2, nesse pavimento foram encontradas as seguintes manifestações patológicas: fissuras pontuais, fissuras no forro, fissuras no piso, destacamento da pintua e bolor.

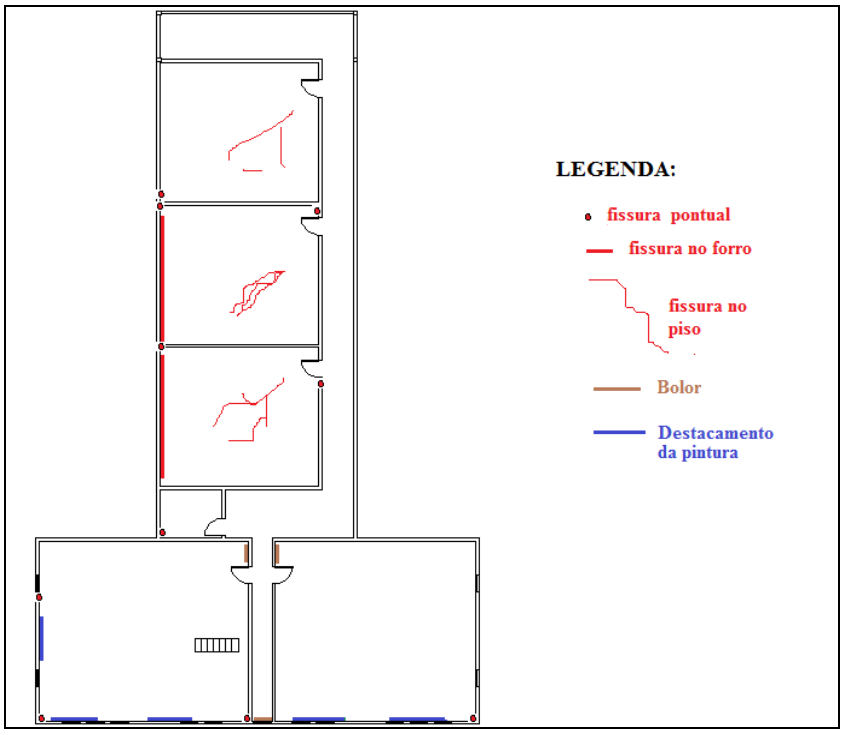


Figura 2 – Mapa de danos do pavimento superior

4.1 Manifestções patológicas presentes na edificação e suas causas

Através dos mapas de danos, pode-se verificar que as manifestações presentes na edificação, são: fissuras pontuais no encontro de paredes, fissuras pontuais no encontro de pilares e paredes, fissuras pontuais no encontro da cobertura com a alvenaria, fissuras no forro, fissuras no piso, fissuras pontuais no revestimento, destacamento da pintura, desprendimento de revestimento, desprendimento de placas cerâmicas, eflorescência e bolor. Nesse tópico será mostrado registos fotográficos das manifestações e as causas da incidência dessas manifestações na ediificação.

- **Fissuras no encontro de paredes**

A fissura no encontro das paredes mostrada na Figura 3 é o tipo de fissura mais frequente na edificação, sua causa de acordo com Thomaz (1989) é devido a movimentação higroscópica da alvenaria.

ISBN: 978-85-65425-32-2

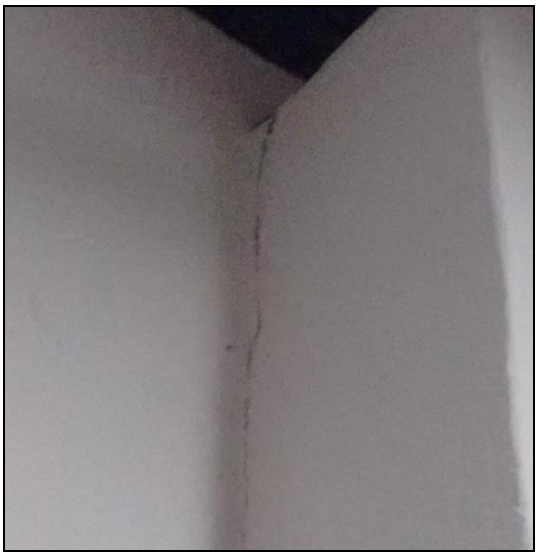


Figura 3 – Fissura no encontro de paredes

- **Fissura no encontro de pilar com a parede**

Nessa edificação foram encontradas fissuras pontuais onde se localizam no encontro de pilar com a parede, como é mostrado na Figura 4. Tendo em vista que parede e pilar se deformam de acordo com os esforços solicitantes de maneira diferente, por serem dois materiais distintos, esses elementos irão se deformar também de maneira distinta, sendo assim, quando solicitados a tração, se não tiver uma amarração entre o pilar e a parede, vai ocorrer a fissuração entre esses elementos. A ausência dessa amarração foi o que ocasionou as fissuras desse tipo na edificação.

Figura 4 – Fissura no encontro do pilar com a parede

ISBN: 978-85-65425-32-2

- **Fissuras no encontro da cobertura com a alvenaria**

A fissura no encontro da cobertura que é de madeira com a alvenaria como é mostrada na Figura 5, é causada pela expanção por movimentação higroscópica, pois a região está sujeita a umidade de infiltração, quando a argamassa se expande toca na madeira e depois que toca não tem mais como se expandir, logo ocorre a fissuração na região.

Figura 5 – Fissura no encontro da madeira com a alvenaria

- **Fissuras no forro**

As fissuras no forro de gesso apresentadas nesse ambiente são ocasionadas pela movimentação higroscópica do gesso que é a expansão do material quando ele absorve água ou a retração quando ele retém água. No caso da ocorrência desse tipo de fissura na edificação é causado pela expansão do material, pois ele absorve a água que é infiltrada no período de chuvas. Na Figura 6 é mostrada a fissura que ocorre nesses ambientes, nesta figura pode-se observar manchas ocasionadas pelo escoamento de água pela parede que foi justamente a causa da expansão do material.

Figura 6 – Fissura no forro em ambientes do pavimento superior

ISBN: 978-85-65425-32-2

- **Fissuras no piso**

Uma das manifestações encontradas foi fissuras no piso (Figura 7), essa manifestação só ocorreu em ambientes onde ocorre grandes variações de temperatura. A causa principal dessa manifestação foi as movimentações térmicas do piso devido a este estar exposto a altas variações de temperatura, este material se dilata ou se contrai e esse cimento acaba fissurando.

Figura 7 – Fissuras no piso

- **Fissuras no revestimento**

As fissuras no revestimento podem ser observadas na Figura 8. Essas fissuras segundo Verçoza (1991) *apud* Braga (2010) se apresentam de forma irregulares como teias de aranha e surgem devido à expansão ou retração da argamassa na fase de endurecimento. No caso da retração, a argamassa seca rapidamente, provocando o aparecimento de fissuras.

Figura 8 – Fissuras no reboco da parede externa da edificação

ISBN: 978-85-65425-32-2

- **Destacamento da pintura**

Em alguns locais ocorreu o destacamento com empolamento que ocasionou o destacamento da pintura como pode ser visto na Figura 9. Cincotto (1988) *apud* Segat (2005) afirma que a causa para esse tipo de destacamento é a infiltração de umidade e a existência de cal parcialmente hidratada. A umidade faz com que a cal que não foi hidratada corretamente se hidrate e assim ocorrendo uma reação exotérmica que ocasiona as bolhas denominadas de empolamento.

Figura 9 – Destacamento da pintura

Na edificação também ocorreu o destacamento da pintura com pulverulência (Figura 10), nesse caso os motivos para a ocorrência dessa manifestação de acordo com Segat (2005), é o traço pobre em aglomerantes ou excessivamente ricos em cal.

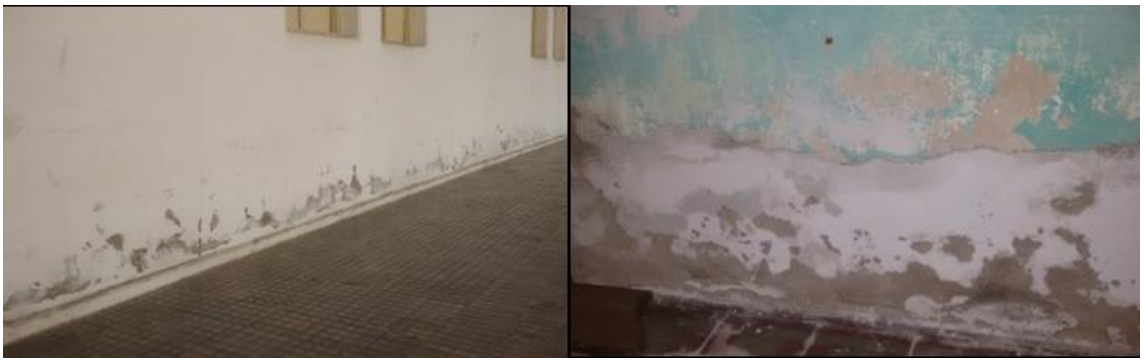


Figura 10 – Destacamento da pintura com pulverulência

Na Figura 11 é possível observar a presença de destacamento da pintura mostrado pelos círculos pretos e alguns pontos com presença de eflorescência que é destacado pelos círculos vermelhos. A causa dessas manifestações é decorrente a presença de umidade na edificação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 11 – Destacamento da pintura e pontos de eflorescência

A umidade presente na edificação também contribui para a tinta não aderir bem ao revestimento e com isso facilitando para que ocorra o destacamento da pintura, por isso, essa manifestação é tão frequente nessa edificação.

- **Desprendimento do revestimento**

Na edificação também foram encontrados desprendimento do revestimento, como observado na Figura 12. Esse desprendimento ocorreu pelo excesso de materiais pulverulentos, principalmente a cal na argamassa de revestimento. No caso do desprendimento no muro da edificação o que agravou esse desprendimento foi a falta de chapisco antes da aplicação do emboço.

Figura 12 – Desprendimento de revestimento

- **Desprendimento de placas cerâmicas**

O desprendimento de placas cerâmicas indicado na Figura 13 foi causado pela falta de aderência entre a cerâmica e a argamassa colante, essa falta de aderência foi sendo perdida ao longo do tempo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 13 – Desprendimento de placas cerâmicas no banheiro

- **Eflorescência**

A eflorescência inficada na Figura 14 é ocasionada devido a umidade de absorção e capilaridade da água do solo.

Figura 14 – Eflorescência em parede da edificação

- **Bolor**

O bolor apresentado em alguns ambientes é ocasionado pela umidade das instalações hidrossanitárias presentes no local de modo que a água escorre pelos canos até essas partes onde essa manifestação patológica é encontrada. Na Figura 15 podemos observar essa maniestação onde é destacada de vermelho e a sua causa destacada de preto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 15 – Bolor ocasionado pela umidade das instalações hidrossanitárias

4.2 Plano de manutenção

Neste item será proposto um programa de manutenção preventivo e corretivo para o Prédio do Educandário Padre Félix, de acordo com os resultados obtidos neste estudo, com o intuito de contribuir para que a edificação tenha uma maior durabilidade, pois só com a aplicação de um plano de manutenção é possível aumentar a vida útil das edificações, que é o que se interessa quando se trata de edificações históricas.

A maior parte das manifestações presentes na edificação tem como principal causa a umidade presente na edificação, entre elas estão:

- Destacamento da pintura já que a umidade presente nas paredes não possibilitarem uma melhor aderência entre a tinta e o revestimento, dessa maneira, facilitando o destacamento da pintura.
- Fissuras nos cantos das paredes devida a movimentação higroscópica do cimento e fissuras no forro também devida a movimentação higroscópica desse material.
- A eflorescência, pois a água possibilita a percolação dos sais até a superfície da parede.
- O bolor é devido a umidade causada pelas instalações sanitárias e de drenagem da edificação.

A umidade presente na edificação é devido a absorção e capilaridade da água presente no solo e em alguns ambientes, essa umidade é agravada devido a existência de infiltração da água de chuva. De acordo com o que foi relatado pelo pessoal que trabalha na escola, a edificação demora muito a passar por reparos, a última vez que foi realizado reparo na edificação foi em 2008, sendo assim, a infiltração que é apresentada no período chuvoso contribui muito para o surgimento das manifestações descritas acima mesmo Angicos e região estando em um período de poucas chuvas durante o inverno essas manifestações são agravadas quando o período de chuva era mais intenso e estão presentes até hoje por não ter sido realizados reparos.

Para que se possa fazer a manutenção corretiva dessas manifestações presentes na edificação citadas acima, tem-se primeiramente que se fazer uma manutenção preventiva de modo que deve ser realizado reparos da cobertura da edificação para que no período

ISBN: 978-85-65425-32-2

de chuva, a água não infiltre nas paredes do prédio, pois atualmente quando se chove acontece o que é mostrado na Figura 16, infiltração em diversos pontos da edificação.

Figura 16 – Infiltração da água da chuva no prédio

Depois da eliminação ou diminuição da umidade que gera essas manifestações como foi mencionado anteriormente, deve-se então:

Para a correção do desprendimento da pintura é necessário fazer o lixamento das paredes e aplicar tintas adequadas para ambientes úmidos. Para prevenir o aparecimento dessa manifestação é necessário a realização de reparos na pintura durante um intervalo de tempo menor do que vem acontecendo, como por exemplo de dois em dois anos.

O reparo de eflorescência deve ser feito de acordo com a norma brasileira NBR 7200 (1982) que recomenda uma limpeza com utilização de uma escova com cerdas de aço e ácido muriático (5% a 10% de concentração).

Para a correção de fissuras passivas que foram apresentadas na edificação, de acordo com Souza e Ripper (1998), as fissuras que apresentarem aberturas superior a 0,1 mm devem ser injetadas com material aderente e resistente, por exemplo, resina epóxi.

Para as fissuras apresentas no forro de gesso deve-se aplicar massa corrida, pasta de gesso ou de preferência um material aderente como a resina epóxi para unir as duas partes fissuradas.

Uma manifestação que é apresentada em menor incidência devido sua presença ser somente no banheiro é o destacamento da cerâmica. A cerâmica utilizada nos banheiros da edificação é muito antiga e apresenta alguns destacamentos e mesmo não apresentando o destacamento quando bate na cerâmica percebe-se que ela produz um som oco que segundo Roscoe (2008) indica que a cerâmica está se destacando da parede. Sendo assim, deve-se fazer a substituição desse revestimento cerâmico, pois pode ocasionar acidentes quando os estudantes da escola estiverem utilizando o banheiro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O bolor que está presente em alguns pontos da edificação é ocasionado pela umidade causada pelas instalações hidrossanitárias e de drenagem da edificação, o que deve ser feito é fazer com que a água que escoa pelos canos não entrem em contato com as paredes da edificação que é o que foi observado na Figura 15 ou impermeabilizar a área da parede que entra em contato com a água das instalações hidrossanitárias.

A manifestação encontrada no muro que foi o destacamento do revestimento em um estágio avançado para ser corrigida tem-se que fazer o corte com delimitações de áreas retangular, aplicar chapisco para melhorar a aderência da argamassa com o tijolo e por fim aplicar um novo revestimento.

5. Conclusões

Entre as principais observações feitas no decorrer do trabalho, pode-se concluir que:

- A manifestação mais frequente na edificação foi o destacamento da pintura, de modo que a falta de reparos, a umidade das paredes devido a ascensão capilar da água do solo, a umidade oriunda de infiltração de água das chuvas e a utilização de tintas de baixa qualidade são as causas dessa grande incidência.
- As fissuras também foram bem frequentes na edificação, a maior parte dessas estão localizadas nos encontros das paredes e nas áreas de contato da madeira presente na cobertura com as paredes da edificação.
- A eflorescência em paredes da edificação é ocasionada pela presença de sais oriundos dos tijolos e da argamassa de revestimento e que devida a umidade que possibilita a transferência dos sais presentes na argamassa até a superfície.
- O bolor presente na edificação encontra-se em locais que tem contato das instalações hidrossanitárias com a área da edificação, sendo assim, essas instalações proporcionam a esses locais, a umidade que é o principal fator para o surgimento de bolor.
- As infiltrações em ambientes forrados com gesso fazem com que a água da chuva entre em contato com o forro e possibilite assim a movimentação higroscópica desse elemento fazendo com que apareçam as fissuras.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Revestimento de paredes e tetos com argamassas: materiais, preparo, aplicação e manutenção: NBR 7200, Rio de Janeiro, 1982. 16p.

BRAGA, Célia Cavalcanti. Manifestações patológicas em conjuntos habitacionais: degradação das fachadas. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

DUARTE, R. B. Fissura em alvenarias; causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. (Boletim técnico, 25).

ISBN: 978-85-65425-32-2

LIRA, Ornella Almeida Lacerda. Estudo de manifestações patológicas do Centro Comercial Teonila Amélia Cruz de Araújo (Mercado Central) na cidade de Angicos – RN. 2015. 58f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2015.

ROSCOE, Márcia Taveira. Patologia em revestimento cerâmico de fachadas. 2008. 81 f. Monografia (Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SADIKA, Jasmim Mohamed Hussein. Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão – PR. 2013. 54f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SEGAT, G. T. Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul. 2005. 166f. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVA, Claudia Flaviana Cavalcante da. Análise das manifestações patológicas de uma edificação residencial – estudo de caso. 2008. 41f. Monografia (Especialista em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas) - Universidade de Pernambuco, Pernambuco, 2008.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.

THOMAZ, Ercio. Trincas em edificações: causas, prevenção e recuperação. 1. ed. São Paulo: PINI, 1989.

VITÓRIO, Afonso. Fundamentos das estruturas nas perícias de engenharia. 1. ed. Recife: IBAPE, 2003.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANALISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES DA REGIÃO LITORÂNEA DE LUÍS CORREIA - PI

Analysis Of Pathological Manifestations In The Buildings Of The Coastal Region Of Luís Correia – PI

Brehno NARCISO[1], Linardy MOURA[2], Berennicy OLIVEIRA[3]

[1] Faculdade Santo Agostinho, Teresina, Brasil, brehnonarciso31@hotmail.com

[2] Centro universitario Uninovafapi, Teresina, Brasil, linardy@uninovafapi.edu.br

[3] Faculdade Santo Agostinho, Teresina, Brasil, berennicy.sousa.oliveira@hotmail.com

Resumo: A atmosfera marinha representa uma ameaça à durabilidade das edificações, uma vez que transporta altos níveis de cloretos, um dos principais agentes causadores de corrosão em edificações de concreto armado. Portanto, construções executadas em desrespeito às especificações mínimas sugeridas por normas e estudos, apresentam maior deterioração. Este trabalho tem por objetivo analisar a incidência de patologias nas edificações da cidade de Luís Correia, região litorânea do estado Piaui. Foi realizado vistoria em 18 imóveis situadas na praia de Atalaia, catalogando e realizando relatório fotográfico das principais patologias encontradas. Os resultados indicaram que a manifestação patologia mais recorrente é a corrosão, presente em 88.89% das edificações vistoriadas, causada principalmente pela especificação insuficiente de cobrimento nominal das peças estruturais e escolha inadequada de materiais. As demais patologias observadas foram descolamento, patologias referentes a umidade (bolores, eflorescência e etc.) e fissuras, estando presentes em, respectivamente, 83.33%, 61.11% e 27.78% das edificações, e desenvolvidos provavelmente devido à falta de manutenção e execução inadequada.

Palavras-chave: Agressividade ambiental, Atmosfera marinha, Patologias

Abstract: The marine atmosphere poses a threat to the durability of buildings, as it carries high levels of chlorides, one of the main corrosion-causing agents in reinforced concrete buildings. Therefore, constructions executed in disregard to the minimum specifications suggested by norms and studies, present more deterioration. This study aims to analyze the incidence of pathologies in the buildings of the city of Luís Correia, coastal region of Piaui state. A survey was carried out in 18 properties located on the beach of Atalaia, cataloging and performing a photographic report of the main pathologies found. The results indicated that the most recurrent pathology is corrosion, present in 88.89% of the surveyed buildings, caused mainly by insufficient specification of nominal cover of structural parts and inadequate choice of materials. The other pathologies observed were detachment, pathologies related to moisture (molds, efflorescence and etc.) and fissures, being present in 83.33%, 61.11% and 27.78% of the buildings respectively, and probably developed due to lack of maintenance and inadequate execution.

Keyswords: Environmental aggression, Marine atmosphere, Pathologies

ISBN: 978-85-65425-32-2

1 Introdução

Patologia das estruturas é um campo da engenharia civil que estuda as origens, consequências, formas de manifestação, das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas, sendo estas, as principais causas de redução da vida útil de uma edificação (LOTTERMANN, 2014).

Devido ao elevado número de casos de patologias que vêm se apresentando em diversas estruturas em todo o Brasil desde da década de 70, pode-se concluir que nenhum material estrutural é um elemento eternamente durável, em razão de sua interação com o meio ambiente. Os fenômenos patológicos geralmente apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos (HELENE, 1993).

Dito isto, quanto mais agressivo o ambiente e a atmosfera em que a edificação se encontra, mais suscetível esta será à deterioração e consequentemente à formação de patologias. A norma NBR 6118:2014 classifica os ambientes quanto a sua agressividade e sugere requisitos mínimos a serem utilizados para garantir a durabilidade da estrutura, tal como: fator agua/cimento, cobrimento nominal, quantidade de cimento a ser utilizada e limites para abertura de fissuras (ABNT, 2014).

Dentre as quatro classes de agressividade definidas pela NBR 6118, a atmosfera marinha se encontra na classe III, a segunda mais agressiva, apresentando grande risco de deterioração da estrutura, devido aos cloretos de sódio e de magnésio que estão em suspensão no ar, podendo até mesmo ser enquadrada como classe IV se a edificação estiver sujeita a respingos de maré.

De acordo com a pesquisa de Andrade (1997), sobre manifestações patológicas em estruturas de concreto no estado de Pernambuco, a corrosão das armaduras é o causador da maior parte dos danos, sendo responsável por aproximadamente 62 % das manifestações patológicas registradas nas edificações. O autor concluiu que o elevado grau de agressividade ambiental aliado com procedimentos inadequados foram os principais fatores para o desencadeamento desta patologia.

Devido à escassez de pesquisas deste cunho nas regiões litorâneas do Piauí, este estudo visa contribuir com o estudo das manifestações patológicas nas edificações desta região objetivando relatar e analisar as principais patologias encontradas na praia de Atalaia, da cidade de Luís Correia, bem como identificar suas prováveis causas.

A cidade de Luís Correia, com cerca de 1.071 km², está situada ao norte do Piauí com uma população, segundo o último censo, de aproximadamente 29.683 pessoas. Por se tratar de uma região litorânea, vem havendo um aumento significativo de imóveis para veraneio, na maioria das vezes construídos ilegalmente em terrenos de invasão e posse, sem a devida regularização e consequentemente em desacordo tanto das leis vigentes do município quanto das normas regulamentadoras da construção civil.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2 Fundamentação teórica

De acordo com a finalidade e demanda das quais foram projetadas, as obras da construção civil representam grande parte do PIB brasileiro, mesmo diante da crise econômica, são grandes e crescentes projetos a serem desenvolvidos para a sociedade, seja de interesse público ou privado. Por esta razão tem-se a importância de se construir com qualidade e principalmente segurança, para isso a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe de princípios a serem respeitados de acordo com o serviço e situação em que seja executado. Contudo, em virtude de ocorrência de problemas inerentes antes, durante ou após a construção, patologias são desencadeadas.

Patologia é a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças, análogo as doenças do corpo humano. A patologia das construções estuda as causas, efeitos e consequências do funcionamento insatisfatório das edificações.

Diante dos problemas em que as construções foram impostas, a importância de inspecionar, analisar e diagnosticar as patologias são atividades que precisam ser realizadas constantemente para a preservação, com o intuito de recuperar a construção de acordo com o problema. Dentre os diferentes fatores que contribuem para a degradação da construção pode-se citar: reações químicas, erosão, umidade, variação de temperatura e principalmente a corrosão, que em regiões litorâneas se torna um problema recorrente devido ao fenômeno de maresia e ataque de sulfatos.

2.1 Corrosão de armaduras

A corrosão por meio de reações de oxirredução é muito frequente em nosso cotidiano. A formação da ferrugem, ou seja, do óxido de ferro ($Fe(OH)_3$), se forma através da oxidação do oxigênio do ar (se o mesmo estiver úmido ocorre a aceleração do processo). Sendo o ferro o agente redutor e o oxigênio o agente oxidante. Segue abaixo as reações envolvidas no processo: (ANDRADE, 2001).

- Semirreações:

  Ânodo (oxidação do ferro): $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
  Cátodo (redução do oxigênio): $O_2 + 2\ H_2O + 4\ e^- \rightarrow 4\ OH^-$

- Reação Global:

  $2\ Fe_{(s)} + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_3$ (ferrugem)

Em ambientes marítimos ou litorâneos, de acordo com Helene (1993), a corrosão se dá de forma mais acelerada, chega a ser 30 a 40 vezes comparada a ambientes rurais e os prejuízos se tornam mais sucessivos quando a estrutura está exposta à variação do nível do mar.

O que ocorre nesses locais é a maresia (o que está intimamente associada ao cheiro forte que se desprende do mar), apresenta ação oxidante devido a substâncias dissolvidas. Os agentes agressivos que mais afetam a pasta de cimento são os sais de magnésio e sulfatos,

ISBN: 978-85-65425-32-2

enquanto os cloretos propiciam a corrosão de armaduras. Esses sais através das ondas e conduzidos pelo ar, são retirados do mar podendo atravessar longas distâncias e se instalam no concreto em forma de gotículas (BAUER, 1994).

Andrade (1997) e Silva; Cabral (2011) pesquisaram a incidência de patologia no litoral nordeste brasileiro, precisamente nos estados de Ceará e Pernambuco, respectivamente. Em suas pesquisas, a corrosão apresentou preponderância em relação as outras patológicas, com valores de 100% na área marinha de Fortaleza (Ceará) e 65% em Recife (Pernambuco).

2.2 Umidade

Outro aspecto que influencia no aparecimento de patologias em ambiente marítimo é a umidade relativa (relação entre a pressão parcial da água contida no ar e a pressão de vapor da água tomada à temperatura do ar). A umidade relativa possui um papel fundamental, pois regula o carregamento dos íons agressivos no concreto armado, além da resistividade e entrada do oxigênio no concreto. A umidade relativa mais favorável à corrosão está entre os 70 e os 80%. Para valores inferiores a 60% não se verifica a corrosão e para valores perto de 100% o concreto armado está saturado (FERREIRA, 2010).

A umidade não é exclusivamente uma causa de patologias, a mesma atua como um intermédio para que outras grandes patologias ocorram. Podemos citar o surgimento de mofo, eflorescências, bolores, descascamento de pinturas e/ou rebocos podendo levar até a instabilidade estrutural. A origem das umidades nas construções é diversa: problemas inerentes à construção (erros de dimensionamento do sistema hidráulico), precipitação das chuvas, condensação, baixa ventilação, entre outros (VERÇOZA, 1991).

2.3 Fissuras, trincas e rachaduras

Aliás, construções em contato com água do mar podem desencadear a produção de estringia secundária (material expansivo, obtido através da reação dos aluminatos do cimento e sulfatos da água do mar). Devido a sua grande expansão, podendo chegar a 300%, se verifica o aparecimento de fissuras pois a resistência a tração do concreto é ultrapassada. Dependendo da direção dos ventos e a localização da construção frente a ora, a degradação pode acelerar cada vez mais (SILVA, 2016).

As fissuras, trincas ou rachaduras podem ser decorrentes de vários fatores diretos ou indiretos; as movimentações térmicas, movimentações higroscópicas, sobrecargas além das previstas em projetos, cura inadequada, recalques de fundações, retração, entre outros (TÉCHNE 36,1998). Dos problemas oriundos do processo construtivo, os mais presentes ocorrem devido a: retração da argamassa, erros de dosagem, cura, adensamento, ausência de juntas, qualidade dos materiais e assim por diante (FONSECA, 2015).

Dependendo do grau de abertura da patologia podem ser diferenciadas entre fissuras, trincas ou rachaduras. As fissuras normalmente são estreitas e alongadas, com abertura segundo a NBR 9575:2003 inferior ou igual a 0,5mm. Para as trincas têm-se aberturas mais profundas e acentuadas podendo ser dita como a "separação entre as partes", e de acordo com a norma citada anteriormente as aberturas são superiores a 0,5 mm e inferiores a 1,0

ISBN: 978-85-65425-32-2

mm. As rachaduras possuem propriedades semelhantes às trincas, porém são aberturas maiores, profundas e acentuadas, logo, são consideradas como rachaduras as aberturas acima de 5,0 mm.

2.4 Descolamento

O revestimento externo é composto por camadas que ficam superpostas e ligadas, integradas pela estrutura de alvenarias, camadas de argamassas e revestimento final (pintura ou revestimento cerâmico), no qual a atribuição é proteger a estrutura da ação da chuva, agentes atmosféricos, desgastes (principalmente mecânico – ação de vento), umidade, além de contribuir com a estética do mesmo (ABNT, 1996).

Existem vários tipos de revestimento que o mercado dispõe, todavia, a escolha do tipo de revestimento é de fundamental importância devido as características dos aglomerantes. Segundo Santos *et al* (2014), a argamassa é um material obtido pela mistura homogênea de aglomerante, água, agregado miúdo e graúdo, podendo conter aditivos ou adições.

A incidência e o tipo das manifestações patológicas no revestimento variam com o tipo utilizado. Quando se trata de revestimento em argamassa, pode-se destacar algumas patologias principais, dentre elas, o descolamento do mesmo, caracterizado principalmente pela falta de aderência entre os substratos. Estes, por sua vez, podem se manifestar por diversas causas e consequentemente apresentar características distintas, sendo, portanto, classificados em:

- Descolamento com empolamento: é o descolamento da superfície do reboco ao emboço, no qual há formação de bolhas que aumenta com o passar do tempo, a causa mais provável é a hidratação lenta do óxido de magnésio da cal (FREITAS *et al*., 2013).
- Descolamento com pulverulência: ocorre que a película de tinta “luxa” o reboco podendo ser causado devido à presença de finos em agregados, argamassa magra ou muito grossa e o excesso de cal (FREITAS *et al*., 2013).
- Descolamento das peças: se refere ao desprendimento de peças cerâmicas no substrato, essa manifestação pode ser explicada devido à utilização ineficaz das ferramentas necessárias, argamassas inadequadas ou aplicação errônea dentre outros fatores relacionados (COSTA, 2013).

3 Materiais e métodos

Para a realização desta pesquisa foi realizado uma adaptação no procedimento proposto por Krug (2006) para identificação e analise de patologias, porém com parâmetros de analise próprios, definidos posteriormente neste trabalho. O procedimento segue as seguintes etapas:

ISBN: 978-85-65425-32-2

a) Pesquisa Bibliográfica

Foi realizado um levantamento bibliográfico, paralelamente a pesquisa, sobre as principais patologias das construções e quais delas apresentam maior incidência em áreas litorâneas, afim de obter informações e dados para o desenvolvimento deste trabalho.

b) Identificação do problema

Fase onde se define a amostra e o escopo da pesquisa. No caso deste trabalho, as principais patologias levantadas durante a pesquisa bibliográfica e utilizou-se como amostra, 18 edificações situadas na região próxima a orla da cidade de Luís Correia, ilustrado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – Área estudada

A região analisada apresenta uma área de aproximadamente 1,16 km² com um limite estabelecido à 300 metros do mar, no seu ponto mais próximo e 850 no mais distante, sendo classificada, portanto como um ambiente de elevado grau de agressividade.

c) Estudo Inicial

É a etapa onde se realiza o levantamento e análise das informações sobre o objeto de estudo. A coleta de dados desta pesquisa se deu através de vistoria *in loco*, inspeção visual e levantamento fotográfico das edificações de concreto armado da região, catalogando e analisando as principais patologias encontradas. A princípio não foi realizado qualquer ensaio químico ou físico para análise das falhas.

Para cada imóvel, foi verificado a presença ou não, de cada uma das manifestações patológicas citadas anteriormente, calculando no final o percentual de incidência de cada manifestação em relação a amostra total.

d) Identificação das prováveis causas das manifestações patológicas

Parte do estudo que se ocupou em identificar os possíveis agentes causadores das patologias encontradas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

e) Elaboração das Conclusões

Fase final, onde sugeriu-se possíveis soluções para os problemas e as principais medidas preventivas para evita-los, bem como sugestões para trabalhos futuros.

4 Resultados e Discussões

Após as vistorias, percebeu-se que as manifestações patológicas relacionadas ao descolamento, umidade, fissuras e corrosão foram as mais decorrentes nos locais estudados. O Quadro 1 mostra a incidência das mesmas em cada edifício.

Quadro 1 – Incidência das patologias nas edificações

Edificação	Patologias			
	Descolamento	Umidade	Fissuras	Corrosão
1	X	X		X
2	X	X		X
3	X	X		X
4			X	X
5	X	X		X
6	X			
7	X	X		X
8	X	X		X
9	X			X
10	X		X	X
11	X	X		X
12	X	X		
13	X	X		X
14		X		X
15			X	X
16	X	X	X	X
17	X	X		X
18	X			X
Total	**15**	**11**	**5**	**16**

O gráfico 1 abaixo mostra a relação percentual das patologias encontradas e a amostra total analisada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

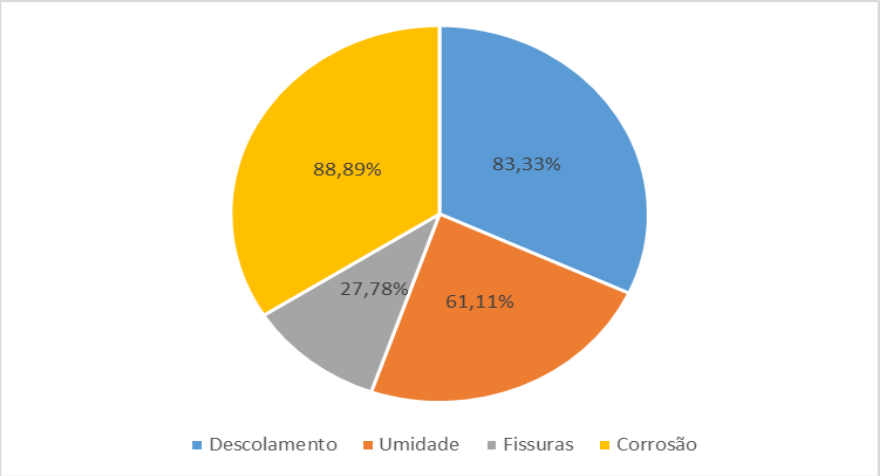


Figura 2 – Proporção das patologias encontradas

Analisando os resultados, constatou-se que a corrosão é a manifestação patológica com maior incidência na área, estando presente em 88,89% das edificações. Resultado este já esperado devido a presença do ambiente marinho. Resultados estes, condizentes com as pesquisas de Andrade (1997) e Silva; Cabral (2011).

Tal resultado pode ser fruto principalmente de procedimentos de execução e projetos inadequados, apresentando cobrimento nominal e dosagem do concreto incondizentes com a classe de agressividade ambiental que a estrutura se encontra. Na Figura 3 abaixo, observa-se um pilar externo situado na orla marítima, com cobrimento insuficiente e em desacordo com a NBR 6118, fator este que tem papel fundamental na durabilidade da estrutura.

Figura 3 – Pilar com cobrimento nominal inadequado

Percebe-se no pilar, além da total corrosão da armadura, também a formação de ninhos de concretagem devido à má execução, e a utilização de um cobrimento nominal de apenas 2 cm, enquanto para tal classe ambiental o valor recomendado é de 4 cm.

Verificou-se também a corrosão nas ferragens das esquadrias, como trincos de portas e janelas. Percebeu-se que nas edificações mais afastadas da orla, a corrosão dos trincos

ISBN: 978-85-65425-32-2

das portas externas era bem superior ao encontrado nas portas internas da edificação, ilustrado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Trinco porta Externa x Trinco porta Interna

Este fato demostra o consentimento da norma em considerar um ambiente de agressividade mais brando em áreas residenciais internas e secas, pois há uma incidência menor da ação de cloretos e sulfatos.

A segunda manifestação patológica mais incidente foram os descolamentos no revestimento, ilustrado na Figura 5 abaixo e presente em 83,33% das edificações analisadas. Essa patologia pode estar ligada à alta umidade relativa da região, cerca de 79%, junto com um traço de concreto incoerente.

Figura 5 – Descolamento da pintura

Na Figura, percebe-se o descolamento do revestimento, produzido com saibro, com o agravante de ter sido aplicado diretamente na superfície, sem chapisco prejudicando a aderência entre os substratos, facilitando seu desprendimento.

As manchas na superfície do concreto (61,11% dos casos) modificam a coloração causando prejuízos estéticos, normalmente devido à infiltração e umidade na edificação, pois favorecem a proliferação de microrganismos, implicando no surgimento de manchas esverdeadas denominadas bolor, ilustrado na Figura 6.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 – Bolor

Percebeu-se que a grande maioria desta patologia ocorreu em fachadas e área externas, podendo ter como principal causador a falta de dispositivos de drenagem e o uso de argamassas improprias para ambientes externos. Esse problema ainda é agravado principalmente pela falta de manutenção nas da edificação.

Somente em 27,78% das construções vistoriadas apresentaram fissuras, representando a menor parcela das falhas encontradas. A provável causa para a manifestação desta patologia é a alta incidência de radiação solar nesta região, atingindo temperaturas medias anuais de 29 graus. Observe a Figura 7 a seguir:

Figuras 7 – Fissuras

De acordo com Bertollini (2010) este fato, aliado a uma mal dosagem do concreto, facilita o fenômeno de retração plástica, causando o surgimento de fissuras. Embora estas fissuras não causem danos estruturais diretamente à edificação, elas possibilitam a entrada de agentes agressivos à estrutura tornando-a mais vulnerável à agressividade do ambiente.

5 Considerações finais

Este trabalho analisou as manifestações patologias associadas a umidade, corrosão, fissuras e descolamento, nas edificações da praia de Atalaia, situada na Cidade de Luís Correia – Piauí, concluindo que a patologia mais incidente nesta região é a corrosão de

ISBN: 978-85-65425-32-2

armaduras, devido principalmente às falhas executivas e na especificação de projeto aliadas a uma forte agressividade ambiental.

Pode-se constatar que grande parte das patologias encontradas nesta área poderiam ser minimizadas através um controle adequado durante o processo construtivo, obedecendo as boas técnicas construtivas e recomendações das normas vigentes, juntamente com à um programa de manutenção adequado.

A lei de Sitter ou lei dos cinco, estima que o serviço de correção de uma patologia chega a custar 5 vezes mais do que o custo da manutenção da edificação e até 125 vezes mais do que seria gasto para se realizar um projeto com especificações adequadas. Portanto, espera-se que esse trabalho sirva de alerta para construtores e projetistas, a fim de que se passe a ter mais cuidado com as especificações de projeto e procedimentos executivos, sempre observando em qual ambiente a edificação está inserida e como se comportará em tal meio, evitando assim, retrabalho e futuros gastos com correções.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma pesquisa mais aprofundada nesta região, realizando ensaios químicos e mecânicos para analisar em que estágio as patologias se encontram e como estas podem afetar a segurança da edificação e das pessoas que a utilizam.

6 Referencia bibliograficas

ANDRADE, J. J. O. Contribuição à Previsão da Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado Atacadas Pela Corrosão de Armaduras: iniciação por cloretos. 2001. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001.

ANDRADE, Jairo Jose de Oliveira. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TECNICAS. NBR 6118**:** Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante. Rio de Janeiro, 1995.

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. São Paulo: LTC, 1994. 498 p.

BERTOLINI, Luca. Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ISBN: 978-85-65425-32-2

COSTA, P. L. A. Patologias do processo executivo de revestimentos de fachada de edifícios. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

FERREIRA, R. Avaliação dos Ensaios de Durabilidade do Betão. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2000.

FONSECA, T. S; SILVA, D. L; BARRETO, E. M. Manifestações Patológicas em Edifícios Residenciais na Região Metropolitana do Recife. In: IV Congresso Internacional na 'Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios' (CIRMARE 2015). Rio de Janeiro, 2015.

FREITAS, A. H. C.; FRANÇA, P. M.; FRANÇA, T. M. Patologia de fachadas. Revista Pensar, Vol. 1, Nº 2, 2013.

HELENE, P. Contribuição ao Estuda da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado. São Paulo, 1993, 271 p. Tese (Livro Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

KRUG, Lucas Fernando; MODLER, Luís Eduardo Azevedo. Manifestações patológicas em edificação construída na década de 1930–um estudo de caso. 2006.

LOTTERMANN, André Fonseca. Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso. 2014.

REVISTA TÉCHNE. As causas de fissuras, parte 1. pág. 44. - Ed. Pini - Edição nº 36. 1998.

SANTOS, L. D; AMARAL, F. F.; SOMMERFELD, K. C. Sistema de Revestimento com argamassa industrializada: Um estudo de caso em Belo Horizonte, Minas Gerais. Revista Pensar Engenharia, v.2, n.2, 2014.

SILVA, LKD; CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) –Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

VERÇOZA, E. J. Patologia das Edificações. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

SOLUÇÕES ADOTADAS PARA AS PATOLOGIAS NAS PAREDES DE CONTENÇÃO EM ESTACAS SECANTES EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO NA CIDADE DE FORTALEZA.

Solutions Adopted For Pathologies In Containing Walls In Drying Cuttings In A Sewage Elevatory Station In Fortaleza.

Pedro Welldon Accioly PAIVA[1]; **José Emidio Alexandrino** BEZERRA[2]

[1] Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Brasil, pedro.accioly2@gmail.com

[2] Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Brasil, joseemidiobezerra@outlook.com

Resumo: Contenções utilizando estacas secantes vêm sendo bastante adotadas substituindo técnicas mais tradicionais, principalmente, quando a obra encontra-se em canteiro limitado e necessita-se de uma contenção impermeável que gere pouca perturbação no solo. Este sistema foi adotado na construção de uma estação elevatória de esgoto em Fortaleza. No entanto, com o termino das escavações percebeu-se uma série de patologias pela estrutura devido a falhas executivas que acarretaram infiltrações e outras patologias. Medidas corretivas foram adotadas como utilização de argamassas poliméricas para reparos e preenchimentos dos espaços entre as estacas, contudo, as medidas adotadas não foram eficientes, pois certo tempo após a adoção das correções a maioria das patologias persistiram e ainda estavam presentes na estrutura. Este artigo mostra as patologias que ocorreram e as medidas corretivas adotadas.

Palavras-chave: Patologias. Contenção. Soluções.

Abstract: Containers using secant cuttings have been widely adopted, replacing more traditional techniques, especially when the work is in a limited area and requires an impermeable containment that generates little disturbance in the soil. This system was adopted in the construction of a sewage lift station in Fortaleza. However, at the end of the excavations a series of pathologies were detected by the structure due to executive failures that led to infiltrations and other pathologies. Corrective measures were adopted as the use of polymeric mortars for repairs and fills of the spaces between the stakes, however, the measures adopted were not efficient, since some time after the adoption of the corrections most of the pathologies persisted and were still present in the structure. This article shows the pathologies that occurred and the corrective measures adopted.

Keywords: Pathologies. Containment. Solutions.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Segundo ABNT (1992), NBR 12208, estação elevatória de esgoto é a instalação destinada ao transporte de esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações de vazões afluentes.

As cortinas de contenção em estacas secantes são estruturas de contenção executadas em concreto armado (COUTO, 2014). Essa técnica em muitas situações pode ser a melhor opção, substituindo as paredes-diafragma executadas com o auxílio da lama bentonítica, contenções com perfis e pranchas metálicas e outras soluções mais tradicionais.

Essa solução de contenção foi utilizada pela primeira vez para uma estação de tratamento de esgoto em Fortaleza em substituindo a contenção em estacas-prancha metálicas, técnica tradicional largamente utilizada para esse tipo de obra. Ela foi adotada no caso em estudo pela proximidade da obra com casas térreas, pela rápidez e facilidade de execução e pela possibilidade de ser empregada abaixo do nível d'água, pois garante a impermeabilidade da estrutura.

Entretanto, ocorreram erros de execução que culminaram em problemas de estanqueidade que podem comprometer a durabilidade e exigir interrupções após a entrada da estação em operação.

2. Cortinas de estacas secantes

Segundo Sanglard (2014) as estacas secantes são a evolução da estaca hélice continua. Esse sistema utiliza o mesmo equipamento para execução de estacas hélices continuas com algumas adaptações.

Em seus estudos Sanglard (2014) aponta uma serie de vantagens dessa técnica construtiva que são a estanqueidade (abaixo do nível do lençol freático), alta produtividade, possibilidade de execução em canteiros pequenos ou limitados, possibilidade de execução próxima a divisas do terreno (devido a poucas vibrações), não utiliza lama bentonítica, garantia de linearidade, penetração em solos de maior resistência e bom acabamento das estacas.

Matos (2010) em seus estudos aponta que as estacas secantes têm a vantagem de serem praticamente impermeáveis, mas têm custos de construção muito elevados, dentro das estacas moldadas *in loco*, devido ao grande número de estacas a realizar para a conclusão da contenção.

"O procedimento executivo apresenta uma metodologia similar às estacas hélice contínua, com quatro fases distintas: locação; mureta guia; perfuração; concretagem e lançamento da armadura ou perfil metálico." (SANGLARD; LIMA, 2013).

Matos (2010) acrescenta que as estacas secantes são construídas através da intercepção de estacas consecutivas. Basicamente, numa fase primária, são executadas estacas utilizando um concreto mais fraco e com menor taxa de armadura, ou mesmo sem armadura. Depois de cravadas as primeiras estacas são executadas as estacas armadas unindo e interceptando as estacas já executadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Patologias em estruturas de concreto

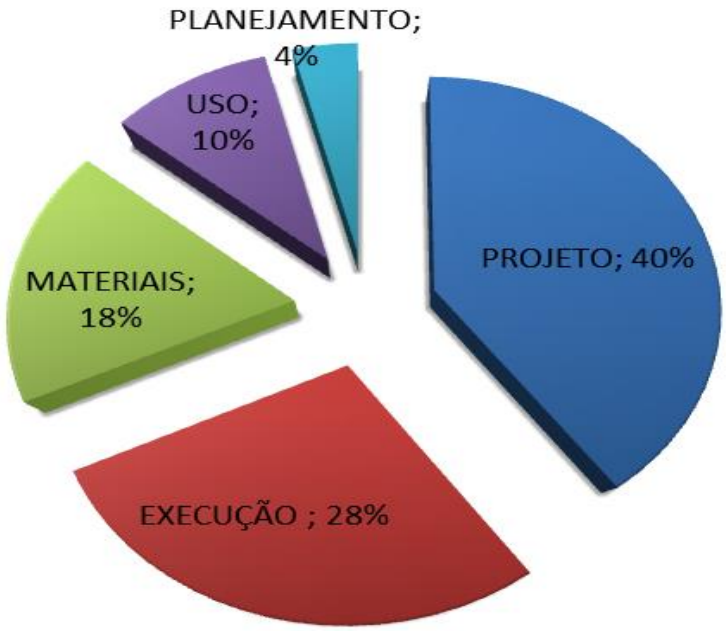
Sousa e Ripper (1998) expõem que o surgimento de uma patologia indica que há uma ou mais falhas durante a execução das etapas de uma construção, além de apontar falhas também no sistema de qualidade adotado para tal construção.

Para Lapa (2008) a deterioração do concreto ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. São processos complexos, determinados pelas propriedades físico-químicas do concreto e da forma como está exposto. Os processos de degradação alteram a capacidade do material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente.

Helene (2014) salienta que o concreto de por si só sofre o ataque do ambiente deteriorando-se. Em algumas situações, devido à má escolha dos materiais constituintes do concreto pode gerar incompatibilidades e reações deletérias.

Helene (1992) afirma que os processos de construção e uso podem ser divididos em até cinco etapas, sendo elas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e elementos fora da obra, execução propriamente dita e uso. Logo, grande parte dos problemas tem origem na fase de projeto, conforme mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Principais causas de patologias. Fonte: Helene, 1992.



4. Patologias mais comuns em estruturas de concreto

Helene (1992) destaca que os problemas comuns, de maior efeito no concreto, são as eflorescências, as fissuras, as flechas excessivas, a corrosão da armadura, as manchas no concreto aparente, os defeitos de aterro e compactação e problemas devido à segregação

ISBN: 978-85-65425-32-2

dos componentes do concreto. Geralmente, as manifestações patológicas aparecem de forma bastante característica e com ocorrência bem estabelecida estatisticamente.

Logo serão apresentadas as patologias mais frequentes nas estruturas de concreto armado podem ser apresentadas como:

4.1 Fissuras e trincas

Para Lapa (2008) a trinca é uma fratura linear no concreto. Elas podem se desenvolver parcial ou completamente ao longo de um elemento estrutural. Sendo fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado e podem se manifestar em cada uma das três fases de sua vida: fase plástica, fase de endurecimento e fase de concreto endurecido.

4.2 Desagregação do concreto

Sousa e Ripper (1998) definiram que a desagregação é a separação física de placas ou fatias de concreto com a perda do monolitismo, da capacidade de engranamento entre os agregados e da função de ligante do cimento. Portanto, localizada ou globalmente, há perda da capacidade resistente aos esforços solicitantes.

Ainda para Sousa e Ripper (1998) a desagregação pode ser frequentemente observada em estruturas de concreto. Causada por diversos fatores, mas na maioria das vezes está em conjunto com a fissuração. Mas também, podem ocorrer devido a movimentação de fôrmas, corrosão do concreto, calcinação do concreto e ataques biológicos.

4.3 Eflorescências

Segundo Lapa (2008) as eflorescências são provocadas quando águas puras com poucos ou nenhuns íons de cálcio entram em contato com a pasta de cimento Portland. Assim, elas podem hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio.

Lapa (2008) acrescenta que essa patologia ocorre como resultado da lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto. Que além da perda de resistência, provoca agressões estéticas, já que o produto lixiviado interage com o CO_2 presente no ar, daí resultando a precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície.

4.4 Biodeterioração do concreto

Lapa (2008) define que a biodeterioração é a mudança indesejável nas propriedades do material, devido à ação de microrganismos. Ainda, Lapa (2008) expõe em seu trabalho que o concreto é um material biorreceptivo ao ataque microbiológico, devido às condições de rugosidade, porosidade, umidade e composição química. Quando combinadas com as condições ambientais, como umidade, temperatura e luminosidade, podem promover a biodeterioração do concreto.

Portanto, para Lapa (2008) os microrganismos podem atuar sobre o concreto em ações deletérias contra a pasta de cimento e os agregados, interferindo em sua estética, reduzindo sua durabilidade comprometendo sua integridade.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.5 Corrosão do concreto

Segundo Sousa e Ripper (1998) a corrosão do concreto é puramente química e ocorre por causa da reação da pasta de cimento com determinados elementos químicos. Tais elementos, em alguns casos, causam a dissolução do ligante ou a formação de compostos expansivos. Para Sousa e Ripper (1998) há três tipos de corrosão do concreto que são corrosão por lixiviação, corrosão química por reação iônica e corrosão por expansão.

Sousa e Ripper (1998) definem a carbonatação como processo resultante da ação dissolvente do gás carbônico (CO2) que está presente no ar atmosférico sobre o cimento hidratado. Essa reação tem como produtos carbonato de cálcio e a redução do pH do concreto a valores abaixo de 9, tornando-o um meio ácido. Dessa forma, quanto maior a concentração de CO2, menor o pH e mais espessa é a camada de concreto carbonatada.

Em complemento, Sousa e Ripper (1998) salientam que se essa reação chegar até as armaduras há a despassivação da mesma e consequentemente haverá corrosão. Lapa (2008) acrescenta que à medida que se aumenta a relação a/c, água-cimento, a permeabilidade e a profundidade de carbonatação também aumentam, devido a maior capacidade de difusão do CO2 no concreto. A cura tem grande influência neste processo. Deficiência de cura pode ocasionar fissuras no concreto, o que facilita a entrada do CO2.

4.6 Corrosão da armadura

Para Lapa (2008) a corrosão metálica é um fenômeno eletroquímico, ou seja, ocorre uma reação de oxidação e uma de redução, e há uma circulação de íons através do eletrólito. Assim, sobre a superfície do metal são geradas duas zonas, atuando como ânodo aquela em que se produz a oxidação do metal, liberando elétrons, que migram através do metal em direção a outro lugar, onde reagem para produzir uma redução de alguma substância existente no eletrólito.

Lapa (2008) acrescenta que quando as condições de serviço se modificam, e o concreto se altera através da penetração de substâncias agressivas, ocorre o rompimento da película passivante, e inicia-se a corrosão das armaduras. Logo, óxidos expansivos gerados na corrosão ocupam um volume várias vezes maior que o volume do aço original, acarretando fissuras e destacamento da camada de cobrimento, assim, facilitando o ingresso de mais agentes agressivos.

Helene (2014) expõe em seus estudos que na maioria das vezes, todo o componente estrutural é atacado pelo ambiente externo, porém a manifestação da corrosão se dá somente em alguns pontos localizados, como resultado da própria natureza do processo de corrosão eletroquímica onde regiões anódicas alternam-se com regiões de caráter preponderantemente catódico.

Para Helene (2014) há dois mecanismos preponderantes para deterioração da armadura que são a despassivação por carbonatação e a despassivação da armadura pelo elevador teor do íon cloro (cloreto).

Desse modo, segundo Helene (2014) despassivação por carbonatação ocorre pela ação de gás carbônico da atmosfera que penetra por difusão e reage com os hidróxidos alcalinos da solução dos poros do concreto reduzindo o pH dessa solução. Esse processo só ocorre

ISBN: 978-85-65425-32-2

de maneira significativa em ambientes de umidade relativa abaixo de 98% e acima de 60%, ou em ambientes sujeitos a ciclos de molhagem e secagem.

Helene (2014) aponta que despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto) acontece pela penetração do cloreto através de processos de difusão, impregnação ou absorção capilar de águas contendo teores de cloreto que ao superarem, certo limite em relação à concentração de hidroxilas, despassivam a superfície do aço e instalam a corrosão. Eventualmente, esses teores elevados de cloreto podem ter sido introduzidos, inadvertidamente, durante o amassamento do concreto, geralmente através do excesso de aditivos aceleradores de endurecimento.

Lapa (2008) acrescenta que à medida que se aumenta a relação a/c, água-cimento, a permeabilidade e a profundidade de carbonatação também aumentam, devido a maior capacidade de difusão do CO2 no concreto. A cura tem grande influência neste processo. Deficiência de cura pode ocasionar fissuras no concreto, o que facilita a entrada do CO2.2.4 Tratamentos para as patologias

Segundo Helene (1992), é importante salientar que uma análise correta dos problemas permite definir claramente a origem, causas, consequências, a intervenção mais adequada e o método de intervir. Adiante, alguns problemas serão apresentados e tratados individualmente.

5. Tratamentos para patologias em estruturas de concreto

Segundo Helene (1992), é importante salientar que uma análise correta dos problemas permite definir claramente a origem, causas, consequências dessa patologia para haver a definição da intervenção mais adequada e o método a ser adotado. No entanto, o método adotado e a intervenção podem variar até mesmo para a mesma patologia, sendo influenciados pelo meio e situação em que a estrutura se encontra.

As soluções que podem ser utilizadas são inúmeras. Variando desde limpezas com soluções de água e ácidos; limpezas com jatos de ar, água ou areia; recomposição ou preenchimento com argamassas poliméricas, grautes, argamassas ou concretos fabricados, argamassas minerais e outros; reforços estruturais e dependendo da situação encontrada poderá ser optado pela demolição da estrutura.

6. Estudo de caso

A obra em estudo faz parte de uma grande obra que visa fornecer o serviço de esgoto sanitário a região da Água Fria em Fortaleza. Trata-se de uma contenção periférica executada em cortina de estacas secantes na estação elevatória 2.1 localizada na Rua Esmerinda Mendes, nas proximidades do Rio Cocó.

A técnica foi adotada devida obra encontrar-se em uma área onde o lençol freático está próximo à superfície, bastante variável ao longo do ano devido à proximidade com um corpo de água receptor, rio cocó. E também pela proximidade da estação elevatória com uma serie de edificações habitacionais, visando o não comprometimento das suas respectivas estruturas. Desse modo, a estrutura visa garantir a impermeabilidade das paredes de contenção provocando poucas vibrações no solo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A estrutura conta com 301 estacas de 300 mm de diâmetro, com fck de 20 Mpa, atingindo entre 12 e 15 metros de profundidade. A execução do serviço durou pouco mais de 15 dias. Tendo inicio no dia 07/09/2015 e termino 21/09/2015. Já a manutenção que ocorreu nas estacas ocorreu de forma lenta durante os meses de julho, agosto e setembro de 2016.

As visitas para o reconhecimento das patologias ocorreram em setembro de 2016, enquanto ocorriam as primeiras intervenções. Foram realizadas outras visitas ocorreram em março e abril de 2017, quando a obra foi retomada novamente.

6.1 Patologias encontradas

Após as escavações serem completamente executadas, percebeu-se que houve erros de execução de algumas estacas, pois algumas delas não se interceptavam havendo espaços entre as estacas vizinhas, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Estacas com espaçadas entre si. Fonte: Autor, 2017

Além, falha de execução ocorrida, na qual, a verticalidade e as interseções entre as estacas foram negligenciadas, outros fatores podem ter contribuído para que isso tenha vindo a ocorrer. Fatores esses como: interferência do nível do lençol freático e um solo não previsto nos ensaios geotécnicos, já que para toda a estrutura foi realizado apenas um furo de sondagem na parte da estação de maior profundidade.

As infiltrações existentes geraram o aparecimento de lodo sobre as estacas, além de pontos aonde se podem constatar eflorescências e manchas, como mostra a Figura 2. Nas regiões onde o concreto está em contato direto com a água pode haver a lixiviação do concreto e até mesmo a carbonatação do concreto. Essas consequências culminam na perda de alcalinidade do concreto, favorecendo o ataque dos cloretos e a corrosão das armaduras presentes em algumas estacas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 – Estacas com infiltrações e regiões com lodo. Fonte: Autor, 2017

Também há fissuras ao logo de algumas estacas, provavelmente, a retração do concreto que esta em contato com o solo. No entanto, com o passar do tempo algumas aumentaram, devido ao empuxo lateral sofrido pela parede que apresenta falhas e as infiltrações. E algumas dessas regiões começaram a haver certo desplacamento das primeiras camadas de concreto, como mostra Figura 3.

Figura 3 – Estacas com desplacamento e trincas. Fonte: Autor, 2017

Ainda nesse enfoque, observaram-se regiões onde há indícios de corrosão das armaduras presentes em algumas estacas, como mostra a Figura 4. Esse processo pode ter sido acelerado pela soma de todos os fatores descritos acima o que resultaria na diminuição do desempenho da cortina de contenção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 4 – Estacas com trincas com indícios de corrosão. Fonte: Autor, 2017

Na segunda visita realizada pode-se constatar que por se tratar de uma estação chuvosa na região e a obra estar parada a cavidade escavada encheu-se de água tanto das chuvas como de afloramentos subterrâneos. Provocando assim uma maior disseminação de lodo e outros agentes biológicos que podem comprometer o desempenho das estacas.

No entanto, nas visitas seguintes, quando houve o esgotamento da estrutura e a limpeza das paredes que estavam cheias de lodo com jatos de areia percebeu-se ainda certos pontos na estrutura em que há ocorrência das patologias descritos anteriormente.

6.2 Tratamentos adotadas

Foi acordado que os reparos ficariam sobre os cuidados da contratada. Logo, a contratada instalou conjuntos motor-bomba pela estrutura para esvaziar o espelho d'água formado no fundo da estrutura. Assim, procurou-se primeiramente limpar as regiões em havia lodo com uma solução de água e água sanitária.

Para os espaços existentes entre as estacas, depois de limpos e descontaminados, eram preenchidas com argamassa polimérica. Essa argamassa apresentava uma pega rápida, garantindo a rápida estanqueidade do espaço coberto.

Para as trincas e as regiões aonde havia desplacamento, dano ou falha da estaca em si foi feita uma a retirada das primeiras camadas, seguida de um apicoamento e limpeza da região. Depois que esses processos eram concluídos a estaca era recomposta com argamassa polimérica, como mostra a Figura 5.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Estacas sendo recuperadas com argamassa polimérica. Fonte: Autor, 2017

Já para as regiões onde havia a desconfiança que estava havendo corrosão da armadura era realizada a retirada das camadas de concreto até deixar a armadura exposta. Caso houvesse a confirmação era utilizada uma tinta protetora no aço e o processo descrito anteriormente era repetido para a recomposição da estaca, como mostra Figura 6.

Figura 6 – Estacas sendo recuperadas com argamassa polimérica. Fonte: Autor, 2017

Depois que as primeiras soluções foram concluídas a obra ficou parada. Não houve o acompanhamento da mesma, nem as manutenções previstas que não foram realizadas,

ISBN: 978-85-65425-32-2

ocorrendo o preenchimento da cavidade escavada de água devida a infiltrações persistentes e a precipitações.

Meses depois com a retomada da obra, houve o esgotamento da cavidade com a utilização de conjuntos motor-bomba. Com a cavidade totalmente esgotada observou-se a reincidência de patologias anteriormente tratadas como infiltrações, trincas, eflorescências, lodo nas estacas, possível corrosão das armaduras das estacas e outras patologias voltaram a ocorrer como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Patologias encontradas após esgotamento da cavidade em março de 2017. Fonte: Autor, 2017

ISBN: 978-85-65425-32-2

7. Conclusão

As medidas corretivas adotadas para sanar as patologias encontradas ao longo da parede de contenção, até então, em sua maioria, não obtiveram os efeitos esperados. Pois, meses após suas adoções contatam-se pontos onde há ocorrência das patologias vistas nas primeiras visitas como afloramentos de água, corrosão da armadura, trincas, fissuras e outras anomalias. Desse modo, a parede de contenção não atende a um de seus principais propósitos que é ser impermeável e estanque.

Quanto às medidas adotadas, embora tenham sido executadas seguindo as boas praticas da engenharia, não surtiram efeitos esperados.

Assim, novos estudos estão sendo feitos para a reparação mais eficiente das patologias apresentadas.

Entretanto, a solução utilizando estacas secantes foi sem dúvida a melhor escolha levando em conta as condições encontradas no local da obra e os dados fornecidos.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992. 5 p.

ANDRADE, W. P. Abrasão do concreto de superfícies hidráulicas. In: Congresso Brasileiro do Concreto. REIBRAC, 34, 1992, Curitiba - PR. Anais. São Paulo: IBRACON, 1992 (CD Rom).

COUTO, PEDRO MIGUEL FERREIRA . Estudo de soluções de contenção periférica em função das condicionantes de execução. 2014. 91 f. Dissertação de natureza científica (Grau de Mestre em Engenharia Civil)- INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA, Lisboa, 2014.

HELENE, Paulo R. L. A nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a vida útil das estruturas de concreto. 2014.

HELENE, Paulo R. L. _____. Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

LAPA, José Silva. PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MATOS, Miguel Artur dos Santos. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ESCAVAÇÃO SEQUENCIAL A CORTINAS DE ESTACAS E BETÃO PROJECTADO. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SANGLARD, Louise Nideck . Ganhos de qualidade e produtividade através do uso de estaca secante em contenções. 2014. 93 p. Projeto de Graduação (Título de Engenheiro ao curso de Engenharia Civil)- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SANGLARD, Louise Nideck; LIMA, Guilherme Borges de. Contenções de terrenos com a utilização de estacas secante. Prêmio Destaque 2013 da Odebrecht S. A. 2013.

SOUZA, Vicente Custodio Moreira de; RIPPER, Thomas. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 245 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NA PONTE SOBRE O RIO MAGUARI, ILHA DE OUTEIRO – PA

Analysis Of Pathological Manifestations Identified In The Rio Maguari Bridge, Outeiro Island – PA

Janelson MAFRA[1], Bruna BALTAZAR[2], Alan ARAUJO[3], Adler SOUZA[4]

[1] Universidade Federal do Pará, Belem, Pará, janelsonbrito@yahoo.com.br

[2] Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, brunabaltazar2012@gmail.com

[3] Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, alanmoraes.a@gmail.com

[4] Universidade Federal do Pará, Belem, Pará, adler.teixeira@hotmail.com – Coautor

Resumo: Apesar de todos os avanços tecnológicos em técnicas e materiais de construção, tem-se observado um expressivo número de estruturas, sejam edificações ou obras especiais, relativamente jovens, e que apresentam patologias de todos os tipos. O uso inadequado de materiais, a dispensa de cuidados na execução, o desconhecimento de normas e principalmente a falta ou ineficiência de manutenção, têm criado problemas que comprometem a durabilidade e a vida útil dessas construções.

O presente trabalho objetivou fazer um estudo de caso em uma ponte que liga o municipio de Belém à Ilha de Outeiro, cuja estrutura apresentou diversas manifestações patológicas, algumas em estágio avançado. Para a realização do estudo, baseou-se em visitas *in loco* e registros fotográficos, fundamentados em normas, cujo objetivo foi interpretar e avaliar as consequências da falta de manutenção adequada e os possíveis riscos que esta ponte está submetida, assim como a necessidade de serem realizadas vistorias sistemáticas de forma a minimizar seu processo de deteriorização, a ocorrência de acidentes graves ou até mesmo o colapso desta estrutura. A partir deste estudo, concluí-se que esta obra, de extrema importância histórica para a cidade, necessita de uma recuperação imediata para garantir a sua funcionalidade e segurança para a população.

Palavra-chave: Manifestações patológicas; pontes; manutenção.

Abstract

Despite all the technological advances in construction techniques and materials, there has been an expressive number of structures, relatively new buildings or special construction, which present pathologies of all kinds. Inadequate use of materials, lack of care in the execution, lack of knowledge of standards and, especially, the lack or inefficiency of maintenance have created problems that compromise the durability and the service live of these constructions.

This papper aims to do a study case on a bridge connect the city of Belém to the island of Outeiro, whose structure presented several pathological manifestations, some in an advanced stage. In order to carry out the study, on-site visits and photographic records,

ISBN: 978-85-65425-32-2

based on standards, were made, whose purpose was to interpret and evaluate the consequences adequate lack of maintenance and the possible risks that this bridge is subjected to, as well as the need to do systematic surveys as a way to minimize its deterioration process, the occurrence of serious accidents or even the collapse of that structure. From this study, it was concluded that this construction of extreme historical importance for the city needs an immediate recovery to guarantee its functionality and safety for the population.

Keywords: Pathological manifestations; Bridge, Maintenance

1. Introdução

A construção de pontes para vencer obstáculos geográficos teve início ainda na história antiga quando eram feitas de madeiras, essencialmente troncos de árvores; de maneira geral consistem em obras que interligam margens opostas, definição que também pode ser aplicada para viadutos; de acordo com a NBR 7188 (2013) a diferenciação dessas duas obras está no meio transponível, as pontes são usadas para transpor obstáculos naturais como rios e córregos, quantos os viadutos os obstáculos artificiais, as avenidas e rodovias. Outro fator importante é que obras de ponte não devem simplesmente manter a continuidade das vias transpondo obstáculos, a integração à paisagem, uma harmonização estética é igualmente importante para os projetos de implantação, devido a isso essas obras são denominadas obras de arte especiais (Vitório, 2002). Para implantação eficiente, as pontes devem atender a quatro requisitos fundamentais: funcionalidade, segurança, estética e economia; deve-se manter o fluxo de tráfego rodoviário determinado, permitindo o escoamento das águas sob a ponte sem perturbações, garantindo a segurança estrutural e a estética harmônica à região com a solução economicamente mais vantajosa para realização do projeto (Bernardo, 1980).

A Ponte Governador Enéas Pinheiro construída sob o rio Maguari, foi inaugurada em 26 de outubro de 1986 pelo Governador da época Jader Fontenelle Barbalho, ligando a capital de Belém à ilha de outeiro. Nos seus 30 anos de existência, a ponte sofreu cinco acidentes, entre eles colisões de barcos de pequeno e grande porte, porém a ponte continua em operação (Barbalho, 2016). Periodicamente, vistorias são feitas a fim de detectar problemas na sua estrutura que necessitem de reparos. Todavia, a manutenção não vem sendo realizada de forma adequada e atualmente a ponte encontra-se com diversas manifestações patológicas que foram identificadas e estudadas nessa pesquisa.

Antes da construção da ponte Governador Enéas Pinheiro, o acesso à Ilha era mais restrito, pois os habitantes tinham que atravessar o rio Maguari, que era feito quase que exclusivamente por meio de canoas e balsas, porém a incidência de acidentes era constante na difícil travessia deste rio, logo a população da Ilha se mantinha isolada do continente por menos de 500 metros, sem poder escoar sua produção ou receber gêneros com rapidez, os jovens da ilha tinham que morar em Belém para estudar ou trabalhar. A solução para tais problemáticas tornou-se imprescindível para a mobilidade urbana naquele período, assim em 1986 a dita ponte foi inaugurada tornando-se o elo mais importante entre a Ilha de Outeiro e a capital Belém.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O desempenho e a vida útil de uma obra podem ser severamente atingidos pelo desencadeamento de manifestações patológicas, a parte da Engenharia que se ocupa do estudo das origens, formas dessas manifestações, bem como as consequências e mecanismos de ocorrência dessas falhas e dos sistemas de degradação das construções civis denomina-se Patologia das Estruturas (SOUZA & RIPPER, 1998), o domínio dessa área torna-se indispensável, já que um dos parâmetros para medir a eficiência de uma obra, principalmente as de grande porte, como no caso de pontes, é a durabilidade. Para a realização deste trabalho, foi utilizado como base o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT, que tem como objetivo listar as principais patologias das pontes rodoviárias em concreto armado, convencional ou protendido, identificando-as e indicando ações preventivas e de tratamento. Conjuntamente foi utilizada a NORMA DNIT 010/2004 – PRO: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido e na apresentação dos resultados das referidas inspeções.

O objetivo deste artigo é interpretar e avaliar qualitativamente, as consequências da falta de manutenção adequada na superfície dos aparelhos de concreto, e nos demais elementos da ponte, tais como; juntas de dilatação, pista de rolamento, sistema de drenagem, estruturas em aço e sistemas de proteção dos pilares. E no que diz respeito a durabilidade e vida útil, procurou-se identificar o grau de deterioração (incidência de patologias) na Ponte sobre o Rio Maguari – Ilha de Outeiro – PA.

2. Metodologia

A pesquisa consistiu inicialmente em estudos bibliográficos, artigos, manuais, normas e posteriormente em uma análise da ponte de concreto armado localizada na ilha de Outeiro-PA, submetendo a uma inspeção preliminar, de modo a quantificar a recorrência das diversas manifestações patológicas.

A inspeção visual fundamentou-se em visita "*in loco*", em exame a olho nu da parte superior e inferior da estrutura da ponte e definiram-se os aspectos a serem levados em consideração, que consistiram em: tabuleiros (pavimentação), juntas de dilatação, sistemas de drenagem, presença de umidade e infiltrações, desagregamento do concreto, trincas e fissuras, corrosão, eflorescência e exposição de armaduras.

Assim, foi realizado exame visual por toda a superfície da ponte de ambos os lados, onde foram feitos registros fotográficos, permitindo assim identificar manifestações patológicas e falhas advindas da falta e/ou de ausência de manutenção apropriada.

3. Resultados e discussões

3. 1 Caracterização da obra

O objeto do presente estudo de caso trata-se de uma ponte construída em 1986, sobre o rio Maguari, distante cerca de 25 km do centro de Belém. Como mostra a Figura 1, a ponte é uma estrutura mista com lajes de concreto armado e vigas de aço, possui 360 metros de extensão por 11 metros de largura, uma pista com 7,20 metros, uma ciclovia de 0,90 metros e um passeio para pedestre de 1,4 m e um vão central de 650 metros por 10 de altura na maré máxima (Bittencourt, 2013). A obra executada pela construtora Beter S.A, exigiu 2000

ISBN: 978-85-65425-32-2

metros cúbicos de concreto, 170 toneladas de aço de construção e 730 toneladas de vigas metálicas.

Figura 1 - Ponte sobre Rio Maguari

3. 2 Patologias em Juntas de dilatação

A construção de juntas de dilatação é uma forma preventiva de evitar fissuras, principalmente por movimentação térmica e retração hidráulica. São aberturas criadas em peças de concreto com grandes dimensões ou volume, sendo que a função dessas juntas é permitir os movimentos relativos entre as duas partes da estrutura.

Para AHRENS (2015), as juntas de dilatação devem assegurar que a movimentação total projetada da ponte sobre as juntas seja cumprida sem impactos ou danos aos elementos estruturais, garantir a continuidade da capa de rodagem e serem impermeáveis de forma a escoar a água sobre o tabuleiro de forma rápida e segura.

Segundo o DNIT (2004), durante uma vistoria técnica, as juntas de dilatação devem ser cuidadosamente inspecionadas, anotando-se seu tipo, sua integridade e capacidade de vedação, se está funcionando livremente e se estão sendo prejudicadas por acúmulo de detritos. A manutenção da selagem das juntas tem um papel importantíssimo para a durabilidade do pavimento, devido aos selantes existentes no mercado possuir uma vida útil muito curta em relação à prevista para o pavimento (DNIT, 2010). Na Figura 2 pode-se identificar junta desgastada e ineficaz, além do grande acúmulo de detritos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 - Junta de dilatação desgastada e ineficaz

3. 3 Patologias na Pavimentação

De acordo com GIOVANNETTI (2014), a principal finalidade da pavimentação é suportar as pistas de rolamento e transferir esses esforços para os elementos estruturais da ponte. Além de assegurar que o tráfego ocorra livre e com segurança.

As falhas sobre a pista de rolamento das pontes e viadutos geram acréscimos de solicitações para as estruturas destas obras e, segundo manual do DNER (1980), os ressaltos, depressões e desníveis de juntas, produzem importantes efeitos dinâmicos (impacto), que aumentam as solicitações de cargas móveis, muitas vezes provocando deslocamento do tabuleiro quando os aparelhos de apoio estão em más condições. Outro problema está relacionado aos recapeamentos com concreto asfáltico, muito utilizados para corrigir as falhas superficiais da pista de rolamento, porém, esta medida produz aumentos

ISBN: 978-85-65425-32-2

substanciais no peso próprio da obra, a menos que as camadas anteriores de pavimentação sejam previamente removidas.

Assim vê-se que a pavimentação da ponte em estudo não atende fielmente do que se espera, segundo a definição do Departamento. A segurança do tráfego é comprometida devido a falta de reparo na sinalização horizontal e patologias encontradas.

Nas Figuras 3 e 4 pode se ter uma visão da parte superior da ponte, onde mostram exemplos de irregularidades na pista de rolamento, como buracos, acúmulo de água e detritos, além da recuperação inadequada do pavimento.

Figura 3 - Buraco da pista de rolamento

Figura 4 - Irregularidades na pista de rolamento

3. 4 Desagregação do concreto e corrosão de armaduras

De acordo com o DNIT (2004), a desagregação do concreto é um dos sintomas mais característicos da existência de um ataque químico; quando acontece, o cimento perde seu caráter aglomerante, deixando os agregados livres.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A presença de água é indispensável para que ocorram as principais reações deletérias no concreto. Assim, um ambiente úmido e possíveis infiltrações na estrutura aumentam expressivamente o perigo em relação à conservação das edificações. Na estrutura em questão, foram localizados diversos pontos onde a presença de umidade era elevada, o que nos casos abaixo resultou em manchas superficiais, além de desagregação do concreto de cobrimento das armaduras. Assim, a umidade contribuiu de forma considerável para o agravamento do processo corrosivo, como se pode constatar na Figura 5.

Figura 5 - Seção do pilar com desagregação do concreto

3. 5 Eflorescência

Segundo STORTE (2012), eflorescências são depósitos de sais brancos que se formam sobre a superfície do concreto ou argamassas, isso é resultado da sua exposição as águas de infiltrações dos sais (hidróxido de cálcio) do cimento e cal. Quando a água evapora, deposita estes sais na superfície. A eflorescência modifica o aspecto visual por sua coloração esbranquiçada, além de poder causar degradação profunda na estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

É comum a ocorrência de eflorescência nas obras-de-arte que apresentam ruptura ou inexistência de elementos de vedação de juntas, logo são lugares propícios a existência de infiltrações. As águas carbonatadas, ao encontrar um caminho preferencial, se dispersam pelas superfícies das paredes de juntas em direção à superfície do tabuleiro, destas estruturas.

Foram encontradas diversas manifestações dessa natureza na estrutura de concreto da ponte, sendo que a ocorrência se deu mais nas regiões de encontro dos tabuleiros, local no qual foi observada a incidência de infiltrações, justificando o fato da ação das águas e umidade contribuírem para o aparecimento dessa manifestação patológica. Um exemplo dessa patologia encontrada na ponte em estudo pode ser observado na Figura 6 que demonstra o estado da estrutura encontrado.

Figura 6 - Eflorescência no tabuleiro da ponte

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. 6 Corrosão nas estruturas de aço

Apesar de ser um material de grande durabilidade, o aço está sujeito à corrosão, processo de deterioração que produz alterações prejudiciais nos elementos estruturais. A liga perde suas qualidades essenciais, como resistência mecânica, elasticidade e estética. Caso não seja combatida, pode provocar rupturas, colocando em risco a estrutura e toda a obra. Quando a patologia alcança níveis elevados, torna-se impraticável sua remoção, sendo a prevenção e controle as melhores formas de evitar a oxidação.

As causas mais importantes da corrosão nas estruturas de aço das pontes são a atmosfera, a variação da umidade do próprio meio ambiente e os gases corrosivos, como gás carbônico (CO_2), anidrido sulfuroso (SO_2), anidrido sulfúrico (SO_3), gás sulfídrico (H_2S), amônia (NH_3) e trióxido de nitrogênio (N_2O_3). Além da existência de vazamentos ou infiltrações, são fatores de risco para a ocorrência de corrosão: a idade avançada da estrutura, a falta de proteção ou proteção inadequada, a presença de ferrobactérias e a aeração diferencial (Brinck, 2004).

A corrosão no aço foi uma das patologias mais encontradas na inspeção visual, provavelmente devido à estrutura está inserida na CAA III (classe de agressividade ambiental III) de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), atingindo inúmeros pontos das vigas, que se encontram extremamente corroídas, como mostram as Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Processo corrosivo na viga

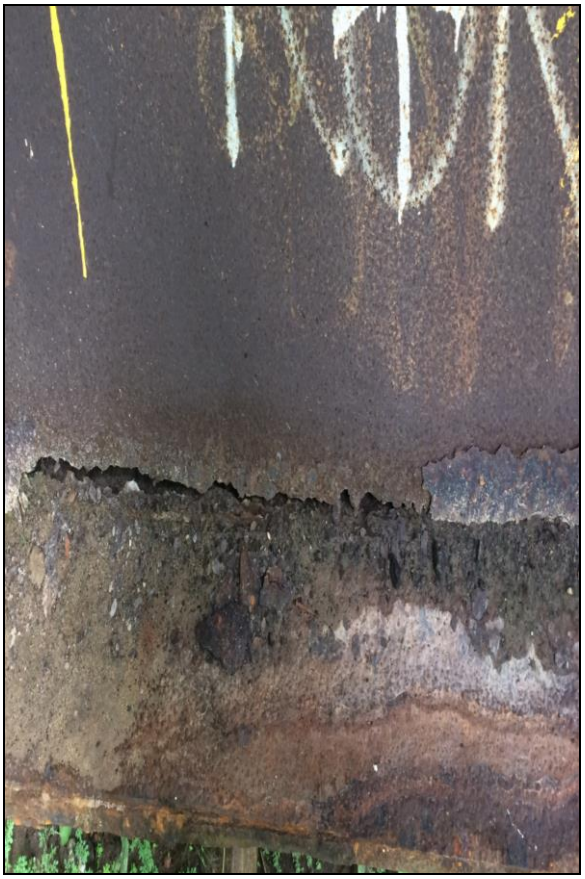


Figura 8 – Corrosão avançada na base da viga

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. 7 Ausência de proteção nos pilares

A necessidade de proteção de pilares de pontes em hidrovias está ligada ao risco de colisões de embarcações. Uma colisão direta pode ocasionar sérios danos tanto à embarcação quanto à estrutura da ponte. Existem diversos sistemas de proteção, sejam eles fixos ou flutuantes, assim, quando uma estrutura é projetada deverá ser avaliado as solicitações que esta estrutura está submetida (movimento induzido pelas ondas locais, ação dos ventos, correnteza gerada pela movimentação embarcações, etc.) e assim elaborar o projeto do sistema de defesa dos pilares.

Segundo o DNIT (2004), durante a inspeção em viadutos e em pontes sobre rios navegáveis deve ser verificado se há proteção, junto aos pilares, para choques de veículos e embarcações. Diariamente passam pelo rio Maguari, pequenas embarcações, lanchas, balsas, logo é necessária que exista um sistema de proteção capaz de absorver os possíveis impactos, evitando assim abalos na estrutura. A Figura 9 mostra total inexistência de estruturas de proteção capazes de absorver impactos de embarcações ou choques de materiais flutuantes nas grandes cheias, deixando a ponte desprotegida contra esses acidentes.

Figura 9 - Pilares recuperados após colisão de embarcação

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. 8 Fissuração

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo um dos danos de ocorrência mais comum. Geralmente, quando as deformações são acentuadas, é que as fissuras mais chamam a atenção e despertam para estudos de suas causas.

A posição das fissuras nos elementos estruturais, sua abertura, sua trajetória, seu espaçamento, entre outros, podem servir para indicar a causa ou as causas que as motivaram, servindo assim como sintomas de manifestações patológicas. As fissuras se diferenciam, pelo seu movimento relativo, por serem ativas ou passivas. Ativas quando permanecem em movimento de abertura e passivas quando cessou este movimento. Um dos principais perigos das fissuras é serem portas abertas para a corrosão das armaduras, no caso das estruturas de concreto armado.

Esses processos deletérios são inevitáveis, pois o próprio concreto apresenta uma resistência à tração bastante reduzida, contribuindo consideravelmente para a ocorrência de tal fenômeno. Suas origens são de uma complexidade elevada, já que são muitos os parâmetros que influenciam nesse processo.

São vários os fatores determinam o grau de risco que as fissuras representam para a vida útil dos elementos estruturais, o mais relevante desses elementos é a questão da abertura da trinca, que para a maioria dos pesquisadores uma abertura menor que 0,4 mm seria insignificante para prejudicar a durabilidade da edificação. Consequentemente, fissuras com um valor superior apresentariam riscos mais expressivos especialmente no que diz respeito à penetração de agentes agressivos. A ponte Governador Enéas Pinheiro apresenta alguns focos dessa manifestação patológica, por meio de fissuras longitudinais em pilares, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Fissura transversal em pilar

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. 9 Sistema de drenagem

De acordo com a NBR-7187 devem ser previstos nos projetos sistemas de drenagem que garantam o perfeito escoamento das águas pluviais que incidem sobre os tabuleiros das pontes. Além disso, devem ser previstos, em cada um dos diversos compartimentos, drenos para o caso de eventual infiltração de águas pluviais, devendo sua locação e detalhamento constar obrigatoriamente nos projetos. Diante disso para um bom funcionamento do sistema de drenagem, tanto a pista principal como a pista de passeio devem possuir drenos para o escoamento das águas pluviais, com diâmetros calculados segundo a vazão de projeto, espaçados a cada 4 metros, como prescrito na norma.

A Figura 11 mostra que o sistema de drenagem da ponte é composto apenas por drenagem do tipo superficial, não existindo sistemas de captação, nem drenos ao longo dos 360 m de ponte. Um ambiente úmido e possíveis infiltrações aumentam expressivamente os riscos de corrosões em armaduras, ataques por sulfatos e degradação do pavimento asfáltico.

Figura 11 - Sarjetas com ausência de drenos

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Conclusões

O presente trabalho apresentou um estudo sobre as principais manifestações patológicas identificadas na ponte Governador Enéas Pinheiro, esta com seus 30 anos de existência, apresentou diversas ações deletérias em andamento, algumas em um estágio bastante avançado que agem prejudicando a estrutura da obra, possibilitam uma diminuição do desempenho mecânico da ponte, consequentemente afetando a durabilidade de tal edificação, o que coloca em risco a integridade física das pessoas que diariamente utilizam tal estrutura para se locomoverem.

A falta de manutenções adequadas e periódicas poderia evitar estes problemas, onde por meio de diagnósticos haveria métodos de reparo para cada anomalia identificada possibilitando assim um prolongamento da vida útil dessa estrutura, em especial por ser uma estrutura que fique exposta a diversos agentes, como intempéries, poluição, variação térmica, colisões, como também a presença de umidade excessiva, fazendo com que a deterioração da ponte se agrave mais rapidamente.

A ponte possuí extrema significância para a população e a economia local, logo é de fundamental importância uma reabilitação adequada, pois o tempo é um fator preponderante para o agravamento das manifestações patológicas. Tratamentos para controlar o processo corrosivo, reconstituição de cobrimentos de armaduras, reparos no pavimento asfáltico, substituição e limpeza das juntas de dilatação, implantação de drenos para retirada de águas pluviais da superfície, reparação de peças desgastadas constituem em medidas necessárias para que a vida útil da ponte em análise seja prolongada, fazendo com que esta continue a cumprir o papel para o qual foi projetada. Salienta-se que as atividades relacionadas a manutenção devem ser realizadas com periodicidade e não esporadicamente.

Bibliografia

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

AHRENS, Wilson. A recuperação de pavimentos de OAE em concreto armado de cimento Portland:

BRINCK, F. M. *Efeito da corrosão na integridade estrutural da ponte metálica Marechal Hermes*. Ouro Preto: Construções Metálicas, DECIV/UFOP, 2004. 177p. (Dissertação de Mestrado).

ISBN: 978-85-65425-32-2

BITTENCOURT, Heliana Rodrigues de. Areião: Lugar de Sociabilidade e Pertencimento na Ilha de Outeiro. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado)

BERNARDO, Glauco. Pontes. São Paulo: Grêmio Politécnico; 1980.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. NORMA DNIT 010/2004 – PRO: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2004. 18 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários. Rio de Janeiro, 2010. 159p.

GIOVANNETTI, Ana Carolina Virmond Portela. Avaliação do estado de conservação de pontes - estudo de caso. 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129436/328510.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 Maio. 2017.

HELENE, P.; CASTRO, P.; O'REILLY, V. Manual de Reabilitação de Estruturas de Concreto Reparo, Reforço e Proteção. Editado por Degussa Construction Chemical Brasil, CYTED Red Rehabilitar, ISBN 85-903707-2-0, São Paulo SP, Setembro 2003.

STORTE, Marcos. Manifestações Patológicas na Impermeabilização de Estruturas de Concreto em Saneamento. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=703>. Acesso em: 16 Maio. 2017.

Souza V C M, Ripper T. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: PINI; 1998.

VITÓRIO, José Afonso Pereira.Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. Recife: CREA-PE; 2002.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MONITORAMENTO DE FISSURAS EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.

Monitoring Of Cracks In A Single Family Residence.

Marcos André Elias NUNES[1], Bruno Henrique Alves VAZ[2], Jennef Carlos TAVARES[3]
[1] Universidade Federal Rural do Semi-Àrido, Pau dos ferros-RN, Brasil, marcos_foro@hotmail.com
[2] Universidade Federal Rural do Semi-Àrido, Pau dos ferros-RN, Brasil, brunohav1@gmail.com
[3]Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros-RN, Brasil, jennef.carlos@ufersa.edu.br

Resumo: As fissuras ou trincas são um tipo comum de manifestação em qualquer edificação e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. O presente trabalho teve por objetivo, mensurar e identificar as possíveis causas da existência de manifestações patológicas em uma residencia unifamiliar, situada na cidade de Riacho de Santana/RN. Para a análise da fissura foram feitas vistorias, com intuito de selecionar a fissura a ser monitorada. Para a escolha da fissura foi utilizada a técnica do selo de gesso e abertura de janela de inspeção, para saber se a fissura atingia o substrato. Definida a fissura, utilizou-se a técnica da lâmina de vidro, para o monitoramento semanal da mesma. Com a análise dos dados coletados no monitoramento, verificou-se que houve aumento da espessura, e ainda, apresentou um acréscimo em sua extensão da ordem de 12 mm, totalizando 2,102 m considerados em linha reta de um extremo ao outro. Portanto, analisando a configuração da fissura (disposta de forma diagonal ao longo da parede e, ainda um pequeno rebaixo do piso próximo ao local da fissura) chegou-se a conclusão de que a fissura provavelmente foi originada devido ao recalque diferencial ocorrido na fundação.

Palavras-chave: Patologia, Manifestação, Dano, Trinca.

Abstract: Cracks or cracks are a common type of manifestation in any building and may interfere with the aesthetics, durability and structural characteristics of the work. The objective of this study was to measure and identify the possible causes of pathological manifestations in a single - family residence, located in the city of Riacho de Santana / RN. For the analysis of the fissure, inspections were made, in order to select the fissure to be monitored. To select the crack, the gypsum seal technique and inspection window opening was used to know if the crack reached the substrate. Once the crack was defined, the glass slide technique was used for the weekly monitoring of the crack. With the analysis of the data collected in the monitoring, it was verified that there was an increase in the thickness, and also, it showed an increase in its extension of the order of 12 mm, totaling 2,102 m considered in a straight line from one end to the other. Therefore, by analyzing the configuration of the crack (arranged diagonally along the wall and even a small recess of the floor near the crack site), it was concluded that the crack probably originated due to the differential repression occurring in the foundation.

Keywords: Pathology, Manifestation, Damage, Crack.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

A patologia é uma ciência tradicionalmente aplicada na medicina que pode ser interpretada como o “estudo das doenças, suas origens, seus sintomas, quais os agentes causadores e qual o mecanismo ou processo de ocorrência (AZEVEDO, 2011). Esse termo também é usualmente empregado na engenharia, cujo objeto de estudo dessa ciência são as manifestações patológicas, ou seja, os problemas, danos, presentes nas edificações. De acordo com Masuero (2001), esse termo, trata-se de uma ciência que estuda as manifestações e consequências das situações que as edificações ou suas partes deixam de apresentar um desempenho mínimo pré-estabelecido.

Como define o próprio Masuero (2001), o desempenho esperado de uma edificação corresponde ao atendimento das exigências do usuário, as quais compreendem basicamente segurança, habitabilidade e durabilidade. Sendo que na maioria das vezes, o comprometimento do desempenho das edificações é evidenciado pela incidência de problemas patológicos que ocasionam transtornos aos usuários (DUARTE, 2001).

Souza e Ripper (1998), afirmam que a patologia das estruturas se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

A grande maioria das manifestações patológicas apresentam sintomas característicos que permitem ao especialista determinar a sua origem, as causas que conduziram ao seu aparecimento e as consequências que poderão advir se não forem corrigidas (AZEVEDO, 2011). Ainda segundo Azevedo (2011), há casos em que o diagnóstico não é tão fácil, especialmente quando ocorrem mais de uma causa para a geração da patologia.

As manifestações patológicas podem ocorrer numa estrutura tanto na fase de construção como durante o período pós entrega e uso, de acordo com Azevedo (2011). Ainda, o aparecimento dessas manifestações pode ocorrer devido a erros de projeto, emprego de materiais inadequados, erros de execução, enfim.

Segundo Motteu & Cnudde, estudos que relacionam os erros de projeto e problemas patológicos apontam para a fase de concepção e projeto como o principal fator na origem de defeitos das construções, chegando a 46% do total das patologias das construções, ficando muito acima da segunda causa das patologias, que estabelece 22% dos problemas patológicos estão ligados à fase de execução. Assim, é muito importante os engenheiros estarem atentos desde a fase de desenvolvimento do projeto em si.

As manifestações patológicas observadas nas estruturas podem ter diversas origens e resultam de ações que agem sobre essas estruturas, sejam essas origens de caráter físico, químico ou mecânico (AZEVEDO, 2011). As manifestações patológicas mais comuns de serem observadas em uma edificação, são as fissuras ou trincas, as quais serão objeto de estudo deste trabalho.

As fissuras ou trincas são um tipo comum de manifestação em qualquer edificação e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. Podem ocorrer tanto nas alvenarias como em estruturas de concreto. Neste caso, foi avaliada uma manifestação que ocorreu na alvenaria, chegando a comprometer seus elementos constituintes (tijolos maciços e argamassa de assentamento).

Quanto a nomenclatura, fissuras ou trincas, o que diferencia uma da outra, basicamente é sua espessura ou abertura. Sendo que essa abertura é determinada pela distância entre

ISBN: 978-85-65425-32-2

as bordas da fissura, medida de forma perpendicular à direção local de progresso da fissura. E como a espessura pode variar ao longo do seu comprimento, esta é adotada em relação ao local de maior abertura. Portanto, devido sua abertura, a manifestação monitorada pode ser classificada como uma trinca.

2. Monitoramento de fissuras

O monitoramento de fissuras em uma edificação, tem como objetivo principal, basicamente, identificar o desenvolvimento da manifestação, procurando saber se são ativas ou passivas para então compreender as possíveis causas de ocorrência e por fim, proceder ao tratamento da mesma.

A vistoria foi realizada em uma residência unifamiliar situada na rua Vicente Fontes, número 154, centro, na cidade de Riacho de Santana/RN, composta apenas por um pavimento térreo, com aproximadamente 120 m² de área construída, cuja planta baixa é representada na Figura 1.

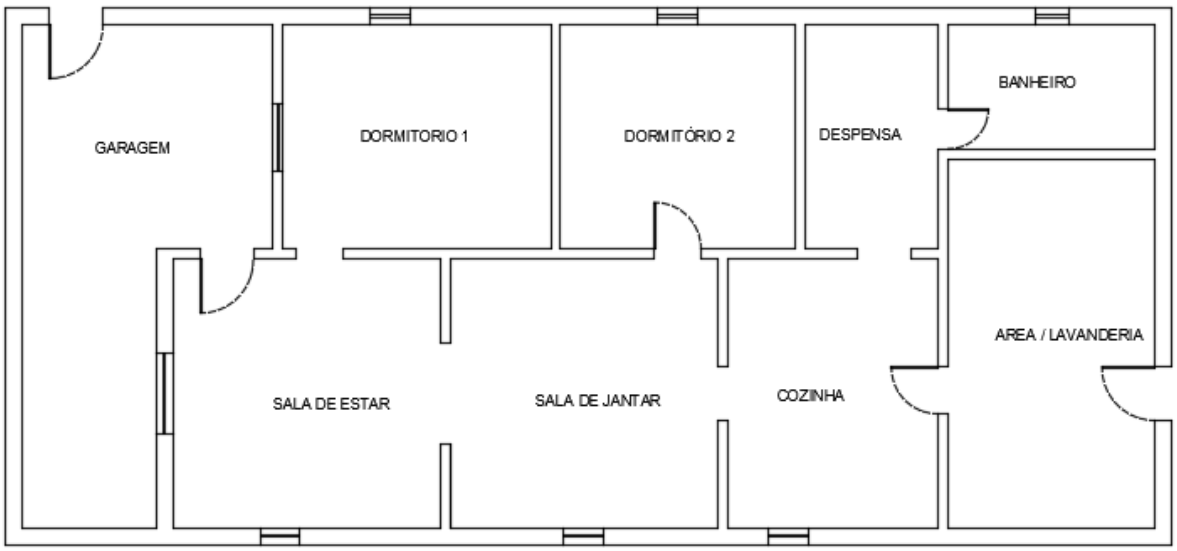


Figura 1 – Planta baixa da residência onde foi monitorada a fissura

Nota-se na residência a presença de uma série de manifestações patológicas (fissuras e trincas nas paredes e no piso, destacamento do revestimento nas paredes internas e externas e manchas de umidade). Esses danos são resultados da falta de um projeto e planejamento adequados, tendo em vista também o tempo de construção e utilização da mesma, em torno de 30 anos, emprego de materiais inadequados, de baixa qualidade e ainda falta de manutenção periódica.

Portanto, o presente artigo tem como objetivos descrever a manifestação patológica vistoriada, bem como identificar as possíveis causas da existência da mesma.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Datas importantes

01/04/2017 – aplicação do selo de gesso em algumas fissuras;

03/04/2017 – escolha da fissura (trinca) a ser monitorada;

08/04/2017 – abertura da janela de inspeção, com a finalidade de verificar se a manifestação patológica atingia, também, os elementos da alvenaria ou apenas o revestimento;

08/04/2017 – monitoramento por meio da utilização de lâminas de vidro.

Após as datas especificadas acima, foi realizada, a cada semana, uma nova avaliação da trinca, a fim de verificar possíveis movimentações, tanto em relação à sua abertura como também ao aumento do seu comprimento. Sendo assim, a manifestação foi acompanhada até o dia 13/05/2017, totalizando 43 dias de monitoramento.

4. Escolha da fissura a ser monitorada

Inicialmente, para determinação da fissura, aplicou-se a técnica do selo de gesso em diversas fissuras existentes. Essa técnica tem por objetivo identificar se as fissuras são ativas ou passivas, não sendo adequada para o monitoramento em si, pois o gesso é um material frágil, dessa forma, com uma possível movimentação na abertura da fissura, esse material acompanha o movimento, apresentando também uma fissuração na sua superfície, indicando assim, uma fissura ativa.

Para aplicação desse método, os materiais utilizados foram gesso em pó (saco de 1 Kg), água e espátula, como identificados na Figura 2.

Figura 2 – Materiais utilizados para preparação e aplicação do selo de gesso

A mistura foi feita em um recipiente de plástico, acrescentando o aglomerante e a água até se obter uma mistura homogênea e consistente. Logo após, com o auxílio de uma espátula foi aplicada uma fina camada de gesso em determinados pontos das fissuras.

Após 48 hs da aplicação do selo de gesso, foi realizada uma verificação com a finalidade de identificar alguma fissura ativa, a qual seria mais adequada para um possível

ISBN: 978-85-65425-32-2

monitoramento. Porém, não houve a identificação de fissuras ativas, então para efetuar o monitoramento, optou-se pela fissura mais relevante em termos de comprimento e abertura. Na Figura 3 é apresentado como a camada de gesso foi aplicada.

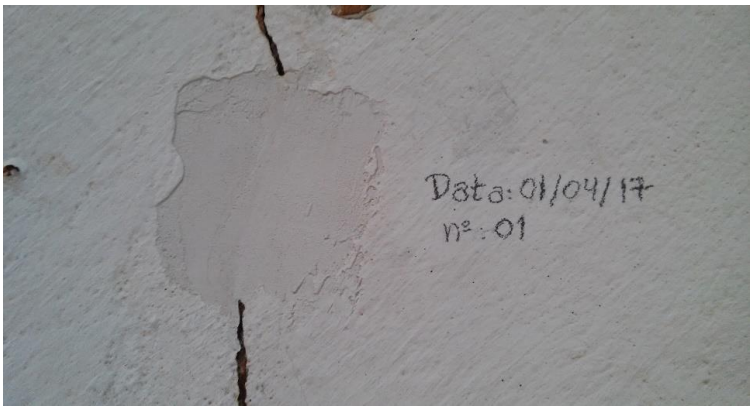


Figura 3 – Aplicação do selo de gesso

Ainda, para determinar se a manifestação atingia os elementos constituintes da alvenaria, foi feita a abertura de uma janela de inspeção, como consta na Figura 4. E como especificado, anotou-se a data a qual a abertura foi realizada.

Figura 4 – Abertura da janela de inspeção

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Caracterização da manifestação patológica

•Comprimento inicial: 2,09 m (linear)

•Comprimento final: 2,102 m

•Espessura inicial: 5 mm

•Espessura final: 6 mm

Como ao longo do tempo de monitoramento houve um pequno acréscimo quanto à sua abertura, pode-se considerar como uma trinca ativa, pois sofreu variação da sua abertura ao longo do tempo, porém percebeu-se que posteriormente, a mesma já está estabilizada, não havendo assim, nenhum aumento.

A Figura 5 apresenta como a trinca se configura.

Figura 5 – Configuração e extensão da fissura

ISBN: 978-85-65425-32-2

6. Método de monitoramento

Existe algumas técnicas para monitoramento da evolução de fissuras, dentre estas podem ser destacadas a técnica com utilização de lâminas de vidro e também por meio do emprego de pinos (pregos ou parafusos). Ambas, teoricamente, de fácil execução. Sendo assim, é necessário identificar qual a técnica mais adequada a ser utilizada em cada caso.

Quanto a este monitoramento realizado, houve uma primeira tentativa com o emprego da técnica utilizando pinos, porém, como os materiais utilizados na construção são relativamente antigos, verificou-se que ao iniciar a cravação do primeiro pino (prego), o tijolo maciço não resistiu bem ao impacto, dessa forma, essa técnica foi descartada. Logo, para prosseguir com o monitoramento, optou-se, portanto, a utilização de lâminas de vidro.

Essa técnica de monitoramento consiste basicamente, na fixação de duas lâminas de vidro sobre a fissura ou trinca. É importante que, para essa fixação seja empregado um material adesivo resistente, no caso, utilizou-se uma massa adesiva epóxica (*DUREPOXI*) e, o assentamento das lâminas foi feito dentro da janela de inspeção, portanto, sobre os elementos da alvenaria e não sobre o revestimento. Para garantir um adequado monitoramento da abertura da fissura, é necessário traçar linhas de referência nas lâminas, pois caso haja a movimentação se torna mais fácil de ser visualizada e medida o quanto a manifestação aumentou.

A Figura 6 apresenta o emprego dessa técnica, como foi descrito acima.

Figura 6 – Emprego da técnica de monitoramento utilizando lâminas de vidro

ISBN: 978-85-65425-32-2

7. Evolução da fissura (trinca)

Os Gráficos 1 e 2, identificam a evolução da manifestação patológica monitorada, quanto à sua abertura e ao seu comprimento, respectivamente.

Gráfico 1 – Evolução da abertura da trinca monitorada

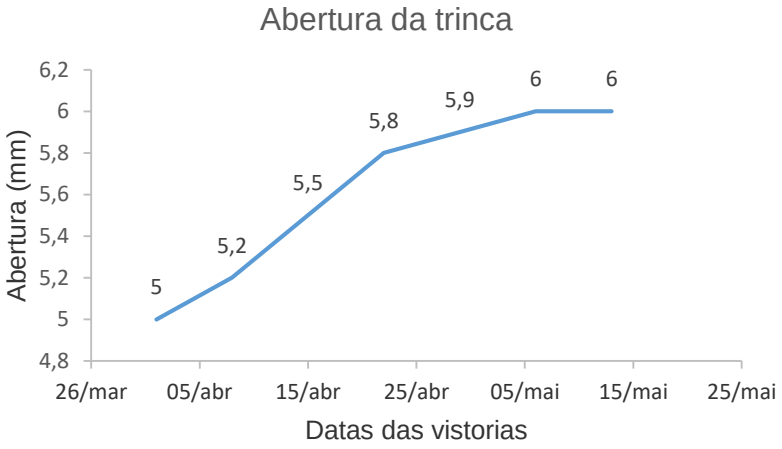
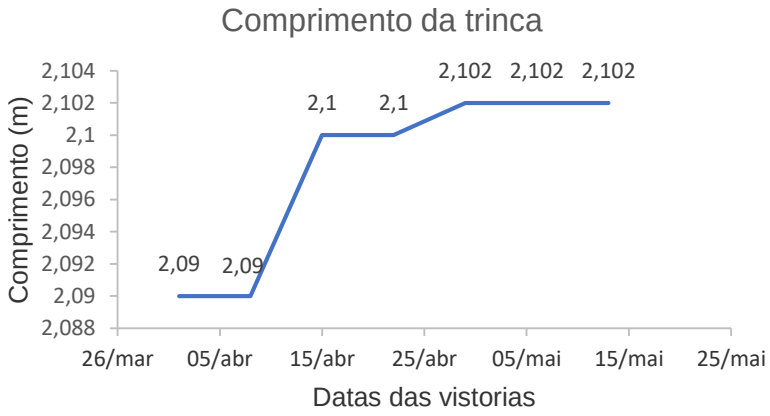


Gráfico 2 – Evolução do comprimento da trinca



8. Conclusão

Conclui-se que a trinca monitorada, trata-se de uma trinca ativa, pois houve aumento da sua espessura, e alem disso, houve ainda um acréscimo em sua extensão da ordem de 12 mm, totalizando 2,102 m considerados em linha reta de um extremo ao outro. No entanto, esse aumento da extensão pode ser considerado irrelevante, pois aconteceu apenas na

ISBN: 978-85-65425-32-2

parte superficial do revestimento e com uma abertura mínima, a qual poderia ter sido mensurado com o auxílio de um fissurômetro.

Na data de monitoramento, a manifestação avaliada, já apresentava uma abertura consideravel, 5 mm. No entanto, no decorrer desse estudo, ainda notou-se um crescimento da mesma, 1 mm, o qual pode ser considerado bastante considerável, tendo em vista o curto período de monitoramento. Assim, seria possível afirmar que a estrutura ainda estava sendo solicitada, pelo menos durante esse período de monitoramento, o que poderia comprometer parte ou a estrutura como um todo.

Quanto a possível causa, sabe-se que uma manifestação patológica desse tipo, pode ser resultado de uma série de fatores, mas para o caso especifico, chegou-se a uma conclusão de que a mesma provavelmente foi originada devido ao recalque diferencial ocorrido na fundação. Algumas evidencias podem comprovar essa possível causa, como a própria configuração da trinca, disposta de forma diagonal ao longo da parede e, ainda um pequeno rebaixo do piso próximo ao local de ocorrência da manifestação.

Dessa forma, após o diagnóstico da manifestação, deve-se proceder ao tratamento ou reparo adequado a fim de evitar danos maiores na edificação.

Referências Bibliográficas

AZEVEDO, M. T. de. Patologia das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Editor). Concreto: Ciência e Tecnologia. IBRACON, 2011. cap. 31.

MOTTEU, H.; Cnudde, M. La gestion de la qualité durant la construction: action menee en Belgique par le comité "Qualité dans la Construction". In:CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. s.l., CIB, 1989.

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

DUARTE, R. B. Patologia das edificações: turma 2001. Porto Alegre: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MASUAERO, A. B. Patologia das edificações: turma 2001. Porto Alegre: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*: UMA ANÁLISE DAS OBRAS DO PMCMV DA ZONA SUL DA CIDADE DE JOÃO PESSOA, PB

Pathological Manifestations In Armed Concrete Walls Molded In Loco: An Analysis Of Pmcmv Works From The South Zone Of The City Of João Pessoa, PB

Denis Sousa LUCIO[1], Adriane Maria Wanderley OLIVEIRA[2], Anna Gabriela Fechine LEITE[3]
[1] Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ), João Pessoa - PB, Brasil, densousa@outlook.com
[2] Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa - PB, Brasil, adrianewoliveira@gmail.com
[3] Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa - PB, Brasil, annagfechine@hotmail.com

Resumo: Paredes de concreto moldadas *in loco* são um dos principais sistemas construtivos utilizados em empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida – Faixa 1 devido a agilidade e racionalização do processo bem como pelos ganhos de produtividade devido a padronização das formas. Embora o sistema apresente diversas vantagens é necessária atenção especial a execução, pois pequenas falhas no posicionamento das formas resultam em pontos de fragilidade na estrutura que refletem em manifestações patológicas e vícios construtivos nas unidades habitacionais. A presença de manifestações patológicas em uma edificação além de resultar em redução considerável da vida útil contribui para diminuição da qualidade de vida dos residentes. A presença de trincas e fissuras em uma parede possibilita a entrada de umidade que pode resultará em quadros de infiltração e consequente redução da salubridade do local. A estanqueidade da edificação, característica de desempenho obrigatório de uma edificação, será colocada em xeque por falha na execução da estrutura. O agravamento de falhas de concretagem, erros de projeto, soluções técnicas inadequadas e pouco cuidado no controle tecnológico apontam um panorama nacional de baixa qualidade em empreendimentos habitacionais do PMCMV. Dentro deste contexto objetivou-se estudar as principais manifestações patológicas e falhas de execução presentes nas paredes de concreto moldadas *in loco* de um empreendimento do PMCMV – faixa 1 localizado na zona sul de João Pessoa. Os principais problemas encontrados no empreendimento estudado foram falhas de execução com predominância para marcas de desforma e bicheiras de concreto.

Palavras-chave: Deverão ser apresentadas até um máximo de 5 palavras chave ilustrativas do conteúdo do artigo. As palavras-chave também deverão ser escritas em inglês. (não devem ser inseridas linhas de intervalo após o *Abstract* e antes das *Keywords*)

Abstract: Molded concrete walls *in loco* are one of the main constructive systems used in projects of the My Home My Life Program - Track 1 due to the agility and rationalization of the process as well as productivity gains due to the standardization of the forms. Although the system presents several advantages, it is necessary to pay particular attention to the

ISBN: 978-85-65425-32-2

execution, because small faults in the positioning of the forms result in fragility points in the structure that reflect in pathological manifestations and constructive vices in the housing units. The presence of pathological manifestations in a building besides resulting in a considerable reduction in the useful life contributes to a decrease in the quality of life of the residents. The presence of cracks and fissures in a wall allows the entry of moisture that can result in infiltration frames and consequent reduction of the salubrity of the place. The watertightness of the building, a characteristic of the mandatory performance of a building, will be put in check because of its failure to execute the structure. The worsening of concrete failures, design mistakes, inadequate technical solutions and little care in technological control point to a poor quality national panorama in PMCMV housing projects. Within this context, the objective was to study the main pathological manifestations and execution failures present in the concrete walls molded *in loco* of a PMCMV project - track 1 located in the southern zone of João Pessoa. The main problems encountered in the study studied were execution failures with predominance for deformity marks and concrete bauxiras.

Keywords: Concrete walls. Pathological manifestations. PMCMV.

1. Introdução

O setor da construção possui grande representação na economia do país e de acordo com dados do Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2017) a indústria da construção civil sozinha é responsável, em média, por 6% do PIB nacional. Em resposta ao contexto econômico sentido no país o governo federal propôs alterações nos tetos de financiamento do programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) com vistas a aquecer a indústria da construção civil e consequentemente a economia. (Planalto, 2017)

O PMCMV tem por objetivo facilitar o acesso a casa própria a famílias de baixa renda (Cidades, 2016) com vistas a reduzir o déficit habitacional brasileiro que em 2014 de acordo com a base metodológica da Fundação João Pinheiros (2016) chegava a pouco mais de 6,0 milhões. Há, portanto uma demanda habitacional elevada que é combustível para o crescimento e disseminação de empreendimentos imobiliários residenciais.

A consequência direta dessa expansão e incentivos a indústria da construção é a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico. Um grande exemplo dessa evolução é o modelo de construção que utiliza paredes de concretos.

Apesar desse crescimento e desenvolvimento tecnológico, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório. Em fevereiro de 2017 foi destaque na impressa o relatório de Fiscalização do Ministério da Transparência que identificou falhas em 48,9% dos imóveis da faixa 1 do PMCMV. Dentre essas falhas as principais queixas são trincas e fissuras (30,8%) e infiltrações (29%) – manifestações patológicas ligadas a falhas estruturais. (ALVES, 2017)

Devido a recorrência e gravidade das patologias ligadas aos empreendimentos do PMCMV dá-se muita importância para o estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e degradação dos sistemas construtivos utilizados em empreendimentos deste padrão.

ISBN: 978-85-65425-32-2

No sistema construtivo de paredes de concreto, as paredes são moldadas no local, com o uso de formas moduladas e apresentam vantagens como rapidez de execução, redução de mão-de-obra, custos globais mais baixos, considerável desempenho, minimiza a geração de resíduos, além de produzir um modelo construtivo em escala, devido à industrialização do sistema. O grande controle dos gastos é um dos seus principais atrativos, pois o desvio de consumo de material é praticamente inexistente.

Devido a falhas involuntárias na execução, incorreta utilização dos materiais, envelhecimento natural, erros de projetos e vários outros fatores contribuem para a degradação e falha da estrutura/painel de paredes. Sendo a principal manifestação patológica observável as fissuras e trincas.

As causas de fissuras em paredes de concreto armado são várias. Pode-se citar como exemplos variação de temperatura, recalques de fundação, detalhamento da armadura interna, sobrecarga na estrutura, tamanho das vigas, fixação de portas e janelas e etc.

O objetivo deste trabalho é caracterizar as principais falhas de execução e manifestações patológicas detectadas nas paredes de concreto moldadas *in loco* de um empreendimento do PMCMV – faixa 01 em execução na cidade de João Pessoa.

2. Revião bibliográfica

2.1 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) – Faixa 1

A faixa 1 do PMCMV tem por objetivo atender famílias com renda de até R$1.800,00. Nesta modalidade do programa até 90% dos custos dos imóveis são custeados pelo programa com recursos de fundos sociais – FAR e FGTS.

As unidades habitacionais desta modalidade são destinadas a pessoas em situação de vulnerabilidade: famílias residentes em áreas de risco ou insalubres ou que tenham sido desabrigadas; famílias com mulheres responsáveis pela unidade familiar; e famílias de que façam parte pessoa com deficiência.

Os empreendimentos desta modalidade são construídos por empresas de construção civil que apresentam os projetos à Caixa e ao Banco do Brasil. As propostas de projeto passam inicialmente por uma análise técnica dos bancos financiadores. Há processo de qualificação e adequação as exigências e especificações do Ministério das Cidades.

São critérios analisados na escolha das propostas conexão com o entorno, acessibilidade, diversidade, sustentabilidade e sistema de espaços livres. Além da adequação as especificações internas das unidades.

Os materiais, tecnologias e sistemas construtivos utilizados nesses empreendimentos devem atender as regras de desempenho técnico para habitações de interesse social (HIS) e ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). As tecnologias e sistemas considerados inovadores devem fazer parte do Sistema Nacional De Avaliação Técnica De Sistemas Inovadores E Convencionais (SINAT).

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 Manifestações patológicas

Segundo a norma brasileira de desempenho, NBR 15575-1 (2013), patologia é toda não conformidade que se manifesta no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural. No âmbito da construção civil os produtos podem ser empreendimentos de diferentes portes e finalidades, mas no contexto deste trabalho o produto e objeto de estudo são empreendimentos residenciais de padrão popular enquadrados no PMCMV. Após o advento da norma de desempenho de edificações os termos durabilidade, manutenção e vida útil passaram a fazer parte e ser responsabilidade de todos os envolvidos em um empreendimento. Desde o projetista até o usuário final. Da mesma forma as preocupações com patologias e adoção de métodos construtivos mais racionais é uma constante crescente.

2.3 Causas das patológicas

A necessidade pela execução acelerada causa, muitas vezes, problemas patológicos nas estruturas, e não seria diferente para as paredes moldadas em concreto armado. Segundo Corrêa (2012 *apud* MIOTTO 2014) as paredes deconcreto estão sujeitas ao aparecimento de patologias como qualquer outro sistema construtivo, que reduzem a resistência da estrutura e seu desempenho.

De acordo com Mitidieri Filho, Souza e Barreiros (2013), as inconformidades encontradas eram decorrentes de inadequação as propriedades do concreto fresco, ou do mau controle e da execução.

Como a atratividade do sistema está na velocidade, qualquer atraso no processo pode ser muito prejudicial. A principal causa de atrasos é a má gestão das formas de concreto. (GÓES, 2013)

O mau uso das placas, além de modificar a sua geometria, pode apagar a identificação das mesmas, transformando o sistema em um quebra cabeça gigante, atacando, mais uma vez, a produtividade do sistema. (GÓES, 2013). Quando uma forma for usada em um lugar incorreto, essa estrutura estará mais sujeita ao aparecimento de patologias.

Conforme Macêdo (2016), existe um erro comum, que é a imprudência na etapa de colocação e amarração das instalações na armadura. Quando não bem fixadas podem sair da posição no momento da concretagem, deixando a armação em contato com a placa.

O aparecimento de fissuras ou imperfeições na estrutura após a concretagem e desforma, são os defeitos advindos de uma má vibração do concreto (excesso ou falta de vibração) resultando em bolhas de ar ou na segregação dos agregados graúdos e miúdos. (MACÊDO, 2016)

As causas de fissuração em paredes de alvenaria ou de concreto de edifícios de concreto armado são várias e, de acordo com o padrão ou a posição das fissuras, podem ser explicadas a fim de que sejam tratadas e solucionadas. (THOMAS E CARNEIRO, 2013)

ISBN: 978-85-65425-32-2

As patologias em concreto podem ser causadas por diversos fatores, entre eles podem ser elencados os principais:

- Falhas no projeto;
- Falhas na execução;
- Falhas na concretagem;
- Falhas no controle tecnológico do concreto.

3. Metodologia

O artigo é baseado no estudo de caso das principais manifestações patológicas e falhas de execução identificadas nas paredes de concreto moldadas *in loco* de um condomínio residencial, em construção, na zona sul de João Pessoa – PB. O condomínio em questão é um empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida – Faixa 1 – que contará com mais de 1000 unidades habitacionais distribuídas em blocos de 04 pavimentos quando concluído.

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados através de vistoria realizada em blocos ainda em construção do empreendimento. Por se tratar de uma obra de grande extensão, mais de 20 blocos, no momento da vistoria optou-se por escolher blocos em dois estágios de execução distintos: desforma de paredes recém realizada ou estrutura concluída. Objetivou-se com isso coletar o maior número de manifestações patológicas e falhas de execução de estrutura.

4. Discussões – Estudo do caso

4.1 Levantamento dos dados

- Marcas de desformas nos painéis;

As marcas de juntas entre os painéis (Figura 1) no acabamento pós-desforma ficaram bastante evidentes, principalmente entre os pavimentos, onde os desaprumos se dão de forma mais acentuada. Esse tipo de desnível pode causar futuras fissuras provenientes das concentrações de tensão ao longo da parede estrutural.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 1 – Marca das desformas nos painéis

– Trincas nos vértices dos vãos de janelas;

As vergas e contravergas são regiões ausentes nos sistemas de paredes de concreto moldadas *in loco*. Nesse caso, há a necessidade de reforços no perímetro dos vãos para janelas e portas. Apesar de na NBR 16055 (2012) prever apenas os reforços perimetrais, na obra em questão foram observadas fissuras a partir dos vértices inferiores das janelas (Figura 2). Em alguns casos, foi observado que as fissuras também estavam na parte externa nas fachadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

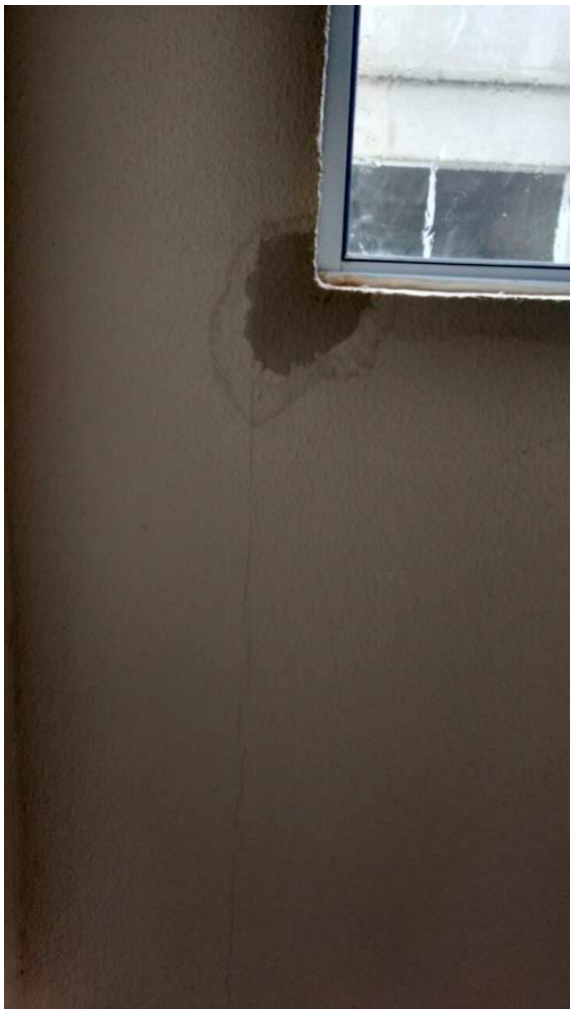


Figura 2 – Trincas nos vértices dos vãos de janelas

Em consequência disso, nota-se a necessidade de reforço adicional, ou seja, armaduras que não estavam previstas em projeto, para a solução dessas manifestações patológicas.

Ainda de acordo com a NBR 16055 (2012), as armaduras de reforço ao redor das aberturas de janelas (Figura 3) devem ser distribuídas em faixas com dimensões ah/2 e devem ter como recobrimento mínimo, além da abertura, o maior valor entre ((ah/2 +10φ) e lb (comprimento de ancoragem dado em metros).

ISBN: 978-85-65425-32-2

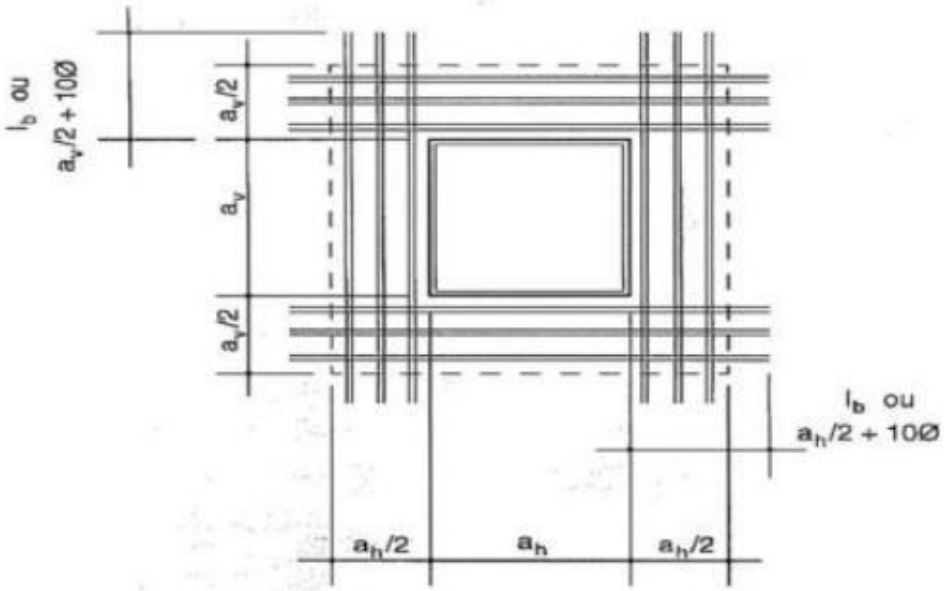


Figura 3 – Esquema de armaduras de reforço

– Armaduras de Lajes e Paredes exposta;

Na realização da desforma dos painéis das lajes e paredes, foi observado que as ferragens ficaram aparentes (Figuras 4 e 5). As causas podem estar no fato de os espaçadores plásticos que foram utilizados terem sido danificados em consequência da movimentação dos operários nos processos de instalação de infra e no momento da concretagem.

Figura 4 – Armadura exposta nas paredes

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Armadura exposta na laje

– Corrosão da armadura;

Os danos causados pela corrosão de armadura geralmente são manifestados por fissuras no concreto paralelas à direção da armadura, delimitando e ou desprendendo o recobrimento. Em componentes estruturais que apresentam uma elevada quantidade de umidade, os primeiros sintomas de corrosão evidenciam-se por meio de manchas de óxido nas superfícies do concreto. (MIOTTO, DANIELA., 2010)

Figura 6 – Corrosão da armadura

ISBN: 978-85-65425-32-2

– Eletrodutos expostos:

Esse problema é causado pela incorreta fixação do eletroduto na tela metálica ou falta de espaçadores nas laterais do eletroduto. O eletroduto utilizado na obra tem cor alaranjada o que facilita a visualização da patologia na parede ou laje.

Figura 7 – Eletrodutos expostos

5. Conclusões

Os principais problemas encontrados no empreendimento estudado foram falhas de execução com predominância para marcas de desforma e bicheiras de concretagem. As juntas formadas pelas marcas de desforma e as superfícies resultantes das bicheiras de concretagem resultam em pontos de fragilidade na estrutura pois quebram o comportamento monolítico das paredes criando assim pontos de tensões preferenciais. As juntas senão tratadas e monitoradas podem evoluir para fissuras e trincas que incorrerão em manifestações patológicas sérias nas unidades habitacionais.

Constatou-se neste trabalho que o ponto mais sensível dos sistemas construtivos de paredes moldadas *in loco* é a montagem das formas. A qualidade e adequação das formas bem como a quantidade de reutilizações dos materiais são fatores redutores de possíveis falhas, entretanto, pequenas falhas no prumo das formas ou má posicionamento de armaduras dentro do sistema resultam em pontos sensíveis e possíveis falhas. Atenção para uma mão-de-obra qualificada e acompanhamento técnico na montagem, forma e desforma dos elementos é um fator a reduzir futuras patologias ligadas as paredes de concreto.

Para trabalhos futuros sugere-se o estudo de manifestações patológicas pós ocupação. Embora as falhas de concretagem detectadas tenham sido reparadas - em alguns casos os painéis foram totalmente refeitos – é possível que surjam manifestações patológicas nos

ISBN: 978-85-65425-32-2

pontos tratados por estes se caracterizarem como pontos de fragilidade e de comportamento não monolítico.

Referências Bibliográficas

ALVES, Murilo Rodrigues. O Estadão de S. Paulo. Economia & Negócios. Quase 50% das casas do Minha Casa Minha Vida têm falhas de construção. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,quase-50-das-casas-do-minha-casa-minha-minha-vida-tem-falhas-de-construcao,70001654211>. Acesso em: 08 mai 2017.

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

_____. NBR-16055: Parede de Concreto Moldada no local para a construção de edificações: Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL, Ministério das cidades. Programa Minha Casa, Minha vida. Disponível em: <http://www.minhacasaminhavida.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>. Acesso: 09 mai. 2017

BRASIL, Palácio do Planalto. Setor da construção civil aposta em crescimento e geração de empregos com mudanças no MCMV. Disponível: <http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/setor-da-construcao-civil-aposta-em-crescimento-e-geracao-de-empregos-com-mudancas-no-mcmv>. Acesso: 08 mai. 2017

CBIC. PIB Braisl e Construção Civil. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil.>. Acesso: 09 mai. 2017.

FILHO, Claudio V. Mitidieri; SOUZA, Julio Cesar Sabadini de; BARREIROS, Thiago Salaberga. Sistema Construtivo de Paredes de Concreto Moldadas no Local: Aspectos de Controle da Execução. Concreto e Construções, Jun. 2013.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatísticas e Informações. Déficit Habitacional no Brasil 2013-2014. Belo Horizonte, 2016

GÓES, Bruno Pereira. Paredes de concreto moldadas “*in loco*”, estudo do sistema adotado em habitações populares. 2013. 80 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MACEDO, Julianne Simões. Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local. 2016. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MIOTTO, Anderson. Avaliação das patologias no sistema construtivo em paredes de concreto moldadas no local para edifícios residenciais. 2014. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

THOMAZ, E.C.S. CARNEIRO, L.A.V. Manifestações patológicos na construção: Alguns casos reais de fissuração em paredes de edifícios de concreto armado. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS. Anais eletrônicos... João Pessoa: CINPAR, 2013. Disponível em: <http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_162.pdf> Acesso em: 05 jun. 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE

Pathology In Civil Construction: Case Study Involving A Construction Company At Juazeiro Do Norte – CE

Victor Nogueira Lima[1], Gabriela Linhares Landim[2], Larissa de Moraes Rocha[3]
[1] PUC-RIO, Rio de Janeiro, Brasil, eng.vnl@gmail.com
[2] UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, gabriela_linhares@outlook.com
[3] UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, larissademoraesrocha@yahoo.com.br

Resumo: Para a realização do trabalho, foi elencado e analisado arquivos cedidos por uma construtora do município de Juazeiro do Norte. Esses arquivos relacionam causas patológicas, custos e números de solicitações no período de um ano, de Junho de 2014 até Junho de 2015. A partir da análise destes dados, observou-se que haviam certas similaridades nas principais causas das falhas construtivas encontradas no pós-obra. Com o uso de ferramentas gerenciais, como a regra de Pareto, pode-se determinar as causas mais frequentes para a empresa em estudo. Desta forma, pôde ser indicado que patologias geradas a partir de impermeabilizações, instalações hidráulicas e construção de fachadas são os 20% das causas que geram 80% da frequência. Com essa análise, espera-se que as empresas atentem para este estudo de caso, e observem os serviços ligados às suas principais causas, para que assim possam prevenir a ocorrência de patologias, diminuindo os gastos com reparos pós-obra e aumentando a satisfação do cliente.

Palavras-chave: Patologias; Construção civil; Anomalias construtivas.

Abstract: For the accomplishment of the work, it was listed and analyzed files ceded by a construction company at Juazeiro do Norte. Those files related pathological causes, costs and number of requests in a period of one year, from June 2014 to June 2015. From the analysis of the data, it was observed that there were certain similarities in the main causes of the constructive failures found in the post- work. With the use of managerial tools, such as the Pareto rule, could be determined the most frequent pathology causes for the company studied. In this way, it could be indicated that pathologies generated from waterproofing, hydraulic installations and facade construction are the 20% of the causes that generate 80% of the frequency. With this analysis, companies are expected to attend to this case study, and observe the services related to their main causes of pathologies, so that they can prevent the occurrence of pathologies, reducing the expenses with post-work repairs and increasing the Customer satisfaction.

Keywords: Pathologies; Civil Construction; Constructive anomalies.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Observou-se no ramo da construção civil uma necessidade de implantação de sistemas de qualidade, a partir de então os construtores e empreiteiros começaram a padronizar e fiscalizar os seus processos, priorizando os conceitos de qualidade no interior de suas obras. Porém, mesmo padronizando o processo construtivo houve um aumento nos custos pós-ocupação, devido às falhas construtivas, situação na qual onerou os custos previstos na etapa de orçamentação (SOUZA, 1997).

As empresas que atuam no setor da construção civil priorizam, geralmente, no processo produtivo de seus empreendimentos, controlar os custos dos mesmos, obter lucro e ofertar produtos que atendam as satisfações dos clientes. Visando a longa vida útil esperada pelos clientes por parte das edificações, cabe às construtoras estudar e aplicar as melhores formas de manutenção - seja ela corretiva ou preventiva. Sendo a manutenção feita de maneira eficaz na correção e na prevenção das patologias, o resultado final será uma obra de qualidade, o que garante satisfação do cliente e a redução dos custos.

Torna-se essencial desenvolver estudos que visem direcionar a atenção das construtoras e empreiteiras para as principais anomalias encontradas após a ocupação da edificação, evidenciando a frequência de solicitação. Além disso, estudos como estes possibilitam relacionar as principais causas e soluções a serem adotadas em ambos os tipos de manutenção, corretiva e preventiva.

Vale ressaltar que identificar as principais patologias encontradas no pós-ocupação das obras de Juazeiro do Norte possibilita construir uma ferramenta importante que pode ser utilizada na avaliação de como melhorar os processos produtivos das construtoras e empreiteiras locais, de modo a prevenir o surgimento dessas patologias mais comuns na etapa de pós- ocupação. A criação de registros legais que assegurem a empresa acerca de mudanças e má utilização do imóvel, validando ou não a garantia regida por lei, pode diminuir esse número de casos, que são os mais custosos. Além disso, analisar as causas dos problemas pode levar a uma melhoria nos processos construtivos, representando assim uma melhoria na qualidade do produto final e redução nos custos de manutenção.

2. Origem das patologias

Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações, aliada ao caráter marcadamente imprevisível das mesmas, será o fator preponderante, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil, processo este que pode ser dividido, em três etapas básicas: concepção (planejamento / projeto / materiais), execução e utilização (SOUZA, 1998).A qualidade obtida em cada etapa tem sua devida importância no resultado final do produto, principalmente no que se refere ao controle da incidência de manifestações patológicas na fase de uso.

Para se obter a diminuição ou o retardamento do aparecimento dos problemas patológicos numa dada construção deve haver controle rigoroso de qualidade nestas etapas do processo. A abordagem de manutenção deve também ser feita de forma a contextualizá-la

ISBN: 978-85-65425-32-2

no processo de construção, procurando durante todas as etapas do processo, situá-la como um dos fatores relevantes a ser considerado. Devem ser tomadas todas as preocupações para assegurar, nas várias etapas do processo construtivo, o delineamento e a projeção da manutenção futura (COSTA, 2003).

De um modo geral, as manifestações patológicas não tem sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis. Essas variáveis podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorreram. Além disso, pode também apontar falhas no sistema de controle de qualidade.

As patologias são responsáveis por uma grande parcela da manutenção, de forma que grande parte deste tipo de atividade nas edificações seria evitada se houvesse um melhor detalhamento do projeto e da escolha adequada dos materiais e componentes da edificação (PIRES, 2013).

Desta forma, deve-se buscar estratégias dentro do processo construtivo que visem reduzir manutenções futuras, melhorando o controle de patologias. Segundo Costa (2003), as decisões tomadas durante as etapas do processo produtivo na construção, bem como o controle de qualidade efetuado durante essas etapas, estão intimamente ligadas à manutenção e aos futuros problemas patológicos que poderão ocorrer na edificação.

2.1 Concepção (planejamento / projeto / materiais)

Uma variedade de falhas pode ocorrer durante a etapa de concepção da construção. As falhas podem ser originadas a partir do estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução.

Alguns fatores como a deficiência no planejamento, ausência de informações e dados técnicos e econômicos de novas alternativas construtivas, ausência de ferramentas de base de dados para controle e indefinição de critérios de controle (Indicadores de qualidade e produtividade) influenciam negativamente a qualidade do produto, além de aumentarem os índices de perdas de baixa utilização de novas alternativas construtivas (IEL, 1999).

Para o desenvolvimento das alternativas construtivas, é necessário o estabelecimento de certos parâmetros. Entre eles pode-se citar a definição do uso, a tipologia da edificação e dos materiais a serem empregados; a identificação das faixas socioeconômicas da população a ser atendida; levantamento dos recursos locais disponíveis (matéria-prima, mão de obra, entre outros) e levantamento do estágio de desenvolvimento da construção. O planejamento também define diretrizes de manutenção estratégica, sendo o custo da manutenção preventiva um fator importante a ser considerado.

Alvo de grande preocupação nos países desenvolvidos, o projeto é responsável por grande parte dos problemas patológicos na construção civil. No Brasil, a realidade dos projetos, de uma forma geral, é diferente, não sendo dada à mesma importância que em outros países. Em termos de custos, esta fase contabiliza em torno de 3 a 10% do custo total do empreendimento (TAN; LU, 1995).

Durante a fase de projeto, alguns fatores interferem na qualidade do produto final podendo-se citar a compatibilização de projetos. Portanto, é fundamental que os serviços de

ISBN: 978-85-65425-32-2

compatibilização de projetos e de seus detalhes construtivos não seja deixados para serem resolvidos durante a construção, o que acaba exigindo a adoção de soluções paliativas ou meramente reativas. Além da compatibilização de projetos, os próprios detalhes executivos adquirirem importância, pois, através destes, a leitura e interpretação do projeto podem ser realizadas com clareza, sendo fundamental que cada projeto seja acompanhado de detalhes suficientes. A especificação de materiais, o conhecimento de normalização, a solução de interfaces projeto – obra, o projeto para a produção e a coordenação entre vários projetos também são considerados fatores importantes dentro deste contexto (FRANCO; AGOPYAN, 1993; PICHI; AGOPYAN, 1993; PRUDENCIO, 1995).

Sem a devida atenção a esses fatores, vários problemas podem vir a ser gerados, como por exemplo, a baixa qualidade dos materiais específicos, a especificação de materiais incompatíveis, o detalhamento insuficiente ou equivocado, o detalhamento construtivo inexequível, a falta de padronização e o erro de dimensionamento, o comprometimento do desempenho e a qualidade global do ambiente construído.

É essencial que os projetos estejam voltados para a fase de execução, com identificação dos pontos críticos e proposição de soluções para garantir a qualidade da edificação. No conjunto de recomendações pode-se citar a simplificação da execução, a adoção de procedimentos racionalizados e as especificações dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para a execução (FRANCO; AGOPYAN, 1993; MACIEL; MELHADO, 1995).

Desta forma, a escolha dos materiais e das técnicas de construção devem estar em concordância com o projeto a fim de atender às necessidades dos usuários e garantir a manutenção de suas propriedades e características iniciais.

Além das propriedades, a compatibilidade entre os materiais é importante quando se objetiva a qualidade, pois o conhecimento técnico de cada material poderá minimizar ou impedir a deterioração (ROCHA, 1997).

2.2 Execução

A sequência lógica do processo de construção civil indica que a etapa de execução deva ser iniciada apenas após o término da etapa de concepção, com a conclusão de todos os estudos e projetos que lhe são inerentes.

Iniciada a construção, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão de obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem (SOUZA, 1998).

Nas estruturas, vários problemas patológicos podem surgir. Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto, desde a sua fabricação até a cura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A ocorrência de problemas patológicos cuja origem está na etapa de execução é devida, basicamente, ao processo de produção, que é em muito prejudicado pela baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como os serventes e os meio-oficiais(SOUZA, 1998).

Estudos anteriores realizados revelam que problemas patológicos que aparecem nas edificações durante sua vida útil são originados durante a fase de produção da edificação, com maior percentual na fase de projeto, no caso da Europa, sendo que, no caso do Brasil, esse percentual se dá na fase de execução (Tabela 1) daí a grande importância da implementação de um sistema de gestão da qualidade para execução de obra. (DÓREA; SILVIA, 1999).

Quadro 1 - Origem das patologias no Brasil e Europa (Grunau *apud* LIMA, 1990; DÓREA e SILVA, 1999)

Etapa	Brasil(%)	Europa(%)
Projeto	18.00	43.00
Materiais	6.00	38.00
Execução	52.00	14.00
Uso	14.00	5.00
Outros	16.00	-

Pode-se associar a qualidade de execução a alguns fatores como a qualidade no gerenciamento da obra, no recebimento dos materiais e de equipamentos e, principalmente, da execução dos serviços propriamente dita (MACIEL; MELHADO, 1995).

Enfatizando a qualificação, é essencial que o profissional que exerce a função do controlo de execução apresente uma formação teórica aliada à experiência prática, sendo importante também o treinamento de quem executa o serviço (PICCHI; AGOPYAN, 1993; MACIEL; MELHADO, 1995).

Na fase de execução, a manutenção preventiva é muito dependente do controle de qualidade da mão de obra assim como o cumprimento das especificações de projeto. Para garantir o cumprimento de todas as prescrições referentes à execução, o controle deve abranger operações em todos dos estágios de execução. Cada um dos subsistemas das edificações precisa ter procedimentos bem definidos e consolidados para o seu controle.

2.3 Utilização

Após o fim das etapas de concepção e de execução, mesmo estas etapas sendo executadas de maneira correta obtendo uma qualidade adequada, pode-se originar a presença de problemas patológicos a partir da utilização errônea ou a partir da falta de uma programação de manutenção adequada.

Os problemas patológicos ocasionados por uso inadequado podem ser evitados informando-se aos usuários sobre as possibilidades e as limitações da obra. Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de

ISBN: 978-85-65425-32-2

manutenção, tem sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, negligência e em problemas econômicos (SOUZA, 1998).

O uso de uma edificação inclui sua operação e as atividades de manutenção realizadas durante sua vida útil. Pelo fato das atividades de manutenção em sua maioria serem repetitivas e cíclicas, é importante a implantação de um programa de manutenção visando otimizar a utilização de recursos e manter o desempenho de projeto.

Para a implantação deste programa de manutenção é importante a realização de um manual do usuário para auxiliar a correta utilização da edificação e recomendar as medidas de conservação e manutenção. A linguagem deste manual deve ser simples e direta, apresentada de forma didática, devendo ainda ser detalhado de acordo com a complexidade da edificação.

O manual deve conter informações sobre procedimentos recomendáveis para a manutenção da edificação, tais como especificação de procedimentos gerais de manutenção para a edificação como um todo; especificação de um programa de manutenção preventiva de componentes, instalações e equipamentos relacionados à segurança e à salubridade da edificação; identificação de componentes da edificação mais importantes em relação à frequência ou aos riscos decorrentes da falta de manutenção e à recomendação da obrigatória revisão do manual de operação uso e manutenção (NBR 14037, 2014).

O grande problema por parte dos usuários dos edifícios é que, na maioria das vezes eles não se preocupam com a manutenção, não dando a devida importância ao manual de manutenção e operação, quando existente, fator fundamental para a vida útil da edificação.

Segundo Dal Molin e Aranha (1995), os procedimentos inadequados durante a utilização podem ser divididos em dois grupos: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais. Nas ações previsíveis, pode-se compreender o carregamento excessivo, devido a ausência de informações no projeto e/ou inexistência de manual de utilização. No caso das ações imprevisíveis tem-se: alteração das condições de exposição da estrutura, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, choques acidentais etc.

2.4 Causas patológicas

Pelo fato das patologias se originarem durante as etapas do processo construtivo, é essencial a garantia do controle de qualidade em todas estas etapas, com um planejamento bem detalhado, que permita uma visão clara do que será executado; um projeto que atenda os requisitos mínimos de qualidade; a escolha correta dos materiais; uma execução obedecendo ao projeto e as especificações e a fazes de uso, orientada com manuais de utilização da edificação.

É certo que todas as etapas do processo podem contribuir para o aparecimento de manifestações patológicas na edificação ou podem ser a origem dessas patologias, porém pode-se observar que não há um programa de manutenção preventiva ou corretiva na construção civil. Desta forma a falta de programas de manutenção dos sistemas construtivos de edificações, é uma das causas mais importantes de deterioração precoce do ambiente construído.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Metodologia

3.1 Área de desenvolvimento do trabalho e objeto de estudo

Foi escolhida uma construtora localizada no município de Juazeiro do Juazeiro do Norte, que por escolha de seus diretores para preservar identidade será identificada como construtora x.

O município de Juazeiro do Norte está localizado no sul do Estado do Ceará, a cerca de 563 quilômetros da Capital Fortaleza, em uma região denominada Cariri, como mostra a figura 1. A cidade possui uma extensão média de 248.832 quilômetros quadrados e uma população estimada para o ano de 2016 de 268.240 habitantes (IBGE, 2016). Juazeiro é ainda um grande polo cultural do Brasil, sendo um dos maiores centros de artesanato e cordel do nordeste do país. A cidade tem ainda um dos maiores polos acadêmico do interior Nordestino e também é conhecida como " A metrópole do Cariri ".

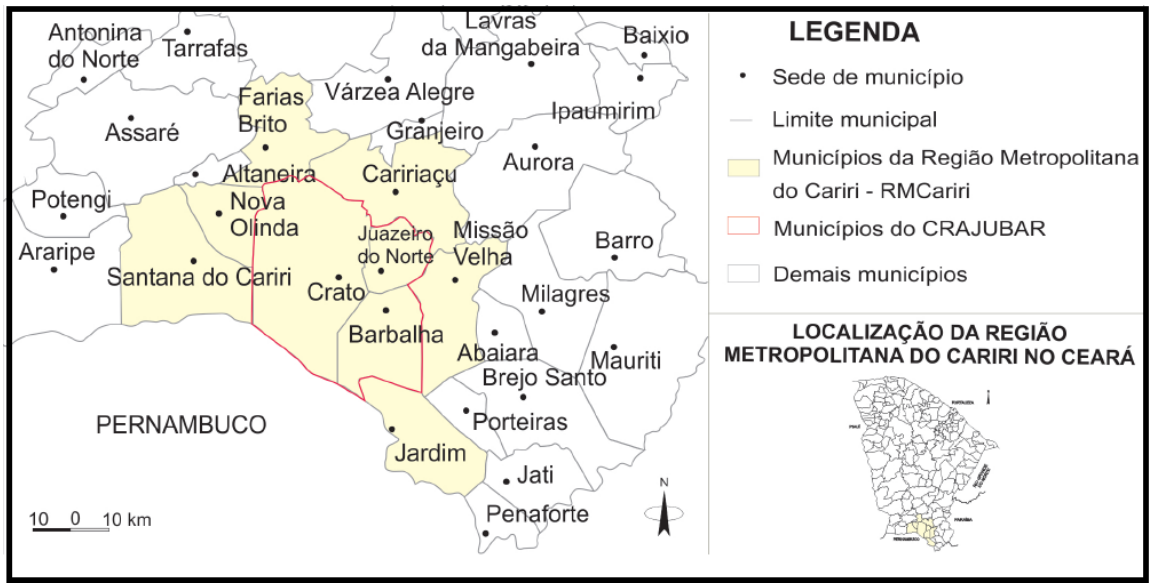


Figura 1 - Localização de Juazeiro do Norte - Ce
Fonte: Queiroz (2014)

O crescimento da construção civil neste município continua em ritmo acelerado, com o aumento da demanda por serviço. Falta mão de obra para o setor, segundo dados do Sine/IDT na cidade. A verticalização das construções coloca o município na tendência verificada em grandes cidades, e desta forma bairros e área central conseguem uma valorização do metro quadrado no patamar de áreas da capital. Em, praticamente, todos os bairros, principalmente nas áreas mais valorizadas na cidade, a exemplo do centro, e no entorno do Hospital Regional do Cariri (HRC), estão sendo construídos dezenas de prédios, dando uma nova configuração urbana, com a verticalização da cidade (DIÁRIO DO NORDESTE, 2012).

A Construtora X possui sede em Juazeiro do Norte e vem atuando no mercado caririense nos últimos 11 anos. A empresa comercializa serviços e produtos ligados a área da construção civil com um portfólio de obras e empresas importantes no seu quadro. Por ser

ISBN: 978-85-65425-32-2

caracterizada como médio porte, sua arrecadação anual não é relativamente alta, porém é expressiva por se tratar de uma empresa do interior cearense. O público alvo são em geral pessoas que desejam construir residências ou pontos comerciais de maneira horizontal, de no máximo 3 ou 4 pavimentos.

Foi a partir do primeiro semestre de 2015 que a construtora começou a colaborar com dados para a realização deste trabalho, além da mesma liberar informações que muitas outras empresas julgam ser sigilosas.

3.2 Abordagem dos problemas patológicos

O problema é identificado de modo geral a partir das manifestações ou sintomas patológicos que se traduzem por modificações estruturais e ou funcionais no edifício ou na parte afetada, representando os sinais de aviso dos defeitos surgidos (BARROS *et al*., 1997).

Uma vez determinadas as manifestações patológicas, e interpretadas, pode-se conduzir ao entendimento do problema. Desta forma, haver-se-á a possibilidade de correção cuja o nível estará vinculado à relação entre o desempenho estabelecido para o produto e o desempenho constatado.

Para uma melhor compreensão dos problemas patológicos ocorridos com as construções, e à uniformidade de atuação frente às possíveis soluções, propõe-se empregar uma metodologia de ação, conforme apresentado na Figura 2, que pode ser desenvolvida ou adaptada para cada situação específica, sendo as etapas propostas e discutidas a seguir.

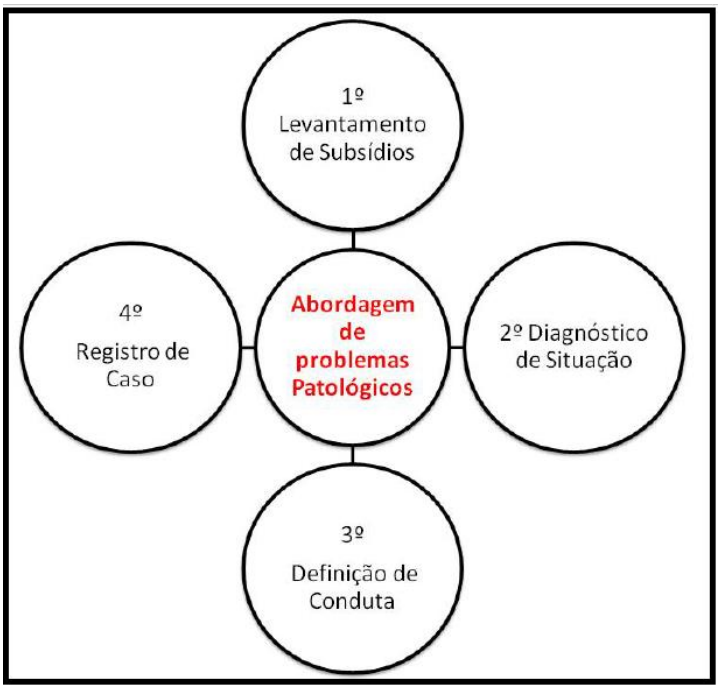


Figura 2 - Esquematização da metodologia utilizada para abordagem dos problemas patológicos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na pesquisa realizada

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.3 Levantamento de subsídios

Esta etapa fundamenta-se na obtenção das informações necessárias para que se possa compreender o problema ocorrido. Sua estruturação ocorre a partir da elaboração de um quadro geral das manifestações presentes, onde devem ser devidamente relatadas as evidências que provocaram efetivamente o problema.

As informações podem ser obtidas por meio de quatro fontes básicas: vistoria do local; levantamento do histórico do problema e do edifício (anamnese do caso), exames complementares e pesquisa (bibliográfica, tecnológica, científica e normativa), discutidas a seguir.

3.4 Diagnóstico de situação

Uma vez equacionada a primeira etapa, os estudos devem ser conduzidos para a formulação do diagnóstico do problema, o qual pode ser entendido como o equacionamento do quadro geral da patologia existente.

Cabe lembrar, porém, que as patologias constituem um processo dinâmico e assim sendo, as manifestações, numa determinada época, podem apresentar um aspecto completamente distinto que numa outra, estando em constante evolução. Assim, o diagnóstico pressupõe um processo dinâmico que, na realidade, não se inicia somente após a análise dos resultados obtidos no levantamento de subsídios, mas tem início com ele, sendo que todas as informações devem ser interpretadas no sentido de compor progressivamente o quadro de entendimento do problema patológico.

De maneira simplificada pode-se dizer que o processo de diagnóstico de um problema patológico pode ser descrito como uma geração de hipóteses efetivas que visam a um esclarecimento das origens, causas e mecanismos de ocorrências que estejam promovendo uma queda no desempenho do produto.

A construtora em estudo possui uma medida específica em que ela consegue fazer um pré-diagnóstico a partir de um banco de dados que relaciona Falhas Detectadas X Provável Causa X Ação Corretiva. Esses dados estão representados de forma resumida em tabelas no anexo A.

3.5 Definição de conduta

Esta etapa está relacionada a uma avaliação da necessidade ou não de se intervir no problema patológico, referindo-se, portanto, às alternativas de intervenção e à definição da terapia a ser indicada.

Para que se possa chegar a uma decisão, a partir do diagnóstico são levantadas as hipóteses de evolução futura do problema, ou seja, realiza-se um prognóstico, que deve ser baseado em dados fornecidos pelo tipo de problema; estágio de desenvolvimento; características gerais do edifício e condições de exposição a que está submetido.

Diante da formulação do prognóstico, onde ficarão evidentes as possibilidades de solução do problema patológico, levantam-se as alternativas de intervenção que por sua vez, são

ISBN: 978-85-65425-32-2

feitas levando-se em conta três parâmetros básicos: grau de incerteza sobre os efeitos, relação custo benefício e disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços.

O grau de incerteza sobre os efeitos relaciona-se diretamente com a incerteza do diagnóstico formulado, pois este está fundamentado em informações e conhecimentos passíveis de erros.

A relação custo/benefício, por sua vez, estabelece um confronto dos benefícios que possam ser auferidos na obtenção do desempenho requerido, em relação ao custo de sua recuperação no decorrer do restante da vida útil do edifício.

Finalmente, a verificação da disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços objetiva realizar um levantamento sobre as condições tecnológicas para a execução dos serviços de intervenção definidos. As condições tecnológicas envolvem a técnica de execução, propriamente dita, os materiais, os equipamentos e a mão de obra, necessários à execução dos serviços.

Caso seja empregada uma tecnologia incompatível com o problema ou ainda, caso ocorram falhas na realização dos serviços de manutenção, o mesmo pode ser agravado podendo até mesmo tornar-se irreversível.

3.6 Registro de caso

Equacionado o problema patológico e adotada a conduta, passa-se a confrontação dos efeitos resultantes, com os esperados, gerando uma fonte de informações que retroalimenta o processo de produção do edifício.

O registro do caso constitui-se numa fonte importante e segura para consulta, de modo que os problemas detectados, possam ser evitados nos novos empreendimentos. Além disso, servem de subsídios essenciais à eliminação do grau de incerteza do diagnóstico de casos semelhantes, no futuro, e para a definição da conduta de intervenção, possivelmente, mais rápida e mais eficiente.

3.7 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através do banco de dados da empresa x com determinadas categorias de causa e o número de solicitações dos clientes para cada categoria.

Para realizar a análise do estudo, utilizou-se a curva de Pareto, mais conhecida como curva ABC. Vilfredo Pareto foi um cientista italiano que descobriu relação de causa-efeito em que 80% dos resultados são gerados por apenas 20% do esforço.

Pareto está fortemente ligado ao gerenciamento em construções civis por causa da grande dimensão do esforço necessário para reduzir e administrar continuamente os riscos das anomalias nas obras. Sendo assim, o maior desafio atualmente para os engenheiros é estruturar um suporte ao processo decisório que definirá o que deve ser postergado, o que deve ser priorizado e o que deve ser esquecido por causa da falta de recurso, ou seja, não poderá ser atendido pelos investimentos. Desta forma, fica claro a importância de uma ferramenta que embase a decisão tomada pelo engenheiro, e no estudo a curva de Pareto mostrou-se adequada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A regra de Pareto deve ser usada como norte para corrigir e prevenir os problemas. Decidir o que é prioritário e o que é mais representativo para o negócio em questão, contextualizando as falhas e identificando os processos e ações.

4. Resultados e discussões

Utilizando os dados obtidos da Construtora X, que estão representados a seguir na tabela 2, obteve-se um gráfico que representa as relações de de causa e número de casos.

Observa-se na tabela 2 o número de solicitações dos clientes atrelados às suas devidas causas. Fazendo a mesma verificação e no mesmo intervalo de tempo, Junho de 2014 a Junho de 2015, obteve-se o gráfico 1. Desta forma, a regra de Pareto indicou que as causas responsáveis por 80% das solicitações são: Instalações Hidráulicas, Fachadas, Impermeabilização, Forma e Armação, Esquadria e Revestimento Cerâmico.

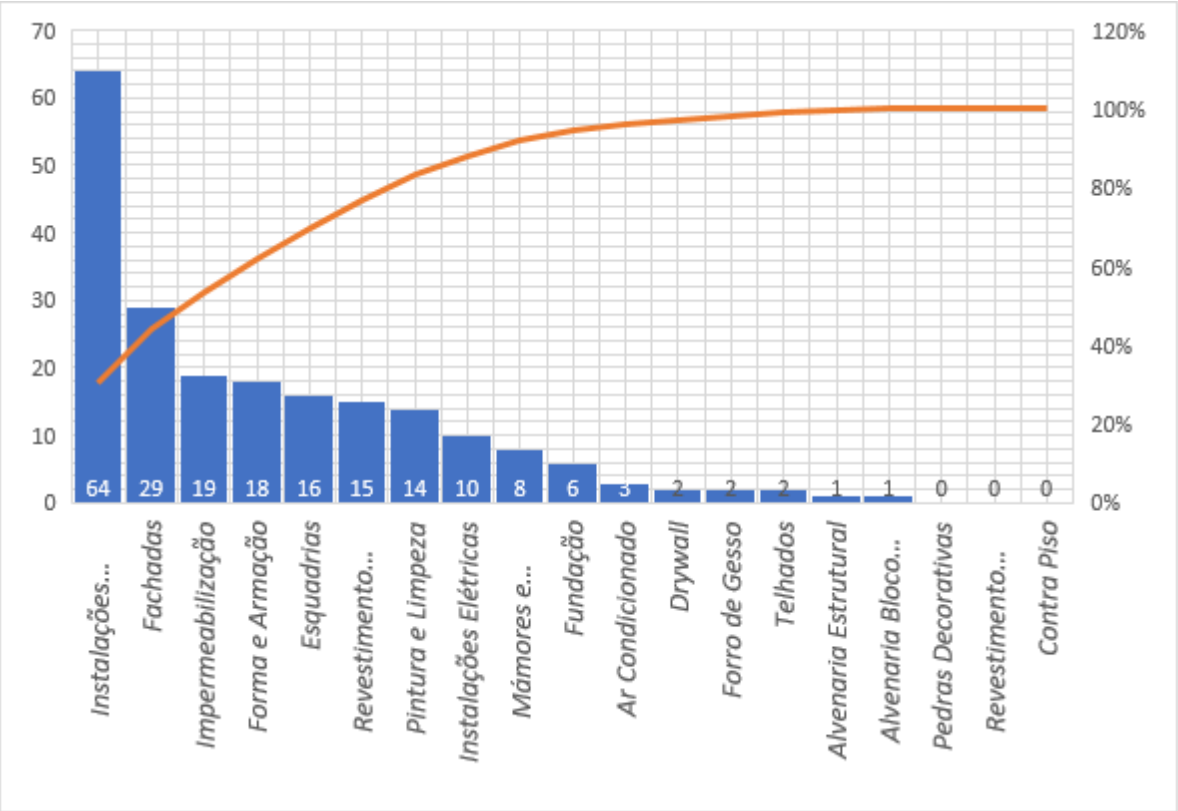
Quadro 2 - Número de solicitações anuais pelas causas de referência.

Patologias	Solicitação/Ano
Instalações Hidráulicas	64
Fachadas	29
Impermeabilização	19
Forma e Armação	18
Esquadrias	16
Revestimento Cerâmico	15
Pintura e Limpeza	14
Instalações Elétricas	10
Mámores e Granitos Internos	8
Fundação	6
Ar Condicionado	3
Drywall	2
Forro de Gesso	2
Telhados	2
Alvenaria Estrutural	1
Alvenaria Bloco Cerâmico	1
Pedras Decorativas	0
Revestimento Interno Argamassa	0
Contrapiso	0

Fonte: cedido pela construtora x.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Gráfico 1 - Gráfico de Pareto aqplicado ao número de solicitações ano de assistência técnica, pelas causas de referência.



Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados adquiridos.

Este trabalho acadêmico identificou as três principais causas influentes tanto na frequência das solicitações: Instalações Hidráulicas (com aproximadamente 30% das solicitações), Fachadas (com aproximadamente 13% das solicitações) e Impermeabilização (com aproximadamente 7% das solicitações).

5. Conclusão

Após a análise deste trabalho, considerando as solicitações para cada tipo de causa, pode-se, através da aplicação de Pareto, identificar as causas que mais contribuem para o surgimento de patologia. Desta forma, o trabalho atingiu o seu objetivo, provando por dados e analises que os construtores devem se atentar para o processo de impermeabilização, de instalação hidráulica e construção de fachada, já que estes representam os 20% das causas que geram 80% das solicitações.

Na etapa de projeto deve estar o principal foco da qualidade, pois as soluções adotadas nele têm grande repercussão no processo de construção e qualidade final do produto, condicionando o nível final de satisfação do usuário.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Por observação própria, nota-se que a área responsável pela elaboração dos projetos desta empresa é muito diminuta, ao passo que parte dos projetos são terceirizados. A falta de profissionais e a baixa valorização da mão de obra fazem com que importantes detalhes dos projetos sejam perdidos ou mal julgados, onerando seriamente o custo da construção e pós-entrega, assim como a satisfação dos clientes.

Os engenheiros responsáveis pelas obras não recebem com antecedência os projetos para serem analisados e planejados, acarretando inúmeras vezes retrabalhos desnecessários. A forma de premiação das empresas aos funcionários através da economia do custo de obra cria uma barreira para reparos de erros de projeto ainda corrigíveis durante a execução, pois acarretariam o aumento do custo de obra. Na assistência técnica são refletidos todos os erros advindos de projeto, execução ou materiais.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037:2014: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro: ABNT 2014.

Barros, M. M. B.; TANIGUTI, E. K.; RUIZ, L. B.; SABBATINI, F. H. Notas de Aula: patologias em revestimentos verticais. 1997.

Costa, Jr. M. P.; SILVA, M G. A influência do processo produtivo no controle de patologias e nos processos de manutenção. Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia - Volume 6. No4 - julho/agosto; 2003.

Dal Molin, D. C. C.; ARANHA, P. M. S. Morbidades das Estruturas de Concreto Armado na Região Amazônica. In: III Congresso Ibero-americano de la Construcción - CONPAT 95, 1995, La Habana, 1995.

DÓREA, S. C.; SILVA, L. F. Estudo dobre índices da patologia das construções paralelo entre a situação mundial e a Brasileira. In: V Congresso Iberoamericano da patologia de las construciones – CONPAT 99. Proceedings. 18 a 21 de outubro de 1999. Montevideo – Uruguai. p. 609-616.

Franco, S. F., AGOPYAN, V. Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto. Boletim Técnico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.BT/PCC/94. São Paulo: EDUSP, 1993.

Instituto Euvaldo Lodi – IEL-ES. Análise da cadeia de valor da industria de mármore e granito e construção civil do Espírito Santo. Vitória, 1999. 298p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Cidades@. IBGE. Disponivel em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=230730&search=ceara%7Cjuazeiro-do-norte>. Acesso em: março 2017.

Maciel, L. L. MELHADO, S. B. Qualidade na construção civil: Fundamentos, Boletim Técnicos da escola Politécnica da USP, TT/PCC/15. São Paulo: EDUSP. 1995

Pires, J. R. Patologias na construção dos edifícios. Caso de estudo, edifício da FICASE na Cidade da Praia. 2013. 2285. Tese (Licenciatura) – Faculdade de Arquitectura. Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Palmarejo Grande, cidade da Praia, 2013.

QUEIROZ, I. da S. Região metropolitana do cariri cearense, a metrópole fora do eixo. Mercator, Fortaleza, v.13, n.3, p.93-104, set./dez. 2014.

Rocha, C. C. Durabilidade – palavra bonita mas pouco compreendida. Revista recuperar. Mar / abr, nº 16.1997.

SANTOS, E. Construção civil muda perfil urbano em Juazeiro do Norte. Diário do Nordeste, 2012. Disponivel em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/regional/construcao-civil-muda-perfil-urbano-em-juazeiro-do-norte-1.63667>. Acesso em: março 2017.

Souza, R. de. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. A. Abiko. São Paulo : EPUSP, 1997.

Souza, V. C. M. de.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper. – São Paulo: Pini, 1998.

Tan, R. R.; LU, Y. – Guang. On the quality of construction engeneering design projects: criteria and impacting factors. Internacional Journal of Quality & Reability Management, Vol. 12, n 5, 1995, p. 18-37, MCB University Press.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Anexo A – Falhas Detectadas x Provável Causa x Ação Corretiva

Fonte: Construtora X

Falhas Detectadas	Provável Causa	Ação Corretiva
- Impermeabilização de banheiros x colocação de tentos.	- Falta de caimento para os ralos. - Falta de isolamento das áreas de box.	- Cumprir o procedimento. - Regularização com caimento. - Dividir as áreas.
- Desnível interno e externo.	- Não observância de altura mínima do rodapé entre as áreas externas e internas.	- Colar as soleiras com epóxi e fazer contenção afim de evitar percolação de água para a área interna.
- Áreas cobertas de PUC x impermeabilização.	- Falta de caimento para os ralos. - Não prolongamento da manta para a área coberta.	- Dividir os caimentos. - Estender a manta para a área coberta. - Prover de impermeabilização (área sob ação de "chuva com vento").
- Furos em cortinas do subsolo.	- Tubulações coladas umas nas outras impossibilita execução da impermeabilização da cortina.	- Prever espaçamento entre as tubulações. - Chamar a atenção dos empreiteiros com relação à execução dos serviços nesses locais.
- Eletrodutos em caixas de passagens externas.	- Os elementos estão saindo das caixas de passagens na vertical.	- Os eletrodutos deve sair das caixas pela lateral ou por cima.
- Porta externa abrindo para dentro.	- Água da chuva entra por baixo da porta.	- Instalar porta abrindo para fora. - Colocar tento de granito por dentro.
- Pregos em rodapés furando colunas de esgoto.	- Inobservância de projetos.	- Fixar os rodapés em áreas críticas com cola.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Colocação das louças.	- Vazamento sob a louça (vazo). - Mal funcionamento das caixas acopladas.	- Todas as obras devem utilizar anéis de cera. - Solicitar revisão da obra ao fabricante através do 0800.
- Colocação dos metais sanitários.	- Falta de vedação com a bancada de granito. - Vazamentos nos rabichos. - Vazamentos nos sifões.	- Utilizar vedantes do metal. - Solicitar revisão da obra (0800). - Apertar sem ferramenta.
- Colocação de bancadas em granito com cantoneiras.	- Caimento imperfeito. - Vazamento pelo frontispício.	- Atentar para o nível. - Fazer a vedação com silicone?
- Trevopiso	- Material mancha com umidade e descolore com o tempo (sofre ação do ultravioleta).	- Não especificar mais o produto.
- Ficha de Registro de Dados Item Outros e Diversos com grande número de registros.	- Obra lançando indevidamente na Categoria de Falha.	- Evitar usar os códigos Outros e Diversos. Acrescentada mais duas novas categorias de falhas: - Instalações Telefone - Instalações Especiais.
- Infiltração pelos caixotes de ar-condicionado.	- Má vedação / Utilização de madeira.	- Substituir por esquadria de alumínio?
- QDL - PC Parafusos Frouxos.	- Má utilização. - Má instalação.	- Constar no check-list revisão de apertos dos parafusos. - Adotar lacre.
-Caixas de ferro empenadas e enferrujadas nos corredores dos pavimentos.	- Os quadros com tampas em ferro não dão bom acabamento.	- Substituição da tampa das caixas de telefone, antena, etc, de ferro por madeira.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Teto das áreas adjacentes a sauna em gesso está manchando	- Umidade do ambiente. Gesso não é a melhor solução.	- Utilizar forro PVC. - Em teste de pintura com esmalte poliuretano Polipar da Renner.
- Escorrimento em empenas e paredes externas.	- Falta de pingadeira em peitoris de mármore, granito ou placas de concreto.	- Exigir das marmorarias a confecção de pingadeiras e adotar pingadeiras em placas de concreto.
- Água empoçando sobre chapins de mármore ou granito.	- Falta de caimento.	- Executar chapins em mármore ou granito com caimento.
- Vazamento em tubulação de esgoto de dreno de ar condicionado.	- Falta de teste de estanqueidade.	- Executar teste de estanqueidade.
- Trincas em pisos de concreto armado.	- Erro na colocação da malha de ferro. - Espessura do concreto. - Trabalho da estrutura.	- Consultar o calculita para posicionar os cortes com makita.
- Trincas em alvenaria nas áreas de junta de dilatação.	- Não está sendo previsto que a alvenaria irá trincar.	- Assumir a junta.
- Pintura de tetos amarelando.	- Reação química da água no selador com gesso.	- Adotar especificações para pintura do empreendimento. -Utilizar selador a base de solvente. - Fiscalizar a aplicação dos materiais de acordo com especificações.
- Louças e metais com vazamentos constantes.	- Má colocação das peças. - Não utilização do anel de cera.	- Solicitar revisão da obra com os fabricantes através do 0800.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Não entrega aos condomínios das NF, termos de garantia, manual de operação de equipamentos instalados.	- Administração da obra não reparada pasta com documentação completa.	- Prepara uma pasta com todas as informações necessárias para que o condomínio gerencie os equipamentos instalados no prédio.
- Muitas pendências na passagem da manutenção do gerente da obra para o Departamento de Ass. Técnica.	- Falta de rigor nas vistorias de entrega das unidades e partes comuns.	- Adotar critérios para recebimento das unidades e partes comuns dos empreendimentos.
- Infiltração pelo chapim de mármore ou granito.	- Rejuntamento com o rejunte convencional.	- Passar a utilizar silicone com cura acética (palestra da Consultare).
- Corrosão ferragens da laje da tampa de cisterna e caixa d'água.	- Falta de tratamento com material hidrófugo.	- Efetuar tratamento com epóxi.
- Destacamento da proteção mecânica nas paredes de caixas d'água.	- Falta de aderência.	- Deixar as paredes sem proteção mecânica. Executa-la somente no piso.
- Corrosão em tampas de ferro de visita de cisterna e caixa d'água.	- Material não apropriado.	- Confeccionar tampas em alumínio.
- Infiltração pelas laterais das esquadrias de alumínio.	- Falta de vedação com silicone.	- Rejuntar com silicone. - Colocar no contrato de empreitada o rejuntamento por conta do empreiteiro. - Faz parte do check-list de auditoria interna que não está sendo observado.
- Grampos de placas de gesso com corrosão.	- Reação química. - Material não apropriado.	- Realizar testes nas placas de gesso do fornecedor.
- Retorno de espuma pelo ralo seco da A.S., tanque e MLR nos andares baixos.	- Erro de projeto? - Zona de espuma? - Entupimento no desvio da coluna?	- Submeter o problema aos projetistas de instalação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Má vedação de box e banheiros.	- Falha na execução da impermeabilização x colocação de tentos de box e soleiras.	- Intensificar treinamento. - Chamar o eng. da ass. técnica para liberar os primeiros banheiros?
- Falhas na impermeabilização de varandas e áreas descobertas.	- Falhas na execução de impermeabilização x colocação de soleiras.	- Intensificar treinamento. - Chamar o eng. da ass. técnica para liberar a primeira varanda?
- Reclamações sobre isolamento acústico entre adjacentes.	-Tipo de alvenaria. - Revestimento com estuque de gesso.	- Fazer a medição em obra pronta para verificar se estamos dentro dos parâmetros normativos. - Se não estiver: utilizar drywall?

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

CORROSÃO NEGRA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS CAUSAS E MECANISMOS DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Black Rust: Comparative Study Between The Causes And Mechanisms Of Corrosion In Reinforced Concrete Structures

Igor MACHADO DA SILVA PARENTE[1], **Tatiana** CONCEIÇÃO MACHADO BARRETTO[2], **Fernanda** NEPOMUCENO COSTA[3]

[1] Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil, igor_parente@hotmail.com

[2] Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil, tatibarretto@hotmail.com

[3] Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil, fernandacosta@ufrb.edu.br

Resumo: A corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado é a principal causa da redução da vida útil dessas estruturas. A degradação é causada pela interação físico-química entre o material e o ambiente agressivo, como, por exemplo, as zonas de variação e de respingos de marés, levando à redução de resistência e de durabilidade das peças de concreto. Sabe-se que para que o processo corrosivo aconteça é necessária a presença de três fatores: existência de um eletrólito, uma diferença de potencial e a existência de oxigênio no meio. Entretanto, existe um caso particular em que a presença do último fator é inexistente ou insuficiente, o qual recebe o nome de corrosão negra. Este trabalho tem por intuito refletir, por meio de uma revisão de literatura, sobre a corrosão negra suas causas e alternativas para mitigação da degradação em estruturas de concreto armado. Além disso, esse estudo relaciona o assunto abordado com a corrosão vermelha, em que o produto da reação química é expansivo, o que não ocorre na corrosão negra, devido à ausência de oxigênio.

Palavras-chave: concreto armado, vida útil, durabilidade, corrosão negra, corrosão.

Abstract: Corrosion of reinforcement in reinforced concrete structures is the main cause of the reduction of the service-life of these structures. Their degradation is caused by the physic-chemical interaction between the material and the aggressive environment, such as splash and intertidal zones, leading to the reduction of resistance and durability of concrete parts. It is known that for the corrosive process to be present three factors: existence of an electrolyte, a potential difference and the existence of oxygen in the medium. But, there is a particular case where the presence of the last factor is nonexistent or insufficient, which is called black rust. This paper aims to reflect, through a literature review, on black rust (which may also present a greenish color depending on the presence of water in the medium), its causes and alternatives for mitigation of degradation in reinforced concrete structures. By side that, this study relates the subject matter to red rust, in which the product of the chemical reaction is expansive, which does not occur in black rust due to lack of oxygen.

Keywords: reinforced concrete, service-life, durability, black rust, corrosion.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Apesar de o concreto armado ser, possivelmente, o material mais utilizado na construção mundial, diversos fatores podem levar à sua degradação ao longo dos anos. Uma das principais causas de deterioração das armaduras do concreto é a corrosão. O processo corrosivo apresenta um produto que, em geral, é de com avermelhada, mas em alguns casos particulares, sob condições especiais, podem ser originados produtos com coloração preta. Vale ressaltar que o nome do processo corrosivo está relacionado à cor dos produtos das reações químicas de corrosão sendo para o primeiro (vermelho), denominado de corrosão vermelha e os dois últimos, corrosão negra.

A vida útil das estruturas de concreto armado é diretamente ligada ao ambiente em que se encontra, na qual fatores físicos e químicos podem atuar para a degradação da estrutura, com potenciais diferentes a depender do meio em que se encontram. No que diz respeito aos fatores químicos, a forma em que a estrutura é construída, poderá criar correntes de interferência; corrosão vermelha e negra que deterioram a estrutura; o concreto poderá ser atacado por agentes agressivos, como cloretos, sais, gás carbônico, entres outros, e mesmo alguns componentes do próprio concreto poderão desencadear reações deletérias, é o caso da reação álcali-agregado (HELENE, 1999).

Pode-se destacar, dentro desse contexto, que os ambientes mais propícios para a ocorrência da corrosão negra são os submersos ou enterrados. Em relação aos ambientes marinhos, por exemplo, esse fenômeno pode ocorrer devido à ausência de oxigênio no meio, tornando a estrutura de concreto armado numa condição saturada, dificultando, por outro lado, a atuação da corrosão eletroquímica.

Em relação aos custos de reparos e recuperações em estruturas de concreto, que sofrem os problemas de corrosão, esses são muito onerosos e podem acarretar em transtornos aos seus usuários (RIBEIRO *et al.*, 2014). Além disso, os custos com intervenções tendem a crescer exponencialmente à medida que se prorroga as ações de combate às causas de degradação do concreto, conforme sugere a regra de *Sitter* (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Fica evidente que conhecer as causas de deterioração do concreto, juntamente com seus mecanismos de atuação, sejam eles químicos ou físicos, é importante, pois evitará que possíveis problemas patológicos dessa estrutura evoluam e atinjam níveis irreversíveis de reabilitação. Caberá, também, aos responsáveis pela construção, tomarem medidas que mitiguem os efeitos degradantes e aumente a durabilidade das peças de concreto armado, de preferência na fase de projeto. Desta forma, um estudo sobre alguns agentes químicos de degradação do concreto terá grande valia para o meio técnico-acadêmico, permitindo o aprofundamento dos conceitos e técnicas relacionados ao tema.

2. Corrosão em Armaduras de Concreto Armado

O processo de corrosão das armaduras é o principal agente químico que degrada, de maneira precoce, as estruturas de concreto armado, principalmente quando submetidas a ambientes com altos índices de íons cloreto e de dióxido de carbono (TUUTTI, 1982).

Define-se corrosão como sendo um processo de deterioração dos materiais, com perda de massa, devido à ação do meio ambiente. Este processo ocorre de forma espontânea devido

ISBN: 978-85-65425-32-2

à necessidade dos materiais em atingir seu estado de menor energia, ou seja, mais estável. Na natureza, em seu estado de menor energia, os metais são encontrados na forma de compostos (sob a forma de óxidos ou sais metálicos, na forma de sulfetos, carbonatos e silicatos) (RIBEIRO *et al.*, 2014).

A corrosão pode ser classificada como química ou eletroquímica. A primeira, também chamada de corrosão seca, ocorre na presença de gases com a formação de uma película de óxido. A segunda, chamada de aquosa, só ocorre em presença de umidade e de um eletrólito, havendo movimento de elétrons ao longo de trechos da armadura e movimento iônico através do eletrólito (ISAIA, 2005).

Como se trata de um mecanismo eletroquímico, para que ocorra a corrosão são necessários fatores, como a presença de um eletrólito, diferença de potencial, oxigênio e agentes agressivos (SANTOS, 2015). Para que se inicie o processo torna-se necessária a despassivação da armadura, que permite a propagação do fenômeno e depende de diversos condicionantes que irão determinar a sua intensidade e velocidade. Alguns dos principais elementos que contribuem com o desenvolvimento da corrosão em armaduras de concreto armado são a umidade e a temperatura. O primeiro devido à presença da água que atua como eletrólito durante o processo eletroquímico e o segundo promovendo o estímulo e aceleração da velocidade da reação de oxirredução, favorecendo o transporte de íons (RIBEIRO *et al.*, 2014).

A passivação é relativa à perda de reatividade química de certos metais e ligas sob condições particulares. A formação deste fenômeno se dá em ambiente altamente alcalino onde forma-se uma película protetora de caráter passivo. O concreto possui uma alta alcalinidade oriunda das reações de hidratação dos silicatos tricálcio e dicálcio ($3CaO.SiO_2$ e $2CaO.SiO_2$, respectivamente) que liberam certa porcentagem de hidróxido de sódio ou portlandita ($Ca(OH)_2$) promovendo a passivação da armadura (HELENE, 1999).

Já a alteração no pH do interior de uma estrutura de concreto armado torna a película passiva instável, causando o fenômeno de despassivação, o qual pode ser provocado pela ação de agentes agressivos, tais como: dióxido de carbono (CO_2) e cloretos (RIBEIRO, 2010). Para esse autor, a corrosão da armadura pode ser equacionada resumidamente conforme a equação 1, em que, na região do ânodo, o ferro perde elétrons, acarretando na dissolução do metal (processo de oxidação):

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^{-} \quad (1)$$

Na região do cátodo, em meios neutros e aerados, se processa a redução, segundo a equação 2:

$$2H_2O + O_2 + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-} \quad (2)$$

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tendo como reação global, as equações 3, 4 e 5 de corrosão, com formação da ferrugem:

$$2Fe + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2Fe^{2+} + 4OH^- \quad (3)$$

$$2Fe^{2+} + 4OH^- \rightarrow 2Fe(OH)_2 \text{ ou } 2FeO.H_2O \quad (4)$$

$$2Fe(OH)_2 + H_2O + 1/2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3 \text{ ou } Fe_2O_3.H_2O \quad (5)$$

Segundo Cascudo (1997), o conteudo do produto de corrosão formado está ligado a alguns aspectos como, temperatura e a concentração de cloretos. Os principais produtos formados são a goethita (FeOOH), a lépidocrocita (- (8 FeOOH, FeOCl)) e a magnetita (Fe_3O_4). Os dois primeiros são produtos expansivos, já o último não promove a elevação do volume na formação da ferrugem (ANDRADE *et al*., 1997).

Ainda, segundo Cascudo (1997), a ocorrência dos produtos como, Fe, FeO, Fe_3O_4, Fe2O3, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, depende muito do teor de cloretos em uma temperatura ambiente (25°C). Sendo que para uma relação $[Cl^-]$ / $[OH^-]$ menor que 1, forma-se goethita e a magnetita. Caso essa mesma relação seja maior que 1, foma-se a lépidocrocita, a goethita, a magnetita e a akaganeita (-FeOOH) (ANDRADE, 1992; ANDRADE, 2001).

Alguns pesquisadores utilizam um modelo que relaciona o produto de corrosão ao teor de cloretos. Caso o teor seja baixo, no concreto é formado principalmento o hidróxido ferroso ($Fe(OH)_2$), já que no mesmo é encontrado Fe^{2+}, Cl^- e OH^-, oriundos das reações anódicas e catódicas com presença de cloretos. O $Fe(OH)_2$ não origina lépidocrocita. Para teores de cloretos um pouco maiores, forma-se um produto intermediário de cor verde ($2Fe(OH)_2$, FeOHCl, Fe(OH)2Cl), que é convertido em lépidocrocita, já a goethita e a magnetita são originadas a partir da solução de Fe^{2+}, Cl^- e OH^- (CASCUDO, 1997).

Caso os teores de cloreto sejam muito elevados, primeiamente é formado o hidróxido de ferro (2 $Fe(OH)_2$, FeOHCl), que é convertido em produto intermediário de cor verde ($2Fe(OH)_2$, FeOHCl, Fe(OH)2Cl), $Fe(OH)_2$ e FeOH. O primeiro gera a lepidocrocita, segundo a goethita e os íons $FeOH^+$ geram magnetita (CASCUDO, 1997).

Diversas são as consequências advindas do processo corrosivo em estruturas de concreto armado. Tal ação provoca a redução do desempenho estrutural das construções, influenciando no seu tempo de vida útil. Um grande problema relativo à corrosão é devido ao fato de que diversas propriedades estruturais podem ser afetadas de forma simultânea, intensificando a degradação da estrutura (GRAEFF, 2007).

Em relação ao produto de corrosão nessas estruturas, vale lembrar que a coloração avermelhada do óxido formado é expansiva. E, apesar de ser prejudicial para o concreto, pois causam deformações na estrutura, esse produto contribui para a identificação dos possíveis locais para serem efetuadas as devidas técnicas de reparos, manutenção e reabilitação das estruturas degradadas (GENTIL, 2003).

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Corrosão negra

Existem alguns casos em que há ausência de oxigênio nos poros do concreto, como quando ocorre a imersão da estrutura em água. O processo de corrosão do aço nestes casos é denominado de corrosão anaeróbia e, apesar do seu estudo ser importante para inúmeras áreas em estruturas de ponte, cabos de pré-esforço em vigas de pontes, por exemplo, existe muito pouca informação na literatura sobre esse processo e a formação da ferrugem (RIBEIRO *et al.*, 2014; O'DONOVAN *et al.*, 2013; CUNHA, 2011).

O produto de corrosão, geralmente, ocupa um volume algumas vezes maior que o aço não corroído, o que originam fissuras no concreto ocasionadas pelos esforços de tração. Quando há restrição de oxigênio em ânodos ativos pode ser originada a ferrugem negra, conforme ilustra a Figura 1, formada pelo processo de corrosão anaeróbia. Este tipo de ferrugem não é expansiva e, por esse motivo, sua ocorrência em concreto armado é um dos mais difíceis de ser detectada e é considerada mais grave que a corrosão convencional, devido ao fato de estar presente há muito tempo antes que ocorram evidências visíveis na superfície do concreto (O'DONOVAN *et al.*, 2013).

Figura 1 – Ferrugem negra em viga de borda (O'DONOVAN *et al.*, 2013)

Segundo O'Donovan *et al.* (2013), para que a corrosão anaeróbia aonteça, são necessárias que algumas condições ocorram juntamente, como: disponibilidade de oxigênio no cátodo, existência de um meio que condicione o livre fluxo de elétrons de anódica para sítios catódicos e o ânodo estar em um ambiente com deficiência em oxigênio.

O fluxo de elétrons de locais anódicos para catódicos é realizado quando a resistividade elétrica do concreto é reduzida a menos de 12 kΩcm. Essa redução é conseguida devido à presença de íons altamente condutores, como cloretos ou nitratos. É importante saber que

ISBN: 978-85-65425-32-2

taxas de corrosão do aço sob condições anaeróbias variam de 0.1 a 7 μm por ano (O'DONOVAN *et al.*, 2013).

As condições anaeróbias em concreto armado podem ocorrer quando o ânodo está desprovido de oxigênio por fatores como: a presença de membranas de proteção de concreto, sistemas de impermeabilização de concreto, acumulação da camada de ferrugem, revestimento em reforço de aço ou dentro de concreto submerso (O'DONOVAN *et al.*, 2013).

A corrosão do aço é um processo eletroquímico e em condições anaeróbias a reação de interesse é a dissolução anódica de ferro, de acordo com a equação 6:

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-} \quad (6)$$

A redução catódica é representada pela equação 7:

$$H_2O + e^{-} \rightarrow \tfrac{1}{2}H_2 + OH^{-} \quad (7)$$

A reação de corrosão global pode ser escrita conforme a equação 8, com a formação do hidróxido de ferro ($Fe(OH)_2$):

$$Fe + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2 \quad (8)$$

A reação de Schikkor converte o $Fe(OH)_2$ para Fe_3O_4 (óxido de ferro), representada pela equação 9:

$$3Fe(OH)_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 2H_2O + H_2 \quad (9)$$

Alternativamente, a formação de Fe_3O_4 pode ser escrita, segundo a equação 10:

$$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2 \quad (10)$$

Na Figura 2, pode ser observado o mecanismo de corrosão anaeróbia para a formação de ferrugem preta e verde.

ISBN: 978-85-65425-32-2

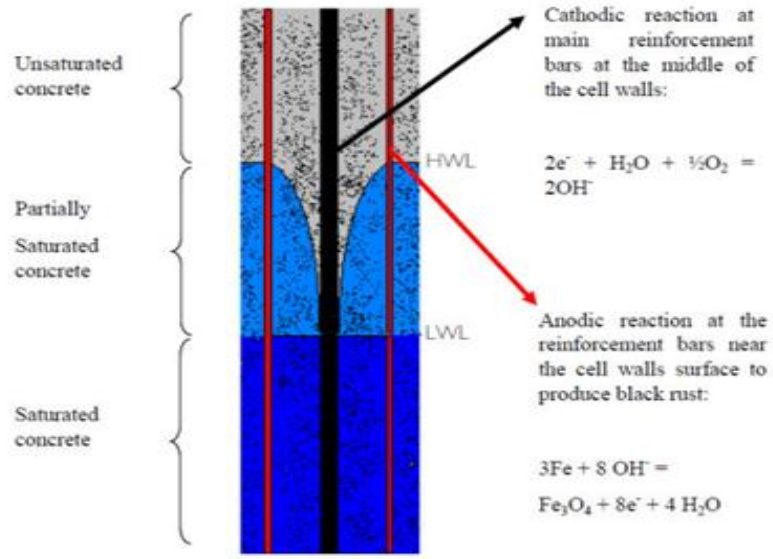


Figura 2 – Formação de ferrugem negra em canalizações (Adaptado de O'DONOVAN *et al.*, 2013)

O produto de corrosão resultante pode apresentar coloração esverdeada ou negra, por este fato é conhecido como ferrugem verde ou preta (RIBEIRO *et al.*, 2014) (CUNHA, 2011). Imagina-se que o produto verde seja um complexo de cloreto ($2Fe(OH)_2$, FeOHCl, Fe(OH)2Cl) enquanto o produto negro é uma combinação de óxido férrico e ferroso (O'DONOVAN *et al.*, 2013). Além disso, Bardal (2004) diz que em estruturas submersas ou enterradas o oxigênio é limitado, formando-se o Fe_3O_4 com coloração escura, na ausência de água, entretanto em presença de água esse produto de corrosão apresenta uma cor esverdeada.

A magnetita (Fe_3O_4) em forma anidra, em contato com a superfície metálica, apresenta coloração preta. Porém, quando hidratada, adquire coloração esverdeada e à medida que reage com oxigênio, assume uma coloração marrom- avermelhada, cor típica da ferrugem (CASCUDO, 1997).

Nas zonas submersas, o mecanismo da corrosão é normalmente desprezível, pois o concreto encontra-se saturado, isto é, sem acesso a oxigênio (VAL e STEWART, 2003). Apesar de ser suficiente o nível de cloretos para que ocorra a corrosão, a inexistência de oxigênio impossibilita este fenômeno, isto é, controla a taxa com que a corrosão vai se desenvolver (SOHANGHPURWAL e SCANNELL, 1994; ODRIOZOLA e GUTIÉRREZ, 2007). É possível, também, que ainda existam condições para o desenvolvimento de ataques químicos, principalmente por íons magnésio ou sulfato, e agentes biológicos causados por microrganismos (ANDRADE, 2001).

Entretanto, este tipo de corrosão surge normalmente em zonas onde o teor de umidade do concreto é muito elevado, restringindo o acesso de oxigênio às zonas anódicas (RODRIGUES, 2011). Nestas condições, os produtos da corrosão formam-se sem grande aumento de volume, diluindo-se na solução dos poros do concreto. Esta situação é muito

ISBN: 978-85-65425-32-2

gravosa dado que pode conduzir a elevadas perdas de seção das armaduras sem que ocorra quebra da camada de cobrimento do concreto (APPLETON *et al.*, 2000).

A ferrugem negra é descrita como sendo um produto esponjoso e solúvel em água. Não é um material cristalino e ocupará espaços disponíveis, tais como vazios e poros, ou planos de fratura (se a fissuração estiver presente por outras causas) do concreto sem exercer pressão expansiva sobre o mesmo. É possível que ocorram manchas de ferrugem na superfície do concreto, pois o produto da corrosão é relativamente instável, podendo migrar lentamente para a superfície onde, se o oxigênio é mais abundante, pode formar manchas de ferrugem marrom/laranja convencionais, ou seja, converte a ferrugem negra em óxido férrico, ou pode simplesmente ser perdida na água do mar, conforme ilustrado na Figura 3. Portanto, o período inicial após a ruptura do concreto pode ser crucial para que a presença de corrosão anaeróbia seja identificada corretamente (O'DONOVAN *et al.*, 2013).

Figura 3 – Ferrugem marrom/laranja convencionais, conversão da ferrugem negra em óxido férrico (O'DONOVAN *et al.*, 2013)

Uma vez que existem poucos sinais exteriores deste mecanismo e embora este processo seja geralmente lento, uma perda significativa de metal pode ocorrer ao longo do tempo com subsequente perda de integridade estrutural e possível falha súbita e catastrófica. Mesmo no concreto de alta qualidade e densidade pode corroer por esta falha (O'DONOVAN *et al.*, 2013).

A presença de corrosão anaeróbica pode ser indicada pelos seguintes métodos de detecção: observação da coloração vermelha da ferrugem presente na superfície do concreto, medição de potenciais de meia-célula, teste de continuidade elétrica ou tomografia de resistividade elétrica, inquéritos de coletores de locais de reforço conhecidos, teste de cloretos no concreto e perfurações/furações de concreto (O'DONOVAN *et al.*, 2013).

ISBN: 978-85-65425-32-2

A corrosão negra é caracterizada pela geração de produtos de corrosão com pouco aumento de volume, podendo originar severas perdas de seção nas armaduras sem que o concreto de cobrimento se encontre aparentemente delaminado (SILVA, 2007). A consequência desse processo pode ser visualizada na Figura 4.

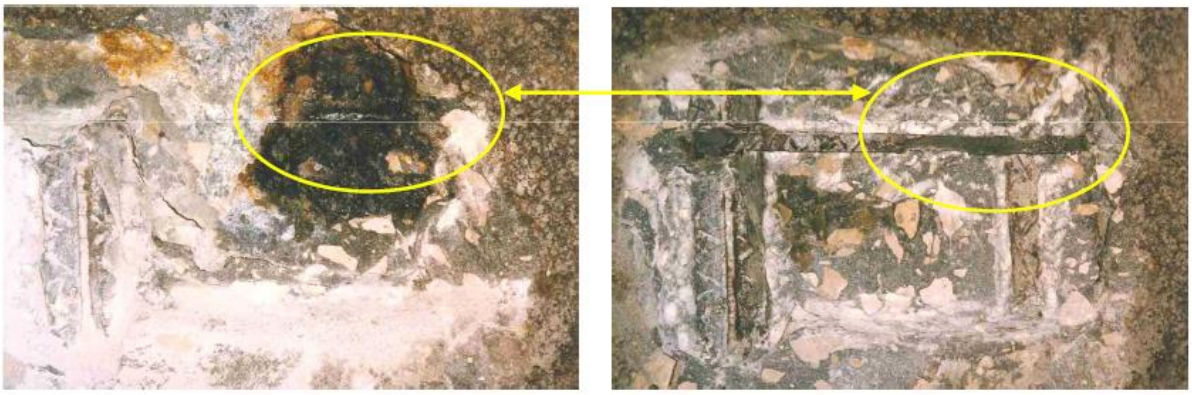


Figura 4 – Corrosão negra (COSTA, 2011)

O oxigênio é um fator importante e determinante na formação dos produtos de corrosão. De acordo com o produto formado, o mesmo terá diferentes efeitos sobre as estruturas de concreto. A fim de relacionar as reações químicas presentes nos processos de corrosão vermelha e de corrosão negra, criou-se o Quadro 1, demonstrando de maneira esquemática a formacão dos produtos de corrosão nos dois processos.

Quadro 1 – Comparativo entre as reações químicas que ocorrem na corrosão "vermelha" e corrosão negra

Corrosão "Vermelha"	Corrosão Negra
Zona anódica $2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^-$	Dissolução anódica de Fe $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
Zona catódica $2H_2O + 4e^- + O_2 \rightarrow 4OH^-$	A redução catódica $H_2O + e^- \rightarrow ½H_2 + OH^-$
Formação da Ferrugem $2Fe^{2+} + 4OH^- \rightarrow 2Fe(OH)_2$ $2Fe(OH)_2 + H_2O + ½O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$	A reação de corrosão global $Fe + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2$
	A reação de Schikkor converte $Fe(OH)_2$ para Fe_3O_4 $3Fe(OH)_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 2H_2O + H_2$
	Alternativamente, a formação de Fe_3O_4 $3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$

ISBN: 978-85-65425-32-2

Observe que nos dois tipos de corrosão a ausência ou presença de oxigênio permite com que se formem produtos diferentes. Um produto expansivo que provocará o aumento de tensões, a fissuração do concreto, permitindo a entrada de mais agentes agressivos, intensificando, assim, o processo corrosivo, que é o hidróxido de ferro III ($Fe(OH)_3$). E outros que parecem ser menos prejudiciais por não serem expansivos, mas mesmo assim permitem a degradação da armadura, o que ocasionará a perda de resistência. Isso ocorre, pois a formação do óxido de ferro (Fe_3O_4) não acarreta deformações na estrutura, dificultando a identificação dos locais onde estão as manifestações patologias e a aplicação das técnicas de manutenção e reabilitação.

5. Conclusões

A partir das informações abordadas neste trabalho, pode-se concluir que:

- O conhecimento das causas de degradação do concreto armado ajuda a criar estruturas mais duráveis e que não necessitem de muitas intervenções corretivas ao longo de sua vida útil, ganhando em qualidade, economia e atendendo às novas necessidades competitivas e exigências de sustentabilidade do setor da construção;
- As medidas de combate dos fatores degradantes do concreto passam por um bom planejamento, boa execução e realização de manutenções periódicas. De acordo com a regra de *Sitter*, o custo inicial de uma obra em que são observadas medidas de combate dos fatores degradantes são mais altos quando comparados a construções que não tomam essas precauções e podem estar em meios agressivos de deterioração, porém, esse custo é recuperado a longo prazo, uma vez que é mais caro executar intervenções corretivas que intervenções preventivas;
- É necessária a ciência dos vários fatores envolvidos na durabilidade das estruturas de concreto e, como visto neste trabalho, existem diversas formas de evitar ou mitigar a ação de agentes agressivos e quanto antes são realizadas as ações de combate a esses agentes mais econômicos ficarão os custos da obra;
- Existe um tipo de processo corrosivo das armaduras em que há ausência e/ou insuficiência de oxigênio, o que ocasiona a formação de um produto corrosivo diferente de uma corrosão usual, que apresenta aspectos diferentes, como a cor e a não expansividade;
- Assim, como a corrosão negra atua de forma diferente da corrosão convencional, ou seja, não resultando num produto expansivo, esta é extremamente prejudicial à armadura das estruturas de concreto armado, causando perda de seção e desempenho da estrutura.

Agradecimentos

A equipe de pesquisadores agradece à Universidade Federal da Bahia e ao Laboratório de Ensaios em Durabilidade dos Materiais (LEDMa) pelo suporte técnico, científico e acadêmico.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências

Andrade, J. (2001). Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos. Tese de doutorado. UFRGS, Escola de Engenharia PPGEC.

Andrade, C. (1992). Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. Trad. De Antonio Carmona e Paulo Helene. São Paulo, Pini.

Andrade, C.; Alonso, C. Sarria, J.; Rio, O. (1997). Técnicas de reparacion de estructuras danadas por corrosion de armaduras. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 4.; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6.; Porto Alegre.

Appleton, J., Costa, A., Moura, R., Gonçalves, P., Junior, D. (2000). "Reparação da Doca 22 do Estaleiro da Lisnave". REPAR - Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas, Lisboa.

Bardal, E. (2004). Corrosion and Protection, Springer London, London. doi:10.1007/b97510.

Cascudo, O. (1997). O controle da corrosão de armaduras em concreto – inspeção e técnicas eletroquímicas. Goiânia, GO: Editora UFG. 237p.

Costa, A. (2011). RRE "Folhas de apoio à disciplina de Reforço e Reabilitação de Estruturas, Módulo 2 - Mecanismos de Deterioração", Instituto Superior Técnico, Lisboa. Disponível em: http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/RREst/Aulas_Apresentacoes/Aula_07.1_Tipos_deterioracao.pdf

Cunha, M.P.T.N. (2011). Desenvolvimento e avaliação de um sistema de monitorização da corrosão electroquímica no betão armado. Tese de Doutorado. Engenharia de materiais. Universidade de Aveiro. Aveiro, Portugal. 283p.

Gentil, V. (2003). Corrosão. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora.

Graeff, A.G. (2007). Avaliação experimental e modelagem dos efeitos estruturais da propagação da corrosão em elementos de concreto armado. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS.

Helene, P.R.L. (1999). Corrosão em armaduras para concreto armado. 4. ed. São Paulo: PINI. 47 p.

_____. (1993). Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo. Tese (Docência-livre) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Isaia, G.C. (2005). (Ed.) Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Ibracon 2v.

O'Donovan, R., O'Rourke, B.D., Ruane, K.D., Murphy, J.J. (2013). "Anaerobic Corrosion of Reinforcement", Key Engineering Materials, Vols. 569-570, pp. 1124-1131.

Odriozola, M., Gutiérrez, P.A. (2007). "Permeabilidad a los cloruros del hormigón armado situado em ambiente marino sumergido", Revista Ingeniería de Construcción, v.22 nº1, p. 15-22.

Ribeiro, D.V. (2010). Influência da Adição da Lama Vermelha nas propriedades e na corrosibilidade do concreto armado. Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 260 p.

Ribeiro, D.V., Almeida, F.C.R.A., Cunha, M.P.T., Helene, P.R.L., Lourenço, M.Z., Sales; A., De Sousa, C.A.C. (2014). Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise. 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier Brasil, v. 1. 244p.

Rodrigues, F.A.C.P.S. (2011). Modelos de gestão da degradação de infraestruturas portuárias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. 140p.

Santos, A.VB. (2015). Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido à carbonatação. Revista online IPOG – Especialize.

Silva, J.M.M.F. (2007). Métodos Electroquímicos para Prevenção da Deterioração e Reparação de Estruturas de Betão Armado Protecção Catódica, Dessalinização e Realcalinização. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. 109p.

Sohanghpurwala, A., Scannell, W. (1994). Repais and Protection of Concrete Exposed to Seawater. Concrete corrosion specialists, CONCORR, Oakbrook.

Tuutti, K. (1982). Corrosion on steel in concrete. Stockholm, CBI Forsking, Swedish Cement and Concrete Research. 486p.

Val, D., Stewart, M. (2003). "Life-cycle cost analysis of reinforced concrete structures in marine environment". Structural Safety 25, pp. 343-362.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, ESTUDO DE CASO: EDIFICAÇÃO EM SALGUEIRO-PE

Survey Of Pathological Manifestations, Case Study: Edification In Salgueiro-PE

Rafael Filgueira AMARAL[1], Amâncio da Cruz FILGUEIRA FILHO[2], Bruno de Sousa TETI[3]
[1] Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, rafaelfilgueira@hotmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, amanciofilgueira@hotmail.com
[3] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, bruno_teti@hotmail.com

Resumo: Os problemas apresentados em revestimento de paredes e estruturas estão muito presentes em residências na Cidade de Salgueiro – PE. A argamassa deteriorada desagrega os materiais que compõem o revestimento, se depositando no chão das casas areia e cimento, trazendo grande incomodo para as pessoas. Este trabalho apresenta um estudo de caso das manifestações patológicas observadas nos revestimentos da edificação em estudo, na qual foi feito levantamento, através de observações nas paredes e em elementos estruturais. As manifestações patológicas mais frequentes foram: fissuras, mancha de umidade em paredes, degradação da argamassa, movimentação higroscópica, destacamento da tinta e descolamento com empolamento. Observou-se que as principais causas do aparecimento das patologias foram decorrentes da falta de impermeabilização da fundação e da qualidade dos materiais de construção. Por fim, é apresentado de forma sucinta e prática como deve ser feita a terapia destas edificações degradadas, de maneira a contribuir com a correta recuperação destas residências danificadas tanto para cidade de Salgueiro-PE, como em cidades circunvizinhas que apresentam as mesmas condições climáticas e manifestações patológicas, contribuindo assim com corretas aplicações práticas da construção civil em região onde muitas vezes os “vícios de construção” acabam prevalecendo perante a aplicação do conhecimento tecnológico.

Palavras-chave: Revestimentos, patologias, degradação, terapia.

Abstract: The problems presented in coating walls and structures are very present in the residences in the City of Salgueiro - PE. The deteriorated mortar disaggregates the materials that make up the coating, depositing on the floor of the houses sand and cement, bringing great discomfort to the people. This work presents a case study of the pathological manifestations observed in the coverings of the building under study, in which the survey was made through observations on the walls and structural elements. The most frequent pathological manifestations were: fissures, humidity staining on walls, mortar degradation, hygroscopic movement, ink detachment, infiltration and detachment with blistering. It was observed that the main causes of the appearance of the pathologies was due to the lack of waterproofing of the foundation and the quality of the construction materials. Finally, it is presented succinctly and practical how the therapy of these degraded buildings should be

ISBN: 978-85-65425-32-2

done, in a way that contributes to the correct recovery of these damaged homes, both in the city of Salgueiro-PE, and in surrounding cities that present the same climatic conditions and Pathological manifestations, thus contributing with correct practical applications of civil construction in a region where often the "vices of construction" prevail before the application of technological knowledge.

Keywords: Coatings, pathologies, degradation, therapy.

1. Introdução

Patologias em revestimentos e vedações são comuns de estarem presentes nas residências localizadas na Cidade de Salgueiro – PE, causando grande desconforto para quem convive com esse problema diariamente. A deterioração dos materiais de construção em serviço, além de degradar e perder a estética da edificação pode trazer malefícios para a saúde.

Braga (2010) explica sobre as manifestações patológicas ocorrentes em revestimento e podem ser decorrentes do projeto arquitetônico, da execução e da qualidade dos materiais utilizados.

Quando o desempenho da edificação é ameaçado ou comprometido, a anomalia é caracterizada como uma doença, ou enfermidade. É necessário, para seu entendimento e diagnóstico, que se conheça sua forma de manifestação, ou seja, seus sintomas, seus processos de surgimento (mecanismos), os agentes que provocam estes processos (causas) e em que etapa da vida útil da estrutura surgiu a predisposição a esses agentes (as origens).

A patologia, então, pode ser definida como o estudo das enfermidades sob quatro aspectos, conforme Figura 1 (PIANCASTELLI, 1998):

a) Os sintomas: são as manifestações detectáveis;
b) Os mecanismos: são os processos de surgimento;
c) As causas: são os agentes desencadeadores;
d) As origens: são as etapas de predisposição.

Figura 1 - Diagrama de definição da patologia**.**
Fonte: Piancastelli, 1998 (adaptado).

ISBN: 978-85-65425-32-2

A busca por redução de custos, por muitas vezes acarreta em modificações de projeto, influencia em seleção e consumo de materiais e má decisões de execução, trazendo como consequências um aumento da probabilidade de falha em edificações e consequentemente o aparecimento de patologias.

Grunau (1981), *apud* Helene (1992), atribui os problemas patológicos ao projeto (40%), à execução (28%), aos materiais (18%), ao mau uso (10%) e ao mau planejamento (4%), conforme mostra o gráfico apresentado na Figura 2.

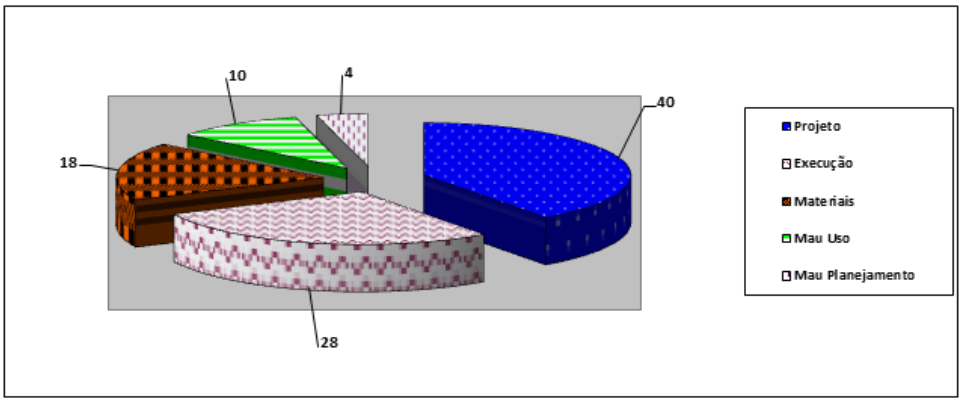


Figura 2 - Principais causas dos problemas patológicos.
Fonte: Helene, 1992 (adaptado).

Este trabalho tem como objetivo estudar as manifestações patológicas ocorrentes em uma edificação localizada em Salgueiro-PE, identificando suas origens, causas, mecanismos do problema e apontando a terapia indicada para cada patologia visando recuperar ou minimizar os problemas presentes na edificação em estudo.

2. Manifestações patológicas frequentes em residências de Salgueiro-PE

2.1 Infiltração por capilaridade

A infiltração por capilaridade, proveniente do solo está ligada a ascensão da água através dos poros dos materiais que constitui a fundação ou estrutura que tenha contato com o solo úmido. Segundo Bertolini (2010), a umidade por elevação, ligada ao fenômeno da capilaridade resulta da presença de aquíferos superficiais, águas dispersas de redes hídricas ou redes de esgoto defeituosas. Muitas vezes, a umidade de elevação manifesta-se sob forma de manchas nas paredes, de modo diferenciado ao longo do tempo e de zona a zona. Este comportamento denota heterogeneidade nos materiais constituintes da alvenaria e, em particular, variações locais de porosidade.

De acordo com Polisseni (1985), as forças capilares dependem do ângulo de contato e da tensão superficial da água, sendo inversamente proporcional ao diâmetro dos poros e à abertura das fissuras. A Tabela 1 mostra a variação do diâmetro dos capilares em relação a altura atingida pela água.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 1 – Relação entre o diâmetro dos capilares e a altura atingida pela água

Diâmetro dos capilares (mm)	Altura máxima (mm)
1,00	15
0,01	1500
0,0001	150000

Fonte: Polisseni, 1985 (adaptada).

2.2 Movimentação higroscópica

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material, enquanto que a diminuição desse teor provoca uma contração. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo (THOMAZ, 1989).

Na alvenaria, que é composta por materiais que se comportam distintamente quando expostos á umidade, a movimentação higroscópica pode gerar fissuras, (KRUGER *et al*, 2015).

2.3 Manchas de umidade na alvenaria

Segundo Bertolini (2010), a umidade pode induzir diversos fenômenos de degradação na alvenaria, entre os quais a formação de eflorescências e subflorescências e o ataque por sulfatos. A permanência de umidade nas paredes pode também comprometer a funcionalidade do edifício – com relação à habitabilidade, por exemplo – por causa de inconvenientes de natureza higiênica e econômica (mofo, consumo energético etc.) ou da redução da propriedade de isolamento térmico. O mesmo ainda cita que as origens do aparecimento deste problema estão ligadas a construção, ao contato com águas pluviais, ao solo e ao uso.

O desenvolvimento de microrganismos como fungos e bolor está associado a presença de água nas estruturas em conjunto com a ausência de ventilação luminosidade constantes, os mesmos degradam o concreto gerando ácidos nos poros devido ao consumo dos componentes do cimento (FRANÇA e MONTEIRO, 2016).

2.4 Degradação de materiais por variação de temperatura

O fenômeno de movimentação térmica pode ocorrer quando materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica são unidos, quando elementos são expostos a diferentes solicitações térmicas ou ao gradiente de temperatura diferente ao longo do mesmo componente. (KRUGER *et al*, 2015).

ISBN: 978-85-65425-32-2

O aumento de temperatura leva ao fenômeno de expansão, que gera esforços de compressão, já a redução de temperatura gera o fenômeno de contração, criando esforços de tração, ambos que podem causar fissuração e instabilidade de materiais frágeis.

3. Estudo de caso

Trata-se de uma edificação de pavimento térreo, construída em 1982 na cidade de Salgueiro – PE, no Bairro Jardim Primavera, Nº 3707, nas proximidades da Serra do Cruzeiro.

O pavimento térreo se divide em 1 (um) quarto com closet, 1 (um) suíte, 1 (um) sala com 3 (três) ambientes, 1 (um) cozinha e 1 (um) escritório, área de lazer e de área verde bastante ampla. Segue algumas dimensões:

- Área do Terreno: 900 m² (30 m × 30 m);
- Área Construída Total: 230 m²;
- Área da Casa: 169,56 m²
- Área da área de lazer: 254,10 m²;
- Área da área de serviços: 24,21 m²
- Área da Piscina: 24,91 m².

A Figura mostra a localização da edificação. (Imagem de satélite capturada através do software Google Earth, no dia 13/03/2017).

Figura 3 – Local da edificação em estudo.

Fonte: Autoria própria, (2017).

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.1 Sintomas

Atualmente, a edificação apresenta sinais de saturação de utilidade de algumas estruturas. Nunca foi feito manutenção periódica, sua última e única reforma foi feita no mês de julho de 2011.

3.2 Descrição do ambiente

- Clima: Semiárido;
- Verão: Quente e chuvoso, com temperatura máxima entre 26º C e 34 º C, e mínimas entre 18 º C e 23 º C;
- Inverno: Seco e ameno, com temperatura máxima entre 25 º C e 29 º C, e mínimas entre 15 º C e 19 º C.
- Precipitação: Entre 3mm e 140mm;
- Umidade relativa do ar: Entre 5% a 90%.

O município localiza-se na unidade geoambiental da depressão sertaneja. Apresenta uma variação plana e montanhosa. Esse relevo e clima variado faz com que a região seja caracterizada tanto por áreas de sequeiras com poucas chuvas e mal distribuídas, vegetação caatinga xerófita e rios temporários, os demais dados são disponibilizados pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco.

3.3. Manifestações patológicas encontradas e suas possíveis causas

3.3.1– Manchas de umidade em paredes

Nas figuras 4 e 5 observa-se manchas de umidade na parede provocado, provavelmente pela infiltração ascendente proveniente do solo seguido de manchas avermelhadas na superfície da parede, que pode ser um indicador que a alvenaria esteja sendo deteriorada pela umidade excessiva, transferindo materiais para a superfície da parede.

Figura 4 – Manchas de umidade em parede de alvenaria de 8 furos.

Fonte: Autoria própria, (2017).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Mancha de umidade no encontro com a parede de alvenaria 8 furos e no pilar.
Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.2 – Desagregação da argamassa

Acredita-se que a principal causa desse problema é a expansão retardada por óxido. Já na Figura 6, a estrutura também se encontra deteriorada provavelmente pela movimentação higroscópica, de absorver água em período de chuva e ressecar em período de estiagem, já que estrutura está exposta ao ambiente.

Figura 6 – Revestimento de pilar deteriorado.
Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.3 – Fissuras

Nas Figuras 7 e 8, pode-se observar que as fissuras da estrutura são devido à movimentação higroscópica, sabendo que o mesmo encontra-se em ambiente externo propício a ações do meio ambiente.

ISBN: 978-85-65425-32-2

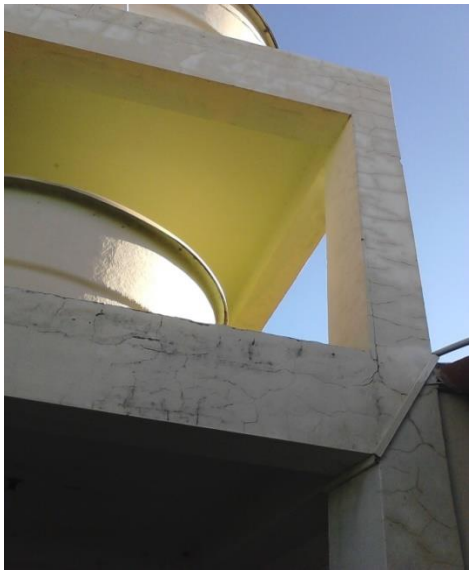


Figura 7 – Fissuras no revestimento dos pilares e vigas da caixa d'água.
Fonte: Autoria própria, (2017).

Figura 8 – Fissuras no revestimento de pilar e viga da caixa d'água.
Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.4 – Descolamento da Tinta

Acredita-se que o descolamento da tinta é causado pela expansão ou degradação do substrato devido à umidade e temperaturas altas, já que a parede está sujeita a ações do ambiente externo. É o que mostra na Figura 9.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 9 – Descolamento da tinta em parede de alvenaria exposta ao ambiente externo.
Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.5 – Descolamento com Empolamento

A principal causa possível para o descolamento com empolamento na parede é a infiltração de umidade e/ou umidade retardada de óxido. Estas manifestações patológicas estão apresentadas na Figura 10.

Figura 10 – Formação de bolhas no reboco próxima ao rodapé.
Fonte: Autoria própria, (2017).

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.4 Levantamento das manifestações patológicas

Com base no levantamento das patologias presente na edificação, observa-se que o índice maior são as manchas de umidade em paredes, conforme o gráfico da Figura 11.

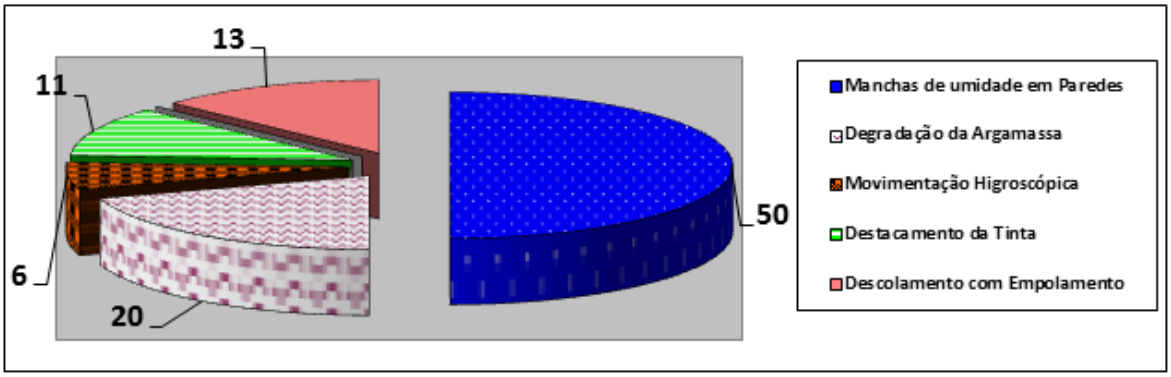


Figura 11 – Manifestações patológicas presente na residência

Fonte: Autoria própria, (2017).

4. Terapia

Neste tópico será abordado o tratamento correto para as manifestações patológicas encontradas na edificação do estudo de caso.

4.1 Manchas de umidade em paredes pela infiltração capilar

Para a redução da umidade proveniente do solo é necessário desenvolver um sistema de drenagem próximo à região afetada objetivando diminuir a quantidade de água que penetra no solo durante as chuvas.

O tratamento pode ser feito, abaixando o nível da elevação, se fazendo um corte longitudinal na alvenaria inserindo uma barreira impermeável (metálica ou resina polimérica).

Outra maneira mais simples é a substituição do reboco e/ou do emboço nos casos em que estes apresentem grande incidência de fissuras de retração, descolamento, pulverulências e etc. A renovação do revestimento, contudo deverá ser antecedida da eliminação da causa do problema.

4.2 Desagregação da argamassa por expansão retardada de óxido

Como há a existência de manchas vermelhas na superfície das paredes, foi constatado que esta manifestação patológica foi provocada por expansão retardada de óxido presente na argamassa de assentamento de alvenaria. É recomendado que se deva completar a reação, o que pode levar cerca de três anos ou mais, para só então providenciar-se a substituição do revestimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.3 Fissuras provocadas pela manifestação higroscópica

Substituir a camada de revestimento em torno do pilar por uma argamassa com menor porosidade e com aditivos impermeabilizantes que possam vedar os poros abertos da argamassa, desta maneira protegendo a estrutura da umidade de precipitação.

Outra maneira de amenizar o aparecimento de fissuras causadas pela movimentação higroscópica é a execução de juntas de dilatação no revestimento, permitindo a expansão e contração do mesmo.

4.4 Descolamento da Tinta

Para se recuperar a pintura é necessário lixar e escovar toda a superfície, como existe superfícies bem danificadas, é necessário refazer partes do reboco e aguardar a sua cura. Após a cura do reboco, deve-se preparar o acabamento substrato (aplicação de fundo preparador e massa corrida) e aplicar o novo revestimento de pintura.

4.5 Descolamento com empolamento

O tratamento para o descolamento com empolamento em paredes, se dá basicamente da renovação da camada do reboco e da pintura. Esta manifestação patológica pode ser causada pela infiltração proveniente do solo e que antes de qualquer reparo deve-se elimina-la.

5. Considerações finais

O aparecimento dos problemas nas edificações é inevitável, pois toda estrutura tem sua vida útil, podendo prolongar seu tempo de funcionalidade realizando manutenções periódicas. As construções antigas requerem um pouco mais de cuidado, por ter maior probabilidade de ocorrência de erros na execução e fadiga pelo uso das estruturas.

A causa que provoca maior incidência das manifestações patológicas citada neste trabalho é a infiltração proveniente do solo. Deve-se ter o máximo de cuidado ao executar e projetar a fundação de uma edificação, tomando o cuidado de impermeabiliza-la, para evitar a presença de umidade presente nas paredes e o constante reparo no revestimento. Pois, o tratamento para esta manifestação patologia é de difícil remoção.

A movimentação higroscópica é um fenômeno complexo, para o caso em estudo uma maneira de garantir um maior tempo para manutenções periódicas para esta causa, é a aplicação de juntas de dilatação no revestimento,

As demais manifestações patológicas observadas (destacamento da argamassa e descolamento da tinta) possuem um tratamento mais simples, e por possuírem menor vida útil, necessitam de manutenções periódicas para garantirem a o seu pleno uso e estética.

Com base no conhecimento adquirido através dos resultados deste trabalho, podem se beneficiar várias pessoas que convive com esses problemas em suas edificações. Porem deve-se salientar que nem sempre é fácil diagnosticar os sinais de fissuras e umidade nos revestimentos, e que o tratamento pode ser oneroso e de difícil execução. Pois a solução

ISBN: 978-85-65425-32-2

para estes problemas é a prevenção e sempre consultar um profissional do campo da engenharia civil.

Referências Bibliográficas

BERTOLINI, L. Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BRAGA, C. C. Manifestações patológicas em conjuntos habitacionais: A degradação das fachadas. Recife, 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco.

FRANÇA, R. M. M.; MONTEIRO, E. C. B. Análise das Manifestações Patológicas encontradas em Edificação Residencial Unifamiliar no Agreste Pernambucano. Recife, Revista de engenharia e pesquisa aplicada, 2016.

HELENE, Paulo R. L. Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 2ª ed. – São Paulo: PINI, 1992. 213 p.

KRUGER P.; SCHEFFER M. I. B. U.; MIKAMI R. J. Correções e Prevenções de Manifestações Patológicas em Alvenarias de Vedação. Ponta Grossa, Revista de Engenharia e Tecnologia, 2015.

PIANCASTELLI, E. M. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto armado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 160p. Notas de Aula.

POLISSENI, A. E. Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede. Porto Alegre, 1985. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

THOMAZ, Ercio. Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação. São Paulo: PINI, 1989. 194 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS MANIFESTADAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE TERESINA - PI

Analysis Of Manifested Pathologies In A Residential Building Located In The City Of Teresina – PI

Francisca OLIVEIRA[1], **Linardy** MOURA[2] , **Leonardo** CUNHA[3]

[1] Centro Universitário Uninovafapi,Teresina-PI,Brasil,francisca.mat@hotmail.com

[2] Centro Universitário Uninovafapi, Teresina-PI,Brasil,linardy_moura@hotmail.com

[3] Faculdade Santo Agostinho-FSA, Teresina-PI,Brasil, ,lnc_eng_civil@hotmail.com

Resumo: O amplo crescimento populacional e o constante desenvolvimento na construção civil, proporcionou o aumento na demanda por habitações em todo o mudo. No Brasil não é diferente, todos os dias novos mecanismos e estudos são utilizados para que sejam implantados métodos construtivos que acompanhe toda essa evolução e proporcione segurança, qualidade e economia às construções. A construção civil passou por uma larga evolução, visando o aperfeiçoamento nos processos construtivos proporcionando racionalização, velocidade de execução e por consequência desta imensa progressão, muitos resultados obtidos não foram satisfatórios contribuiu diretamente para o surgimento de patologias em construções, tanto pela falta de atenção em relação a seleção dos materiais empregados, bem como, a má aplicação dos mesmos. Por estarem diretamente ligadas à qualidade final da obra o estudo das patologias das construções, buscam resultados que possam eliminar sintomas patologicos, porém, mesmo com avanço dos conhecimentos, infelizmente não foi extinto as lesões apresentadas nas edificações, de um modo geral. Diante deste contexto, este artigo tem a finalidade de fazer um estudo de caso para a obra em um Edificio Residencial localizado na cidade de Teresina - PI,com o objetivo de analisar o comportamento da estrutura, submetida à ação de agentes patológicos, procurando sempre chegar a resultados satisfatórios que favorecem a conservação e eliminação de ocorrências patológicas.Diante dos resultados apresentados concluiu-se que manutenções e reparos no edificio estudado devem ser realizados.

Palavras-chave: Edificio Residencial. Manifestações Patologicas. Construção civil

Abstract: The large population growth and the constant development in the civil construction, provided the increase in the demand for houses throughout the mute. In Brazil it is no different, every day new mechanisms and studies are used to implant constructive methods that accompany all this evolution and provide safety, quality and economy to buildings. Civil construction underwent a great evolution, aiming at the improvement in the constructive processes providing rationalization, speed of execution and consequently of this immense progression, many obtained results were not satisfactory contributed directly to the appearance of pathologies in constructions, as much for the lack of attention in Relation to the selection of the materials used, as well as their misapplication. Because they

ISBN: 978-85-65425-32-2

are directly related to the final quality of the work, the study of the pathologies of the buildings, seek results that can eliminate pathological symptoms, but, even with advancement of knowledge, unfortunately the lesions presented in the buildings have not been extinguished in general. In this context, this article aims to make a case study for the work in a Residential Building located in the city of Teresina - PI, with the objective of analyzing the behavior of the structure, submitted to the action of pathological agents, always trying to reach To satisfactory results that favor the conservation and elimination of pathological occurrences. In view of the presented results it was concluded that maintenance and repairs in the studied building should be carried out.

Keywords: Residential building. Pathological Manifestations. Civil Construction

1. Introdução

Por conta do rápido crescimento das cidades, o processo de verticalização das construções ganhou força na construção civil por todo território brasileiro. Tal fato, faz parte do processo de desenvolvimento da nação, por está diretamente ligado com a movimentação econômica de um território e por conta dos agentes imobiliários, ocasionando uma supervalorização dos terrenos, promovendo a necessidade de uma extrema organização dos espaços, economia e segurança nas construções, motivando o surgindo dos edifícios (SILVA; NETO; OLIVEIRA, 2014).

Com o surgimento do novo modelo de construções verticais, as classes médias e altas são consideradas determinantes neste processo, por serem os principais a adotarem e adquirirem imóveis nestas condições. A evolução dos edifícios gerou diversos benefícios para a sociedade, por apresentarem ambientes residenciais considerados mais seguros, organizados e confortável. Porém,em consequência da intensa progressividade desse modelo, foi possível observar, principalmente nos edifícios mais antigos, algumas manifestações e danos visuais insatisfatórios na utilização dos mesmos, o que incitou a necessidade de um maior controle nos processos construtivos para que seja proporcionado a integridade das edificações (BAUER; CASTRO; SILVA, 2015).

Ao longo do tempo, os mecanismos de construção vêm se tornando cada vez mais modernos e eficientes, evoluem de acordo as necessidades e com objetivos bem claros: promover economia, rapidez e qualidade na execução de todos os processos construtivos de uma edificação. Porém, em todas as fases evolutivas da construção civil podem estar presentes falhas e defeitos estruturais, chamados de patologias, possíveis de serem observadas na fase de utilização ou mesmo durante a construção, o que mostra o insatisfatório desempenho realizado pela estrutura.Patologia é uma ciência que está presente em todas as áreas das nossas vidas, ela estuda as alterações estruturais ou bioquímicas nas células que acarretam o surgimento dos sintomas de diversas doenças. Na engenharia civil, é uma ciência recente e comparando com o seu significado, pode-se compreender que a patologia das construções é o estudo de todas as alterações nas estruturas de um modo geral, ou seja, as imperfeições em edificações e causas de suas manifestações que estimulam a perda do equilíbrio, desempenho e resistência (NASCIMENTO, 2015).

ISBN: 978-85-65425-32-2

A partir dos conhecimentos abordados sobre patologias é possível identificar diversas situações na construção civil, que promovem algum dano à construção e por meio do seu estudo sobre a sua influência para as edificações, será possível expandir e conceder um conhecimento mais preciso a respeito de seus efeitos e como agirmos em meio a diversas manifestações, contribuindo à favor da minimização das manifestações patológicas que sempre estiveram presentes no nosso cotidiano (SILVA, 2015b).

Segundo Costa (2013) as patologias nas construções apresentam-se em diversas maneiras e tendem a se agravar com o passar do tempo provocando a deterioração e, às vezes, comprometimento da estrutura. Existem várias ações determinantes para o surgimento e evolução de patologias, essas podem ser influenciadas pela ação da natureza (vento, chuva, umidade do ar) ou por falhas construtivas (concepção do projeto, mão de obra e uso inadequado de materiais). Por esse motivo, os mais experientes e renomados profissionais da área aconselham que sejam feitas manutenções periódicas, analisando e corrigindo regiões afetadas para que possam ser evitados quaisquer danos à edificação, garantindo consequentemente, a segurança e durabilidade à estrutura.

As principais manifestações patológicas apresentadas são as fissuras e rupturas, desenvolvidas por vários fatores, tais como: mão de obra desqualificada, acúmulo de tensões, temperaturas ambiente, sobrecarga, qualidade dos materiais, onde na maioria das vezes não se tem um controle rigoroso quanto a sua uniformidade, vibrações, vento, presença de umidade, recalques e outras patologias manifestadas em fundações que incitam o surgimento de fissuras nas edificações como um todo (ZUCHETTI, 2016).

Um ponto de suma importância para prevenção de patologias é a qualificação da mão de obra na utilização adequada das argamassas, partindo do princípio onde ela é responsável pela perfeita aderência entre os blocos, garantem a integridade dos materiais por se apresentarem expostos aos agentes agressivos e impermeabilizam a superfície de contato entre um bloco e outro, desenvolvendo a necessidade de uma cautelosa seleção dos materiais que compõem o seu preparo e a devida aplicação segundo as recomendações normativas, para que seja garantido o desempenho, durabilidade e minimização dos sintomas de patologias.Mediante ao que foi exposto e verificando a necessidade de se obter edifícios de qualidade, com desempenhos satisfatórios e que possuam manifestações patológicas mínimas, foi que esse artigo surgiu com objetivo de fazer uma análise das patologias manifestadas em um edifício residencial localizado na região de Teresina-PI e que possa ser utilizado com parametro para as demais construções.

2. Métodologia

Toda edificação possui uma vida útil, na grande maioria e por diversos fatores propostos, antes que atinja esse prazo, já é possível se observar o nível de deterioração da estrutura,salvo os casos de catástrofes naturais que é um fator preponderante, a perda de desempenho se da por problemas patologicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização do processo de construção(planejamento,projeto e materias), execução e utilização, por conta da falta de manutenções periódicas. Os mecanismos utilizados para manutenção não evitam que a estrutura chegue ao fim de sua vida útil,

ISBN: 978-85-65425-32-2

porém, são fatores determinantes para o aumento dela e a minimização de manifestações patológicas (DARDENGO *et al*., 2010).

Para realização desse trabalho entre os meses de março a abril de 2017, baseou-se nas NBR 5674 e NBR 6118, foi escolhido um único edifício residencial localizado na cidade de Teresina- PI, construido há dois anos, para análise das patologias manifestadas, sem utilização de dados estatísticos, somente pela análise das fotos do local, pesquisas de autores na area e as NBRs, servindo como base para as demais construções, partindo do princípio que a maioria das patologias é comum às demais construções e os fatores que a provocam são de mesma natureza, permitindo assim a sua utilização como parâmetro geral para as demais edificações, quanto às causas e alternativas que promova a redução das mesmas e o consequente aumento do desempenho das estruturas, garantindo a segurança e o conforto para os usuários.

Inicialmente realizou-se uma visita ao edificio escolhido para uma reunião com colaboradores e moradores do edificio para que nos fosse autorizado a pesquisa, com a condição que seria preservado o nome e endereço onde está localizado o mesmo, na segunda visita ao edificio realisou-se a coleta de dados através de registros fotograficos das áreas que apresentam manifestações patologicas, para serem analisadas discutindo suas causas, com o intuito de explicar e compreender o fenômeno, descrevendo os detalhes da situação em estudo, bem como aspectos que garantem a minimização do surgimento e evolução das patologias, procurando sempre chegar a resultados satisfatórios que favorecem a conservação das estruturas.

3. Analises e resultados

De um modo geral, as patologias não têm sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis, que podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorrem, o grande problema por parte dos usuários dos edifícios é que, na maioria das vezes eles não se preocupam com a manutenção, não dando a devida importância ao manual de manutenção e operação, fator fundamental para a vida útil da edificação.

Durante a visita realizada na edificação, foi possível identificar a existência de diversas manifestações patológicas. Pode-se observar, como mostra na figura 1, a ocorrência de eflorescência em paredes externas da edificação, na qual, tem sido evidenciado sua ocorrência na edificação, por conta da excessiva umidade presente na superfície das paredes externas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

FIGURA 1 – Eflorescência nas paredes externas (FONTE: Autoria Própria - 2017)

Verificou-se que o surgimento deste fenômeno se deve ao fato de possuir uma intensa percolação de agua das chuvas pelo reboco e por conta, que o mesmo se apresenta de forma porosa, facilitando o carreamento de sais para a superfície, acentuando manchas esbranquiçadas, definidas como eflorescência. Segundo Juliani (2015) para se reduzir a presença de eflorescência na estrutura, devese adotar métodos executivos de forma correta, de acordo com normas que regem cada operação, ou seja, adotando materiais específicos para os devidos fins, bem como procedimentos ideais de aplicação e a utilização de argamassa específica para o reboco de acordo com o meio em que se apresenta, de modo a se evitar ao mínimo ocorrências indesejáveis, como mostra a figura 1. Como aspecto de maior durabilidade, deve-se pensar em uma manutenção periódica nas superfícies que apresentam sujeitas à ação das águas ou que estão em contato com maior umidade. De acordo com Souza (2008), só é possível tratar a eflorescência, após ser estabelecido a causa da sua manifestação, efetuando a secagem total do revestimento e posteriormente a escovação da superfície e para a correção de regiões com pulverulência, com uma maior evolução, deve-se fazer o reparo total do local.

Observou-se também uma enorme incidência de bolor no edifício, causadas por conta de falhas construtivas, pela ausência de mecanismos que garantisse a perfeita impermeabilização, favorecendo o acúmulo de umidade. Como mostra na figura 2, a grande infiltração presente, contribuiu para a deposição de fungos na estrutura, evidenciando o início de formação do bolor. A mudança de coloração presente, determina o aparecimento dos primeiros fungos atraídos pela umidade, gerando fragilidade à composição. Segundo Lopes (2016), o bolor consiste no desenvolvimento de microrganismos que são capazes de deteriorar pinturas e os revestimentos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

FIGURA 2 – Início da proliferação de bolor em ambiente externo (FONTE: Autoria Própria - 2017)

Na figura 3, observou-se a presença do bolor em paredes internas ao edifício, gerados por conta da infiltração presente, que facilitam o surgimento e evolução de fungos na superfície, fazendo com que apresente essa coloração esverdeada e marrom que confirmam a presença de fungos e classificando tal fato como bolor (SILVA *et al*., 2016). Para este caso mostrado na figura 3, foi registrado sua presença na parede internamente ao edifício, fato que traz diversos transtorno para os usuários e já se encontra com um grau de manifestação bem mais elevado, sendo possível observar, que em alguns pontos, ocorre o fenômeno de inchamento do revestimento e a consequente desfragmentação do mesmo, trazendo a necessidade de uma correção mais complexa.

FIGURA 3 – Proliferação de bolor em ambiente interno.(FONTE: Autoria Própria - 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em todo perímetro do edificio, há incidência de bolor e em variados graus de agressividades, ou seja, é possível observar que em locais apresentam em fase inicial de sua manifestação, outros locais de forma intermediária, com mínima agressão, porém em diversos pontos, como mostrado na figura 4, apresentam de forma mais intensa. É possível observar uma situação mais complicada, pois o bolor manifestado possui um grau de agressividade maior e mais desenvolvido que nas figuras anteriores, sua presença, além do prejuízo estético, proporciona uma perda de resistência dos materiais em que estão situados, permitindo o aparecimento de pequenas fissuras e favorecendo o descascamento do revestimento. Neste caso, apresenta um outro fator negativo trazido por sua manifestação, o comprometimento à saúde dos moradores do edifício, tal patologia deve ser rapidamente tratada para que se evite o agravamento para parte interna do edifício, com o intuito de se conservar a integridade do edifício e a saúde dos usuários (SANCHES, 2014).

FIGURA 4 – Bolor com alta evolução. (FONTE: Autoria Própria – 2017)

Como alternativa de se reduzir sua manifestação nas construções, deve-se pensar em mecanismos impermeabilizantes ao projetar estruturas que estejam em contato com umidade ou que estejam localizados em ambientes úmidos com ausência de insolação, ventilação e que apresentam um teor de umidade do ambiente consideravelmente elevado (CHAVES *et al*., 2016). Para que seja sanada tais ocorrências, como mecanismo de reparo das superfícies que se encontram com manifestação de bolor, deve-se ser resolvido em primeira instancia, o problema da infiltração, desenvolvendo alternativas que impermeabilize as áreas com contato direto com a umidade ou em regiões frias, sem claridade. Posteriormente realiza-se, a criteriosa limpeza da região afetada, no caso da figura 4, por apresentar uma evolução maior, deve ser realizada a remoção por completo do revestimento para que seja garantida a limpeza total do bolor, e finalmente, refazer o

ISBN: 978-85-65425-32-2

revestimento com materiais específicos e procedimentos específicos para cada situação (OLIVEIRA, 2013).

Outra patologia com intensa verificação em edifícios que apresentam as mesmas características, são os destacamentos e deslocamentos de revestimentos cerâmicos na faixada. No edifício em estudo, foi possível identificar manifestações patológicas nos revestimentos cerâmicos, como mostra na figura 5, que possuem diversas causas ou fatores para sua existência no mesmo.

FIGURA 5 – Destacamento cerâmico nas paredes (FONTE: Autoria Própria - 2017)

Segundo Lopes (2016), os revestimentos cerâmicos sofrem e estão sujeitos a diversas patologias em sua utilização, pela qual fica claro e de fácil identificação, que as principais causas para sua manifestação são por fatores construtivos, falhas no procedimento de assentamento dos mesmos e causas secundárias, como a intensa movimentação e por fatores térmicos. No edifício analisado, foi observado falhas no rejuntamento das peças bem como na argamassa de assentamento, na qual apresentam preenchidas em capacidade insuficiente para a perfeita aderência das peças ao reboco, proporcionando fragilidade à composição e em alguns pontos sendo possível identificar o som “oco”, determinando tal fato. Como mostra figura 6, é possível verificar a deficiência no processo de rejuntamento das peças, de forma que esteja colaborando para o surgimento de patologias do tipo destacamento

ISBN: 978-85-65425-32-2

FIGURA 6 – Revestimento cerâmico com deficiência no rejuntamento (FONTE: Autoria Própria - 2017)

Segundo Juliani (2015), para que seja reduzida as manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos, deve-se pensar em uma ideal aplicação. Existem a grande necessidade de seguir orientações e procedimentos técnicos ideais para no momento de aplicação da argamassa de assentamento, bem como no rejuntamento, para que seja garantida a ideal e necessária aderência da placa. É de suma importância a criteriosa seleção dos materiais a se utilizar, pois para cada tipo de ambiente possui o material especifico. Segundo Oliveira (2013), considera-se de extrema necessidade, a fiscalização por parte dos responsáveis pelo edifício, na fase de construção, já que a maioria dos casos em que ocorrem destacamentos serem oriundos de falhas construtivas, para que se tenha um maior controle e melhores desempenhos dos edifícios.

Outra patologia encontrada no edifício e que são comuns a quase todas as construções, foram as trincas e fissuras, na qual deve-se bastante atenção por conta de provocarem riscos e desempenhos indesejáveis ao edifício. A figura 7 mostra o aparecimento de fissuras na junção da parede com o pilar, na qual são determinadas por conta da movimentação do prédio, por não haver uma perfeita ligação que garanta resistência às movimentações presentes, incitando a sua incidência.

ISBN: 978-85-65425-32-2

FIGURA 7 – Fissura na junção parede/pilar. (FONTE: Autoria Própria - 2017)

Com o objetivo de se reduzir manifestações desse tipo, deve-se pensar em técnicas construtivas que transmitam resistência a estrutura, sabendo que a mesma apresenta movimentações estruturais e que os diferentes tipos de materiais empregados possuem dificuldade em se aderirem, obriga aos construtores manter um padrão construtivo baseado nas recomendações normativas que garantam resultado positivo nas edificações (CORRÊA; RAMALHO,2013).

De acordo com a figura 8, foi verificado a presença de fissuração na calçada do edifício, apresentando um certo desconforto estético e estrutural para edificação, pois com a presença delas permitem a infiltração, promovendo danos.

FIGURA 8 – Fissura na calçada do edifício. FONTE: Autoria Própria - 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Identificou-se que a causa da manifestação mostrada na figura 8, foi gerada por fatores térmicos e pela ausência da execução de juntas de dilatação que garantissem resistências às expansões dos materiais. Sabe-se que todo material ao ser submetido a elevadas variações de temperatura, tendem a se alterarem ou expandirem e por não possuir juntas que oferecem resistência e espaço para as expansões, surgem as fissuras, classificadas como térmicas (VERÍSSIMO *et al*., 2016).

Segundo Souza *et al* (2016) o objetivo de promover redução na sua manifestação, deve-se adotar a utilização de juntas e de procedimentos técnicos para que ao serem submetidas a variações térmicas, as estruturas conservem sua forma e resista às tensões geradas pelas expansões dos materiais.

4. Conclusões

As patologias da construção civil podem ter suas origens em qualquer uma das etapas do processo denominado construção. As estruturas das construções, desde a fase de projeto até mesmo durante sua utilização, estão submetidas a ações e fatores que são extremamente prejudiciais as mesmas, levando ao comprometimento a durabilidade e consequentemente sua estabilidade, gerando desconfortos para os proprietários e usuários das edificações, por conta da necessidade de reparos ou, dependendo de cada caso, reformas de maiores proporções.

No estudo desenvolvido observou-se a existência de alguns fatores preponderantes para a evolução ou minimização da perda da durabilidade, como é o caso de manifestações patologicas. As principais manifestações patologicas identificadas no edificio analisado neste artigo foram: manchas de eflorescencias,bolor,destacamento cerâmico nas paredes e fissuras. Pode-se concluir que a analise patológica do edificio para posterior organização de um plano de ações eficaz, envolve uma série de decisões técnicas,sendo coerente seguir a risca as exigencias de construção para que a decisão tomada seja a mais adequada diante do quadro patológico apresentado. Uma patologia requer um estudo apurado para se obter um resuldado satisfatório,do contrário uma sucessão de erros acarretará no aumento do problema, ressaltando ainda que manutenções e reparos no edificio estudado devem ser realizados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações. Rio de Janeiro, 1999.

_____. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

Bauer, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. UNB – Universidade de Brasília, v. 61, p. 151-159, 2015.

Chaves, Pryscylla Fernanda Silva *et al*. Estudo das anomalias observadas em obras de estação de tratamento de esgoto (ete). Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural, v. 1, n. 1, 2016.

Costa, A. dos S. Inspeção predial: estudo de caso de um edifício residencial, Criciúma–SC. Criciúma: Universidade do extremo sul catarinense. 17p. 2013.

Corrêa, M. R. S.; RAMALHO, M. A. Fissuras em paredes de alvenaria estrutural sob lajes de cobertura de edifício, v 14. p. 71-80. 2013.

Dardengo, C. F. R. *et al*. Identificação de patologias e proposição de diretrizes de manutenção preventiva em edifícios residenciais multifamiliares da cidade de Viçosa-MG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 175p. 2010.

Juliani, M. A. Análise de manifestações patológicas em condomínio construído com alvenaria estrutural: estudo de caso. Tese de Doutorado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.119p. 2015.

Lopes, A. C. S. Aperfeiçoamento de modelagem computacional para análise da interação entre painéis de alvenaria e estrutura de suporte em concreto armado. Natal-RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 73p. 2016.

Nascimento, R. E. Patologia das construções devido ao tempo de uso ênfase em instalações. Curitiba-PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR.44p. 2015.

Oliveira, R. B. Estudo comparativo de alternativas para vedações internas de edificações, Curitiba-PR. 2013.

SANCHES, M. C. S. Estudo de casos de patologias estruturais ocasionadas por ação das águas pluviais e aterros na região de Campo Mourão, PR. 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Silva, G. O. da. Proposta de metodologia de manutenção predial. Centro Universitário de Brasília. Brasília-DF. 119p. 2015b.

Silva, A. S.; NETO, A. A.; OLIVEIRA, L. N. O estudo do processo de verticalização da zona leste de Teresina-PI. Revista equador, v. 2, n. 2, p. 173-188, 2014.

SILVA, A. L. L. da *et al*. A problemática das manifestações patológicas nas fachadas de edifícios residenciais. Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural. RecifePE. Universidade de Pernambuco, v. 1, n. 1, 2016.

SOUZA, M. F. de. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte- MG. 65p. 2008.

SOUZA, R. B. *et al*. Influência das variáveis atmosféricas na degradação dos materiais da construção civil. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 1, 2016.

VERÍSSIMO, K. J. da S. *et al*. Manifestações patológicas no hospital das clínicas de Pernambuco. Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural. Recife-PE. Universidade de Pernambuco, v. 1, n. 1, 2016.

ZUCHETTI, P. A. B. Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS. Rio Grande do Sul. 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE E RECUPERAÇÃO DE FUNDAÇÃO AFETADA

Alcalis Reaction Mitigator Actions Aggregated With Companies Acting In The Real Estate Market For Recife And Recovery Of Affected Foundation

Cristiane Santana SILVA[1], **Amâncio da Cruz** FILGUEIRA FILHO[2], Roberto de Castro AGUIAR[3]

[1] Mestranda Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, cristiane_santana@msn.com

[2] Mestrando Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil,amanciofilgueira@hotmail.com

[3] Mestrando Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, jarsonguilherme@yahoo.com.br

Resumo: A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma reação química, que foi descoberta há mais de oitenta anos, em estruturas rodoviárias, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Com o passar dos anos, a reação foi sendo diagnosticada em grande número de países ao redor do mundo, em estruturas das mais diversas, como as estruturas hidráulicas, as de pontes e viadutos, as estruturas de edifícios particularmente as fundações, dentre outras. No Brasil, os primeiros diagnósticos da RAA ocorreram em estruturas hidráulicas, isto é, em barragens e usinas hidroelétricas. Só a partir da metade da década passada, começaram a ser diagnosticados e relatados casos em fundações de edifícios residenciais e comerciais, particularmente na Região Metropolitana do Recife (RMR). Neste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa onde foi aplicado um questionário com 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado da construção. Objetivando com este questionário levantar as medidas preventivas para mitigar a reação. Com as construtoras o objetivo era evidenciar que medidas e quais os materiais estão utilizando como prevenção. Com os calculistas o propósito foi visualizar quais as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e com as concreteiras identificar quais as medidas preventivas foram adotadas para verificação da reatividade dos agregados. Através desse estudo foi possível observar que os membros constituintes desta cadeia produtiva da construção civil tomaram várias medidas preditivas tais como a utilização de adições na utilização de seus concretos, assim como a utilização de ensaios para verificação da reatividade potencial dos agregados. Para finalizar foi mostrado uma recuperação nas sapatas de uma fundação, localizada em um edifício na Região Metropolitana do Recife, na época com treze anos, objetivando o conhecimento de quais as formas de recuperação, sua identificação com os ensaios preliminares e os materiais utilizados neste processo de contenção de uma fundação afetada pela RAA.

Palavras-chave: Concreto. Reação Álcali-Agregado. Fundações. Recuperação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Abstract: The Alkali-Aggregate Reaction (RAA) is a chemical reaction that was discovered more than eighty years ago in road structures in the state of California in the United States. Over the years, the reaction has been diagnosed in many countries around the world, in structures of the most diverse, such as hydraulic structures, bridges and viaducts, structures of buildings, particularly foundations, among others.In Brazil, the first diagnoses of RAA occurred in hydraulic structures, that is, in dams and hydroelectric power plants. It was only in the middle of the last decade that cases began to be diagnosed and reported in foundations of residential and commercial buildings, particularly in the Metropolitan Region of Recife (RMR).In this work a research was developed in which a questionnaire was applied with 29 constructors, 05 calculators and 05 concrete workers in the construction market. Intending with this questionnaire to raise the preventive measures to mitigate the reaction. With the builders the objective was to clarify what measures and what materials are used as prevention. With the calculators the purpose was to visualize what changes occurred in the structural projects and with the concrete ones to identify which preventive measures were adopted to verify the reactivity of the aggregates. Through this study it was possible to observe that the constituent members of this productive chain of the civil construction took several predictive measures such as the use of additions in the use of their concretes, as well as the use of tests to verify the potential reactivity of the aggregates.To conclude, a recovery in the shoes of a foundation, located in a building in the Metropolitan Region of Recife, at that time with thirteen years, was demonstrated, aiming the knowledge of which forms of recovery, its identification with the preliminary tests and the materials used in this Process of containing a foundation affected by the RAA.

Keywords: Concrete. Alkali-Aggregate Reaction. Foundations. Recovery.

1. Introdução

A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma patologia passível de ocorrer em qualquer estrutura de concreto, desde que existam condições favoráveis ao seu aparecimento. Segundo Mehta e Monteiro (2008) constatam-se relatos na literatura de sua ocorrência na década de 1930, e apenas na década seguinte foi publicado o primeiro trabalho científico por Stanton. No Brasil, os primeiros relatos desta patologia foram datados na década de 1960 e 1970 em barragens como Peti, Apolônio Sales (Moxotó) e Pedras. Especificamente na Região Metropolitana do Recife (RMR), o primeiro caso diagnosticado e divulgado no meio acadêmico de RAA foi em 2000, nos blocos de fundação da Ponte Paulo Guerra, que interliga os bairros do centro e da zona norte de Recife ao bairro de Boa Viagem. Apesar desse diagnóstico, o caso não foi difundido no meio técnico da engenharia pernambucana, não sendo objeto de alerta para a possibilidade de outras fundações de obras d´arte e edificações também apresentarem o mesmo problema. (ANDRADE, 2006)

De acordo com Andrade (2006), só a partir do final de 2004, com a queda do Areia Branca, edifício residencial de 12 pavimentos no Bairro de Piedade, começaram a ocorrer inspeções sistemáticas em fundações de edifícios na RMR, evidenciando o problema em uma intensidade elevada. Destaca-se que a causa do desabamento desse edifício não teve nenhuma correlação com a reação Álcali-Agregado. Com o descobrimento desta manifestação patológica em muitas fundações de estruturas de edifícios, pontes e viadutos,

ISBN: 978-85-65425-32-2

as informações começaram, a partir desse momento, a ser disseminadas no meio técnico, constatando-se que o fenômeno não estava restringido apenas em obras hidráulicas de grande porte. Na Figura 1 evidencia-se um quadro fissuratório em uma sapata de fundação de edifício comercial na RMR.

Figura 1 – Fissuração blocos.
Fonte: Andrade, (2006).

Executou-se uma pesquisa com as 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado imobiliário do Recife com o propósito de identificar que medidas preventivas estão sendo utilizadas para inibir o aparecimento desta reação. Elaborou-se um questionário próprio para cada grupo descrevendo-se as mudanças ocorridas.

Como estudo de caso apresenta-se uma fundação na cidade de Jaboatão dos Guararapes que possuía de 13 anos de construção, em 2010. Verificou-se que havia um quadro de fissuração em quatro blocos de sapatas isoladas conjugadas, e as suas características indicavam a presença da RAA.

2. Reação Álcalis-Agregado

2.1 Histórico da Reação Álcalis-Agregado

Ao final da década de 30, Thomas Edison Stanton encontrou registros da reação no Sul da Califórnia (EUA) sobre os pavimentos de uma rodovia, com muitas fissuras e um processo de expansão. As patologias não estavam relacionadas à ação do congelamento e degelo causado por baixas temperaturas ou a corrosão das armaduras. Só em 1940 foram publicados estudos através da American Society of Civil Engeniers que deixaram a comunidade científica preocupada Andrade e Figuerôa (2007). Investigaram-se suas ocorrências em diversas situações como obras hidráulicas, blocos de fundações,

ISBN: 978-85-65425-32-2

pavimentos, dormentes, estruturas de pontes, muros de concreto. Muitos países ao longo de todo o mundo relataram ocorrências do fenômeno e muitas pesquisas foram realizadas, destacando-se os Estados Unidos, que estabeleceram a maioria dos princípios básicos que norteiam a RAA. Ainda podem ser citados o Canadá, alguns países europeus, Japão, China e Índia, como países em que estudos sobre RAA vêm sendo desenvolvidos. No Brasil as primeiras informações relatadas sobre a reação foram citadas nas décadas de 1960 e 1970 em três barragens nos estados de Minas Gerias, entre os estados da Bahia e Alagoas e no estado de São Paulo. Juntamente com duas barragens do sistema de abastecimento de água em Recife e Salvador. Em Recife o primeiro fato da ocorrência foi descoberto na Ponte Paulo Guerra, mais conhecido como ponte do Pina. Construída em 1977 verificou-se que durante as variações da maré visualizava-se que os dezesseis blocos da fundação estavam com fissuras intensas e que evidenciava-se ser da RAA. Na Figura 2 demonstra-se um quadro fissuratorio no bloco de uma fundação.

Figura 2 – Fissuras na face superior do bloco.
Fonte: Andrade, (2006)

2.2 Definição da Reação

A reação Álcali-Agregado é uma reação química e desenvolve-se entre os hidróxidos alcalinos (normalmente proveniente do cimento), minerais reativos (agregados graúdos ou miúdos) e a presença da água. Reagem entre si produzindo um gel, causando um quadro fissuratório na estrutura de concreto.

2.3 Condições e Fatores para seu Aparecimento

Fatores distintos interagem influenciando no mecanismo da RAA. Para o desenvolvimento desta reação deverá haver as presenças simultâneas de um agregado reativo, de álcalis em concentração suficiente, da água, do meio ambiente fornecendo umidade e de temperaturas altas que irão atuar na cinética da reação Silva (2009). Esses fatores são os

ISBN: 978-85-65425-32-2

condicionantes principais para o desenvolvimento da reação e serão descritos resumidamente mais à frente.

2.4 Álcalis no Cimento

Segundo Helene (2012), a reação que mais ocorre no Brasil, é a reação entre a sílica reativa contida nos agregados, a cal liberada pelo cimento, e os álcalis (sódio e potássio) da pasta de cimento. Os vários tipos de sílica presentes nos agregados reagem com os íons hidroxila. A água absorvida pelo gel pode ser parte da que não foi usada para a hidratação do cimento, água existente no local (reservatório, por exemplo), água de chuva e, até mesmo, água condensada da umidade do ar. Se o gel estiver confinado pela pasta de cimento, seu inchamento implica a introdução de tensões internas que, eventualmente, podem causar fissuras no concreto.

2.5 Agregado Reativo

Segundo Helene (2012) a denominada reação álcali-sílica-silicato, englobada na chamada reação álcali-sílica, consiste na reação entre os álcalis disponíveis do cimento e/ou outras fontes e alguns tipos de silicatos que possam estar presentes em certas rochas sedimentares, rochas metamórficas e ígneas. É uma reação que está ligada à presença de quartzo tensionado, de sílica amorfa ou de minerais expansivos. O gel pode ser mais ou menos expansivo em função dos teores de álcalis e cal presentes.

2.5.1 Presença da Água

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a água é o agente principal de deterioração física e química do concreto, pois além de ter grande facilidade em se mover através dos poros do concreto, devido ao tamanho de suas moléculas, é um excelente solvente, com capacidade de dissolver muitas espécies químicas, tornando-a rica em íons e gases capazes de causar a deterioração. Dois fatores estão diretamente ligados ao fator água/cimento e são bastante relevantes ao concreto a permeabilidade e a compacidade. Quando o fator água/cimento é diminuído o concreto ganha uma melhor resistência e sua permeabilidade é diminuída, esses fatores são importantíssimos para dirigirem a velocidade de penetração de agentes deletérios.

3. Medidas Mitigadoras

Com o aumento do histórico das ocorrências de RAA em estruturas correntes no Brasil, no ano de 2006 foram iniciados, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estudos para o desenvolvimento de normas específicas sobre RAA. Em 14 de Maio de 2008, a norma foi promulgada, com foco voltado para a prevenção, através da eliminação de pelo menos um dos fatores condicionantes para o aparecimento da reação. Nesta norma foi estabelecido um guia para avaliação da reatividade potencial e o emprego de medidas preventivas para o uso de agregados reativos. Verificou-se que a recuperação das estruturas tem um alto custo e determinou-se uma avaliação do grau de risco da ocorrência

ISBN: 978-85-65425-32-2

da reação, considerando os seguintes fatores de condições de exposição da estrutura de concreto no ambiente, dimensões da estrutura ou do elemento do concreto e responsabilidade estrutural (estruturas provisórias, correntes ou especiais). Com estas determinações, a ABNT criou a NBR 15577 (ABNT, 2008) que preconiza o grau de risco e quais as ações preventivas necessárias para o tipo de estrutura a ser construída.

3.1 Medidas Preventivas

A reação Álcalis Agregado trata-se de uma patologia que ao instaurar-se no concreto, ocorrerá até que todos os álcalis presentes nos poros dos concretos e/ou as fases reativas dos agregados tenham reagido, pois é muito difícil eliminar a água do processo. Verificou-se que as recuperações de fundações afetadas eram muito onerosas, solicitando vultuosas cifras no processo de recuperação. Em função das várias fundações afetadas de grande e menor porte, concluiu-se que a prevenção seria o melhor caminho para evitar as deteriorações pela reação. A seguir serão demonstrados os cuidados a serem tomados para prevenção da RAA, enfatizando-se sobre a necessidade do conhecimento quanto à reatividade dos agregados graúdos e miúdos, bem como o tipo do cimento utilizado.

3.1.1 Avaliação do Agregado

Para mitigar o aparecimento da reação o primeiro passo será a identificação quanto à reatividade do agregado graúdo e miúdo. Os agregados reativos possuem em sua composição fases mineralógicas silicosas suscetíveis à reação com os álcalis solúveis no concreto.

3.1.2 Limitar o Teor de Álcalis do Concreto

O cimento é a principal fonte fornecedora de álcalis. Porém outros fatores devem ser considerados, como águas superficiais ou subterrâneas e a dissolução dos componentes alcalinos nos agregados, pozolanas e escórias. Estudos indicam que cimentos com baixo teor de álcalis são aqueles com menos de 0,60% de equivalente alcalino. A RAA pode ser reduzida ou prevenida utilizando cimento com baixo teor de álcalis ou limitando o teor de álcalis total por m³ de concreto. Um limite recomendável 3,0 kg/m³ de Na_2O no concreto.

3.1.3 Adições Ativas

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos por todo o mundo em busca de respostas e soluções preventivas e definitivas para o fenômeno. Conclui-se que as utilizações de adições ativas podem reduzir as expansões com o uso de cimentos CPIII e CPIV, reduzindo a permeabilidade em função da finura dos poros do concreto e a redução do pH através da diminuição do Hidróxido de Cálcio.

3.1.3.1 Adições ao Cimento

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido através de uma mistura de calcário e argila que passam pelo processo de britagem, moagem, mistura e queima para obtenção

ISBN: 978-85-65425-32-2

do clínquer. Este, juntamente com uma pequena quantidade de gipsita, passa por um processo de moagem, sendo o produto final denominado de cimento Portland. Na maioria dos clinqueres são encontrados, inevitavelmente, o sódio e o potássio em quantidades suficientes para desencadear RAA, caso as condições sejam favoráveis, sendo o sódio o mais comum. Estes dois elementos participam do grupo 1A na tabela periódica e são denominados de metais alcalinos ou álcalis. Os principais componentes do clínquer que reagem com a água são: C_3S (Silicato Tricálcico), C_2S (Silicato Bicálcico), C_3A (Aluminato Tricálcico), C_4AF (Ferroaluminato Tetracálcico). Os cimentos nacionais que possuem maior eficiência no combate a reação álcali-agregado são os que além de possuírem clínquer mais gesso, tem adições minerais ativas em elevado percentual. Os dois cimentos nacionais com essas adições são os de alto forno, denominados de CP III e o pozolânico, denominados de CP IV. Porém, esses cimentos ainda são produzidos em baixa escala no mercado. Os cimentos CP II, de maior utilização no mercado imobiliário, possuem baixa eficiência no combate a reação. Na ausência de um cimento Portland adequado à minimização da RAA, pode-se fazer o emprego de adições minerais como o metacaulim e a sílica ativa conforme a NBR 12655 de 2006.

3.1.3.2 Adições ao Concreto

Muitas pesquisas e estudos estão sendo desenvolvidas no sentido de diminuir a ocorrência da reação e com foco no aumento de sua durabilidade das estruturas. As pesquisas são para adições químicas minerais e orgânicas nas dosagens de concretos convencionais. A utilização de materiais pozolânicos naturais e artificiais, cinzas volantes, escoria de alto forno e a utilização de cimentos especiais, tem ajudado na diminuição dos poluentes resultantes dos processos de industrialização de alguns materiais e com isso ajudando na diminuição dos consequentemente impactos ambientais. Estas adições vêm contribuindo significativamente na preservação das propriedades do concreto, bem como o aumento de sua durabilidade. Na RMR as adições mais utilizadas são as pozolanas e sua utilização transmite benefícios tecnológicos, econômicos e ecológicos ao concreto. Existem dois tipos de pozolanas: as naturais e as artificiais. pozolanas naturais são aquelas de origem ígnea sedimentar. São resultantes de atividades vulcânicas, uma vez que sua fase vítrea é formada por resfriamento brusco do material fundido, como exemplo tem-se o Metacaulim. As pozolanas artificiais são provenientes do tratamento térmico de determinadas argilas ou subprodutos industriais, com atividade pozolânica. Como, exemplo, tem-se a cinza volante, sílica ativa, cinza de casca de arroz, argila calcinada.

4. Pesquisa com as Construtoras, Calculistas e Concreteiras

A pesquisa foi uma iniciativa que teve como intuito principal tomar ciência do conhecimento de cada engenheiro envolvido no processo construtivo quando a RAA. Após os vários relatos citados neste material do aparecimento desta reação, envolvendo várias fundações de edifícios residências ou comerciais de grande ou pequeno porte, em sistemas hidrelétricos e de abastecimento de água, fundações de pontes e muitos outros, provando que a incidência desta doença ocorre indistintamente em qualquer fundação. Assim iniciou-se a coleta de dados e foram entrevistados engenheiros residentes, gerentes e diretores

ISBN: 978-85-65425-32-2

em busca dos resultados. Após a entrevista o profissional entrevistado, apresentava outro profissional até se chegar ao número de 29 construtoras envolvidas nestes relatos.

4.1 Construtoras

O questionário com as para construtoras atuantes no mercado imobiliário continha perguntas quanto ao conhecimento da reação e também quais os processos foram desenvolvidos no processo de construção. As referidas perguntas e respostas estão descritas abaixo, juntamente com o gráfico onde são demonstradas as respostas com os referidos percentuais.

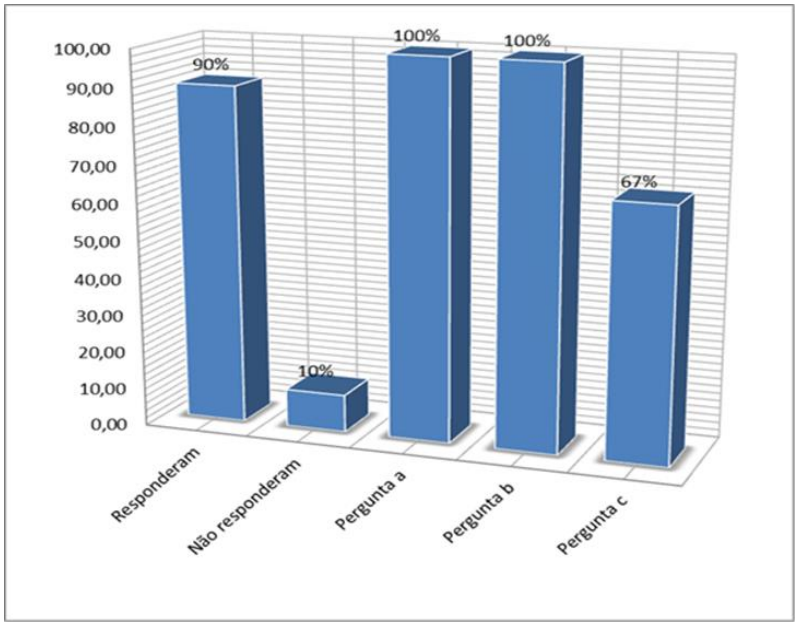


Figura 3 – Grafico com respostas das Construtoras.
Fonte: Autoria própria, (2012)

a. Você conhece a reação Álcali Agregado?

Resp: Sim, todas as construtoras citadas, que responderam o questionário, conhecem a RAA;

b. Quais as medidas mitigadoras que você tem tomado na execução de suas fundações para prevenir o aparecimento desta reação?

Resp: Verificou-se que as medidas preventivas são executadas por 100% das construtoras entrevistadas, e são utilizadas as adições de metacaulim ou sílica ativa. Com relação aos agregados verificou-se que 7,5% das entrevistadas solicitam das usinas a avaliação dos agregados graúdos quanto a sua reatividade e também ensaiam os agregados utilizados nos concretos *in loco*;

ISBN: 978-85-65425-32-2

c. Com as fundações concretadas, você utiliza alguma proteção externa, além das adições. Justifique:

Resp: Para as proteções externas, após a cura do concreto, 67% das entrevistadas utilizam materiais a base de emulsão asfáltica ou materiais cimentícios.

4.2 Projetistas Estruturais

Com perguntas distintas, foram entrevistados alguns calculistas atuantes na RMR, em busca de informações sobre as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e quais as medidas mitigadoras foram tomadas para as concreteiras no fornecimento dos concretos. O questionário continha as seguintes perguntas:

a. Quais as ações foram desenvolvidas no cálculo e detalhamento dos projetos estruturais, após o descobrimento da RAA em blocos de fundações?

Resp: Verificou-se a necessidade de indicar no projeto de fundação, a contratação de um especialista na área de tecnologia do concreto para orientar sobre ações de prevenção para que o concreto seja resistente às reações deletérias, como o RAA, como também para descrever segundo sua composição e a relação a/c, quais os percentuais de adições de metacaulim ou sílica ativa seriam satisfatórios para o nível de exposição do concreto descrito em projeto.No caso do projeto, houve a alteração no detalhamento das armaduras dos elementos de fundação, principalmente nos blocos de coroamento das estacas por terem elevados volumes de concreto, dispondo de armaduras mais fortes nas laterais e na parte superior (através de malhas formando uma gaiola), a fim de evitar ou minimizar possíveis fissuras devido a algum processo de expansão do concreto.

b. Qual o seu parecer sobre investigar a reatividade dos agregados utilizados nos concretos, juntamente com o cimento, em busca de uma adição que mitigue o aparecimento da reação?

Resp: A importância de continuar e aprofundar as investigações de combinações do uso das várias britas reativas de nossa região, com os cimentos mais usuais, a fim de aperfeiçoar as dosagens de adição com produtos cada vez mais eficientes e econômicos.

c. No seu ponto de vista, qual é a responsabilidade dos Calculistas no sentido de combater esta manifestação patológica?

Resp: No que tange à responsabilidade, com os grandes avanços obtidos na nossa região no entendimento e visão do comportamento das estruturas atacadas pela RAA, todos os calculistas devem estar conscientes da grande responsabilidade em adotar medidas preventivas para evitar ou reduzir ao máximo os efeitos danosos do aparecimento futuro da RAA nas novas fundações e é importante que as decisões sejam tomadas nas fases iniciais de projeto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.3 Concreteiras

As concreteiras entrevistadas responderam o questionário que continha as seguintes perguntas:

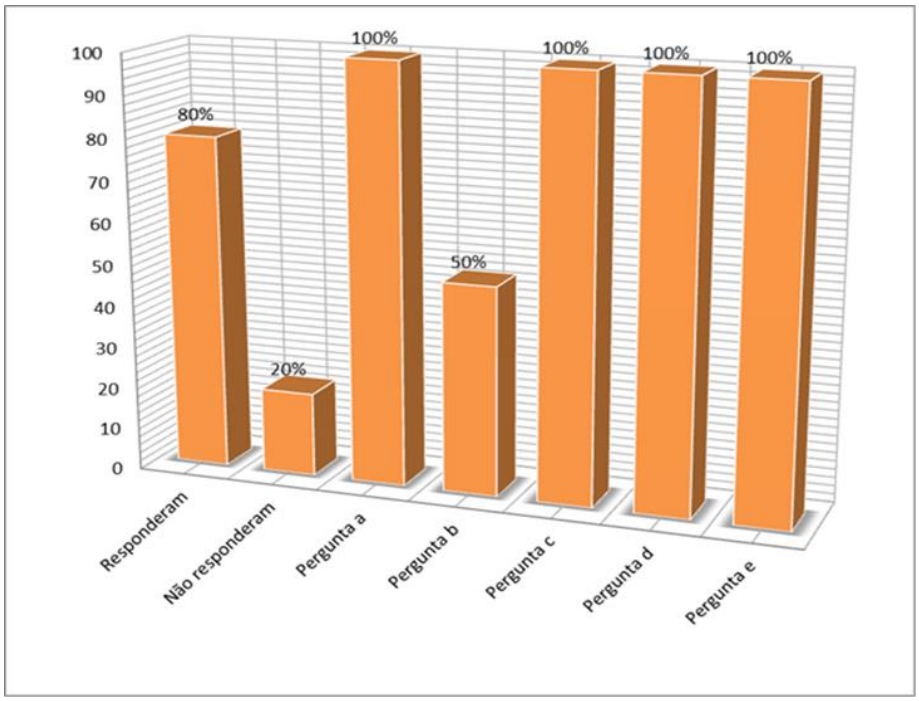


Figura 4 – Grafico com respostas das Concreteiras.
Fonte: Autoria própria, (2012)

a. No processo de aquisição dos agregados miúdo e graúdo é exigido do fornecedor algum ensaio de reatividade do agregado?

Resp: Verificou-se que as concreteiras solicitam os ensaios de reatividade dos agregados graúdo e miúdo, no processo de aquisição, e em algumas concreteiras executam novos ensaios antes da utilização do agregado.

b. Com a chegada dos agregados miúdo e graúdo na usina é executado algum ensaio de reatividade do agregado? E com qual periodicidade são executados estes ensaios? Justifique:

Resp: Parte das concreteiras executa segundo ensaio e a periodicidade é sempre que muda a jazida.

c. Com o aparecimento da reação Álcali-Agregado quais as medidas mitigadoras são tomadas com os concretos fornecidos aos clientes?

Resp: As medidas mitigadoras são à adição da sílica ativa ou metacaulim.

ISBN: 978-85-65425-32-2

d. Para os clientes que solicitam adições em seus concretos e não especificação seus percentuais, quais os critérios são considerados e quais os percentuais são adicionados no sentido de mitigar a reação.

Resp: Para os clientes que não solicitam adições, dependendo da área de exposição do concreto são orientados pela fornecedora quanto à importância das adições.

e. No seu ponto de vista, qual é a responsabilidade das concreteiras no sentido de combater esta manifestação patológica?

Resp: No que tange à responsabilidade, verificou-se a conscientização quanto à responsabilidade no processo produtivo do concreto. E a preocupação no fornecimento deste material, amplamente utilizado nas construções, tem levado as concreteiras a acompanharem as mudanças das jazidas, e executarem principalmente os ensaios preliminares a fim de conhecer o produto final fornecido aos seus clientes, pensando sempre na durabilidade e na sustentabilidade. Na Figura 4 demonstra-se o resultado da pesquisa elaborada com as concreteiras atuantes no mercado imobiliário do Recife.

5. Recuperação de uma Fundação Afetada pela RAA

5.1 Características da Edificação

Demonstrada as características de uma fundação contaminada pela reação, o principal objetivo seria levar conhecimentos acerca de como identificar a manifestação patológica discutida neste trabalho, sendo descritas as intervenções e o processo adotado para a recuperação dos elementos estruturais. O edifício residencial, composto de dois pavimentos de garagem (Térreo e Vazado), 17 pavimentos tipos com quatro apartamentos por andar e uma cobertura. No momento da intervenção, em 2010, o edifício tinha 13 anos de execução.

A fundação foi direta, com execução de 34 sapatas isoladas, incluindo as da lâmina principal, bem como as sapatas de periferia, que apoiam os pilares dos 2 pavimentos de garagem. Essas sapatas, na época da construção, foram executadas em solo muito úmido, utilizando concreto com resistência característica à compressão fck de 25 MPa. Após o sinistro do edifício Areia Branca, a prefeitura da cidade do Recife criou a lei nº 13.032, em 14 de Junho de 2006 que dispõe sobre a obrigatoriedade de vistorias periciais e manutenção periódica, em edifícios de apartamentos e salas comerciais, no âmbito do Estado de Pernambuco.

A lei tornou obrigatória uma vistoria técnica, trienal, em fundações, colunas, e fachadas, por iniciativa do condomínio, através de um profissional com habilitação específica atestada pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), com base nas normas emanadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), para operação, uso e manutenção das edificações. Em vistoria executada no referido edifício, localizado na cidade de Jaboatão com cerca de treze anos de idade, encontraram-se algumas anomalias nas sapatas de fundação.

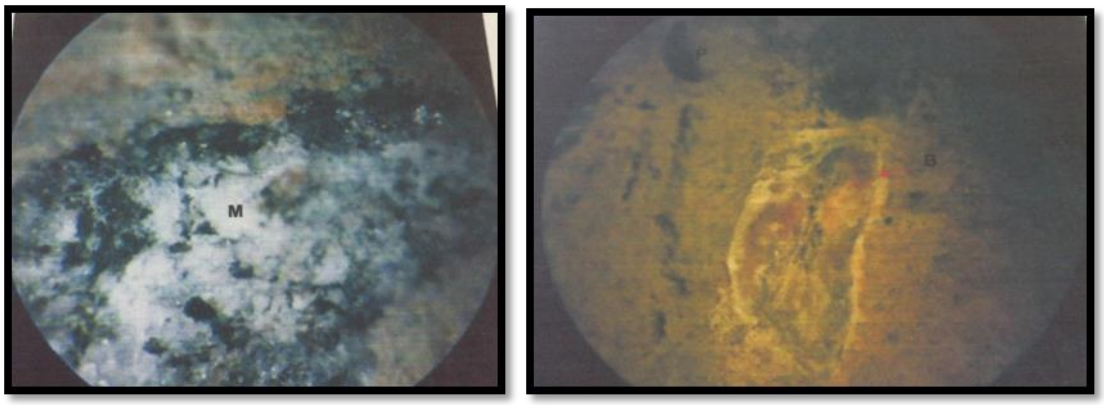
ISBN: 978-85-65425-32-2

5.2 Investigações da Manifestação Patológica

Em função da lei promulgada para o Recife e cidades vizinhas, o condomínio, contratou um profissional habilitado para acompanhar uma vistoria na fundação e foi verificado um quadro fissuratório em quatro sapatas isoladas da fundação.

O condomínio contratou um consultor em tecnologia do concreto, que, por sua vez, solicitou imediatamente a extração de dois testemunhos de cada sapata. Uma das amostras foi enviada para o laboratório da ABCP, em São Paulo, com o objetivo de avaliar a durabilidade do concreto com ênfase na ocorrência de reações expansivas. Paralelamente investigou-se qual a empresa fornecedora do concreto e consequentemente qual a possível jazida utilizada para o fornecimento do agregado graúdo

Foi analisada a microtextura do concreto utilizado, através da Microscopia Estereoscópica e Óptica, sendo feita uma análise mineralógica dos agregados pelo exame Petrográfico. Os métodos empregados foram o ASTM C 856-02- *Standard Practice for Petrografic Examination of concrete* conforme a NBR 7389-1/09 – Análise Petrográfica de agregado para o concreto-parte 2: Agregado Graúdo. Por solicitação do calculista, cinco testemunhos foram extraídos das sapatas em posições distintas para que fosse verificada a resistência à compressão deste concreto. Na figura 5 verifica-se a formação de material neoformado sobre o agregado graúdo, lupa estereoscópica aumento 16x. Na figura 6 no detalhe se observam poros e borda de reação, lupa estereoscópica aumenta de 12x.



Figuras 5 e 6 – Detalhes dos Testemunhos.
Fonte: Autoria própria, (2012)

5.3 Diagnósticos da Manifestação Patológica

O diagnóstico fornecido pela ABCP mostrou que os concretos exibiam feições típicas da instauração da RAA, com bordas de reação, poros e superfícies de agregados com material neoformado depositado.

Com o resultado destes ensaios foram constatados que a RAA estava instalada, porém não se observaram feições deletérias, como fissuras expressivas e deslocamentos do agregado graúdo e fragmentações, diminuindo assim a possibilidade de uma manifestação patológica

ISBN: 978-85-65425-32-2

generalizada. Contudo achou-se importante para a saúde da estrutura que a intervenção fosse executada, seguindo todos os parâmetros necessários à sua recuperação.

5.4 Recuperação das Sapatas

Iniciou-se as escavações interditando parte do estacionamento no Térreo, e devido à localização das sapatas, todo o estacionamento no vazado (pavimento superior) foi interditado. O material removido foi depositado próximo ao local. Escavou-se até a profundidade de 1,60 m, foram executados todos os procedimentos referentes às proteções pertinentes a segurança. Em seguida os testemunhos foram coletados e encaminhados para ABCP. As resistências individuais à compressão dos corpos de prova foram superiores a vinte 20 MPa que seria a resistência (fck) prevista no projeto. Os resultados obtidos foram: 37 MPa; 29,5 MPa; 29,4 MPa; 25,5 MPa e 29,2 MPa.

Com as constatações das resistências foi executado um projeto de reforço com o detalhamento das armaduras a serem utilizadas, informando todos os procedimentos executivos, a determinação da resistência do concreto, as adições necessárias e o fator água/cimento. Ficou determinado que após a conclusão dos serviços as sapatas seriam impermeabilizadas com materiais cimentícios. A execução dos serviços foi dividida em duas etapas: a primeira etapa foi à execução da recuperação das fissuras e a segunda o encapsulamento composto pela montagem da armadura e concretagem. Na figura 7 é possível visualizar as fissuras encontradas na lateral de uma das sapatas.

Figura 7 – Fissuras na face lateral da sapata.
Fonte: Autoria própria, (2012)

Foi contratada uma empresa especializada em recuperação e junto ao tecnólogo determinou-se quais os materiais necessários para restauração da monoliticidade das sapatas. Determinou-se que o preenchimento das fissuras seria através de uma injeção de sistema epóxi, e metacrilato compatíveis. A primeira etapa da recuperação foi após a escavação, à empresa iniciou os trabalhos reabrindo todas as trincas, em seguida foram inseridos os drenos e as fissuras foram colmatadas superficialmente em toda a sua extensão, conforme a figura 8.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 – Fissuras Colmatadas.
Fonte: Autoria própria, (2012).

Os drenos eram pequenas mangueiras transparentes com diâmetro de 10 mm que penetravam no interior das sapatas para condução do material e preenchimento das fissuras. Após a conclusão do processo, injetou-se ar comprimido para retirar todo material pulverulento decorrente da reabertura das trincas. Com os drenos instalados, injetou-se epóxi com baixa viscosidade em todas as aberturas, conforme figuras 9, 10 e 11.

Figura 9 e 10 – Fissuras com os drenos.
Fonte: Autoria própria, (2012)

Figura 11 – Fissuras com drenos e Colmatadas.
Fonte: Autoria própria, (2012)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Com a conclusão destes serviços, os drenos foram gradativamente retirados e fechados com epóxi. A segunda etapa iniciou-se após a escariação de toda a superfície do concreto, para garantir uma boa aderência. Posicionou-se toda a armadura em aço CA-50 com armadura Ø 12,5 mm nos sentidos longitudinal e transversal a cada 0,15 m, conforme a figura 12.

Figura 12 – Montagem da Armadura.
Fonte: Autoria própria, (2012)

Concretou-se as sapatas, utilizando uma espessura de concreto de 0,10m, um recobrimento de 0,05 m. O concreto especificado foi: fck de 40,00 MPa, com adição de microssílica e um fator água/cimento na ordem de 0,40. A cura executada foi cura úmida nos primeiros três dias e em seguida executada a impermeabilização com argamassa cimentícia, conforme figura 13.

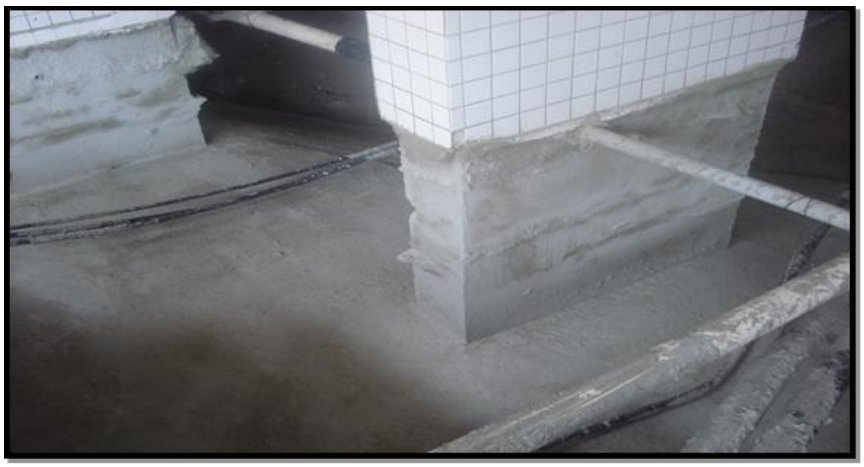


Figura 13 – Sapata concreta.
Fonte: Autoria própria, (2012)

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Considerações finais

Em geral verificou-se com esta pesquisa o conhecimento do problema e as medidas mitigadoras destinadas aos concretos de fundações da RMR. A utilização de adições, a busca por ensaios sobre a reatividade do agregado é uma realidade prevista nos processos de qualidade das construtoras, assim como também, a proteção externa nos elementos de fundação, através do uso de materiais cimentícios ou a base de emulsões.

Observou-se por parte das Construtoras o conhecimento acerca da reação RAA, o comportamento das fundações afetadas e seu comprometimento quanto a proteção de seus elementos de fundação. No caso dos calculistas verificou-se uma preocupação intensa principalmente no tocante a proteção e prevenção na busca por fundações saudáveis e isentas desta manifestação patológica. E nas concreteiras a preocupação é na orientação e no fornecimento de concretos destinados a fundações contendo adições e com agregados comprovadamente isentos da reatividade para evitar esta reação deletéria. Baseado neste trabalho citam-se algumas ideias com o objetivo focado na eficiência de cada processo envolvido na cadeia construtiva fazendo-se necessárias algumas mudanças, tais como:

A partir da concepção dos projetos estruturais, haver a participação direta de um profissional habilitado na determinação da composição dos concretos e de posse da relação a/c, analisar e determinar sobre os percentuais das adições em função do tipo da fundação e em função dos tipos de cimentos utilizados pelas concreteiras;

Inserir a exigência dos ensaios de reatividade dos agregados graúdos e miúdos, pelas construtoras e concreteiras, para conhecimentos dos materiais que estão sendo empregados na construção, considerando que nessa região possui várias jazidas de agregados reativos, já constatados. Prevê em projeto, durante sua concepção, locais de inspeções, que permitam a verificação das fundações, quanto ao aparecimento de reações deletérias como a RAA. A busca por concretos de qualidade e com durabilidade tem sido uma necessidade constante. Constata-se que o combate à reação Álcalis-Agregado, assim como outras reações deletérias é de responsabilidade de Calculistas, Tecnólogos, Concreteiras e Construtores.

Referências Bibliográficas

Andrade, T.; Figuerôa, J. P. O Ataque da Reação Álcali Agregado sobre as Estruturas de Concreto. A descoberta Pioneira da Ocorrência do Problema em Fundações de Pontes e Edifícios na Região Metropolitana do Recife. Recife: Universitária- UFPE, 2007.

Andrade, T.; Silva, J. J. R.; Almeidar.; Figuerôa, J. P.; Kihara, Y.; Pecchio, M. Diagnóstico de Reação Álcali-Agregado em Blocos de Fundação de um Edifício Público situado na Cidade do Recife/PE. In: II Simpósio sobre RAA em Estruturas de Concreto. IBRACON, 2006.

ANDRADE, T. Histórico de Casos de RAA Ocorridos Recentemente em Fundações de Edifícios na Região Metropolitana do Recife. In: II Simpósio sobre RAA em Estruturas de Concreto. IBRACON, 2006.

ISBN: 978-85-65425-32-2

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577/2008: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro.

Helene, P. 30 perguntas, especialistas respondem a questões sobre tecnologia de concretos e argamassas. Téchne Tecnologia. São Paulo: PINI, Edição 185p.70, junho2012.

Mehta, P.K., Monteiro, J.M. Concreto, Propriedades, Estruturas e Materiais. São Paulo: Pini, 2008.

Silva, C. F. C. Análise de Métodos de Prevenção da Reação Álcali Agregado: Análise Petrógrafica e Método Acelerado de Barras de Argamassa. 2009. 109f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICOS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM UMA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Inspections And Diagnosis Of Pathological Manifestations Present On A Bridge In The Metropolitan Region Of Recife

Thais SILVA[1], **Romildo** BERENGUER[2], **Yane** COUTINHO[3], **Ayrton** GOMES[4], **Tiago** Agra[5]

[1] UNICAP, Recife – PE, Brasil, thaism21@ymail.com

[2] UFPE, Recife – PE, Brasil, romildo.berenguer@ufpe.br

[3] UFPE, Recife – PE, Brasil, yane_coutinho@hotmail.com

[4] UFPE, Recife – PE, Brasil, Ayrton.wagner@hotmail.com

[5] UFPE, Recife – PE, Brasil, tiagoagraengenharia@gmail.com

Resumo: Localizada na região metropolitana do Recife/PE, a ponte estudada representa um importante elemento de infraestrutura rodoviária que liga os municípios de Paulista e Olinda. A ponte foi construída em 1974, quando o município de Paulista dispunha de uma população de aproximadamente 70 mil habitantes. Hoje, 43 anos após sua construção, a cidade apresenta uma população de mais de 300 mil habitantes acarretando uma demanda de tráfego diário de cerca de 50 mil veículos. Com o passar dos anos, é possível verificar a deficiência na realização de manutenção da ponte, levando-a a apresentar sinais evidentes de deterioração, o que, consequentemente, gera insegurança para os seus usuários. Além da falta de manutenção, a ponte fica localizada numa área classificada como de classe de agressividade ambiental muito forte, de acordo com a NBR 6118:2014, implicando em elevado risco de deterioração da estrutura. O estudo teve como objetivo identificar as manifestações patológicas presentes na Obra de Arte Especial, determinando os seus prováveis agentes causadores e avaliando o grau de comprometimento dos elementos estruturais a partir de ensaios não-destrutivos. Através das análises *in loco* e estudos, pode-se concluir que, além das manifestações patológicas visivelmente detectadas, a ponte apresentou no ensaio de esclerometria resistência menor do concreto nas vigas, sugerindo uma manutenção, recuperação e reforço em sua estrutura a fim de mitigar as manifestações patológicas encontradas.

Palavras-chave: Diagnóstico de Manifestações Patológicas. Inspeção de Estruturas. Ponte.

Abstract: Located in the metropolitan area of Recife / PE, the sudied bridge is an important road infrastructure element that connects the cities of the Paulista and Olinda. The bridge was built in 1974 when the Paulista municipality had a population of approximately 70 thousand inhabitants. Today, 43 years after its construction, the city has a population of over 300,000 inhabitants, causing a daily traffic demand of about 50,000 vehicles. Over the years, it is possible to verify the lack in maintenance of the bridge leading to noticeable signs of

ISBN: 978-85-65425-32-2

deterioration, which consequently generates uncertainty for users. Besides the lack of maintenance, the bridge is located in an area classified as very strong environmental aggressive class, according to NBR 6118: 2014, implying high risk of deterioration of the structure. The study aimed to identify the pathologies present in the Special Work of Art, determining the likely causative agents, assessing the degree of deterioration of the structural elements using non-destructive testing. Through analyzes *in situ*, it was concluded that besides the visible pathological manifestations detected, the bridge presented in the sclerometry test lower strength of the concrete on the beams, suggesting maintenance, recovery and reinforcement of the bridge structure in order to mitigate the pathological manifestations found.

Keywords: Diagnosis of Pathological Manifestations. Inspection of Structures. Bridge.

1. Introdução

Os problemas geralmente encontrados em pontes de concreto podem ser causados devido a exposição a meios agressivos, bem como falhas de projeto e execução, e na maioria dos casos à falta de manutenção preventiva. Há muito tempo acreditava-se que as estruturas de concreto armado tinham uma vida útil indeterminada, não dando importância a manutenções e inspeções estruturais preventivas, o que favorecia o aparecimento de manifestações patológicas que comprometiam o desempenho da estrutura, ou seja, sua durabilidade.

A Região Metropolitana do Recife é conhecida pelas suas pontes, que são localizadas em diversos municípios, conferindo valor estético e de viabilidade urbana. Porém a população desconhece o estado degradante de muitas pontes, que, em alguns casos, pode representar riscos para os veículos e transeuntes.

Nos últimos anos, devido ao grau de deterioração apresentado em obras como pontes, viadutos e edificações verticais, a engenharia civil vem intensificando os estudos das manifestações patológicas presentes no concreto armado a fim de garantir uma maior vida útil dessas estruturas.

O ambiente no qual a obra está localizada pode influenciar na estrutura, uma vez que o excesso de umidade, poluição, presença de sais e cloretos, assim como a variação térmica, entre outros fatores, podem contribuir para a ação de agentes agressivos e o desenvolvimento de determinadas manifestações patológicas.

A concreta agressividade imposta pela névoa salina em estruturas de concreto armado situadas em regiões litorâneas, apresenta-se como uma forma peremptória para o surgimento de manifestações patológicas (MOTA *et al*, 2009).

A ponte estudada representa um importante elemento de infraestrutura rodoviária que liga os municípios de Paulista e Olinda. Segundo os registros do município de Paulista, a ponte passou por recuperações estruturais durante um período e, periodicamente, são feitas vistorias de forma a detectar problemas na sua estrutura e a necessidade de realização de novos reparos. Todavia, na maioria das vezes, as manutenções realizadas de forma paliativa não são eficazes, ocorrendo um reaparecimento de falhas, manifestações patológicas, em curto período de tempo após a execução dos reparos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1.1 Pontes

Transpor os acidentes geográficos possui extrema importância desde os tempos pré-históricos até os dias atuais. Para tal, faz-se uso das obras de arte especiais, promovendo interligação, acesso e desenvolvimento às mais diversas regiões. Com isso, surge a necessidade de preservar essas estruturas e também sua funcionalidade, buscando alternativas para mantê-las, repará-las e torná-las cada vez mais eficientes (GRECA *et al*, 2011).

De acordo com o DNIT (IPR, Publicação 744, 2010), ponte é a estrutura, incluindo os apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. Ainda conforme consta no DNIT (IPR, Publicação 709, 2004), a maioria das pontes tem três componentes básicos: estrado, superestrutura e infraestrutura. O estrado é onde a carga móvel atua diretamente e onde há a transferência de carga para a superestrutura e infraestrutura. A superestrutura suporta as cargas do estrado ao longo dos vãos para os apoios. Já a infraestrutura engloba todos os elementos que suportam a superestrutura e a sua própria carga para as fundações. A Figura 1 demonstra uma seção transversal típica de ponte com seus elementos identificados.

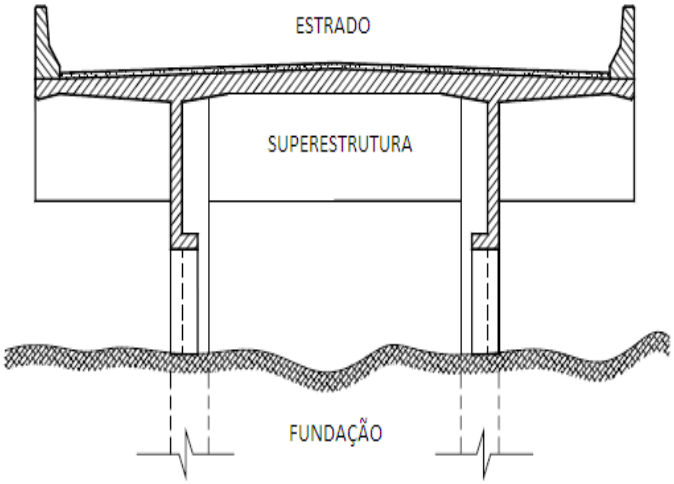


Figura 1 – Seção transversal de ponte com determinação dos três componentes. Fonte: DNIT, IPR, Publicação 709, 2004, adaptada pelo autor, 2017.

1.2 Manifestações Patológicas

De acordo com a pesquisa realizada por Pintan (2015), a manifestação patológica mais frequente é a infiltração/umidade. Essa manifestação patológica é um dos fatores que possibilita o desenvolvimento de outras patologias na estrutura, como pode ser observado na figura 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

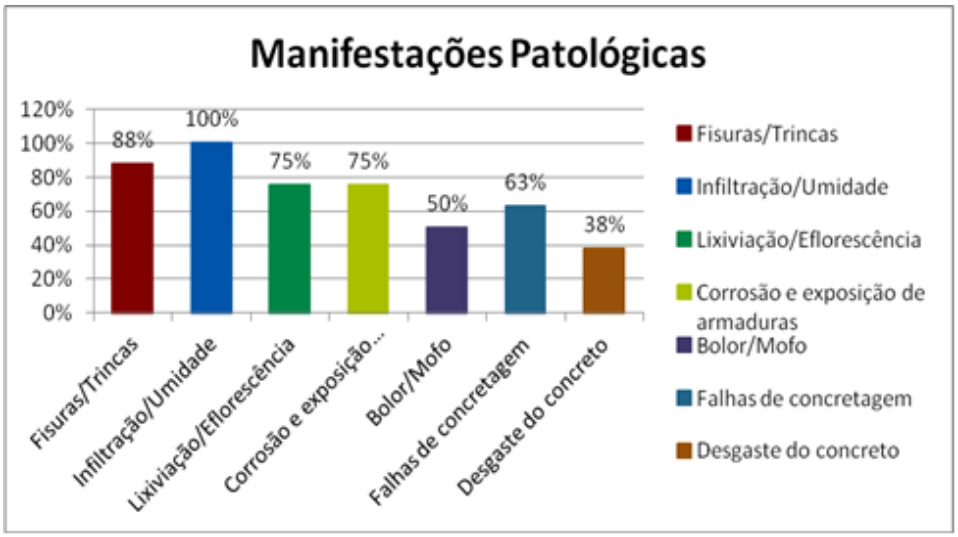


Figura 2 - Incidência de manifestações patológicas nas pontes do Recife. Fonte: Pintan (2015)

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" (Ribeiro e Helene, 2014).

2. Metodologia

A pesquisa consistiu inicialmente em uma análise da ponte de concreto armado localizada no Município de Paulista/PE, submetendo-a uma inspeção preliminar, de modo a quantificar a recorrência das seguintes manifestações patológicas: umidade, descolamento do revestimento, mofo e bolor, vegetação, desagregação do concreto, trincas e fissuras, corrosão e eflorescência.

A inspeção preliminar realizada na ponte contou com a execução das etapas apresentadas abaixo:

- Inspeção visual da estrutura, realizando um levantamento fotográfico com o objetivo de registrar os sintomas e a natureza dos problemas encontrados;
- Identificação da agressividade do ambiente (fraca, moderada, forte ou muito forte), conforme a NBR 6118 (2014) – Classe de Agressividade Ambiental;
- Realização de quatro tipos de ensaios não destrutivos para contribuir na realização do diagnóstico.

3. Estudo de Caso

3.1 Histórico da estrutura

A Ponte conta com apenas uma faixa em cada sentido de circulação para o trânsito de 50 mil veículos por dia. Em relação ao histórico da estrutura, e através de dados obtidos da empresa de manutenção, a ponte recebe manutenções periódicas. Porém, notou-se que para muitos a manutenção tem relação apenas com a limpeza da vegetação, lixo e etc., e

ISBN: 978-85-65425-32-2

mesmo esse tipo de manutenção não foi observado nas vistorias. A Figura 3 apresenta as vistas inclinada e inferior da ponte, respectivamente.

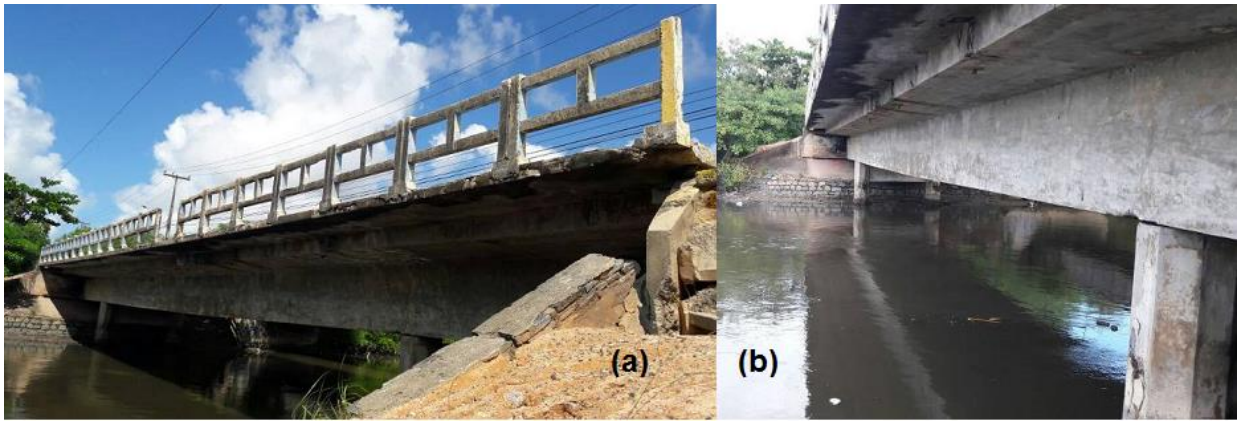


Figura 3 – Vista inclinada (a) e Visão Inferior do tabuleiro da Ponte (b)

3.2 Inspeção preliminar

Com a inspeção preliminar é possível determinar a natureza e origem do problema, como também servir como base para um estudo mais detalhado. Para esta etapa recomenda-se utilizar formulários de avaliação (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

A inspeção preliminar teve como objetivo detectar visualmente as manifestações patológicas presentes na estrutura da ponte, bem como obter informações da agressividade do ambiente que a circunda e de serviços de recuperação, reabilitação ou restauração que tenham sido executados, verificando todo o histórico da estrutura.

A inspeção visual foi feita na parte inferior exposta da estrutura principal de cada um dos vãos da ponte e dos seus apoios, excluindo as fundações, e foi registrada através de fotografias de todas as manifestações patológicas encontradas. 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 (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

De acordo com a NBR 6118 (2014), devido ao meio em que se encontra, a ponte analisada possui classe de agressividade ambiental III, com risco alto de deterioração da estrutura, devido à região de maresia, que faz com que a estrutura receba grande incidência de sais que se depositam na superfície do concreto e podem penetrar na estrutura, ocasionando diversos tipos de manifestações patológicas.

3.3 Fissuras

De acordo com o DNIT (IPR, Publicação 709, 2004), a fissura é uma fratura linear no concreto que pode se estender parcial ou completamente através do elemento. Elas podem

ISBN: 978-85-65425-32-2

ter origens diversas, sendo através de materiais empregados de forma incorreta, ataques físicos e químicos, por exemplo, e podem progredir ao ponto de causar desplacamentos e até colapso da estrutura, dependendo de seu tamanho.

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 (SOUZA; RIPPER, 2009)

No presente estudo de caso foram encontradas em diversos locais da estrutura fissuras de tamanhos e formas diversas, sendo causa e consequência de outras manifestações patológicas. A Figura 4 retrata a situação encontrada na estrutura da ponte.

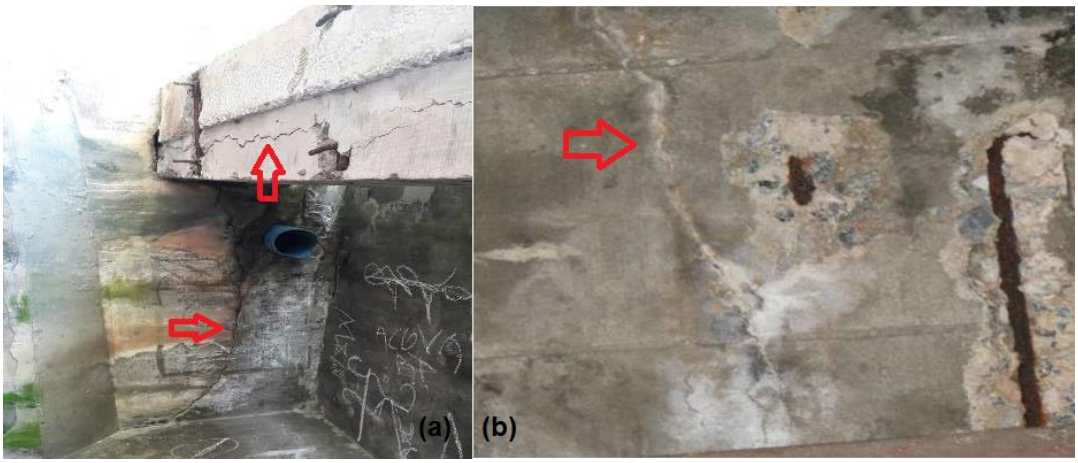


Figura 4 – Fissuras em Vigas e no Tabuleiro da Ponte.

3.4 Desagregação do concreto

De acordo com o DNIT (IPR, Publicação 709, 2004), a desagregação do concreto é um dos sintomas mais característicos da existência de um ataque químico; quando acontece, o cimento perde seu caráter aglomerante, deixando os agregados livres.

Segundo Souza e Ripper (2009), a perda de aderência entre o concreto e o aço ocorre por causa da Corrosão do aço e do concreto, assentamento plástico do concreto, dilatação ou retração excessiva do aço e aplicação nas barras de aço de inibidores de corrosão. A combinação desses fatores e outros que podem agir na estrutura fazem com que o concreto vá envelhecendo mais rapidamente, fazendo com que a obra diminua seu tempo de vida, podendo, inclusive, afetar a sua estabilidade, passando insegurança aos usuários da construção.

Foram encontrados locais de desagregação do concreto em toda a extensão da ponte, principalmente nas regiões da face inferior das vigas, em diversas unidades. Em algumas situações era possível destacar o agregado da estrutura manualmente, sem praticamente nenhum esforço, demonstrando o grau avançado de desagregação da peça. A Figura 5 traz exemplos de desagregação verificados no local.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Seção de Viga com desagregação do concreto em estágio avançado.

3.5 Eflorescência

A lixiviação do hidróxido de cálcio, com a consequente formação do carbonato de cálcio insolúvel, é responsável pelo aparecimento de eflorescência caracterizada por depósitos de cor branca na superfície de concreto (GENTIL, 2003). De acordo com Pintan (2015), eflorescências são consideradas formações salinas que aparecem nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade, apresentando-se com aspecto esbranquiçado à superfície da estrutura.

Foram encontradas estas manifestações nas vigas, tabuleiros e apoios da ponte. Houve maior ocorrência nos furos utilizados para o suporte das tubulações, justificando a contribuição da umidade a esta patologia. A Figura 6 demonstra o estado da estrutura.

Figura 6 – Eflorescência presente nas vigas das estruturas ocasionando estalactites.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.6 Bolor

O bolor ou mofo é a consequência do desenvolvimento de micro-organismos (fungos), que ocorre na superfície de diferentes materiais, podendo ser visualizado a olho nu (OLIVEIRA e VICHOT, 2014).

De acordo com Granato (2014), 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.

Vários trechos da estrutura apresentaram essas manifestações patológicas, porém essa foi considerada a menos recorrente das que foram encontradas. As manchas encontradas nos elementos da ponte tinham a predominância da cor esverdeada, assim como demonstra a Figura 7 abaixo.

Figura 7 – Bolor presente na estrutura da Ponte.

3.7 Corrosão de armaduras

Ribeiro e Helene (2014) definem a corrosão das armaduras de concreto como um fenômeno de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. Ela pode se manifestar através de diferentes formas, entre elas as manchas superficiais e fissuras.

A corrosão de armaduras foi uma das manifestações patológicas mais encontradas na inspeção visual, provavelmente devido à estrutura estar inserida na CAA III (classe de agressividade ambiental III) de acordo com a NBR 6118 (2014), atingindo inúmeras vigas, apoios e tabuleiro, onde as armaduras encontravam-se aparentes, extremamente corroídas e muitas seccionadas. O estado das vigas e dos apoios foi considerado o pior entre os elementos estruturais constituintes da ponte, como pode ser observado na Figura 8.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 – Corrosão das armaduras em estágio avançado nas estruturas da Ponte.

3.8 Realização de Ensaios

3.8.1 Avaliação de cloretos livres por aspersão de nitrato de prata

O ensaio foi realizado de acordo com a UNI 7928 (1978). O mesmo é de fácil execução e compreensão do resultado. O custo também se mostrou bastante acessível em relação aos ensaios realizados em laboratório, confirmando o motivo de o seu uso ter se tornado tão recorrente. O ensaio foi realizado na margem à montante do Rio Paratibe, no pilar parede. A solução química de nitrato de prata foi dimensionada proporcionalmente para um recipiente de 200 ml. A solução foi aspergida na estrutura de concreto em dois locais distintos anteriormente fraturados. Através da reação fotoquímica foi percebida a coloração branca o que confirmou a presença de íons cloretos livres. A Figura 9 demonstra parte do processo realizado para o ensaio.

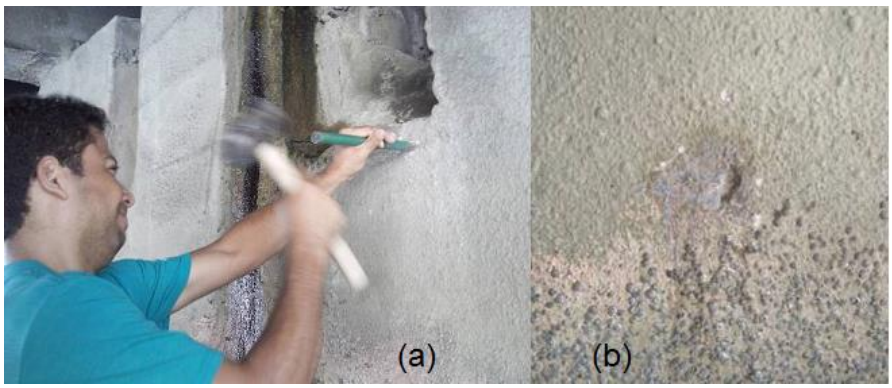


Figura 9 – Quebra da superficie (a) e após a aspersão do nitrato de prata, a coloração branca (b) indicando presença de íons cloretos livres.

3.8.2 Avaliação de carbonatação

Segundo SOUZA e RIPPER (2009), a carbonatação é um fenômeno da interação entre os constituintes ácidos do meio e o líquido presente nos poros do concreto, tendo início na superfície externa dos elementos em concreto ou argamassados e tendem a avançar para seu interior. O dióxido de carbono se solubiliza no líquido intersticial da pasta de concreto

ISBN: 978-85-65425-32-2

e reage com o hidróxido de cálcio, formando carbonato de cálcio reduzindo o pH do concreto, isto é, causando sua carbonatação.

O ensaio de avaliação da carbonatação pelo método de aspersão da solução de fenolftaleína foi realizado, de acordo com a norma RILEM CPC-18 (1988), no pilar parede do último vão da ponte, próximo ao local da aspersão do nitrato de prata. Houve a quebra do concreto em quatro locais e a solução foi aspergida imediatamente após a fratura, a fim de evitar que o gás carbônico, presente na atmosfera, contaminasse o local recém-fraturado, alterando o resultado do ensaio.

A fenolftaleína torna a área do concreto não carbonatada na cor vermelho carmim e área carbonatada permanece incolor. O resultado positivo para esta avaliação foi apresentado em todos os locais, porém devido a influências de vários fatores se faz necessário uma análise mais detalhada. A Figura 10 demonstra os passos realizados na execução do ensaio.

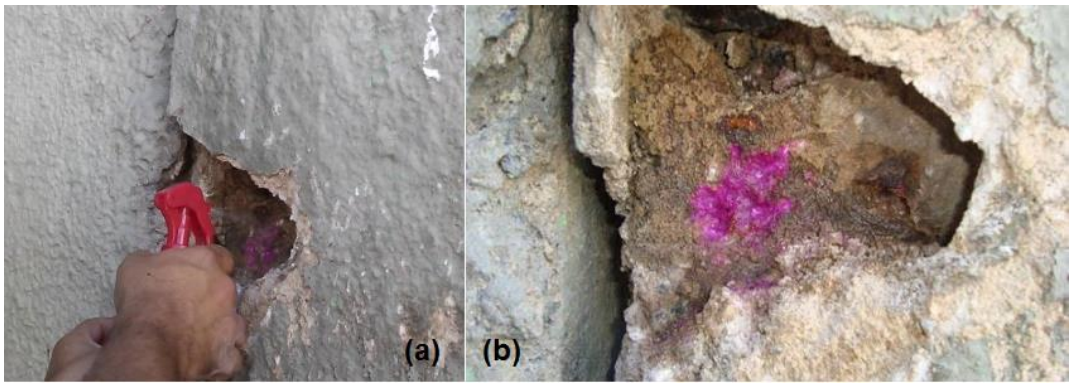


Figura 10 – (a) Aspersão da solução Fenolftaleína em área recém fraturada e (b) indicação de área carbonatada.

3.8.3 Esclerometria

O ensaio de esclerometria foi realizado em dois locais, através de dezesseis furos nos ângulos de noventa graus positivos para a primeira escolha e zero grau na segunda escolha, no apoio da estrutura e em uma das vigas do tabuleiro. Foram escolhidas superfícies de forma retangular para diminuir interferências.

As leituras obtidas através da reflexão do martelo foram relacionadas em colunas, sendo retiradas as médias correspondentes, onde valores que se distanciavam em 10% da média foram excluídos. Todo o procedimento para encontrar o valor do IE (Índice Esclerimétrico) foi realizado conforme consta na NBR 7584 (2012). As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados encontrados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 1 - Coeficientes de relações constitutivas

VALORES	Ângulo de Inclinação do Esclerômetro	
	0°	90°
Índice Esclerométrico Médio	23,78	26,33
Resistência Estimada - Ábaco	24	21
Coeficiente de Correção	-3	-3,5
Variação de Resistência	21 a 27	17,5 a 24,5

Tabela 2 - Resultado dos dois ensaios de esclerometria

Nº DE ORDEM	Ângulo de Inclinação do Esclerômetro		Nº DE ORDEM	Ângulo de Inclinação do Esclerômetro		Nº DE ORDEM	Ângulo de Inclinação do Esclerômetro	
	0°	90°		0°	90°		0°	90°
1	22	25	1	22	25	1	22	25
2	21	26	2	21	26	2	24	26
3	20	30	3	20	30	3	25	27
4	24	31	4	24	31	4	26	27
5	25	27	5	25	27	5	22	27
6	28	31	6	28	31	6	25	26
7	26	33	7	26	33	7	25	
8	21	27	8	21	27	8	23	
9	29	27	9	29	27	9	22	
10	21	22	10	21	22	10		
11	22	23	11	22	23	11		
12	25	26	12	25	26	12		
13	25	23	13	25	23	13		
14	23	23	14	23	23	14		
15	22	22	15	22	22	15		
16	28	21	16	28	21	16		
MÉDIA	23,88	26,06	-10%	21,49	23,45	MÉDIA	23,78	26,33
			MÉDIA	23,88	26,06			
			+10%	26,27	28,67			

O resultado da qualidade da cobertura do concreto estrutural para a viga inspecionada (ângulo de inclinação 90º) demonstrou-se com superfície ruim, por ter obtido valor do IE de 26,33. Para o apoio (ângulo de inclinação 0º), o resultado apresentou-se com qualidade ruim, chegando à um IE de 23,78. A Tabela 3 relaciona os valores do IE com a qualidade do concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 3 - Parâmetros para avaliação da qualidade do concreto

Média (IE) Qualidade da cobertura do concreto
> 40 Boa, superfície dura
30 - 40 Satisfatória
20 - 30 Ruim
< 20 Fissuras/concreto solto junto à superfície

Fonte: Chefdeville (1955) apoud Coutinho (1973)

Em relação à resistência estimada das estruturas analisadas, houve variação de 21 a 27 MPa para o apoio e para a viga inspecionada de 17,5 a 24,5 MPa. De acordo com o grau de agressividade do meio em que a ponte analisada se encontra e segundo a NBR 6118 (2014), os valores de resistência deveriam ser de no mínimo 30 MPa, e dessa forma o apoio não estaria atendendo ao que se estabelece na norma.

3.8.4 Velocidade de propagação de onda ultrassônica

De acordo com a NBR 8802 (2013), o ensaio consiste na determinação da velocidade de propagação de ondas longitudinais através do concreto. Através dele é possível realizar a verificação da sua homogeneidade, detectando eventuais falhas de concretagem e fissuras, bem como o monitoramento do concreto ao longo do tempo, decorrentes de agressividade do meio.

O ensaio do concreto foi realizado através do método de transmissão semidireta, com comprimento de 29,7 cm, em um dos apoios localizado na margem à montante do Rio Paratibe. Antes da medição, o aparelho passou por uma calibração. Além disso, a superfície do concreto da estrutura precisou passar por uma regularização para que o valor encontrado fosse o mais coerente possível. A medição e resultado estão demonstrados na Figura 11.

Figura 11 – (a) Inicio do ensaio de ultrassom e resultado do ensaio na estrutura de concreto da ponte (b).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Conhecendo o espaço entre a medição e o tempo necessário para obtê-la, através de cálculos pode-se encontrar o valor da velocidade de propagação de onda ultrassônica, que alcançou a faixa de 1664,72 m/s. O concreto, por sua vez, foi considerado de qualidade ruim, por atingir um resultado inferior a 2000 m/s. A Tabela 4 relaciona a condição do concreto com a velocidade de propagação de onda ultrassônica encontrada.

Tabela 4 - Condição do concreto avaliado por equipamento de ultrassom

Velocidade do pulso (m/s)	**> 4500**	**3500 – 4500**	**3000 – 3500**	**2000 – 3000**	**< 2000**
Qualidade do concreto	Excelente	Ótimo	Bom	Regular	Ruim

Fonte: Adaptado de Qasrawi (2000).

Apesar do resultado negativo, o método de ensaio possui diversas variáveis que podem influenciar o resultado, portanto é recomendável a execução de outros ensaios mais elaborados que se certifiquem da condição do concreto.

4. Análise e Resultados

4.1 Inspeção Preliminar

A inspeção visual da ponte apontou um estado avançado de degradação da sua estrutura de concreto armado. Nela, foram observadas diversas manifestações patológicas que comprometem a vida útil e o bom desempenho da estrutura. A mais preocupante foi a presença constante de áreas localizadas de concreto com armadura exposta em estado avançado de corrosão, principalmente nas vigas.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNER, 2004), a ponte deve passar por inspeções periódicas no máximo a cada dois anos. Através do estado de degradação encontrado na ponte, nota-se que suas manutenções não foram realizadas de forma adequada, atualmente ela necessita de uma severa recuperação e restauração de suas estruturas.

Na inspeção preliminar foram encontradas diversas fissuras, o motivo mais provável é através dos ataques por cloretos, dentre outros mais possíveis, por conta das águas da maré que se encontram em constante contato e com as variações de maré, através do ciclo de molhagem e secagem, que está sempre presente na estrutura.

Através da lixiviação, podem ter ocorrido os casos de eflorescências, que juntamente com as fissuras, concentração de cloretos livres e queda do pH da estrutura, deram início à corrosão das armaduras, justificando a situação atual em que se encontra a ponte.

4.2 Ensaios Realizados

A partir dos ensaios observa-se que:

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Através de aspersão de nitrato de prata, foi identificada a presença de íons cloreto livres;
- A carbonatação foi positiva para o local onde foi realizado o ensaio;
- A avaliação da dureza superficial do concreto, através do ensaio de Esclerometria, demonstrou um resultado ruim;
- Em relação à resistência estimada da estrutura, a viga e o apoio apresentaram resultados fora do previsto em norma;
- A velocidade de propagação de onda ultrassônica no concreto demonstrou resultado ruim para o apoio em que foi executado o ensaio.

Todos os ensaios realizados apresentam limitações para obtenção de um resultado preciso. O ideal é realizar extração de corpos de prova para a realização de testes em laboratório. A Tabela 5 mostra o resumo dos resultados dos ensaios realizados.

Tabela 5 – Resumo dos Ensaios.

Ensaios	Locais ensaiados Indicadores/valores	Parâmetros	Resultados nos Locais Ensaiados
Cloreto Livres	Esbranquiçada	UNI 7928 (1978)	Presença de cloretos livres
Carbonatação	Parcialmente Vermelho Carmim	RILEM CPC-18 (1988)	Apresentou carbonatação
Esclerometria	(Furo 1) = 23,78 (Furo 2) = 26,33	NBR 7584 (2012)	Apresentou resultados ruins
Ultrassom	1664,72 m/s	NBR 8802 (2013)	Apresentou resultado insatisfatório

5. Conclusões

De acordo com os estudos realizados, conclui-se que, além de todas as manifestações patológicas visivelmente detectadas, o ensaio de Esclerometria da ponte analisada revelou uma resistência menor do concreto das vigas que a exigida pelo grau de agressividade em que se encontra, demonstrando incompatibilidade em atender os requisitos da norma. Contudo, deve ser levado em consideração a época em que a obra foi concebida, sendo provável que ainda não existissem tais parâmetros em norma.

Foi possível perceber que a estrutura encontra-se muito deteriorada e apresentou corrosão de armadura de grau avançado em diversos pontos, prejudicando a função estrutural dos elementos em questão. A corrosão devido aos cloretos é a mais agressiva e foi detectada no ensaio do método de aspersão de nitrato de prata.

O estudo revela que, se não houver uma intervenção imediata de manutenção, recuperação e reforço na estrutura da ponte, serão mantidas as tendências de avanço das manifestações patológicas, podendo fazer com que a estrutura perca totalmente sua funcionalidade e entre em colapso, prejudicando a cidade como um todo, pois esta ponte é

ISBN: 978-85-65425-32-2

uma via de acesso essencial que liga o município de Olinda a Paulista e vice versa, além de ser uma referência municipal.

Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7584. Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão. Rio de Janeiro, 2012.

_____.NBR 8802: Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

_____.NBR 6118: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

COUTINHO, A. Sousa. Fabrico e Propriedades do Betão. Lisboa LNC, v.1, 1973.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários. Rio de Janeiro, 2010. 159p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 253p.

Ed. J. P. OLIVEIRA e A. VICHOT, Ed. tradução O. CASCUDO e H. CARASEK. Durabilidade do Concreto: Bases Científicas para a Formulação de Concretos Duráveis de acordo com o Ambiente. 1ª. ed. São Paulo-2014: IBRACON.

GENTIL, Vicente. Corrosão. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 341 p.

GRANATO, José Eduardo. Patologia na impermeabilização. Empek Impermeabilização, Manaus, 2014. Disponível em: <http://www.empek.com.br/patologia2.html>. Acesso em 16 mar.15.

GRECA, J. M.; SOUZA, R. C.; SMYKALUK, S. Inspeção, mapeamento e análise de manifestações patológicas em obras de arte especiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, 2011.

J. M. F. Mota, R. B. Pontes, J. A. Candeias Neto, M. F. Oliveira, H. T. Almeida, A. M. P. Carneiro. Análise das patologias em estruturas de concreto na zona litorânea da cidade do Recife-PE. X Congreso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción. CONPAT. Valparaíso-Chile, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

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.

QASRAWI, H. Y. Concrete strength by combined nondestructive methods simply and reliably predicted. Cement and Concrete Research, 2000, n. 30, p. 739-746.

RIBEIRO, D. V. e HELENE, Paulo. Corrosão em Estruturas de Concreto Armado. “Teoria, Controle e Métodos de Análise” - 1º edição – Rio de Janeiro, editora CAMPUS, 2014.

RILEM RECOMMENDATIONS. CPC-18. Measurement of hardened concrete carbonation depth. 1988.

SOUZA, Vicente; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto, 2009.

TUTIKIAN, Berardo; E PACHECO, Marcelo. Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil, 2013.

UNI. Determination of Chloride Ion Penetration. Italian Standard 7928. Rome, 1978.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS IDENTIFICADAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO DA ZONA COSTEIRA DO ESTADO DO PARÁ

Analysis Of The Pathologies Identified In Concrete Bridges Of The Coastal Zone Of The State Of Pará

Wallyson MARTINS[1], **Felipe** SOUSA[2], **Estevão** CUNHA[3]
[1] UFPA/Programa de Educação Tutorial, Belém, Brasil, wallysonsmartins@gmail.com
[2] UFPA/Programa de Educação Tutorial, Belém, Brasil, ricardo897@gmail.com
[3] UFPA/Programa de Educação Tutorial, Belém, Brasil, estevao.cunha92@hotmail.com

Resumo: As pontes da Zona costeira do Estado do Pará estão localizadas em ambientes marinhos que são considerados de forte agressividade a estruturas de concreto. A agressividade destes ambientes proporciona estados de corrosão associados a outras patologias inerentes que atacam o concreto armado e o material metálico em pontes e viadutos, o que pode trazer graves consequências à vida útil e à funcionalidade da estrutura. Em decorrência disto, a manutenção preventiva torna-se fundamental na detecção e combate às patologias provenientes de ambientes com presença de sais. Este trabalho faz uma análise das manifestações patologicas identificadas nas pontes de concreto armado localizadas sobre canais oceânicos ao logo das rodovias Pa-308 e Pa-458 as quais ligam a cidade de Augusto Corrêa-Pa à praia de Ajuruteua, esta situado no litoral atlântico do estado do Pará. Há pontes que foram construidas recentemente (entre 2012 e 2014) o que torna possível observar as patologias decorrentes do ambiente salino em curto prazo. Foi realizada ampla inspeção visual com acervo fotográfico; e utilizando-se dos ensaios não destrutivos de carbonatação e esclerômetria. Os resultados encontrados foram discutidos e analisados de acordo com referências em normas, permitiram estabelecer uma comparação das patologias presentes nestas novas pontes com as encontradas em outras, mais antigas, localizadas na mesma rodovia.

Palavras-chave: Patologia, Estrutura de Concreto armado, Pontes, Ambiente Marinho.

Abstract: The bridges of the coastal zone of the State of Pará are located in marine environments that are considered strong aggressiveness to concrete structures. The aggressiveness of these environments provides corrosion states associated with other inherent pathologies that attack the reinforced concrete and metal material in bridges and viaducts, which can have serious consequences on the life and functionality of the structure. As a result of this, preventive maintenance becomes essential in the detection and combat of pathologies from environments with presence of salts. This work analyzes the pathological manifestations identified on the reinforced concrete bridges located on oceanic channels along the Pa-308 and Pa-458 highways, which connect the city of Augusto Corrêa-Pa to the beach resort of Ajuruteua, located on the Atlantic coast of State of Pará. There are bridges that were built recently (between 2012 and 2014) which makes it possible to observe

ISBN: 978-85-65425-32-2

the pathologies arising from the saline environment in the short term. A wide visual inspection was carried out with photographic collection; And using non-destructive carbonation and sclerometry tests. The results were discussed and analyzed according to references in standards, allowed to establish a comparison of the pathologies present in these new bridges with those found in others, older, located in the same highway.

Keywords: Pathology, Reinforced Concrete Structure, Bridges, Marine Environment.

1. Introdução

As pontes tem um significado muito grande, não apenas para o transporte de pessoas e veículos, mas principalmente para o desenvolvimento, com transporte de cargas e serviços. São utilizadas para integrar regiões distante de maneira térrea e de modo rápido. O estado do Pará, apresenta muitas pontes devido sua malha hidroviária ser muito densa. São geralmente de porte pequeno ou médio e apresentam uma série de patologias prejudicando a sua vida útil, principalmente as localizadas na zona costeira do estado.

Segundo Mehta e Monteiro (1998), no ambiente marinho, a água salgada é o principal agente responsável por processos físicos e químicos de degradação. Isto se explica pelo fato de que na água do mar é possível se encontrar todos os elementos naturais conhecidos da tabela periódica, cada um em uma determinada proporção. É importante lembrar que a concentração destes elementos pode variar consideravelmente com a localização, tempo, estação do ano e especialmente com a atividade biológica.

Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. À Terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos Helene *et al* (2003).

No Brasil não é comum a presença da cultura de manunteção e inspeções preventivas das pontes, apenas quando está encontrasse em um estado crítico. Fazendo com que o custo de reparo aumente exponencialmente, além de colocar em risco vidas de pessoas, que fazem utilização dessas estruturas. No entanto quanto mais tardia a execução de manutenção de uma obra, torna-se os reparos mais caros e trabalhoso, como é demostrada através da lei de evolução dos custos, conhecida como lei dos 5 ou regra de Sitter, no qual os custos de intervenção crescem em função do tempo e segundo uma progressão geométrica de razão cinco. Segundo Helene (1997), as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Grafico 1 – Evolução do custo com o tempo, Regra de Sitter

Fonte: Sitter,1984 *apud* HELENE, 1997

Existem outros fatores que podem alterar diretamente a vida útil e a durabilidade de uma estrutura, como os erros de execução durante a construção, devido a adoção de técnicas construtivas ainda não muito aprimoradas e a utilização de mão de obra com baixa qualificação, e o grau de agressividade do ambiente no qual a obra está exposta, que no caso, de acordo com a classificação de agressividade do ambiente presente na NBR 6118/2014, é muito forte, com elevado risco de deterioração da estrutura por se tratar de uma construção em ambiente marinho, com a presença de elevados teores de sais. Dentro deste contexto, a presente pesquisa irá avaliar o estado em que se encontra e as patologias presente na estrutura através de uma inspeção visual com acervo fotográfico e ensaios não destrutivos de carbonatação e esclerometria realizadas "*in loco*". Os resultados serão comparados de acordo com os critérios presente nas normas regulamentadoras.

2. Agressividade do ambiente marinho às estruturas de concreto

A maioria dos estudos sobre a durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho resume-se nos temas de corrosão de armaduras ou ataque por sulfatos. A corrosão das armaduras é uma das patologias mais preocupantes, do ponto de vista estrutural e econômico; no entanto, ela é significativa em zonas de variação de marés. O maior ataque nessas regiões deve-se ao acesso da água e do oxigênio, necessário à reação de corrosão. Essa observação também é válida para o ataque por sulfatos, sendo que neste caso, o ataque ocorre à matriz de cimento.

Devido a essas características diferenciadas de ataque, muitos códigos de normalização apresentam o ambiente marinho dividido em diferentes zonas, como pode ser visualizado nos dois exemplos a seguir (Figura 1). Essa divisão por zonas se caracteriza pelo distinto acesso de Oxigênio e de umidade (forma com que a água entra em contato com a estrutura).

ISBN: 978-85-65425-32-2

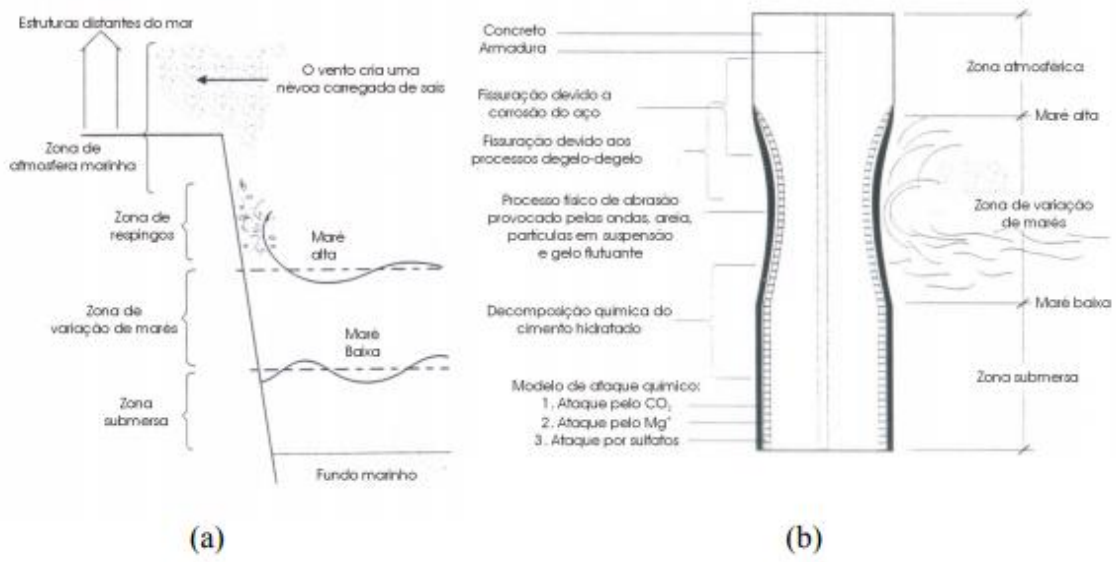


Figura 1 – Apresentação das distintas regiões (zonas) de agressividade às estruturas de concreto armado – (a) Duracrete, 1999; (b) Mehta, 1980.

Assim, cada uma das zonas apresentadas na figura 1, apresenta suas principais características de degradação, a saber:

a) Zona de atmosfera marinha: nesta região a estrutura recebe, apesar de não estar em contato com a água do mar, uma quantidade razoável de sais, capaz de produzir depósitos salinos na superfície, onde se produzem ciclos de molhagem e secagem. Os ventos podem carregar os sais na forma de partículas sólidas ou como gotas de solução salina contendo vários outros constituintes. A quantidade de sais presente vai diminuindo em função da distância do mar, sofrendo influência da velocidade e direção dos ventos predominantes. Vários estudos caracterizam a mobilidade dos íons, em especial o Cloreto, em atmosferas marinhas; dentre eles pode-se destacar, no Brasil, o de Meira e Padaratz (2002), onde foram medidos Cloretos a distâncias consideráveis da praia, destacando as concentrações significativas até 200m; os autores também apresentam que, após o primeiro quilômetro, as concentrações medidas são pouco significativas. O mecanismo principal de degradação presente nesta zona é a corrosão das armaduras pela ação dos íons Cloreto;

b) Zona de respingos: é a região onde ocorre à ação direta do mar, devido às ondas e aos respingos. Os danos mais significativos são produzidos por corrosão das armaduras pelos íons Cloreto e por erosão, devido às ondas;

c) Zona de variação de marés: esta região está limitada pelos níveis máximos e mínimo alcançados pelas marés e, devido a isso, o concreto pode encontrar-se quase sempre saturado, dependendo das condições climatológicas e com uma crescente concentração de sais. A degradação acontece devido à ação dos sais agressivos (ataque químico), corrosão de armaduras (devido à presença de Cloretos), ação das ondas e outras substâncias em suspensão (abrasão) e microorganismos;

ISBN: 978-85-65425-32-2

d) Zona submersa: o concreto nesta região encontra-se permanentemente submerso. A degradação acontece pela ação de sais agressivos (sulfato e magnésio) e pela ação de microorganismos, que em casos extremos, pode gerar a corrosão biológica das armaduras.

A agressividade de cada uma destas zonas possui características próprias, que sofrem influência de diferentes fatores, entre eles a temperatura. Segundo Duracrete (1999), a temperatura da água próxima à superfície dos oceanos varia de um mínimo de –2 ºC (ponto de congelamento da água do mar) até um máximo de aproximadamente 30 ºC. A temperatura diminui rapidamente com o aumento da profundidade e estaciona em valores entre 2 e 5oC, em profundidades entre 100 e 1000m ou mais; já as condições de temperatura na zona de variação de marés e de respingos são mais difíceis de serem descritas; são condições que sofrem influência da temperatura do ar e da água do mar; das ondas e dos efeitos das marés, juntamente com as diferenças de temperatura entre o ar e a água, podem expor partes da estrutura a ciclos de molhagem/secagem e calor/frio capazes de destruir o mais forte dos materiais.

3. Estudo de caso

As pontes que serão analisadas estão ao logo das rodovias PA-308 e PA-458 as quais ligam a cidade de Augusto Corrêa-Pa à praia de Ajuruteua, cidade localizada ao nordeste do Pará, a 210 quilometros da capital Belém. Dentre as oito pontes que compõem o trajeto, três foram escolhidas, para serem usadas na realização da pesquisa, sendo duas de construção recente (menos de três anos) e uma com idade avançada. Em meio ao ambiente salino, com presença de variações de marés, elevadas temperaturas que podem influenciar na penetração de fluidos agressivos e edificadas em meio à manguezais.

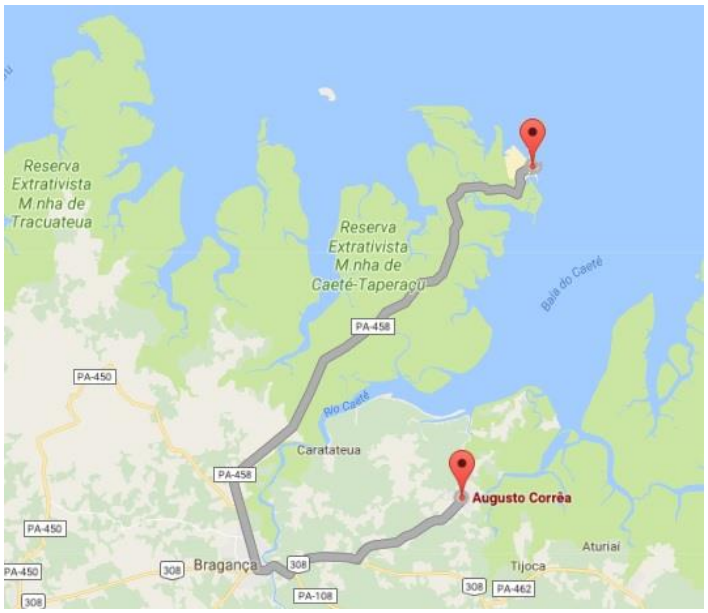


Figura 2 – Local onde localizam-se as pontes em estudo – Fonte: Google Maps

ISBN: 978-85-65425-32-2

A ponte sobre o Furo Grande é de porte médio. Possui estrutura mista, com o tabuleiro e pilares em concreto e vãos em aço. Apresenta 100m de extensão por 9m de largura, é sustentada por quatro composições de pilares com cinco vãos retilíneos. De todas as pontes do percurso Augusto Corrêa-Ajuruteua essa é a mais antiga e consequentemente a que apresenta maiores quantidades e mais severas patologias.

Figura 3 – Ponte sobre o Furo Grande – Fonte:Autor

A ponte sobre o Furo do Café é toda em estrutura de concreto armado, possui porte médio, sendo 72m de extensão por 9m de largura. Foi construída recentemente, logo não possui muitas patologias visíveis.

Figura 4 – Ponte sobre o Furo do Café – Fonte: Autor

ISBN: 978-85-65425-32-2

A ponte sobre o Furo do Chato tem características semelhantes à do Furo do Café. Sendo de construção recente, não possuindo muitas manifestações patológicas. Classificada de porte médio, com 66m de extensão por 9m de largura.

Figura 5 – Ponte sobre o Furo do Chato – Fonte: Autor

3. Metodologia

Primeiramente, foi realizada uma análise superficial de todas as seis pontes do trajeto para que fossem escolhidas um espaço amostral representativo da situação em que elas se encontravam, sendo assim foram escolhidas 3 pontes. Aponte sobre o furo grande foi escolhida devido ser a mais antiga dentre as outras cinco e apresentar mais patologias e com um maior grau de severidade. As outras duas foram escolhidas de maneira aleatória, visto que apresentavam características comuns com as outras, como a estrutura, o tipo de ponte e o período em que foram construídas.

Com isso, a pesquisa foi desenvolvida através de avaliação das manifestações patológicas, por meio de registros fotográficos e de anotações. O critério utilizado para a avaliação patológica foi o de análise visual, verificando seus devidos problemas, de acordo com as análises bibliográficas realizadas.

Posteriormente, foram realizados ensaios "*in loco*" do tipo não destrutivo nos pilares das pontes. Um desses ensaios foi o de carbonatação através de jateamento de uma solução alcoólica de 1% de fenolftaleína, que é um bom indicador de corrosão, a fenolftaleína mantém-se incolor em soluções ácidas e torna-se cor-de-rosa em soluções básicas. A sua cor muda a valores entre pH 8,2 e pH 9,8. Para a sua aplicação foi retirada concreto da superfície, a parte que está em contato com o meio externo, e posteriormente foi borrifado a solução.

Outro ensaio não destrutivo foi o de esclerometria, também conhecido como ensaio esclerométrico, ou ensaio do esclerômetro de reflexão, é baseado na dureza da superfície do concreto, que deve se encontrar plana, limpa e seca. Foram realizados 16 impactos

ISBN: 978-85-65425-32-2

afastados aproximadamente 4 cm uns dos outros, obtendo os indícies esclerométricos que foram transformados em resistências de compressão estimada, utilizando o ábaco disponível no aparelho. O ensaio é normatizado pela NBR 7584:2012 - Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio. Este ensaio deve ser utilizado como medida de uniformidade e qualidade relativa do concreto em uma edificação.

4. Resultados

4.1 Manifestações patologicas indentificadas visualmente

Durante a realização da visita técnica, foram observadas manifestações patológicas bastantes significativas em estado avançados, como era esperado devido a agressividade do ambiente, a idade da edificação, ausência de manutenção e vistorias periódicas. Dentre elas: fissuras, trincas, perda de cobrimento, perda de seção da armadura, oxidação da mesoestrutura (viga em perfil I). Além da presença de infiltrações, ataques de agentes biológicos e eflorescência. As fissuras dão origem as trincas, que por sua vez podem dar origem à corrosão da armadura e aos desplacamentos, ou perda do cobrimento. Podem surgir por gradientes normais de temperatura e umidade, devido à pressão de cristalização de sais nos poros, às cargas extremas ou à ação de temperatura extremas (congelamento e fogo). Segundo a NBR 9575:2003, as aberturas com até 0,5 mm são chamadas de fissuras e, as maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm são chamadas de trincas.

Levando em consideração o ambiente em que foi realizado a pesquisa, pode-se inferir que as fissuras encontradas são devido a presença dos sais. Sobretudo em áreas do concreto em que há respingos e estão sobre efeito da maré, ou seja, estão sujeitas a molhagem e a secagem. Com isso, a expansão do concreto pode ocorrer devido a cristalização dos sais nos poros. Esta ação é inteiramente física, não tendo nenhuma ataque químico ao concreto. A água do mar contribui também com a lixiviação do gesso e da etringita que são os mais solúveis em solução de cloretos, contribuindo na porosidade do concreto e consequentemente com a maior depositação de sais.

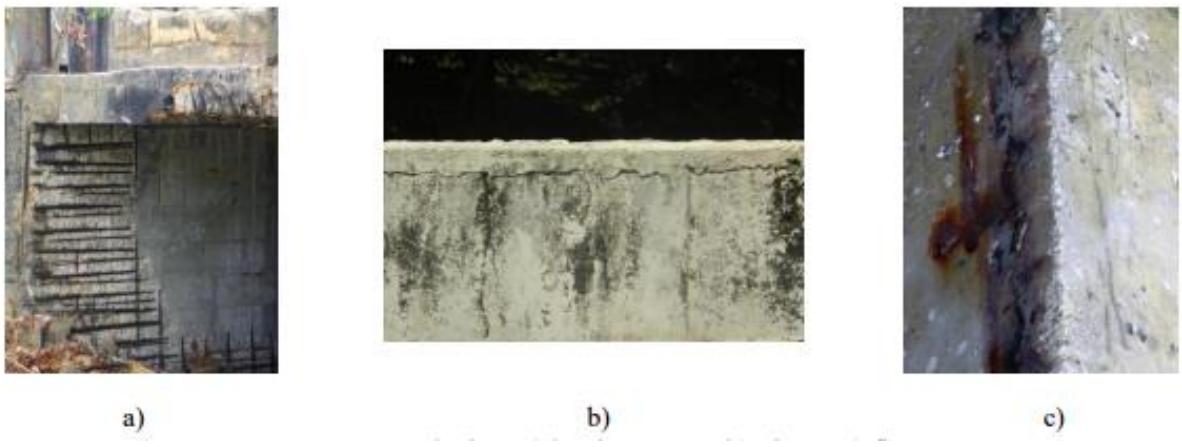
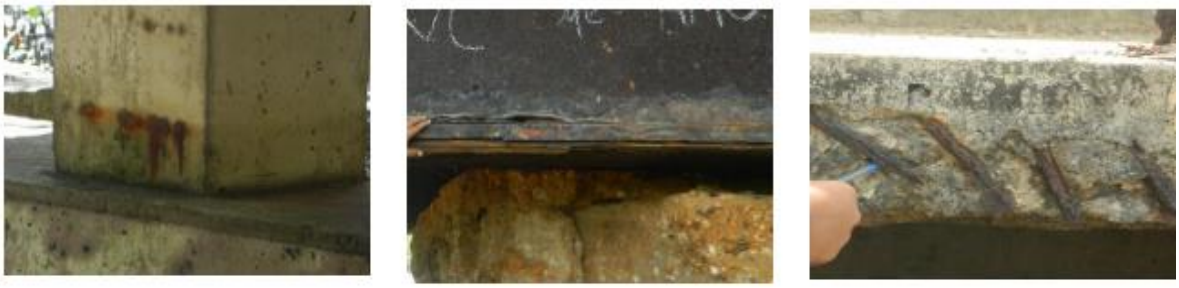


Figura 6 – Patologias – a) desplacamento, b) trincas e c) Fissuras. Fonte: Autor

ISBN: 978-85-65425-32-2

A corrosão química do aço é a patologia mais evidente, principalmente como se trata da ponte sobre o Furo Grande. É também encontrada em pequenos trechos localizados, como identificados nas pontes sobre Furo Chato e do Café, em estado inicial, podendo se estender caso não seja tomada nenhuma providência. Esse fenômeno ocorre quando as armaduras ficam expostas, sem cobrimento, ou quando o aço perde a proteção do meio alcalino do concreto, gerando óxido férrico hidratado, conhecido popularmente com ferrugem, resultando em perdas de seção do aço, e/ou a escamação.



a) b) c)

Figura 7 – Patologias – a) início de corrosão no pé do pilar, b) corrosão na mesoestrutura e c) perda de seção do aço. Fonte: Autor

Além dos problemas apresentados, também foram encontradas infiltrações, que podem ser causadas pela porosidade do concreto ou pela fissuras e trincas por onde a água percola. Essa água é proveniente principalmente da água da chuva, que por algum problema de drenagem não consegue escoar, ficando empoçada e procurando outros caminhos para percorrer. Devido esse processo, observa-se a ocorrência de eflorescência na superfície do concreto, em virtude da lixiviação dos sais alcalinos do concreto que são solúveis em água. A eflorescência é caracterizada pela presença de manchas esbranquiçadas que são devidos à depositação de sais na superfície. A umidade causada pelo meio e pelas infiltrações, dão condições para um ambiente propicio para o surgimento de patologias causadas por agente biológico resultando em um mau aspecto da estrutura, com o surgimento de limo, cracas e manchas em geral.

a) b) c)

Figura 8 – a) Cracas, b) Mucos e infiltração e c) lixiviação e mucos. Fonte: Autor

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2 Patologias encontradas através de ensaios não destrutivos

A carbonatação é um fenômeno do tipo físico-químico que ocorre devido a presença de gases ácidos na atmosfera que reagem com os produtos alcalinos do concreto, produzidos na hidratação do cimento. Essa reação resulta na diminuição da alcalinidade, resultando na perda de estabilidade da película passivadora do aço. Esses gases são o gás sulfídrico, o dióxido de enxofre e o gás carbônico. O gás carbônico está normalmente presente no ar e o gás sulfídrico é comumente encontrado em áreas de manguezais (ecossistema onde foram edificadas as pontes). Devido isso, foi realizado o ensaio de carbonatação por meio da solução de fenolftaleína e foi identificado que o concreto já perdeu um pouco da sua alcalinidade, porém em áreas mais internas ainda há a presença da cor rosa, simbolizando a não carbonatação do concreto. Não sendo possível medir a sua profundidade.

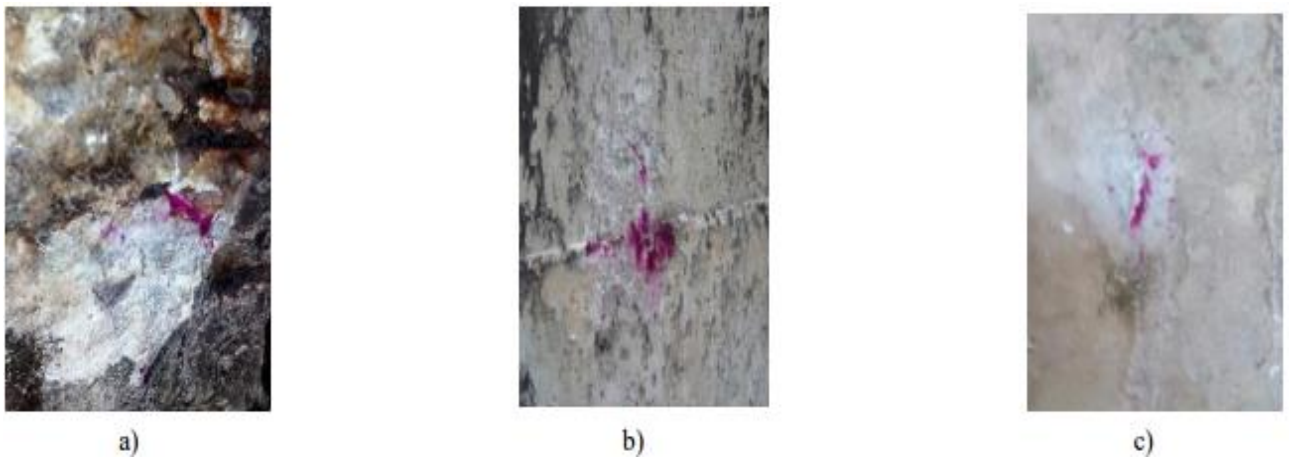
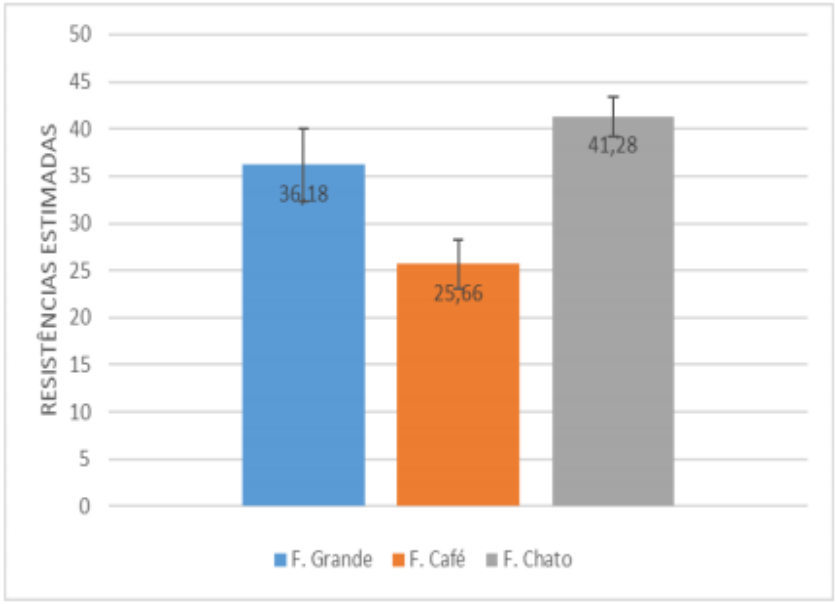


Figura 9 – Ensaio de verificação da carbonatação – a) Ponte sobre o Furo Grande, b) Ponte sobre o Furo do Cafée c) Ponte sobre o Furo do Chato. Fonte: Autor

A esclerometria é um método utilizado para estimar a resistência do material, usada em locais onde não há a possibilidade de reticada de testemulhos para a verificação real da resistência à compressão. O ensaio foi realizado obtendo os seguintes valores das resistencias estimadas para a ponte sobre o Furo Grande, Furo do Café e Furo Chato, repectivamente, de: 36,18, 25,66 e 41,28. A resistência da ponte sobre o Furo do Café destoou bastante em relação as demais, sem apresentar nenhuma justificativa aparentemente visível que a justificasse, a causa pode ter origem na dosagem do concreto ou na execurção do mesmo. Segunda a norma NBR 12655:2006, para casos onde haja contaminação com cloretos provenientes de respingos ou contato com a água do mar, a mesma estabele a resistência mínima com sendo de 45 MPa. Claramente, nenhumas das pontes estudadas apresentaram resistência satisfatória.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Grafico 2 – Resistência estimadas das pontes usando ensaio de esclerometria



5. Conclusão

Diante do exposto, observa-se um certo descaso quando à manutenção preventiva dessas estruturas, que se faz muito necessário devido ao ambiente em que a mesmas estão inseridas, que é um ambiente salino de grande agressividade. Vale relembrar que obras onde não há uma intervenção precoce gera medidas corretivas mais difíceis e de elevados custos.

As manifestações patológicas encontradas têm seus efeitos oriundos de diversas causas. Apresentam problemas que ainda são reversíveis, porém alguns fáceis de serem resolvidos e com baixo custo nas suas intervenções, como: no tratamento de fissuras e trincas que podem ser preenchidas com massa acrílica, problemas de carbonatação, perda de cobrimento e eflorescência que podem ser atenuados com uma camada de cobrimento mais densa com baixa relação água/cimento e/ou com adição de pozolanas, buscando a redução da porosidade e consequentemente o impedimento de agentes agressivos, oxidação da mesoestrutura (viga em I) onde deve ser escovada para a retirada do processo corrosivo e a utilização frequente de pinturas anticorrosivas, e a instalação de sistemas de drenagem da água da chuva, para evitar que a mesma empoce e tenda infiltrar pelo concreto.

Outros problemas não são de fáceis intervenções necessitando de um estudo sobre a necessidade da realização de um reforço estrutural, como é o caso da perda de seção das armaduras.

As pontes citadas são o único acesso à praia de Ajuruteua, que é um destino turístico da região Norte. E encontra-se com muitas patologias que prejudicam os seus Estados Limites. Muitas dessas patologias poderiam ser evitadas durante a etapa de projetos, planejamento e execução da obra, pois foram encontrados erros de concretagem que poderiam não terem

ISBN: 978-85-65425-32-2

ocorridos. Os erros de concretagem deixam falhas que ajudam na penetração de agentes agressivos, gerando desde as mais simples até as mais complexas patologias, interferindo na durabilidade da ponte como toda.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655:2003: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 6118:2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 7584:2012: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 9575:2010: Impermeabilização – Seleção e projeto.Rio de Janeiro, 2010.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 3.ed., 674p. 2008

MEHTA, P. K. Perfomace of Concreto in Marine Environmente. American Concrete Institute. ACI SP-65. Proceedings, 1980. p. 1-20.

HELENE, P. R; PEREIRA, F. Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. São Paulo, 2003.

HELENE, P. R. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2. Ed. São Paulo, 1997 Cap. 1, p. 18-26.

SITTER, WR. Costs for service life optimization. The “Law of fives”. In: CEBRILEM. Durability of concrete structures. Proceedings of the international workshop held in Copenhagen, p. 18-20,Copenhagen, 1984.

DURACRETE. Models for environmental actions on concrete structures. The European Union - Brite EuRam III, March 1999, 273p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ORIUNDAS DA AUSÊNCIA DE MANUTENÇÃO PREDIAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FORTALEZA-CE

Identification Of The Main Pathological Manifestations Resulting From The Absence Of Building Maintenance: Case Study In The City Of Fortaleza-CE

Luis Anderson Conceição da SILVA[1], **Alisson Rodrigues de Oliveira** DIAS[2], Felipe Alves AMANCIO[3]

[1] Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil, anderson_engcivil@yahoo.com.br

[2] Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil, rodrigues_alisson@live.com

[3] Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, Brasil, felipeaamancio@hotmail.com

Resumo: O presente trabalho teve por objetivo identificar as principais manifestações patológicas desenvolvidas em um prédio residencial de térreo mais três pavimento de elevado tempo de vida, com a ausência de manutenções prediais consideráveis ao longo de sua vida útil. As anomalias foram classificadas com base na causa e grau de risco. Foi constatado durante as inspeções inúmeras patologias relacionadas ao sistema de estruturas, fachadas, instações elétricas e hidrossanitárias e outros, das quais muitas foram avaliadas como grau de risco crítico, o qual pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, sendo necessário intervenção imediata.

Palavras-chave: manifestação patológica, inspeção predial, manutenção predial

Abstract: The objective of the present study is to identify the main pathological manifestations developed in a residential building composed by ground floor plus three floors with a high life time, with the absence of considerable building maintenance throughout in its useful life. The anomalies were classified based on cause and degree of risk. A number of pathologies related to the system of structures, facades, electrical and hydrosanitary installations and others were found during the inspections, many of which were evaluated as critical risk degree, which can cause damage to the health and safety of people and/or the environment , wich required immediate intervention.

Keywords: *pathological manifestation, building inspection, building maintenance*

1. Introdução

Os estudos com relação a manutenção predial tem crescido no Brasil, devido aos altos prejuízos que surgem como consequência das anomalias construtivas e/ou descuidos com as reabilitações periódicas, o que podem causar não apenas danos pessoais e materiais significativos para usuários e proprietários das edificações, mas também prejuízos do ponto de vista patrimonial, atigindo assim a sociedade em geral.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O sistema de manuntenção predial é definido segundo a ABNT NBR 5.674 – Manuntenção de Edificações, como: “conjunto de procedimentos organizados para gerenciar os serviços de manuntenção”. Para Perez (1985) a manutenção dos edifícios compreende todas as atividades que se realizam nos seus elementos, componentes ou instalações, com a finalidade de assegurar-lhe condições satisfatórias de segurança, habitabilidade, eficiência e outros.

Para o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – IBAPE/ SP (2012) as anomalias e falhas das edificações são originárias dos seguintes fatores:

a) Endógenos, provenientes de irregularidades, de projeto ou de execução, dos materiais utilizados, ou ainda, da combinação dessas etapas;

b) Exógenos, provenientes da intervenção de terceiros na edificação;

c) Naturais, ocasionados pela ação da natureza e;

d) Funcionais, que provocam falhas decorrentes de uso inadequado, envelhecimento ou falta de manuntenção.

Segundo Seeley (1982), em épocas de contenções de despesas a manutenção predial está entre as primeiras atividades a sofrerem cortes em suas verbas, porém na grande maioria dos casos custa mais caro consertar do que manter. Havendo ainda casos frequentes em que as edificações são inutilizadas muito antes de cumprida a vida útil de projeto. A melhor forma de aumentar a durabilidade dessas estruturas é conhecendo e identificando as patologias manifestadas, a fim de se detectar as ações necessária para prevenções ou reparos.

O objetivo desse trabalho é analisar a ocorrência das principais manifestações patológicas ocasionadas pela ausência de manutenção predial preventiva em um edifício habitacional na cidade de Fortaleza, Ceará.

2. Metodologia

A elaboração do diagnóstico predial é fundamental para a análise crítica e sistêmica dos resultados da manutenção predial empregada. Ele identifica os pontos a serem melhorados e as necessidades de mudanças de procedimentos, visando o melhor desempenho e o aumento da vida útil em operação dos sistemas, dentre outros.

A preparação do diagnóstico segue os passos abaixo descritos segundo IBAPE/SP (2012), fundamentados nas finalidades principais desse sistema.

a) Execução da inspeção predial para a constatação de eventuais problemas de ordens técnicas, construtivas, operacionais, funcionais, de manutenções e outros, com o objetivo de verificar a eficácia do plano de manutenção e da estratégia existente, além de identificar aspectos de qualidade dos serviços e procedimentos de manutenções empregados.

b) Identificação do tipo de estratégia de manutenção empregada no empreendimento, a fim de verificar quais são as atividades programadas dentro do plano de manutenção, seus objetivos e a vinculação, ou aderência, com as características principais da manutenção predial.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Este passo visa classificar as atividades empregadas (preditivas, preventivas e corretivas) e analisar se a manutenção implantada possui caráter proativo no diagnóstico de problemas e de reavaliação do plano e procedimentos planejados.

c) Verificação da coerência identificada com o uso da edificação e com as expectativas dos usuários, observados os aspectos de confiabilidade e disponibilidade dos sistemas e elementos construtivos.

A coerência entre estratégia de manutenção, uso da edificação e as expectativas do usuário é pautada na análise e verificação da aderência entre as atividades e intervenções realizadas com as necessidades da operação dos sistemas, equipamentos e máquinas existentes no empreendimento.

Sistemas que “nascem mortos ou doentes” deverão ter outro tipo de tratamento, que não as atividades de manutenção. Nesses casos a manutenção predial poderá até minimizar eventuais anomalias, mas não efetivamente sanar os problemas com origens em projetos e execuções defeituosas.

Considerados os aspectos expostos, reforça-se a importância de um diagnóstico correto sobre a avaliação física da edificação, para que não sejam investidos esforços e valores equivocamente, além de incorrer em procedimentos de manutenção ineficientes, consequentemente e gerando retrabalhos.

O presente estudo de caso foi realizado a partir da inspeção predial, para verificação da existência e a identificação de anomalias nas estruturas, alvenarias e revestimentos, instalações de gás, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, elevadores e sistema de combate a incêndio. Tais verificações abrangem as áreas de uso comum e todas as unidades autônomas (quando autorizadas).

As anomalias compreendem a identificação de desgastes, fissuras, infiltrações, erros aparentes de projeto, erros aparentes de execução, falta de manutenção, componentes obsoletos, ausência de procedimentos de operação e falta de documentação obrigatória. O resultado do processo consiste na identificação das anomalias e na proposição de recomendações técnicas que atestem as condições de estabilidade, segurança e conservação adequados.

2.1 Classe da inspeção predial

Segundo IBAPE/SP (2012), a inspeção predial é classificada quanto a sua complexidade e elaboração do laudo. Consideradas as características técnicas da edificação, manutenção e operação existentes e necessidade de formação de equipe multidisciplinar para execução dos trabalhos. Os níveis de inspeção predial podem ser em Nível I, II e III.

Nesta pesquisa foi adotada o Nível II, que é a inspeção realizada em edificações com média complexidade técnica, de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos, com ou sem plano de manutenção, mas com empresas terceirizadas contratadas para execução de atividades específicas como: manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 Grau de risco

Critério de classificação das anomalias e falhas existentes na edificação, e constatadas em uma inspeção predial, considerado o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, dentro dos limites da inspeção. A análise do risco consiste das anomalias e falhas identificadas nos diversos componentes de uma edificação, quanto ao seu grau de risco relacionado com fatores de manutenção, depreciação, saúde, segurança, funcionalidade, comprometimento de vida útil e perda de desempenho. Os graus de riscos são classificados em (IBAPE/SP, 2012):

a) Mínimo: relativo a pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário; recomendando programação e intervenção em médio prazo.

b) Regular: relativo ao risco que pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho, deterioração precoce e pequena desvalorização, recomendado programação e intervenção em curto prazo.

c) Crítico: relativo ao risco que pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível da vida útil e desvalorização acentuada, recomendando intervenção imediata.

3. Resultados e discussões

3.1 Identificação da edificação

As identificações da edificação inspecionada podem ser visualizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Identificação da edificação

Identificações	Resultados
Idade real	37 anos
Idade aparente	42 anos
Classificação	Residencial multifamiliar, composto por térreo e mais três pavimentos
Localização	Cidade de Fortaleza, CE, em esquina de ruas asfaltadas de tráfego médio, com saneamento, abastecimento de água, energia elétrica, iluminação pública, coleta regular de lixo e demais benfeitorias
Data da vistoria	17 a 22 e 29 de maio de 2017
Tipo de inspeção predial	Nível 2

Fonte – Os autores , 2017.

Primeiramente, foi solicitado a documentação existente relacionada ao condomínio. Estes documentos foram classificados em Gerais (regimento interno do condomínio,

ISBN: 978-85-65425-32-2

alvará de funcionamento e outros), manutenção e operação (selo de extintores, plano de manutenção, operação e controle e outros) e técnicos (projeto executivo, as built, e outros). O Quadro 2 apresenta todos os documentos solicitados durante a inspeção, identificando os documentos disponibilizados ou não.

Quadro 2 – Check list dos documentos solicitados durante a inspeção predial

Nº	DOCUMENTOS	DISPONIBILIZADO	
		S	N
	Documentos Gerais		
1.	Regimento interno do condomínio	**X**	
2.	Ata de instalação do condomínio	**X**	
3.	Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros		**X**
4.	Certificado de Manutenção do Sistema de Segurança		**X**
5.	Certificado de treinamento de brigada de incêndio		**X**
6.	Alvará de funcionamento		**X**
7.	Licença em órgão competente		**X**
	Documentação sobre a manutenção e operação		
1.	Selos de Extintores	**X**	
2.	Plano de Manutenção, Operação e Controle.		**X**
3.	Relatório de análise físico – química de potabilidade de água dos reservatórios		**X**
4.	Certificado de ensaios de pressurização de cilindros extintores		**X**
5.	Certificado de ensaios de pressurização em mangueiras de incêndio		**X**
6.	Laudo de inspeção predial anterior		**X**
7.	Certificado de limpeza e desinfecção dos reservatórios		**X**
8.	Manual do proprietário e do síndico		**X**
9.	Contrato de manutenção elétrica e hidráulica das unidades de recalque e seus quadros de comando e em todos os pontos elétricos e hidráulicos das áreas comuns		**X**
10.	Relatório de Inspeção Anual de SPDA – descargas atmosféricas. ABNT NBR 5419		**X**
11.	Atestado do sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA		**X**
12.	Relatório de Manutenção Geral		**X**
	Documentos Técnicos		
1.	Memorial descritivo do sistema construtivo		**X**
2.	Projeto executivo		**X**

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.	Projeto 'as built'		**X**
4.	Projeto de estrutura		**X**
5.	Projeto de arquitetura		**X**
6.	Instalação de gás		**X**
7.	Instalações hidrossanitárias		**X**
8.	Instalações elétricas		**X**
9.	Projeto de incêndio		**X**
10.	Projeto de revestimento geral e fachada		**X**
11.	Projeto de paisagismo		**X**

Fonte – Os autores , 2017.

Conforme observado no Quadro 2, muitos documentos não foram disponibilizados durante e depois da inspeção predial. Muitos destes, são de extrema importância para identificação das possíveis causas das manifestações patológicas constatadas durante a vistoria.

3.2 Estrutura

O Quadro 3 apresenta a classificação das anomalias no sistema de estrutura detectados durante a inspeção.

Quadro 3 – Classificação das anomalias do sistema de estrutura

ANOMALIAS				**FALHAS**	**GRAU DE RISCO**		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
X	-	-	X	X	X	-	-

Fonte – Os autores , 2017.

A Figura 1 apresenta algumas das patologias identificadas durante a inspeção realizada no edificio. A ocorrência de queda de recobrimento da ferragem em algumas áreas (ferragens aparentes e com indícios de corrosão), o que com o tempo pode comprometer a estrutura, principalmente devido ao ataque de cloretos na armadura, muito presente na cidade de Fortaleza, sendo fundamental a recuperação em todo local onde isto ocorrer.

Segundo Vieira (2003), a deterioração de construções devido à corrosão da armadura é, um dos principais problemas associados à durabilidade do concreto e, tanto a gravidade do problema quanto a frequência de ocorrência de corrosão da armadura, o

ISBN: 978-85-65425-32-2

que demonstra a necessidade de buscar soluções que contribuam para minimizar a incidência e evolução do processo corrosivo nas estruturas de concreto armado.

Algumas vergas e contra-verga apresentaram fissuras e trincas, sendo necessário a verificação e correção com brevidade. Algumas trincas excessivas foram indicadas e detectadas. Nestes casos é necessário verificar melhor este local (escarear para ver a parte interna) para entender a situação e checar se está prejudicando estruturas como, por exemplo, um pilar. Foi notado ainda uma flecha excessiva foi verificada em uma laje. Deve ser feita esta correção para evitar aumento de flechas e piores danos.

Figura 1 – Principais patologias detectadas na estrutura: a) Flecha excessiva em estrutura; b) Armadura aparente com corrosão; c) Trincas; d) Ferragens aparente; e) Trinca em verga de janela e; f) Trincas em contra-verga

Fonte – Os autores , 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.3 Fachadas (revestimento externo)

O Quadro 4 apresenta a classificação das anomalias no sistema de fachadas e revestimento detectados durante a inspeção

Quadro 4 – Classificação das anomalias da fachada

ANOMALIAS				FALHAS	GRAU DE RISCO		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
X	-	X	X	X	-	X	-

Fonte – Os autores , 2017.

A vida útil e a durabilidade de fachadas vem sendo alvo de inúmeros estudos nos últimos anos, devido a sua exposição a intempéries como a ação da chuva, variação térmica, radiação solar e outras. Conforme explica Jonh e Sato (2006), a durabilidade não é uma propriedade do material, mas o resultado da interação entre o material e o ambiente que o cerca, incluindo características do microclima. A Figura 2 apresenta alguma das patologias encontradas durante a inspeção predial nas fachadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 – Patologias identificadas nas fachadas: a) Descolamento de pintura; b) Revestimento apresentando desgaste; c) Trincas e descolamento do revestimento e; d) Infiltração e revestimento desgastado. **Fonte** – Os autores , 2017.

A fachada da edificação apresenta, de modo geral, desgastes do revestimento devido à ação do tempo e ausência de manutenções preventivas, necessitando recuperação de reboco e pintura. Observado comprometimento apenas estético. Antes de tratar os revestimentos de fachada devem ser corrigidos todas as falhas nas instalações hidrossanitárias dos apartamentos.

3.4 Alvenaria, vedações e esquadrias

O Quadro 5 apresenta a classificação das anomalias no sistema de fachadas e revestimento detectados durante a inspeção.

Quadro 5 – Classificação das anomalias do sistema de alvenaria,vedações e esquadrias

ANOMALIAS				FALHAS	GRAU DE RISCO		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
-	X	-	X	X	-	X	-

Fonte – Os autores , 2017.

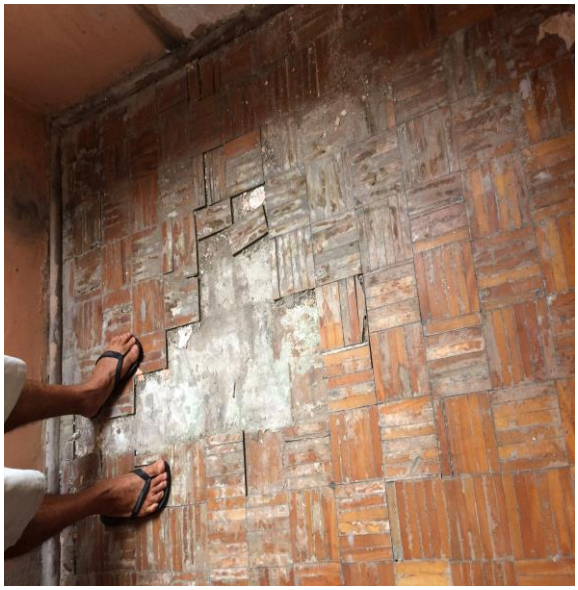
Algumas janelas e portas dos apartamentos estão desgastadas pelo tempo, sendo sugerida a recuperação ou troca em alguns casos, conforme apresentado na Figura 3.

A penetração de água da chuva vem prejudicando as paredes. Algumas grades de ferro apresentam corrosão, devendo ser recuperadas. Por ocasião da recuperação das janelas, recomenda-se observar o declive do peitoril, a fim de evitar o retorno da água. Parte de revestimentos internos e de pisos estão descolando conforme apresenta Figura 4.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 3 – Patologias nas Esquadrias: a) Janelas e b) Portas

Fonte – Os autores , 2017.



a) b)

Figura 4 – Presença de patologias no revestimento; a) Descolamento do revestimento de pisos e; b) Revestimento de parede bastante deteriorado

Fonte – Os autores , 2017.

3.5 Escadas

Nas escadas não foram identificadas patologias, conforme apresenta o Quadro 6.

Quadro 6 – Patologia do sistema de escadas

ANOMALIAS	FALHAS	GRAU DE RISCO

ISBN: 978-85-65425-32-2

Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
-	-	-	-	-	-	-	X

Fonte – Os autores , 2017.

Durante as inspeções, não foram detectadas nenhuma manifestações patologicas no sistema de escadas, não sendo necessária a realização de medidas de recuperação. A Figura 5 apresenta as condições da escadas.

a) b)

Figura 5 – Sistema de escadas: a) Primeiro lance de escada e; b) Segundo lance de escada

Fonte – Os autores , 2017.

3.6 Casa de Bombas

O Quadro 7 apresenta a classificação das patologias na casa de bombas, detectadas durante a inspeção predial.

Quadro 7 – Classificação das anomalias da casa de bombas

ISBN: 978-85-65425-32-2

ANOMALIAS				FALHAS	GRAU DE RISCO		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
-	-	-	-	X	X	-	-

Fonte – Os autores , 2017.

Na casa de bombas, o reboco danificado e portão de proteção apresentam grandes desgastes. Além disso é possível observar entulhos localizados ao lado da casa de bombas. O que pode ocasionar problemas de acesso à mesma. A Figura 6 apresenta a situação da casa de bombas do prédio inspecionado.

a) b)

Figura 6 – Condições da casa de bombas: a) Portão de proteção danificado e; b) Acúmulo de entulho
Fonte – Os autores , 2017.

3.7 Cobertura

O Quadro 8 apresenta a classificação das patologias detectadas durante a inspeção no edifício no sistema de cobertura.

Quadro 8 – Classificação das anomalias da casa de bombas

ISBN: 978-85-65425-32-2

ANOMALIAS				FALHAS	GRAU DE RISCO		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
-	-	X	X	X	-	X	-

Fonte – Os autores , 2017.

Foi detectada basicamente ausência de telhas e/ou telhas danificadas sendo necessário o retelhamento em muitos pontos, assim como substituição de alguns caibros e ripas. Tem-se ainda os cabos elétricos, de TV e outros soltos, não sendo permitido a circulação de pessoas ou funcionários nessas condições (cabos espalhados sem os devidos dutos e eletrodutos). A Figura 7 apresenta alguma das manifestações patológicas encontradas na cobertura.

a) b)

Figura 7 – Condições do sistema de cobertura: a) Caibros e telhas necessárias ser substituida e; b) Ausência de telhas

ISBN: 978-85-65425-32-2

Fonte – Os autores , 2017.

3.8 Instalações hidrossanitárias

O Quadro 9 apresenta a classificação das condições das patologias do edifício nas instalações hidrossanitárias.

Quadro 9 – Classificação das anomalias da casa de bombas

ANOMALIAS				**FALHAS**	**GRAU DE RISCO**		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
X	-	-	X	X	X	-	-

Fonte – Os autores , 2017.

É possível observar inúmeras áreas com infiltração, sendo necessário a revisão geral das tubulações, conexões e registros de toda a área afetada. Além de aumentar o consumo de água das unidades, pode acarretar danos estéticos e também de segurança, visto que infiltrações podem comprometer revestimentos e ocasionar patologias nas estruturas, como ataques por sulfatos e/ou cloretos. A Figura 8 apresenta alguns casos de infiltração detectados visivelmente.

ISBN: 978-85-65425-32-2

a)

b)

Figura 8 – Casos identificados de infiltração na edificação: a) Infiltração na laje do segundo pavimento e ; b) Infiltração e instalação aparente

Fonte – Os autores , 2017.

3.9 Instalações Elétricas

O Quadro 10 apresenta a classificação das condições das instalações elétricas no edifício, detectadas durante a instalação predial.

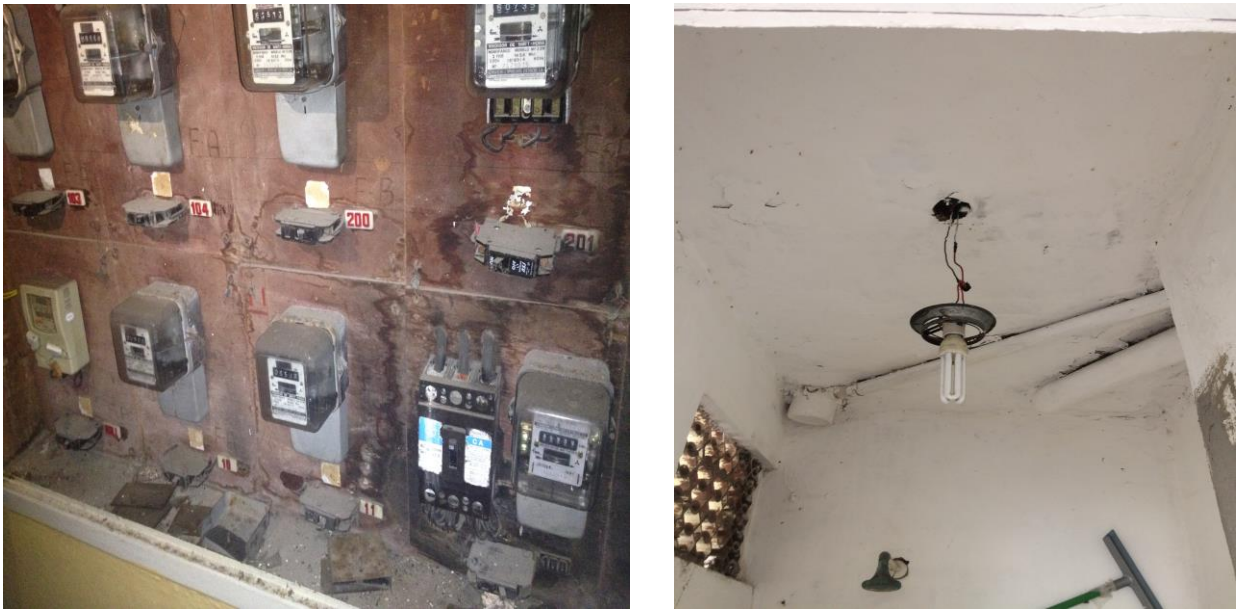
Quadro 10 – Classificação das anomalias das instalações elétricas

ANOMALIAS				**FALHAS**	**GRAU DE RISCO**		
Endógena (problemas de construção – materiais, execução ou projeto).	Exógena (fatores externos, provocado por terceiros).	Natural (fenômeno da natureza).	Funcional (originária do uso, envelhecimento natural).	Planejamento, execução, operacional e gerencial.	Crítico	Regular	Mínimo
X	-	-	X	X	X	-	-

Fonte – Os autores , 2017.

A Figura 9 apresenta as condições das instalações elétricas, onde foram detectadas principalmente fiação exposta, sem eletroduto.

ISBN: 978-85-65425-32-2



a) b)

Figura 9 – Condições das instalações elétricas: a) Desgaste aparente dos medidores; e b) Fiação aparente
Fonte – Os autores , 2017.

O sistema elétrico necessita ser revisto, não atende às normas técnicas e ainda existe risco de acidente. A fiação está exposta e deve ser posta em eletrodutos, além de ausência de luminárias em alguns locais, com aberturas expostas. Devendo serem repostas ou colocados tampões.

As incoformidades detectadas nas instalações elétricas foram classificadas como alto risco devido ao risco de incêndios, podendo ocasionar perdas materiais e humanas. Além do que, em grandes incêndios, o concreto armado pode vir a sofrer alterações no módulo de elasticidade dos seus componentes, correndo o risco de colapso.

5. Conclusões

A identificação das manifestações patológicas neste presente estudo de caso permitiu demonstrar a importância da necessidade de realização de manutenções prediais preventivas periodicamente, a fim de se conseguir benefícios não apenas econômicos, pois para o caso analisado, os custos com as reformas necessárias ultrapassariam aqueles que poderiam ter sido investidos ao longo do tempo. Mas também por questões de segurança que devem ser proporcionadas pela qualidade da edificação e materiais e sistemas que a compõem.

Todas as anomalias identificadas e mostradas nas figuras poderiam ser minimizadas ou ainda evitadas, caso o responsável pelo condomínio realizasse algumas ações preventivas de manutenção ou recuperação no momento inicial do surgimento da patologia, evitando o seu agravamento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Há, portanto, a necessidade de se estabelecer planejamentos e investimentos em manuntenções preventivas para todo os tipos de edificações, para se conseguir uma maior durabilidade e qualidade das mesmas.

Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR 5674, Manutenção de Edificações, 1999.

IBAPE/SP - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. Inspeção Predial: check-up predial: guia da boa manutenção, 3 ed. São Paulo: Liv. E Ed. Universitária de Direito, 2012.

John, V. M.; Sato, N. M. N. Durabilidade de Componentes da Construção. 2006. Disponível em:<http://www.habitare.org.br/publicacoes_coletanea7.aspx>.Acesso em: 20 jun. 2017

Perez, Ary Rodrigo. Manutenção de Edifícios. In Tecnologia de Edificações, n º 2. São Paulo: Pini – IPT, 1985.

Seeley, I. H. Building Maintenance. MacMillan, Londres, 1982.

Vieira, F.M.P. Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras em concretos com adição de sílica ativa. Tese de doutorado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2003, 242 p.

Vitório, A. Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia. Nov. 2003. Disponível em : <http://www.vitorioemelo.com.br/publicacoes/Patologia_ estruturas.pdf> Acesso em: 12 Jun 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO CENTENÁRIA NO MUNICÍPIO DE GRANJA-CE: UM ESTUDO DE CASO

Pathological Manifestations In Centurian Building In Granja-Ce: A Study Case

Lucas AGUIAR DE ARAÚJO[1*], **Teomar** FILHO DE BRITO RAMOS[2], **Aldecira** GADELHA DIÓGENES[3]

[1] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-Ce, Brasil, lucasaguiar070@hotmail.com

[2] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-Ce, Brasil, teomar_filho@hotmail.com

[3] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-Ce, Brasil, aldeciragd@yahoo.com.br

Resumo: A maioria das edificações centenárias não passa por intervenções de manutenção e algumas se encontram abandonadas, denegrindo a história e cultura que o lugar representa para a região. Além disso, os materiais e os métodos utilizados antigamente são bastante divergentes com os atuais. Por isso, faz-se necessária a realização de maiores estudos nestas edificações, para manter a representação da história e cultura do povo e garantir a sua segurança estrutural, impedindo que elas entrem em colapso e gerem impactos negativos à sociedade. Este trabalho objetiva apresentar as principais manifestações patológicas presentes no prédio da antiga cadeia pública da cidade de Granja-CE, com o intuito de avaliar seus riscos à estabilidade estrutural e servir de subsídio à tomada de decisão pelos responsáveis. A metodologia deste artigo iniciou com visitas ao prédio em estudo para realização de inspeção visual, na qual foi produzido um acervo fotográfico com o uso de câmera fotográfica e medições de fissuras aparentes, através de um fissurômetro. Posteriomente foram realizadas pesquisas bibliográficas para justificar a aparição das manifestações patológicas existentes no prédio. Aferiu-se que as principais patologias encontradas foram eflorescências, manchas de umidade, desagregação do revestimento, fissuras e degradação da estrutura de madeira. Isso se deve ao prédio estar sujeito à umidade constante, pois a região tem uma alta precipitação média anual. O que pode concluir que a edificação em estudo encontra-se bastante vulnerável à ação da umidade, que ocasionam riscos à saúde humana por conta do mofo no interior da edificação e prejuízos à sua estética, mas as manifestações patológicas presentes não mostraram grandes riscos à segurança estrutural do prédio. Logo, é preciso que sejam realizadas intervenções de reparo na edificação, através de cuidados voltados à proteção contra a umidade.

Palavras-chave: Patrimônio histórico, manutenções patologicas, inspeção predial.

Abstract: Most of the centennial buildings are not maintenance interventions and some are abandoned, denigrating the history and culture that the place represents for the region. In addition, the materials and methods used in the past are quite divergent from the current ones. Therefore, it is necessary to carry out further studies in these buildings, to maintain

ISBN: 978-85-65425-32-2

the representation of the history and culture of the people and ensure their structural safety, preventing them from collapsing and generate negative impacts on society. This work aims to present the main pathological manifestations present in the building of the old public chain of Granja-CE city, with the purpose of evaluating its risks to structural stability and to serve as a subsidy to decision-makers by those responsible. The methodology of this article began with visits to the study building to perform visual inspection, in which a photographic collection was produced with the use of a photographic camera and measurements of apparent cracks through a fissurometer. And later, bibliographical research was done to justify the appearance of pathological manifestations in the building. It was checked that the major pathologies encountered were efflorescence, moisture staining, disintegration of the cracking coating and degradation of the timber structure, because the building is subject to constant humidity, as the region has a high average annual precipitation. This may lead to the conclusion that the building under study is very vulnerable to the action of humidity, but they cause risks to human health due to mold inside the building and damage to its aesthetics, but the pathological manifestations present did not present great risks to safety The building. Therefore, it is necessary that interventions of repair in the building, through care directed to the protection against the humidity, are necessary.

Keywords: Historical heritage, pathological manifestations, property inspection

1. Introdução

Existem muitas construções centenárias que se classificam como patrimônios históricos, mesmo aquelas que não são tombadas, estando presentes até os dias atuais no cotidiano das cidades. Tem-se como exemplo as igrejas, as pontes, os museus, dentre outros. São raros os casos em que estas edificações são alvos de intervenções de manutenção periódicas, o que acarreta em uma maior instabilidade da estrutura com o passar do tempo. Além disso, o advento das normas técnicas é algo recente, logo muitas das construções antigas no Brasil foram edificadas sem considerar um padrão, o que limita o controle que se pode ter com relação aos materiais e aos métodos construtivos utilizados.

A visão desse patrimônio como algo debilitado e vulnerável é bastante equivocada, tendo em vista que muitas destas, caso mantidas de forma correta, podem se tornar edificações com segurança estrutural igual ou maior do que as atuais (MESQUITA *et al*, 2016).

De acordo com Lourenço (2005), a conscientização da sociedade a respeito da necessidade de preservação do patrimônio histórico e o reconhecimento da sua importância histórica e cultural vêm contribuindo para desenvolvimentos significativos na capacidade de realizar análises experimentais e simulações computacionais das atuais condições estruturais dos patrimônios, o que facilita na tomada de decisão quanto às intervenções a serem aplicadas.

A engenharia de conservação deve estar atrelada a este reconhecimento da sociedade, pois os trabalhos são realizados a partir da demanda por conservação de monumentos importantes, ou seja, edificações que agregam valor histórico e cultural à sociedade mas que necessitam de serviços de engenharia para continuarem exercendo ou para voltarem a exercer essa função.

ISBN: 978-85-65425-32-2

As patologias de uma construção estão associadas com sua durabilidade, seu desempenho e sua vida útil, ou seja, ocorrem de forma a comprometer exigências feitas em sua construção, sejam estas de natureza estética, estrutural ou funcional. Logo, as anomalias ocorridas no patrimônio edificado, quando não receberem corretas intervenções de manutenção, poderão prejudicar vigorosamente sua estabilidade e seu desempenho (ISAIA, 2005).

Para garantir a conservação e o aumento da durabilidade dessas edificações é necessário que sejam feitas intervenções de recuperação que reduzam os transtornos causados por patologias estruturais. A maior eficácia dessas intervenções está diretamente ligada à avaliação prévia realizada no objeto de reabilitação (FERREIRA *et al*, 2014), ou seja, antes de se realizar qualquer atividade de manutenção, deve ser realizada uma inspeção detalhada no imóvel, a fim de se obter um diagnóstico estrutural mais assertivo.

Entende-se por inspeção predial a análise periódica das condições técnicas, de uso e manutenção dos edifícios, devendo ser observados os aspectos de desempenho, funcionalidade, vida útil, segurança, estado de conservação, manutenção, utilização e operação do objeto da inspeção (IBAPE,2012).

A partir deste diagnóstico, poderão ser conhecidas as origens das patologias, as principais causas para sua ocorrência, seu processo evolutivo, suas formas de manifestação e quais ações corretivas podem ser empregadas para evitar que estas lesões venham a comprometer a estabilidade da estrutura, ou seja, o diagnóstico garante a eficácia das intervenções a serem realizadas, afinal é um fator que serve de grande auxílio na tomada de decisão por parte dos responsáveis pelo imóvel.

Torna-se relevante conhecer a diferença entre a abordagem relacionada à manutenção das obras antigas e ao dimensionamento das novas obras. De acordo com Lourenço (2005), são comuns casos em que sejam aplicadas as técnicas de conservação adequadas, mas as entidades reguladoras e os responsáveis técnicos pela intervenção considerem que as estruturas estejam de acordo com a normatização atual. Porém, estas normas mais recentes foram redigidas com base em outros métodos construtivos e outros tipos de materiais, o que torna muitas vezes inaceitável essa consideração.

O presente trabalho tem com objetivo principal apresentar o atual estado de conservação do prédio da antiga Cadeia Pública do Município de Granja-Ce. Deseja-se ilustrar as principais patologias presentes na estrutura em estudo, de forma a incentivar um maior cuidado com as edificações históricas das cidades e facilitar a tomada de decisão por parte dos responsáveis. Assim, poderão ser realizadas as intervenções necessárias à garantia da segurança e estabilidade estrutural deste patrimônio.

2. Metodologia

Foi feita uma pesquisa bibliográfica a respeito das principais causas, condicionantes e possíveis danos gerados pelas manifestações patológicas encontradas nas edificações, no intuito de entender por que tal patologia se manifestou na construção em estudo.

Efetuaram-se três visitas ao prédio da antiga cadeia pública de cidade de Granja-CE no período de trinta dias para a melhor identificação das características construtivas e das

ISBN: 978-85-65425-32-2

principais manifestações patológicas que acometem este prédio. Estas visitas foram limitadas à área externa e ao pavimento térreo da edificação, pois não foi possível ter acesso ao pavimento superior.

Foram realizadas inspeções visuais, no intuito de identificar as principais manifestações patológicas presentes na edificação, e registros fotográficos através de uma câmera fotográfica (Figura 1), para obter um amplo acervo fotográfico, o qual colaborou na tomada de decisões.

Por fim, foram realizadas medições de fissuras existentes no lado externo da edificação, através de um fissurômetro (Figura 2), com o intuito de obter maiores detalhes acerca das patologias estruturais presentes.

Figura 1 - Câmera fotográfica.
Fonte – O autor, 2017.

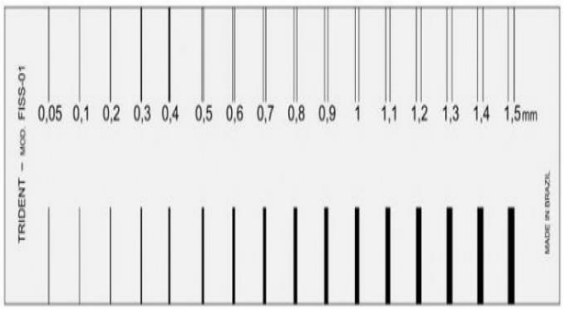


Figura 2 - Fissurômetro.
Fonte – O autor, 2017.

3. Resultados e Discussões

3.1 Descrição do Objeto de Estudo

O prédio em estudo encontra-se na cidade de Granja-CE, foi construído no ano de 1878 e já foi utilizado pela prefeitura municipal durante muitos anos como cadeia pública, câmara municipal, sede de projetos governamentais, sendo atualmente utilizado apenas como depósito. O prédio é dividido em pavimento térreo e pavimento superior.

As fachadas ainda conservam toda a ornamentação e detalhes da época da construção. As 20 porta-janelas de madeira com vergas em arco pleno e guarda-corpo de ferro no pavimento superior e o platibanda representam essa conservação dos aspectos construtivos (NOBRE *et al*, 2015).

3.2 Manifestações Patológicas

As principais manifestações patológicas encontradas na área externa da edificação, ver Figura 3, foram infiltrações, manchas de umidade, eflorescências, fissuras no revestimento e aparecimento de vegetação. Na área interna, degradação da estrutura de madeira presente no forro, infiltrações e degradação do revestimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O prédio está situado em uma região próxima ao litoral e tem uma pluviosidade alta, observada no ano de 2016 de 948,7 mm (FUNCEME, 2017), logo são mais vulneráveis à ação da umidade, que é agressiva aos materiais de construção quando não protegidos para essa ação. Com isso, o prédio deve ser reparado corretamente para recebimento advindo dessas precipitações nas alvenarias, impedindo tais patologias devido a ascendência de água do solo para a alvenaria e diretamente nas alvenarias.

Abaixo será discutida cada manifestação patologica apresentada no prédio da cadeia pública de Granja-CE.

Figura 3 - Representação das patologias na fachada traseira.
Fonte – O autor, 2017.

3.2.1 - Manchas de Umidade

As manchas de umidade na edificação se apresentaram de duas formas. As manchas descendentes, que são geradas através do contato direto com a água pluvial (Figura 4) e as manchas ascendentes (Figura 5), ocasionadas basicamente pela entrada de água na alvenaria através da fundação, ou seja, através do contato entre os poros dos componentes da alvenaria e um solo úmido. Conforme Bertolini (2010), por capilaridade, a umidade do solo tende a atravessar estes poros e ascender na parede.

Durante as visitas, percebeu-se que a umidade está causando danos avançados à edificação provocando muito mofo na parte interna, o que gera riscos à saúde. Esta situação é intensificada por conta da falta de ventilação e luz do sol no interior da edificação, pois a mesma se encontra fechada por não estar sendo utilizada atualmente.

Portanto, deve-se fazer reparo nas alvenarias com umidade com o intuito de impedir que este excesso de umidade venha a gerar danos mais graves à edificação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 4 - Manchas descendentes.
Fonte – O autor, 2017.

Figura 5 - Manchas ascententes.
Fonte – O autor, 2017.

3.2.2 - Eflorescências

A entrada de sais no interior da alvenaria pode ocorrer através da própria água que vem do solo, dos materiais de construção, de reações com poluentes atmosféricos ou através da atividade metabólica de microorganismos. Após a deposição destes sais na alvenaria, a água, durante sua elevação, os transporta e os deposita na superfície em forma de eflorescência (BERTOLINI, 2010).

Foi encontrada a eflorescência tanto nas alvenarias externas, mostrada na Figura 6, quanto nas internas, ver na Figura 7. A possível causa de sua aparição é a entrada de água da chuva ou pelo solo para a alvenaria. Esta entrada de umidade é ocasionada pela falta de vedação da alvenaria, que está vulnerável aos dois tipos de entrada de água. Tal deficiência expressa à falta de manutenção preventiva e periódica da edificação.

Devem ser feitas vedação da edificação através da manutenção da impermeabilização tanto nas alvenarias como das fundações, se possível, no intuito de impedir a entrada de água indesejada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2.3 - Fissuras no Revestimento

A principal causa apontada para o aparecimento de fissuras no revestimento da fachada é a movimentação higroscópica, ou seja, variação na umidade no interior do material. O aumento da umidade gera uma expansão e a sua redução gera uma contração. Este movimento seguidas vezes contrário aos vínculos que impedem essa movimentação tendem a gerar as fissuras (SOUZA, 2008).

Na edificação em estudo foram encontradas fissuras na fachada traseira que podem ilustrar bem a patologia gerada por essa variação de umidade. De acordo com a medição através do fissurômetro, foram medidas fissuras de até 1,3 mm de espessura (Figura 8).

Aqui, deve ser feito o reparo das fissuras geradas pela movimentação higroscópica através da injeção de aglomerantes ou substâncias poliméricas, para impedir a entrada de agentes agressivos no interior da alvenaria e para impedir a expansão destas fissuras.

Figura 8 – Fissuras na fachada traseira.
Fonte – O autor, 2017.

3.2.4 - Degradação da Estrutura de Madeira

A madeira, apesar de ter ótimas propriedades mecânicas, podendo ser utilizada para fins estruturais e, em alguns casos, durando mais de séculos, possui como ponto fraco ser um material natural, que pode ser atacado por diversos agentes ambientais, como fungos, insetos, perfuradores marinhos, fogo, dentre outros. Este problema pode ser remediado através da realização de manutenção preventiva e periódica. Caso contrário, é provável que a madeira apresente problemas como pequenas descolorações e apodrecimento. As manifestações patológicas são consequências da sua falta de proteção e a deficiência de manutenções periódicas, de acordo com as características físicas e climáticas do local. O aumento na umidade do material ocasiona um grande aumento na sua vulnerabilidade, pois a maioria dos fungos e insetos só ataca a madeira quando esta ultrapassa determinados valores de umidade (BRITO, 2014).

Na edificação em estudo perceberam-se mudanças de coloração e reduções na seção transversal dos elementos constituintes da estrutura de madeira presente no forro do

ISBN: 978-85-65425-32-2

pavimento térreo, ilustrada na Figura 9, possivelmente gerados pela falta de impermeabilização do piso do pavimento superior, alto teor de umidade das paredes, proteção deficiente dos elementos e falta de manutenção.

Para garantir a estabilidade estrutural, devem ser feitos tratamentos nas peças de madeira que foram afetadas. Pode ser feita a substituição ou integração das peças a novos elementos de madeira, para garantir o reforço da estrutura (BERTOLINI, 2010).

Figura 9: Degradação da estrutura de madeira.
Fonte – O autor, 2017.

4. Conclusões

Através das inspeções realizadas no prédio em estudo foram observadas diversas manifestações patológicas geradas por conta da umidade existente no prédio e a falta de manutenções periódicas que toda edificação precisa. A maioria das patologias encontradas não mostra instabilidade estrutural. Contudo, as manifestações patológicas existentes no prédio geram prejuízos à saúde humana e redução do seu valor estético, ocasionando menor atração e menor potencial turítico e econômico no estado atual em que se encontra. Logo, faz-se necessária a realização de reparos para reduzir os prejuízos gerados à edificação e possibilitar que o prédio ainda seja utilizado de forma efetiva pela comunidade, tendo em vista que foi a antiga cadeia pública e é de grande relevância à história e cultura da cidade de Granja-CE. Pode ser desenvolvido um plano para realização de manutenções periódicas semestral ou anual, por exemplo. Assim, será mais eficaz e a vida útil da estrutura será aumentada.

5. Referências

Bertolini, L. Alvenaria. Materiais de Construção: Patologia, reabilitação, prevenção. ed. 2. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 414 p.

Brito, L. D. Patologia em estruturas de madeira: Metodologia de inspeção e técnica de reabilitação. 2014. p. 502 Tese(Doutor em Engenharia de Estruturas)- USP, São Carlos, 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Ferreira, T. M.; Vicente, R.; Silva, R. M. (2013). Estratégias e processos de inspeção para avaliação e dianóstico do patrimônio edificado. Conservar Patrimônio, v.18, n.1, p.21-22, 2013.

Funceme. Fundação Cearense de Metereologia e Recursos Hídricos. 2016. Disponível em:<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/media/anual> Acesso em: 26/06/2017.

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia Inspeção Predial: A Saúde dos Edifícios. IBAPE/SP. São Paulo. 2011.

Isaia, G. C. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São paulo: IBRACON. 2005.

Lourenço, P. B. Aplicações das Recomendações Icomos Sobre Conservação de Estruturas Antigas: Do Elemento Construtivo à Estrutura Global. In: A Intervenção no Patrimônio: Práticas de Conservação e Reabilitação, 02, 2005, Porto. Aplicações das Recomendações Icomos Sobre Conservação de Estruturas Antigas: Do Elemento Construtivo à Estrutura Global. Porto: [s.n.], 2006. p. 1-16. v. 1.

Mesquita, E.; Paupério, E.; Arêde, A.; Varum, H. (2016). Caracterização, avaliação e recuperação estrutural de construções históricas. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y recuperación de la Construción, v.11, n.1, p.5-17, 2016

Nobre, L.; Melo, I.; Boroh, M. Histórias: conheça mais sobre o prédio da Associação Comercial do Ceará. Plataforma Vos, Fortaleza, 2015. Disponível em:< http://www.somosvos.com.br/patrimonio-historico-conheca-mais-sobre-o-predio-da-associacao-comercial-do-ceara/> Acesso em: 24/06/2017

Pujadas, F. Z. A.; Silva, G. V.; Kalil, M. L.; Francisco, V. P. Inspeção predial: A saúde dos edifícios. São paulo, IBAPE-SP, 2012, v.1.

Souza, M. F. Patologias encontradas pela umidade nas edificações. Belo Horizonte, 2008. 64 p. Monografia (Especialista em Construção Civil) UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI

Evaluation Of Pathological Manifestations In Earthen Buildings In The City Of Teresina-PI

Wendel Melo Prudêncio de Araújo[1], Diego Silva Ferreira[2], Hudson Chagas dos Santos[3]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Piauí, Brasil, wendelprudencio@hotmail.com

[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Piauí, Brasil, diegof.engenheiro@gmail.com

[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Piauí, Brasil, hudson@ifpi.edu.br

Resumo: Este estudo teve como objetivo levantar e identificar as manifestações patológicas existentes em edificações térreas na cidade de Teresina- PI, que apresentaram patologias visíveis com posterior consulta de causas do problema. É possível perceber que o conhecimento das causas que induzem o aparecimento da patologia, juntamente com a consciência de que as providências de preparação de etapas de idealização, projeto, execução e pós-execução representam a redução de uma parcela significativa das despesas em relação às recuperações. Com isso, a compreensão dos mecanismos de deterioração torna-se ferramenta central no tratamento de patologias.

Palavras-chave: Edificações, Patologia, Umidade, Fissura, Corrosão

Abstract: The objective of this study was to identify and identify the pathological manifestations existing in earth buildings in the city of Teresina - PI, which presented visible pathologies with subsequent consultation of causes of the problem. It is possible to perceive that the knowledge of the causes that induce the onset of the pathology, together with the awareness that the measures of preparation of stages of idealization, design, execution and post-execution represent the reduction of a significant part of the expenses in relation to the recoveries . With this, the understanding of the mechanisms of deterioration becomes a central tool in the treatment of pathologies.

Key words: Buildings, Pathology, Humidity, Fissure, Corrosion.

1. Introdução

A principal função de uma edifício é abrigar os ocupantes e protegê-los contra a ação do intemperismo, como o clima, chuva, vento e temperaturas extremas. É muito importante a edificação ser construída para fornecer as necessidades básicas de saúde e higiene aos seus habitantes. Além disso, um edifício deve ser estruturalmente seguro e sua fundação dimensionada para evitar recalques (MICHAEL 2008).

As mudanças que ocorreram no processo de construção no Brasil nos últimos anos trazem avanços, mas também preocupações. O desenvolvimento tecnológico pelo uso de materiais, particularmente concreto, as estruturas esbeltas e os prazos de trabalho

ISBN: 978-85-65425-32-2

desafiadores permitem observar manifestações patológicas. Essas patologias são evidências das falhas dos profissionais envolvidos que podem ser encontradas em todas as etapas do edifício, desde a troca de especificações materiais durante o período de execução, falhas na concretagem, erros de dimensionamento, fenômenos naturais, ações humana e a deterioração da estrutura (ALVES, 2016).

Além das mudanças no mercado de construção, os requisitos dos clientes aumentaram. Eles desenvolveram um crescente conhecimento sobre seus direitos relacionados à qualidade dos produtos e serviços. O novo Código Civil Brasileiro, a Lei de Proteção do Consumidor e os novos requisitos de desempenho atendem clientes, que exigem desempenho mínimo de construção. Ao seguir estas observações, as empresas entenderam a importância de buscar técnicas e estabelecer sistemas que melhorassem os processos de forma contínua, de forma que os requisitos dos clientes fossem cumpridos e a empresa garantiria sua participação no mercado estrutura (ALVES, 2016).

A presente pesquisa foi desenvolvida com base em um estudo de caso, considerando a detecção de patologias em residências na cidade de Teresina, Piauí. A fim de investigar e descrever as manifestações patológicas existentes, bem como identificar suas causas prováveis. A pesquisa foi feita de forma quantitativa, como buscou, através da observação do *in loco*, aponta a incidência de patologias encontradas.

2. Deterioração de uma edificação

A deterioração observada nas edificações, ocorrem de maneira natural ao longo do tempo, não sendo necessariamente o resultado de erros de projeto ou de construção. De fato, os mecanismos de deterioração são consequência da interação de duas variáveis independentes: a construção, como objeto físico e o meio ambiente, como fonte de agentes externos. As edificações começam a degradar imediatamente após a construção, começando com os materiais de maneira invisível. Este é o estágio incipiente, onde ocorre deterioração, mas sem danos visíveis. O segundo estágio é a deterioração rápida, em que os mecanismos iniciados no estágio incipiente tornam-se visíveis. Logo depois, os componentes das edificações começam a falhar, culminando com a falha total da edificação (HARRIS, 2001).

Embora a degradação dos componentes das edificações sejam em consequência normal do processo de envelhecimento, existe um conjunto de fatores que influenciam esse processo, como a qualidade das edificações, as condições climáticas e a falta de manutenção. Esses fatores aumentaram os custos da construção e a necessidade de reabilitação, se nenhuma ação for tomada para travar o processo de deterioração (HARRIS, 2001).

As ações incluem manutenção, reparo e reabilitação que devem ser aplicadas aos elementos da construção. A duração dos elementos construídos depende não apenas das suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, mas também nas condições de manutenção e exposição ambiental que estão sujeitas (SARJA *et al.,* 2005).

Para estabelecer o nível de degradação do edifício, dois conjuntos de fatores devem ser levados em consideração - as condições de durabilidade do edifício e os fatores de

ISBN: 978-85-65425-32-2

degradação que atuam sobre ele - o que contribui para desencadear o processo de degradação. Durante a vida útil, os edifícios devem obedecer a uma variedade de requisitos que podem ser agrupados como: requisitos funcionais, de desempenho, legais e de usuários (WATT, 2009).

2.2 Defeitos e falhas

Um defeito de construção pode incluir qualquer problema que reduza o valor ou uso de uma casa, condomínio ou edifício. Os defeitos de construção podem ser o resultado de erros de projeto, utilização de materiais inadequados ou qualquer combinação deles. Os defeitos mais comuns de construção incluem: defeitos estruturais que resultam em deformações ou colapso da estrutura; projeto elétrico, hidráulico e sanitário mal dimensionado; e sistema de combate a incêndio inadequado. Identificar um defeito de construção geralmente requer a contratação de um especialista, que poderá determinar se um problema de construção é o resultado de projeto, material ou mão de obra inadequada (ROBERT, 2005).

O mecanismo de falha é um fenômeno identificável que descreve o processo ou os defeitos pelos quais um item ou sistema sofre um tipo particular de falha[1]. Falhas estruturais, como falhas de fundação e instabilidade estrutural, são o resultado de sobrecarga, isto é, a imposição de cargas que excedem a capacidade dos componentes estruturais. O colapso é o resultado final e mais grave das falhas da estrutura, mas a sua identificação é evidente em estágios iniciais através do desenvolvimento de deformação e fissuras (MICHAEL, 2008).

Alguns fatores contribuem para o aparecimento de defeitos e falhas como as condições climáticas, localização da edificação, tipo e mudança do uso da edificação, falta de manutenção e supervisão (AHZAHAR *et al*., 2011).

A engenharia utiliza o termo patologia para verificar nas construções as manifestações, suas origens, seus mecanismos de ocorrência das falhas e seus defeitos que alteram o equilíbrio pré-existente ou idealizado (SOUZA, 2008).

3. Patologia das Edificações

De acordo com Caporrino, 2015, a patologia das edificações é uma ciência que estuda as origens, as formas de apresentação, aspectos, possíveis soluções e como evitar que qualquer componente de uma edificação deixe de atender aos requisitos mínimos para os quais foi projetado". (CAPORRINO, 2015).

Nas diversas etapas de construção de uma edificação, alguns fatores poderão interferir na qualidade final do produto, como a escolha dos materiais utilizados, detalhamento claro e suficiente dos projetos, mão-de-obra qualificada e utilização da edificação pós entrega (SANTOS, 2014).

A definição de patologia de construção dada pela Associação de Peritos Europeus de Edifícios e Construção(AEEBC, 1994) chama a atenção para três áreas de preocupação distintas, embora inter-relacionadas:

- Identificação, investigação e diagnóstico de defeitos em edifícios existentes;

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Prognóstico de defeitos diagnosticados e recomendações para o curso de ação mais apropriado, tendo em vista a construção, o futuro e os recursos disponíveis;
- Especificação, implementação e supervisão de programas apropriados de obras de reparo

No Quadro 1 é apresentado uma relação de causas e agentes que estão diretamente ligados ao surgimento das patologias.

Quadro 1 – Causas e agentes de Patologias (SILVA, 2002)

TIPO DE CAUSA	FASE	AGENTE
Humanas	Na fase de concepção e projeto	▪ Ausência de projeto ▪ Má concepção ▪ inadequação ao ambiente (geotécnico, geofísico, climático) ▪ Informação insuficiente ▪ Modelos de análise ou de dimensionamento incorretos ▪ Pormenorização deficiente ▪ Enganos de representação
Humanas	Na fase de execução	▪ Má qualidade dos materiais ▪ Mão-de-obra desqualificada ▪ Má interpretação de projeto ▪ Ausência ou deficiência de fiscalização
Humanas	Na fase de utilização	▪ Alteração das condições de utilização ▪ Degradação dos materiais ▪ Ausência, insuficiência de manutenção
Ações Naturais	Ações físicas	▪ Gravidade ▪ Variações de temperatura ▪ Temperaturas extremas ▪ Vento (pressão, abrasão, vibração) ▪ Presença da água (chuva, neve, humidade do solo,...) ▪ Efeitos diferidos (retração fluência)
Ações Naturais	Ações químicas	▪ Oxidação ▪ Carbonatação ▪ Presença de água ▪ Presença de sais ▪ Chuva ácida ▪ Reações electroquímicas ▪ Radiação solar (ultra-violetas)
Acções Naturais	Ações biológicas	▪ Plantas (raízes, trepadeiras, líquenes, bolores, fungos) ▪ Animais (vermes, insetos, roedores, pássaros)
Desastres Naturais	-	▪ Sismo, ciclone, tornado ▪ Trovoada, cheia, tempestade marítima, tsunami ▪ Avalanche, deslizamento de terras, erupção vulcânica

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi baseada no trabalho de Silva (2002). A Figura 1 mostra o esquema utilizado nas vistorias, que se limitou à coleta de informações e observação de possíveis diagnósticos. Para a coleta de dados, foram estabelecidas visitas em 60 edificações térreas, na região de Teresina, no Estado do Piauí, com registro fotográfico e mapeamento das manifestações patológicas encontradas.

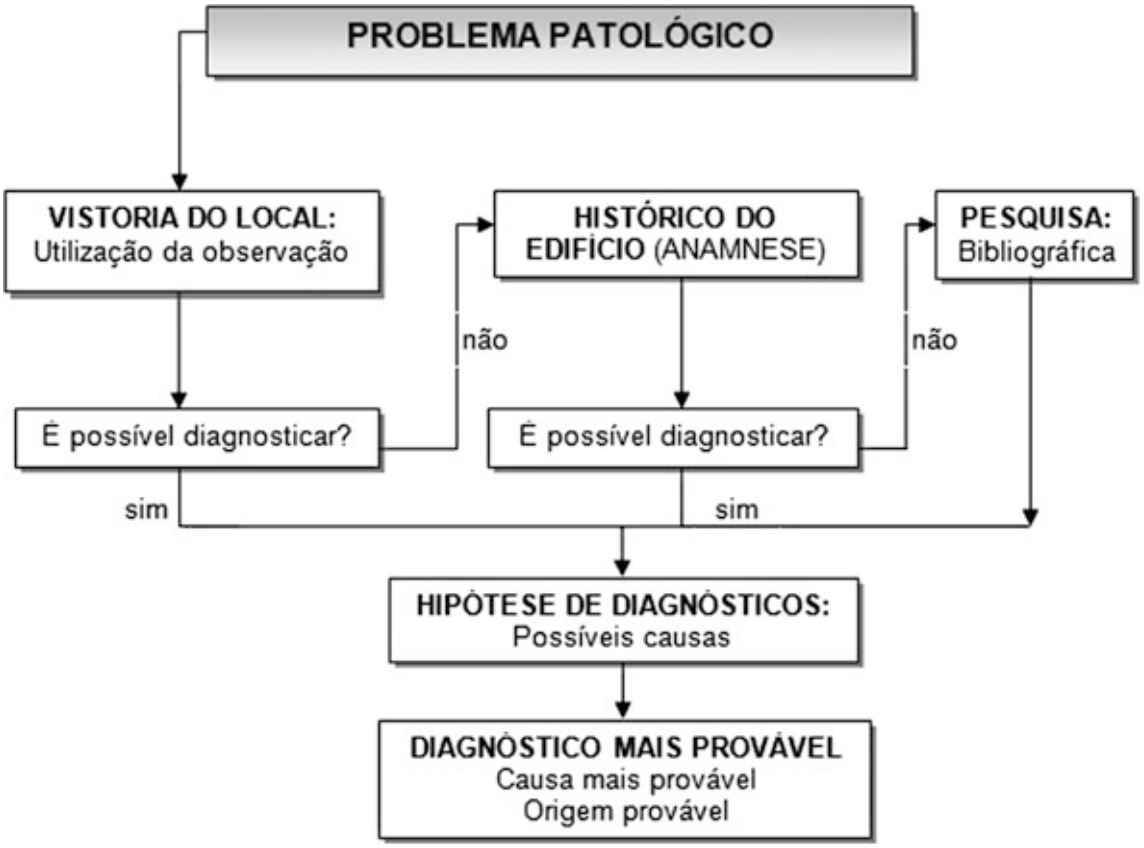


Figura 1 – Esquema do modelo utilizado (SILVA, 2002)

O registro fotográfico, incorporado ao levantamento das anomalias, tornou-se uma ferramenta fundamental na identificação e mapeamento das patologias encontradas. Os dados obtidos durante a coleta foram organizados e identificados a partir de registros fotográficos para indicar a localização dos problemas e obter o quadro genérico das manifestações patológicas. Em seguida, na Figura 2, o modelo de registros das imagens, capturados em cada inspeção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Corrosão

Teresina -PI		**DATA DA INSPEÇÃO: 15/05/2017**
Localização:	Terraço	
Avaliação:	Perda de seção do pilar. Em alguns pontos é possível identificar o descolamento do concreto. Presença de oxidação na ferragem.	
Enquadramento:	( ) projeto	( ) construção (x) manutenção
Causa provável:	Cobrimento insuficiente do concreto	
Recomendações:	(x) Manutenção Corretiva	( ) Manutenção Detectiva
Conduta:	Substituição da ferragem comprometida com a oxidação e reforço estrutural do pilar	

Figura 2 – Exemplo de formulário de registro fotográfico usado na pesquisa

5. Resultados e Discussões

Através de visitas de campo, foram encontradas manifestações patológicas localizadas em vários pontos das edificações que, em geral, nos locais de área seca, as patologias mais frequentes eram paredes com fissuras, figura 3, que apresentavam apenas defeito estético e a maioria com nível mínimo de risco. Em edificações que possuíam lajes, foi possível notar a presença de manchas, alguns destacamentos de concreto e armaduras com corrosão, provavelmente por infiltração de água e aberturas na laje.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Fissura (Diagonal)

Teresina -PI		**DATA DA INSPEÇÃO: 10/05/2017**
Localização:	Sala de Estar	
Avaliação:	Presença de rachadura na parede	
Enquadramento:	( ) projeto	(x) construção ( ) manutenção
Causa provável:	Má qualidade do material utilizado no revestimento Má execução do revestimento	
Recomendações:	(x) Manutenção Corretiva	( ) Manutenção Detectiva
Conduta:	Substituição do revestimento comprometido.	

Figura 3 – Formulário fotografico de uma fissura em parede

Na figura 4, é possível verificar a exposição e a oxidação da armadura na laje em alguns pontos ao longo do seu comprimento, o que pode indicar falta de cobrimento do concreto, erro de concreto por não considerar o cobrimento necessário para a região onde a edificação foi construída, porosidade e permeabilidade do concreto, que proporciona processos corrosão da armadura. O grau de risco é entendido como regular, porque os pontos de oxidação sugerem perdas específicas de desempenho.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Corrosão

Teresina -PI		**DATA DA INSPEÇÃO: 11/04/2017**
Localização:	Garagem	
Avaliação:	Perda de cobrimento do concreto Presença de armadura exposta e oxidada	
Enquadramento:	( ) projeto	(x) construção ( ) manutenção
Causa provável:	Cobrimento do concreto insuficiente	
Recomendações:	(x) Manutenção Corretiva	( ) Manutenção Detectiva
Conduta:	Substituição da armadura oxidada e reforço estrutural	

Figura 4 – Formulário fotografico de oxidação em laje

Portanto, é importante destacar a importância de usar espaçadores para promover o cobrimento mínimo do concreto para proteger as. O cobrimento do concreto, bem como a relação a/c entre outros, são elementos de grande importancia sobre a durabilidade das estruturas de concreto, fornecendo proteção física e química de armaduras, envolvendo-as em um meio alcalino. O cobrimento deve ser especificada nos projetos estruturais e seu valor depende da classe de agressividade do meio ambiente de acorco com a NBR 6118: 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Grande parte das patologias identificadas devido a problemas de infiltração,estavam relacionadas a umidade por elevação, que surge a partir do fenômedo da capilaridade, figura 5. Seu aparecimento ocorre nas áreas que estão em contato direto com o solo na presença de água. Esta água existente no solo pode ser oriunda de diversas formas como, águas pluviais, presença de aquíferos, instalações apresentando vazamento e a falta ou a má aplicação da impermeabilização.

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Umidade por elevação

Teresina -PI		**DATA DA INSPEÇÃO: 21/03/2017**
Localização:	Área externa	
Avaliação:	Presença de umidade por capilaridade na parede da edificação.	
Enquadramento:	( ) projeto	(x) construção ( ) manutenção
Causa provável:	Falta de impermeabilização na edificação	
Recomendações:	(x) Manutenção Corretiva	( ) Manutenção Detectiva
Conduta:	Impermeabilizar toda a região que está em contato com o solo	

Figura 5 – Formulário fotografico de umidade assendente

O gráfico na figura 6 mostra que a maioria das patologias incidentes nas edificações vistoriadas são causadas pela umidade, seguidas de fissuras e corrosão. As manifestações patológicas caracterizadas no gráfico como outros foram identificadas como sento quebra de revestimento cerâmico e descolamento de revestimento. Essa porcentagem significativa de patologia por umidade pode estar relacionadas aos processos de impermeabilização insuficientes ou falta de manutenção destes.

ISBN: 978-85-65425-32-2

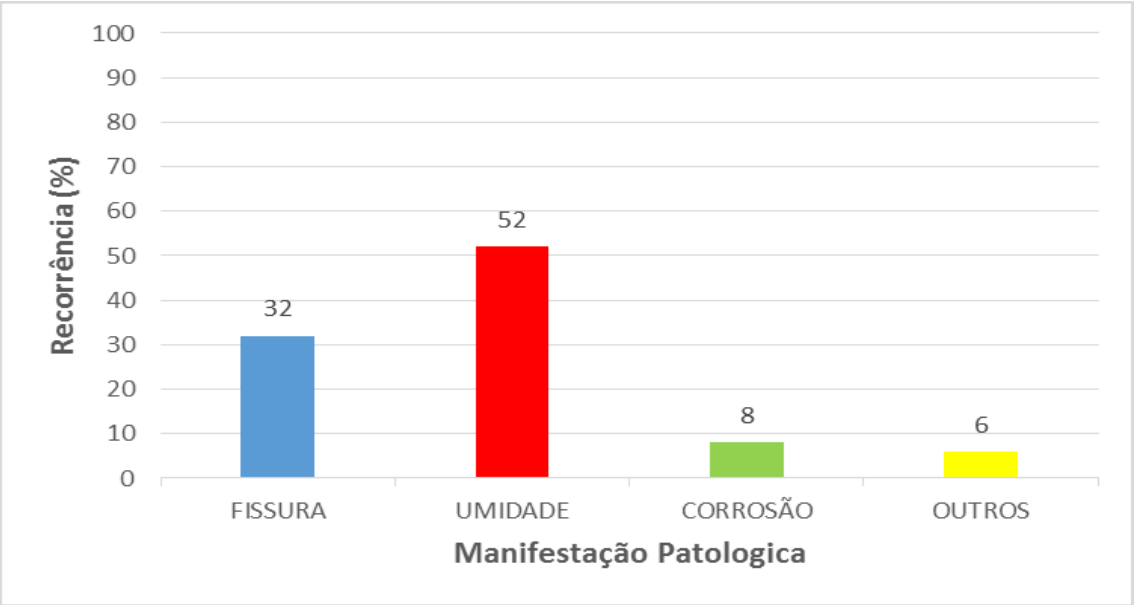


Figura 6 – Tipos de manifestações patológicas encontradas

Verificou-se que a maior parte das patologias, aproximadamente 82%, são anomalias que causam danos estéticos. Esse valor reitera a importância das operações programadas de manutenção preventiva. Em contraste, 8% das patologias enquadram-se no nível crítico, essas patologias são, em geral, sob a forma de oxidação de reforço em elementos de concreto armado.

As rachaduras nas paredes foram classificadas de acordo com sua direção, sendo classificadas da seguinte forma: diagonal, vertical, horizontal e mapeada. Destacam-se as patologias direcionadas horizontalmente que podem surgir devido a movimentação térmica, sobrecarga da estrutura ou movimentação higroscópica.

Em níveis, em geral, a definição das origens dos sintomas patológicos, mostrada na figura 7, parece ter em cada uma das principais etapas do ciclo construtivo, valores aproximados de média entre 33 e 35%. A pesquisa apresentou falhas de projetos, execução e manutenção como agentes patológicos responsáveis de grande relevância. É possível ver algum equilíbrio na quantidade de anomalias que surgem em cada uma dessas etapas, o que mostra, especialmente, que os problemas relacionados aos projetos continuam sendo uma das causas importantes na condução de estudos focados em patologia, mas a questão da qualidade de manutenção torna-se tão significativa como o projeto e as etapas de execução.

ISBN: 978-85-65425-32-2

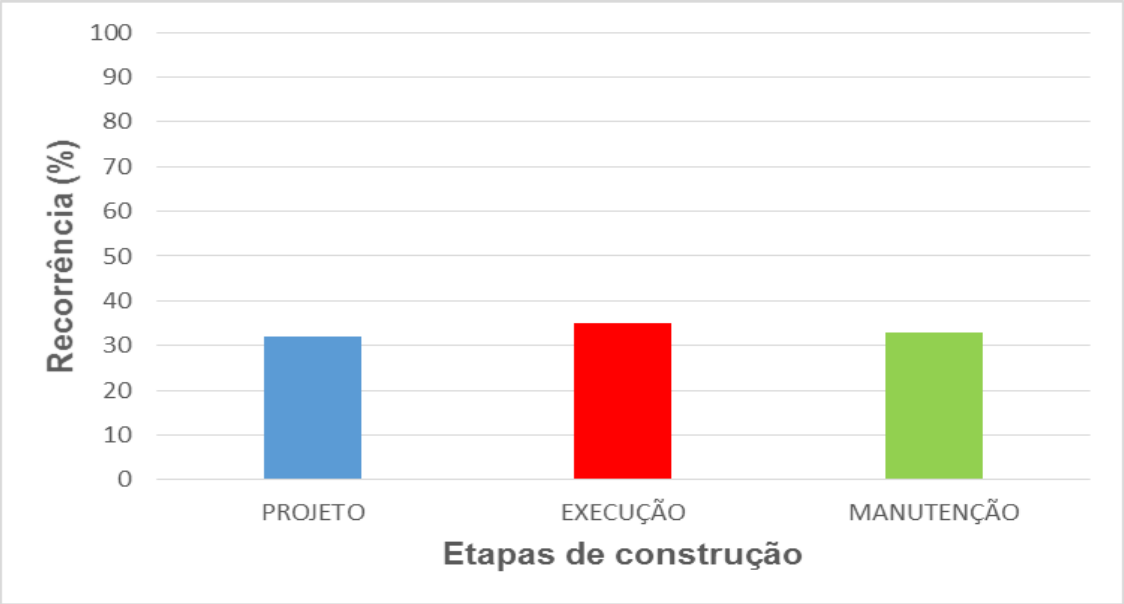


Figura 7 – Origem das manifestações patológicas

6. Conclusão

É possível concluir que as patologias não representam, na maioria dos casos, riscos para a segurança imediata de seus usuários. O surgimento das manifestações patológicas mencionadas tem vários pontos de partida causados em todas as fases do ciclo construtivo da edificação.

Aspectos relativos à construção foram principalmente relacionados à deficiência ou ausência de execução de técnicas de impermeabilização.

Verificaram-se falhas frequentes relacionadas à falta de projetos, deficiências nos métodos de construção escolhidos e, entre outros, que interferem diretamente no início das manifestações patológicas.

Também é necessário reiterar o fato de que, independentemente de quão simples seja o procedimento de inspeção visual, ele pode fornecer muita informação sobre a conservação das edificações.

Existe uma necessidade de planejamento de inspeções preventivas de edificações na cidade de Teresina- PI. Pela simplicidade dessas inspeções e sua importância para detectar e tratar as patologias construtivas, porque na maioria dos casos, quando há problemas, os sintomas são visíveis e facilmente compreendidos.

Referências Bibliográficas

AEEBC (1994) Academic Guidelines: Policy Regarding Degree Validation, London and AHZAHAR, N. *et al*. A study of contribution factors to building failures and defects in construction industry. Procedia Engineering, v. 20, p. 249-255, 2011.

ISBN: 978-85-65425-32-2

ALVES, Guilherme Perosso; RACHID, Ligia Eleodora Francovig. Evaluation of Constructive Pathological Manifestations in Public Buildings: The Olympic Stadium of Cascavel City, PR. In: Case Studies of Building Pathology in Cultural Heritage. Springer Singapore, 2016. p. 1-20.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014) NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto.

Caporrino, Cristiana Furlan. Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados. São Paulo: Pini, 2015.

DA SILVA, J. MENDES. Alvenarias não estruturais patologias e estratégias de reabilitação. 2002.

DE SOUZA, Marcos Ferreira. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. 2008.

HARRIS SY. Building pathology: deterioration, diagnostics, and intervention. John Wiley & Sons; 2001.

MICHAEL S.POLES. What are Construction Defect. Retrieved at 15 Sept 2008, from http://www.mmgroup.com.

ROBERT T.RATAY (2005). Structural Condition Assessment, Survey and Assessment of Structural Conditions, (p.127- 495).

SANTOS, W. J. D., DARDENGO, C. F. R., CARVALHO, C. C., ALVARENGA, R. D. C. S. S., & SILVA, R. C. D. Prescrições para construções de edificações residenciais multifamiliares com base nas patologias identificadas na cidade de Viçosa-MG. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 6, n. 2, p. Páginas 104-123, 2014.

SARJA, A., BAMFORTH, P., CACCAVELLI, D., CHEVALIER, J. L., DURUCAN, S., & SETZER, M. J. Lifetime engineering of buildings and civil infrastructures. European guide for life time design and management of civil infrastructures and buildings. Project cluster lifetime. Technical Research Centre of Finland, VTT. VTT Building and Transport; 2005.

WATT, David S. Building pathology: Principles and practice. John Wiley & Sons, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS FREQUENTES EM FACHADAS DE CONJUNTO HABITACIONAL DE BAIXA RENDA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE/CE

Study Of The Most Frequent Pathological Manifestations In Façades Of Low-Income Housing In The City Of Juazeiro Do Norte/Ce

Y. N. P. CARVALHO[1], **F. S.** LEANDRO[2], **F. C. N.** GOMES JÚNIOR [3], **A. A. M.** LÊU[4]

[1] Instituto Federal do Ceará, Juazeiro do Norte/Ce, Brasil, yaskara.decarvalho@gmail.com

[2] Instituto Federal do Ceará, Juazeiro do Norte/Ce, Brasil, felipesls82@gmail.com

[3] Instituto Federal do Ceará, Juazeiro do Norte/Ce, Brasil, celionogueiragomes@gmail.com

[4] Instituto Federal do Ceará, Juazeio do Norte/Ce, Brasil, alekesleu@hotmail.com, co-autor

Resumo: Os conjuntos habitacionais populares vêm ganhando cada vez mais espaço nos programas políticos como uma alternativa para a redução do déficit habitacional do país. Porém, a incidência de anomalias nesses conjuntos acarretadas pela diminuição da qualidade por conta do baixo custo que as empresas visam conseguir, ainda é bastante significativa. Dessa forma surge a necessidade de prover a essas famílias o acesso à moradia digna, durável e de qualidade, visto essa parcela da população enfrentar dificuldades financeiras para fazer a manutenção de seus imóveis. A fim de colaborar com estudos futuros e principalmente evitar a recorrência das anomalias construtivas em outros empreendimentos, foi desenvolvido um estudo de caso para identificar as incidências patológicas mais frequentes em fachadas nas unidades do conjunto habitacional Residencial Tenente Coelho I, localizado na cidade de Juazeiro do Norte-Ce, e com base na bibliografia existente, listar suas possíveis causas e soluções. A partir desta pesquisa foi possível diagnosticar, visualmente, as manifestações patológicas desenvolvidas desde a data de sua ocupação em agosto de 2012 até os dias atuais. Dessa forma pôde-se perceber que os vícios e defeitos encontrados se repetiam em praticamente todas as unidades, sendo as incidências mais comuns relacionadas a problema de umidade e pintura. Com o elevado índice de ocorrências encontradas, é possível concluir que as moradias populares ainda precisam de boas práticas construtivas aliadas ao baixo custo, sem deixar de lado a qualidade e a durabilidade dos empreendimentos.

Palavras-chave: Patologias; Anomalias; Diagnóstico; Construção de baixa renda.

Abstract: Popular housing developments have been gaining more space in political programs as an alternative to reducing the country's housing deficit. However, the incidence of anomalies in these groups caused by the decrease in quality due to the low cost that the companies aim to achieve, is still very significant. Thus, there is a need to provide these families with access to decent, durable and quality housing, since this part of

ISBN: 978-85-65425-32-2

the population faces financial difficulties to maintain their properties. In order to collaborate with future studies and mainly to avoid the recurrence of pathologies in other projects, a case study was developed to identify the most frequent pathological incidents in façades in the residential units of Residencial Tenente Coelho I located in the city of Juazeiro do Norte-Ce, and based on the existing bibliography, list their possible causes and solutions. From this research it was possible to visually diagnose the pathological manifestations developed from the date of its occupation in August 2012 to the present day. This way it was possible to perceive that the pathologies found were common to nearly all the units and the most recurrent ones were related to problems of humidity and painting. With the high number of occurrences found, it is possible to conclude that popular houses still need low cost and good constructive practices, without leaving aside the quality and the durability of the enterprises.

Keywords: Pathologies; Anomalies; Diagnosis; Low income construction

1. Introdução

Durante os últimos anos, o Brasil vem desenvolvendo programas políticos voltados a diminuir o déficit habitacional do país. O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) se popularizou e muitas construtoras passaram a desenvolver também conjuntos habitacionais voltados à população de baixa renda que não estão aliados ao referido programa.

Juntamente com a alta demanda do setor da construção civil, a necessidade de execução em prazos mais curtos tornou-se cada vez maior, acarretando, muitas vezes, na queda da qualidade, por falta de controle tecnológico, negligência dos responsáveis pelas obras, entre outros fatores. Uma consequência recorrente desse cenário é o surgimento de anomalias construtivas, caracterizadas por falhas que afetam o desempenho dos sistemas construtivos, podendo até causar riscos à saúde e segurança dos usuários.

Aliadas aos riscos citados, ações corretivas podem gerar elevados custos pós-obra. O ideal seria um rigoroso acompanhamento da obra na fase de execução, observância de compatibilidade na fase de projetos e ainda, controle da qualidade dos materiais a serem empregados nos empreendimentos.

A escolha do PMCMV para a realização deste estudo se deu em função da sua importância como um dos principais elementos políticos utilizados pelo governo como forma de ter reconhecimento da população, se tornando um dos principais programas habitacionais desenvolvidos até hoje no Brasil, com o propósito de diminuir o índice de pobreza e proporcionar melhoria na qualidade de vida dos cidadãos de baixa renda.

Como a cidade de Juazeiro do Norte é ascendente na construção de conjuntos habitacionais para população de baixa renda e já possui um número expressivo deles é relevante escolher uma amostra do que vem sendo edificado na cidade, para assim, propor ações corretivas e preventivas nos futuros empreendimentos do mesmo ramo.

O principal ponto desse trabalho é analisar as manifestações patológicas presentes nas fachadas de um conjunto habitacional de interesse social, identificando os principais sintomas e a frequência que os mesmos ocorrem, estudar suas possíveis causas e por fim

ISBN: 978-85-65425-32-2

propor as devidas correções, visando auxiliar futuros empreendimentos de mesmo interesse.

2. Metodologia da pesquisa

2.1 Caracterização do objeto de estudo

O empreendimento objeto de estudo trata-se de uma obra edificada compreendida de um conjunto habitacional de padrão popular, integrante do Programa Minha Casa Minha Vida, implantado na cidade de Juazeiro do Norte (CE) no bairro Aeroporto. As figuras 1 e 2 apresentam uma vista geral do conjunto habitacional.

Figura 1 – Conjunto habitacional Tenente Coelho I na cidade de Juazeiro do Norte. Foto: autores (2017)

Figura 2 - Conjunto habitacional Tenente Coelho I. Foto: autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

O conjunto habitacional Residencial Tenente Coelho I é composto por quarenta (40) blocos de oito (08) apartamentos, sendo quatro (04) unidades no pavimento térreo e quatro (04) no pavimento superior. Cada um deles composto por sala, dois quartos, banheiro e cozinha com área conjugada, totalizando um empreendimento com 320 unidades.

A idade da edificação é de um pouco mais de 4 anos, a contar de sua ocupação em agosto de 2012. Seu revestimento externo é em textura de rolo nas cores vinho e branco gelo.

3. Estrutura metodológica desenvolvida

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho é caracterizada por revisão bibliográfica, de caráter descritivo, com consultas a artigos científicos, monografias, dissertações, sites e conteúdos ministrados em sala de aula que trouxessem como tema as manifestações patológicas existentes nas construções, com foco nos revestimentos externos e fachadas.

Além disso, foi realizado um estudo de caso mediante vistoria em todas as unidades do imóvel de baixa renda integrante do programa Minha Casa Minha Vida: Residencial Tenente Coelho I na cidade de Juazeiro do Norte, com a finalidade de levantar, visualmente, as manifestações patológicas existentes nas faces externas do empreendimento, incluindo revestimento dos muros, das alvenarias, piso e esquadrias, registrando-as com relatório fotográfico para posterior análise.

Por fim, foi feita a análise das ilustrações obtidas na pesquisa em campo, com finalidades qualitativas e quantitativas de forma a identificar as patologias existentes.

4. Desenvolvimento

4.1 Patologias – Conceito

Segundo Souza e Ripper (1998), patologia nas construções diz respeito ao baixo desempenho da estrutura ou ao fim do mesmo, no que refere-se a estabilidade, estética, servicibilidade e, principalmente, a vida útil do empreendimento, ou seja, a durabilidade da mesma com relação as condições que está sujeita.

De acordo com Helene (1992), as ocorrências patológicas em geral apresentam manifestação externa característica, a partir da qual pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos. Algumas patologias apresentam maior ocorrência, pela necessidade de cuidados que constantemente são ignorados, seja na fase de projeto, na execução e até mesmo na utilização. Dessa forma, pode-se dizer que as patologias mais graves são incidentes nas estruturas de concreto armado, como fissuras, flechas excessivas, eflorescências, corrosão das armaduras e ainda ninhos de concretagem.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para Souza e Ripper (1998), a aparição das patologias em certa estrutura indica, a última instância e de modo geral, a existência de um ou mais problemas durante a execução em alguma etapa da obra, além de apontar para falhas também no sistema de controle da qualidade próprio a uma ou mais atividades.

4.2 Fachadas

Fachada é uma importante parte do edifício e diz respeito as faces exteriores do mesmo, podendo ser principal, lateral e de fundo. De acordo com Gripp (2008), são responsáveis por darem condições de habitabilidade e estética aos empreendimentos, contribuindo para a valorização do mesmo e tendo um importante valor para um edifício sustentável. Além disso, são exigidas nas fachadas compatibilidade geométrica e físico-química entre a base, o revestimento e o acabamento final.

De acordo com Pereira (2010), o revestimento de fachada deve desempenhar sozinho, ou associado ao seu suporte, uma ou mais das seguintes funções:

- preservar elementos de vedação e a estrutura dos empreendimentos da influência de agentes agressivos e, assim, evitar a deterioração precoce dos mesmos, como umidade (de infiltração, condensação e higroscópica, entre outros como temperatura ambiente, fogo, poeira, microorganismos, ar e gases poluentes, radiações, vibrações, cargas de impacto e forças externas);
- contribuir para o cumprimento de uma ou mais funções da vedação como isolamentos térmico e acústico, estanqueidade à água e aos gases e segurança ao fogo. Um exemplo que se pode citar é um revestimento externo normal de argamassa, que ocupa cerca de 30% a 40% da espessura da parede e pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e 100% responsável pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum;
- normalizar a superfície, funcionando de base adequada ao recebimento de outros revestimentos, ou conceber o acabamento final dos elementos verticais;
- sustentar a durabilidade e amenizar custos de manutenção dos edifícios;
- papel estético da fachada e aquelas relacionadas com a valorização da construção ou determinação do edifício. É preciso frisar que não é função do revestimento esconder imperfeições grosseiras da alvenaria ou da estrutura de concreto armado. Efetivamente, essa situação ocorre sucessivas vezes, pela negligência no momento da execução da estrutura e da alvenaria, que ficam desaprumadas e desalinhadas;
- função de base, quando o revestimento associar mais de um tipo de material, como por exemplo, argamassa com um revestimento de pastilhas cerâmicas ou azulejos;
- no que tange a segurança, as exigências devem ser atendidas pela parede como um todo.

4.3 Aspectos gerais dos revestimentos das paredes

Os revestimentos externos das paredes têm como principal função garantir a estanquidade à agua nos edifícios e casas. É sabido que seu papel de garantir que não ocorra infiltração

ISBN: 978-85-65425-32-2

nas edificações evita que muitas patologias ocorram, principalmente as que dizem respeito à umidade. Além disso, as paredes garantem conforto térmico e estético aos usuários.

O reboco tem como função regularizar as possíveis falhas ocorridas na parede, deixando sua superfície uniforme e protegendo a alvenaria contra ações externas deteriorantes. As argamassas utilizadas no revestimento das paredes devem possuir características como trabalhabilidade, capacidade de impermeabilização, aderência ao suporte, resistência à choques, bem como aspecto estético e durabilidade.

4.4 Tipos de Patologias mais frequentes em fachadas

As patologias são comuns em muitos empreendimentos, numerosas e de vários tipos diferentes, mas nas fachadas as maiores incidências são as fissuras, manchas e bolores, descolamento ou descascamento da pintura e as patologias de degradação do aspecto, que são as eflorescências, manchas de sujeira e formação de organismos.

4.4.1 Fissuras

Segundo Grimm (1988), as fissuras podem ser consideradas a causa mais frequente através do qual afetada o desempenho da alvenaria. Estas, entretanto, prejudicam a estética, o conforto, a estanqueidade da construção, ou seja, as condições de serviços deixam de ser atendidas.

Com base nas causas de fissuras em alvenarias apresentadas por Grimm (1988), Page (1993) e Thomaz (1998), pode-se classificá-las em três tipos: causas externas, modificações volumétricas dos materiais e interação diversos elementos da estrutura. As causas externas ocorrem principalmente pela atuação das cargas variáveis e movimentação das fundações. O segundo tipo de classificação, refere-se às modificações volumétricas, provocadas por retração, mudanças de temperatura e de umidade, etc. A relação da alvenaria com outros 8 elementos estruturais provocam fissuras, quando tais elementos retraem-se ou dilatam, ou quando levam a deformações além da conta na alvenaria.

No caso das alvenarias (fachadas) pode-se citar como exemplos fissuras causadas pelos movimentos das fundações por recalques diferenciais, por ação de cargas externas (atuação de sobrecargas), por deformação da parede devido a deformabilidade excessiva das estruturas, por variações térmicas, variações de umidade, alterações químicas, dentre outros.

4.4.2 Manchas e bolor

O termo bolor ou mofo pode ser compreendido como a colonização por diversos grupos de fungos filamentosos sobre numerosos tipos de substrato, citando-se, inclusive, as argamassas inorgânicas (SHIRAKAWA, 1995).

O termo emboloramento, de acordo com Allucci (1988), constitui-se numa “alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma

ISBN: 978-85-65425-32-2

consequência do desenvolvimento de micro-organismos pertencentes ao grupo dos fungos".

O desenvolvimento de colônias de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, ocasionando manchas escuras indesejáveis em tonalidades marrom, preta e verde, ou eventualmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas. (SHIRAKAWA, 1995).

4.4.3 Descolamentos

Descolamento é a separação de camadas por falta de aderência do revestimento, podendo atingir áreas restritas ou até mesmo áreas de grandes dimensões.

Os descolamentos aparecem de formas diferentes nos revestimentos, contendo entre eles os empolamentos, os descolamentos em placas e o descolamento com pulverulência.

Quando o descolamento do revestimento se dá com abaulamento em áreas localizadas ou em grandes áreas do recobrimento, chama-se de descolamento com empolamento, tendo como principais causas, conforme Veiga e Faria (1990), a infiltração da umidade, tardia hidratação do óxido de magnésio e sulfatos dissolvidos na água reagindo com o aluminato tricálcico do cimento.

Quando há a queda de pedaços do revestimento, não deixando vestígios de sua aderência, é dito então que aconteceu o descolamento em placas, onde também segundo Veiga e Faria (1990) suas causas se resumem em falta de aderência, aplicação do revestimento em superfície contaminada ou lisa e recobrimentos aplicados em camadas muito espessas.

Já o descolamento com pulverulência acontece quando as camadas de tintas se descolam, arrastando consigo o reboco ao qual foi aplicado e dessa forma desagregam com faciliade. De acordo com Bauer (1994) suas prováveis causas são camadas de revestimento muito espessas, ausência de carbonatação da cal, traço rico em cal de maneira excessiva, argamassas pobres e excesso de finos no agregado.

4.4.4 Degradação do aspecto

A degradação do aspecto nos revestimentos externos, qualquer que seja esse, tras consigo os fatores climáticos que os mesmos estão expostos. A poluição atmosférica e principalmete a fluência que a umidade ataca essas superfícies, seja através das águas da chuva, ou até mesmo infiltrações por conta de vegetação, tem consequências significativas para a durabilidade do empreendimento, diminuindo assim sua qualidade.

Entre as manifestações patológicas que ajudam na decomposição das superfícies estão:

1. Eflorescência;
2. Manchas de sujeira;
3. Formação de organismos.
4. Os tipos mais comuns de eflorescências são apresentados como manchas brancas pulverulentas, que são facilmente removidas com água e manchas de cor branca escorrida, que são muito aderentes e não são solúveis em água. As manchas de sujeiras

ISBN: 978-85-65425-32-2

acometem normalmente os revestimentos exteriores por ter em seu quadro de causas fatores externos que incidem nesses locais frequentemente, como é o caso da sujeira proveniente de poeira, a chuva e o vento. A presença da umidade aumenta significativamente a aderência da poeira nesses recobrimentos, além de propiciarem o desenvolvimento dos organismos com ajuda de sais solúveis e da matéria orgânica oriundos dos próprios materiais que compõe a base em que se encontra esse revestimento.

Com isso, faz-se necessário tomar medidas que impeçam a permanência da água em alguma superfície, assim como a penetração para o interior das paredes para que possa prevenir o aparecimento das manchas de sujeira ou a vegetação parasitária como fungos e algas.

5. Estudo de caso

5.1 Bolores, umidade e descascamento da pintura

Foram observadas em grande parte das unidades do conjunto habitacional a presença de bolores na parte inferior da alvenaria nas fachadas, como mostrado na figura:

Figura 3 – Bolor na parte inferior da parede e fissuras ascendentes. Fonte: autores (2017).

Fissuras também apareceram na parte inferior das alvenarias acompanhando as manchas, o que leva a entender que as mesmas tiveram contribuição na umidade que gerou os bolores, através da infiltração de água proveniente das chuvas. As possíveis causas do aparecimento das manchas escuras de bolor são a presença de água constante no local afetado, pela área não ser exposta ao sol ou pelo uso de uma tinta alquídica ou base óleo, ou de uma tinta base água de baixa qualidade. As fissuras são responsáveis por agravar mais ainda os problemas causados pelo excesso de umidade por fazerem com que a água infiltre facilmente em suas aberturas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Os bolores estão acompanhados do descascamento da pintura nas fachadas, como é mostrado na figura 4:

Figura 4 – Ascenção capilar na parte inferior da parede. Fonte: autores (2017)

Na Figura 4, observa-se um forte indício de ascenção capilar, problema que poderia ser evitado, ou pelo menos minimizado por um sistema eficiente de impermeabilização dos baldrames. O que não parece ter sido o caso.

Figura 5 – Descascamento de pintura do muro. Fonte: autores (2017)

Na Figura 5, o descascamento da pintura ocorre no muro do local analisado. Essa descamação da pintura pode ocorrer devido à baixa qualidade da tinta utilizada, que oferece pouca adesão e flexibilidade, pela diluição exagerada da tinta, pela preparação inadequada da superfície a qual vai ser aplicada a tinta ou pela fragilização da tinta envelhecida.

O reparo pode ser feito através da remoção dos fragmentos de tinta com escova de aço ou raspadeira, seguido da lixagem da superfície e posterior pintura do local. Em casos onde a descamação seja mais profunda, pode se fazer necessário o uso de massa corrida.

ISBN: 978-85-65425-32-2

É importante frisar que o descascamento da pintura esteve presente em praticamente todas as unidades do conjunto habitacional.

Na figura 6, sem dúvidas, aparece uma patologia curiosamente rara que foi identificada durante a análise do local. Trata-se de umidade na parte interior do revestimento cerâmico do piso:

Figura 6 – Revestimento cerâmico rachado e com presença de umidade (marcas d'água). Fonte: autores (2017)

As trincas no piso se deram, provavelmente, pelo peso a que o revestimento cerâmico foi submetido junto ao enfraquecimento de sua estrutura devido a sua fragilização pela presença das marcas d´água, que podem ter como causa o umedecimento das peças antes do assentamento, exposição dos revestimentos ao ambiente, água proveniente de fontes externas após o assentamento, pela argamassa, etc. O reparo a ser feito é a substituição do revestimento, afinal já está completamente comprometido.

5.2 Vesículas

Vesículas foram identificadas na parte inferior da fachada, como mostrado na Figura 7:

Figura 7 – Vesículas na parte inferior da fachada. Fonte: autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Esse tipo de problema patológico é comum nas fachadas e tem causas prováveis na hidratação retardada do óxido de cal, presença de matérias orgânica na areia, presença de substânticas ferruginosas na areia ou ainda quando a permeabilidade ao vapor de água do revestimento é baixo e existe água e excesso no interior da fachada. Podem apresentar a parte interna branca, preta ou vermelho-castanho. O problema é resolvido substituindo-se a camada de reboco.

5.3 Trincas e fisssuras

Talvez, estas são as patologias mais presentes nas edificações em todo o mundo, que podem ter diferentes causas e aparecer em qualquer parte de uma construção, desde a parte estrututal até a pintura das alvenarias. No Residencial Tenente Coelho I, foram encontradas fissuras, trincas e rachaduras em praticamente todos os locais, principalmente no piso e no muro.

Figura 8 – Fissura horizontal e fissuras mapeadas. Fonte: autores (2017)

Na Figura 8 há uma nítida diferença de absorção entre os materiais da parte supeior e o restante do muro, o que leva a crer que sejam materiais distintos. Ao que tudo indica, a parte superior deve ser justamente a cinta de amarração do muro, em concreto armado, e que por esse motivo absorve mais umidade e apresenta um grau maior de deteriorização que o restante do muro, provavelmente de blocos cerâmicos. De cara, observa-se um problema na pintura que pode ser causado pela ausência de selamento que serve justamente para uniformizar a absorção de umidade em materiais distintos. Ha outro problema mais difícil de diagnosticar: a fissura na ligação entre cinta e alvenaria. Talvez seja apenas um problema de encunhamento, com a cinta exercendo o papel de uma viga que precisou se deformar, não encontrou espaço para isso porque estava apoiada na alvenaria e por causa da concentração de tensões provocada por essa situação de confinamento, acabou por gerar a fissura horizontal que é vista na foto. Para reparar o problema, a principal indicação é fazer a renovação da parte afetada utilizando materiais mais resilientes como argamassa com baixo módulo de elasticidade.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Já as fissuras mapeadas têm causas prováveis na retração da argamassa por excesso de finos nos agregados ou excesso de água de amassamento. Repara-se as fissuras e logo em seguida a pintura.

Figura 9 – Trincas nas bases das esquadrias. Fonte: autores (2017)

Sem dúvidas, a Figura 9 mostra uma das patologias mais frequentes no que diz respeito a portas e janelas e ocorre devido a sobrecarga a que são submetidas os vãos abertos das alvenarias. Para evitar essa sobrecarga e que as fissuras e trincas apareçam é preciso utilizar um sistema de vergas e contra-vergas adequado e corretamente dimensionado. Em muitos casos as fissuras podem se transformar até em rachaduras e comprometer a segurança e durabilidade do empreendimento.

No caso das Figura 10, houve o aparecimento de fissuras mapeadas e na Figura 11, trinca. O que ocorreu possivelmente foi a retração da argamassa por excesso de finos nos agregados ou o excesso de água de amassamento. É preciso considerar que os pisos de concreto, além de aguentarem todas as cargas a que são submetidos, são comprometidos com o tempo por vários agentes exteriores e que devem ser bem feitos para resistir ao tempo. Em muitos casos, quando o nível de água é elevado no concreto, a utilização do cimento é baixa ou qualidade dos materiais é baixa, pode ocorrer esfarelamento do concreto e comprometer toda a estrutura do piso.

Dessa forma, é preciso que se contrate uma empresa que forneça adequadamente o concreto, se tenha um bom tecnologista na parte do controle, caso o concreto seja fabricado na obra, tomar cuidados na aplicação para evitar problemas como segregação, adensamento excessivo e cura inadequada, além de ter um controle da hora de aplicação do concreto, para o mesmo não ser aplicado após o início do processo de pega.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 – Fissuras mapeadas no piso cimentado de concreto Fonte: autores (2017)

Figura 11 –Trinca no piso cimentado. Fonte: autores (2017)

Figura 12 – Trinca na parte superior da alvenaria a partir do telhado. Fonte: autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na Figura 12, pode-se ver uma trinca na parte superior da alvenaria, característica de problemas relacionados a excesso de carga. É provável que o peso da cobertura não esteja distribuído de maneira uniforme. Geralmente o conserto desse tipo de patologia é complicado, mas é possivel evitar fazendo o acompanhamento correto da fase de execução da obra e observando as cargas que atuarão sobre as alvenarias.

6. Conclusões

Procurando dar uma contribuição para a melhoria das Habitações de Interesses Sociais, deixando-as mais seguras, funcionais e duráveis, foram abordadas neste estudo, as manifestações patológicas presentes nas fachadas de um conjunto habitacional voltado as pessoas de baixa renda. Neste trabalho, foram identificadas as manifestações patológicas, suas possíveis causas e possíveis reparos.

Os estudos realizados mostraram, de uma forma geral, que dentre as anomalias construtivas identificadas na edificação, as que apresentaram maior incidência foram: as manchas de infiltrações, rachaduras, trincas e descascamento da pintura, afetando o desempenho dos sistemas construtivos e a segurança dos moradores. Pode-se dizer que essas são manifestações patológicas comuns na maioria dos conjuntos habitacionais principalmente tratando-se das condições climáticas às quais estes se encontram expostos, refletindo diretamente na vida útil dos revestimentos utilizados.

Os resultados obtidos nas análises mostram a importância de se trabalhar com profissionalismo, atenção e seriedade em cada etapa de uma obra. Com uma significativa melhoria nas edificações, as empresas executariam com maior eficiência o seu trabalho, conseguindo oferecer à comunidade edificações mais seguras, acessíveis, duráveis e que promovam bem-estar e segurança aos seus usuários. E com o elevado índice de ocorrências encontrado, é possível concluir que as moradias populares ainda precisam de boas práticas construtivas aliadas ao baixo custo, sem deixar de lado a qualidade e a durabilidade dos empreendimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem primeiramente a Deus, que nos deu saúde e força permitindo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Antonio Alex Matias Lêu pelo tempo disponibilizado para auxiliar e incentivar de forma competente a averiguação.

Aos colegas de turma da disciplina de Patologia e recuperação de edifícios, pelo incentivo e conhecimentos transmitidos.

Aos moradores do conjunto habitacional Residencial Tenente Coelho I, pelo apoio e colaboração com a coleta dos dados.

Por fim, ao Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará juntamente com todo corpo docente, por toda contribuição para com as nossas formações e vida profissional.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

Bauer, L.A.F. (1994). Materiais de construção. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., 5.ed. 2v.

Grimm, C. T. (1988), “Masonry cracks: a review of the literature”, In: Harris, H. A., ed. Masonry: materials, design, construction and maintenance. Philadelphia

Gripp, R. A. A. (2008). Importância do projeto de revestimento de fachada para a redução de patologias. Vitória: Universidade Federal de Minas Gerais.

Helene, P. (1992). Manutenção para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo: Pini. 2ª ed.

Page, A. W. (1993), “Cracking in masonry housing”, Newcastle, Australia

Pereira, Jr. (2010) S.A. Procedimento Executivo de Revestimento Externo em Argamassa. Belo Horizonte.

Shirakawa, M.A. (1995). Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Goiânia.

Souza, V.C., Ripper, T. (1998). Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini.

Thomaz, E. (1998), “As causas de fissuras”, Téchne, 1998, n. 36, pp. 44 49.

Veiga, M.R., Faria, P. (1990). Revestimentos de ligantes minerais e mistos com base em cimento, cal e resina sintética. Lisboa: LNEC, cap. 2, p. 40-173.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLOGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM OBRAS DA REGIÃO DO VALE DO ASSÚ/RN

Analysis Of Pathological Manifestations In Reinforced Concrete Structures In Vale Do Assú/RN Region

Jeann Lázzaro Rodrigues Dantas dos SANTOS[1], Alyne Karla Nogueira OSTERNE[2], **Ricardo Leandro Barros da COSTA**[3]

[1] Universidade Ferderal Rural do Semi-Árido, São Rafael, Brasil, jeannlazzaro.engenharia@gmail.com

[2] Universidade Ferderal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil, alyne_osterne@hotmail.com

[3] Universidade Ferderal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil, ricado.leandro.22@hotmail.com

Resumo: As estruturas de concreto armado são compostas pela associação do concreto com barras de aço nele inseridas. Estas quando submetidas às ações externas podem apresentar manifestações patologicas ao longo da construção. Patologia das Estruturas define-se como campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. Este ramo da engenharia tem sua importância devido à necessidade de prorrogar a vida útil das estruturas. Devido ao crescente panorama de degradação em que as construções se encontram, este trabalho tem como objetivo identificar em obras da região do vale do Assú as principais patologias existentes nas estruturas de concreto armado, avaliando as suas causas e possíveis correções. Foram visitadas construções em execuções e já concluídas há cerca de 20 anos, onde visualmente se identificaram algumas manifestações patológicas presentes na estrutura de concreto armado. Por meio da analise direta do problema e registro fotográfico do local, pode-se analisar tecnicamente cada caso. Através das análises realizadas pode-se concluir que a maioria dos danos que ocorreram nas estruturas poderia ser reduzida caso houvesse um efetivo controle de qualidade e fiscalização durante o processo construtivo, aliado a um programa de manutenção preventiva das estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Patologias, concreto Armado, Recuperação.

Abstract: The reinforced concrete structures are composed by the association of the concrete with steel bars inserted therein. When submitted to external actions, they may present pathological manifestations throughout the construction. Pathology of Structures is defined as the field of Construction Engineering that deals with the study of the origins, forms of manifestation, consequences and mechanisms of occurrence of failures and systems of degradation of structures. This branch of engineering has its importance due to the need to extend the useful life of the structures. Due to the increasing panorama of degradation in which the buildings are located, this work aims to identify in the works of the valley of Assú the main pathologies existing in the structures of reinforced concrete, evaluating their

ISBN: 978-85-65425-32-2

causes and possible corrections. Construction was carried out in executions and already completed about 20 years ago, where some pathological manifestations in the reinforced concrete structure were visually identified. By means of the direct analysis of the problem and photographic record of the place, one can analyze each case technically. Through the analyzes carried out, it can be concluded that most of the damages that occurred in the structures could be reduced if there was an effective quality control and inspection during the construction process, together with a preventive maintenance program of the reinforced concrete structures.

Keywords: Pathologies, Reinforced Concrete, Recovery.

1. Introdução

Ao longo dos tempos, o homem tem lançado mão de diversos materiais para suas construções. Madeira e pedra estabeleciam o limite da imaginação arquitetônica na antiguidade. O dimensionamento de estruturas ficou durante séculos, limitado às características intrínsecas desses materiais básicos. Não havia como ir além de obras com poucos pavimentos, com paredes largas e com pequenos vãos livres (LAPA, 2008).

A engenharia civil está em constante processo evolutivo, seja pelos materiais utilizados para os diversos tipos de construções, seja pelas técnicas construtivas empregadas. O homem desde os primórdios vem desenvolvendo materiais, técnicas e métodos em suas construções, consolidando assim cada vez mais a tecnologia da construção, a tecnologia dos materiais e as respectivas técnicas construtivas (CAVACO, 2008).

Por mais que as estruturas estejam bem projetadas e construídas, e corretamente utilizadas, elas acabam desenvolvendo problemas patológicos. Inúmeros são os casos de estrutura que, por algum motivo, necessitam ter sua capacidade portante aumentada. Nestes casos, que, implicam trabalhos de recuperação ou de reforço da estrutura, o conhecimento dos procedimentos e das técnicas a serem adotados é de fundamental importância para que a estrutura tenha realmente a sua capacidade portante original. Patologia das estruturas de concreto armado é o campo da engenharia que se ocupa dos estudos dos sintomas, dos mecanismos das causas e das origens dos defeitos das construções civis.

Segundo Helene (1992), embora o concreto possa ser considerado um material resistente, desde que receba manutenção sistemática e programada, há construções que apresentam manifestações patológicas em intensidade e incidência significativas, acarretando elevados custos para sua correção. Sempre há comprometimento dos aspectos estéticos e, na maioria das vezes, redução da capacidade resistente, podendo chegar, em certas situações, ao colapso parcial ou total da estrutura.

Objetivamente, as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento natural da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas (SOUZA e RIPPER, 1998).

Para se conhecer qualquer tipo de patologia na construção é necessários haver primeiramente um levantamento de dados de forma a se acumular e organizar as

ISBN: 978-85-65425-32-2

informações necessárias e suficientes para o entendimento completo dos fenômenos. As informações podem ser obtidas através de três fontes básicas, são elas: a vistoria do local, o levantamento da história do problema e do edifício e o resultado de análises e ensaios complementares.

Com base nos conhecimentos atuais dos processos e mecanismos destrutivos que atuam sobre as estruturas e considerando a grande evolução tecnológica dos últimos anos, com o desenvolvimento de equipamentos e técnicas de observação de estruturas, é perfeitamente possível diagnosticar com êxito a maioria dos problemas patológicos. Neste trabalho pretende-se listar algumas causas e soluções, apresentar inúmeros problemas enfrentados pelos arquitetos e engenheiros em seu trabalho de projetar, construir, fiscalizar e manter as obras civis.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Estruturas de concreto armado

A NBR 6118 (ABNT, 2014) afirma que as estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade durante sua construção e serviço, assim como aos requisitos adicionais estabelecidos entre o autor do projeto estrutural e o construtor. Os três requisitos mínimos de qualidade são a capacidade resistente, que consiste basicamente na segurança da estrutura; o desempenho em serviço, que consiste na capacidade da estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam, em parte ou totalmente, o uso para o qual foram projetadas e por último, porém não menos importante, a durabilidade, que é a capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

O uso do concreto armado pode ser considerado recente: as primeiras peças surgiram há pouco mais de 150 anos, porém seu emprego efetivo em construções com embasamento técnico e modelos de cálculo racionais, ocorre há menos de 100 anos. Desde então, tem sido, pelas suas vantagens, utilizado em larga escala pela indústria da construção (CLÍMACO, 2005).

Para Botelho e Marchetti (2003), uma estrutura de concreto armado (lajes, vigas, vasos, bancos de jardim, entre outros.) é uma ligação solidária (fundida junta), de concreto (que nada mais é que uma pedra artificial composto por fragmentos de rocha, cimento e água), com uma estrutura resistente a tração que é usualmente o aço.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define como estruturas de concreto armado aquelas cujo comportamento estrutural depende da aderência entre o concreto e a armadura, e nas quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Para Clímaco (2005), o concreto armado é um material composto pela associação do concreto com barras de aço nele inseridas, de modo que estabeleçam um sólido único, do ponto de vista mecânico quando submetido às ações externas. Essa associação aproveita as principais vantagens de ambos, concreto e aço, quanto à resistência, à durabilidade e

ISBN: 978-85-65425-32-2

ao custo, destacando-se a boa resistência à compressão do concreto e a elevada resistência a tração do aço.

2.2 Principais manifestações patologicas em estruturas de concreto

2.2.1 – Fissuração

De acordo com Silva (2011) 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.

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 à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração (SILVA, 2011).

Ferreira (2010) lista alguns fatores que possibilitam o surgimento de fissuras e como os mesmos atuam. Clima quente e seco acelera a evaporação, essa perda de água gera as chamadas fissuras de retração, “o mesmo acontece quando a argamassa é aplicada sobre uma base muito absorvente”, acrescenta a autora; argamassas ricas em cimento apresentam mais fissuras uma vez que os revestimentos são mais rígidos.

Ainda segundo Silva (2011) ao se analisar uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração 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 durante certo tempo e, a partir de então, deixado de existir).

2.2.1.1 – Fissuras por contração plástica do concreto

Segundo Souza e Ripper (1998), este é o primeiro dos casos em que a fissuração, no processo de execução de uma determinada peça estrutural, ocorre ainda antes da pega do concreto, devido à evaporação excessivamente rápida da água que foi utilizada em excesso para a feitura do material. Nada a ver com o comportamento reológico próprio do concreto, sendo que a massa, em consequência, se contrai de forma irreversível, podendo este movimento acontecer imediatamente após o lançamento do concreto (10 minutos).

Helene (1986) acrescenta que este processo de fissuramento é mais comum em superfícies extensas, como lajes e paredes, com as fissuras sendo normalmente paralelas entre si e fazendo ângulo de aproximadamente 45º com os cantos, sendo superficiais, na maioria dos casos. Entretanto, em função da esbeltez das peças em questão, elas podem vir mesmo a seccioná-la.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2.1.2 – Fissuras por assentamento do concreto com perda de aderência das barras das armaduras

Para Souza e Ripper (1998), a fissuração por assentamento do concreto ocorre sempre que este movimento natural da massa, resultante da ação da f orça da gravidade, é impedido pela presença de formas ou de barras da armadura, sendo tanto maior quanto mais espessa seja a camada de concreto.

As fissuras formadas pelo assentamento do concreto acompanham os desenvolvimentos das armaduras e provocam a criação do chamado efeito de parede, ou de sombra, que consiste na formação de um vazio por baixo da barra que reduz aderência desta para a o concreto. Se o agrupamento de barras for muito grande as fissuras poderão interagir entre si, gerando, situações mais graves, como a perda total de aderência (FIGUEIREDO, 2005).

Silva (1995) acrescenta que é importante também considerar-se que também em termo de durabilidade, fissuras como essas que acompanham as armaduras, são as mais nocivas, pois facilitam bem mais que as ortogonais, o acesso direto dos agentes agressores, facilitando a corrosão das armaduras.

2.2.1.3 – Fissuras por movimentação de formas e escoramento

Segundo Souza e Ripper (1998), a fissuração derivada do movimento de formas pode resultar da deformação acentuada da peça, gerando alteração de sua geometria, com perda de resistência e desenvolvimento de um quadro de fissuração característico de deficiência de capacidade resistente, como tamém da deformação das formas, por mau posicionamento por falta de fixação adequada pela existência de juntas mal vedadas ou de fendas, ou por absorção da água do concreto permitindo a criação de juntas de concretagem não p revistas, o que normalmente leva à fissuração.

2.2.1.4 – Fissuras por retração do concreto

Para Souza e Ripper (1998), a retração do concreto é um movimento da massa que, no entanto é contraída pela existência, também natural de restrições postas por obstáculos internos (barras de armaduras) e externos (vinculação e outras peças estruturais). Se este comportamento reológico não for considerado, quer em nível de projeto, quer de execução são grandes as possibilidades do desenvolvimento de um quadro de fissuração, que pode levar a formação de trincas que seccionem completamente às peças mais esbeltas, com o no caso de lajes e paredes.

2.2.1.5 – Fissuras por variação de temperatura

A mudança de temperatura pode causar variações nas dimensões das peças de concreto, de modo que, se a estrutura for impedida de se movimentar, essa variação térmica gerará trincas devido às tensões elevadas.

Segundo Marcelli (2007), as peças esbeltas e longas, como vigas contínuas de vários tramos ou em grandes panos de lajes, são as que mais sofrem com a variação de

ISBN: 978-85-65425-32-2

temperatura, principalmente quando existem vínculos que impedem uma livre movimentação da peça de concreto.

De acordo com Cánovas (1988), uma situação típica é a que se dá nas coberturas, em particular as horizontais muito mais expostas aos gradientes térmicos naturais do que as peças verticais da estrutura, gerando em consequência, movimentos diferenciados entre elementos verticais e horizontais que, normalmente, resultam em fissuração, agravada no caso de diferença de inércia (encontro lajes - vigas) ou de materiais resistentes (lajes mistas ou préfabricadas).

2.2.2 – Corrosão de armaduras

Pode-se definir a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, como sendo um processo de deterioração da fase metálica existente, que consequentemente provoca a perda de seção das barras de aço e concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto as quais acabam fissurando o concreto e sequencialmente lascando-o e destacando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressores, o que acelera ainda mais o processo corrosivo (CASCUDO, 2005).

É importante frisar que a corrosão é um processo evolutivo, o qual, com o passar do tempo vai se agravando. Logo, situações as quais medidas de segurança são tomadas tardiamente podem comprometer a segurança estrutural.

2.2.3 – Desagregação do Concreto e Eflorescência

Segundo Silva (2011), a desagregação é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção, conforme apresentado na Figura 6. Já a eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam.

3. Metodologia

3.1 Levantamento e estudo bibliográfico

O Inicialmente foi realizado um levantamento teórico através de pesquisas bibliográficas, onde foi feito uma seleção das principais patologias encontradas em estruturas de concreto armado, assim como suas causas, consequências e possíveis soluções, e posteriormente foi realizado um estudo de caso, com visitas a obras em construção, obras recém-acabadas e obras antigas, onde foram realizados registros fotográficos de diversos problemas patológicos encontrados nas estruturas de concreto armado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2 Caracterizações da área em estudo

Um dos locais escolhidos para análise das Patologias em obras de concreto armado foi o município do Alto do Rodrigues localizado no estado do Rio Grande do Norte (Brasil), localizado na microrregião do Vale do Assú. A obra no município do Alto do Rodrigues foi identificada como Obra A, que se refere à construção de um centro de educação tecnológica estadual.

A classe de agressividade ambiental em que essa construção está inserida é a classe II ou moderada, pois a obra encontra-se em área urbana a aproximadamente 40 km da zona marinha. A Obra A possui todos os projetos estruturais bem detalhados assim como os demais, o que leva a presumir que há uma falta de qualificação da mão de obra pelas inúmeras patologias já identificadas ainda na sua fase de execução, facilmente observadas visualmente.

O outro local escolhido para análise das Patologias em obras de concreto armado foi o município de Ipanguaçu localizado no estado do Rio Grande do Norte. A obra foi identificada como Obra B,e é um reservatório de água.

A classe de agressividade ambiental em que o reservatório está inserido é a classe II ou moderada, pois a obra encontra-se em área urbana a aproximadamente 70 km da zona costeira. A Obra B possui a idade aproximadamente de 20 anos segundo população local e não atende mais a população com a distribuição de água há alguns anos.

O ultimo município a integrar esse trabalho foi São Rafael que é um município brasileiro do estado do Rio Grande do Norte, localizado no Oeste Potiguar e microrregião do Vale do Assú. No município de São Rafael foi realizado visitas e analises patológicas visuais em duas obras, identificadas como Obra C e Obra D. A Obra C refere-se a uma Unidade Escolar de Construção Infantil. A classe de agressividade a que esta exposta a Obra C e D é a classe II por se tratar de um ambiente urbano distante a aproximadamente 100 km da zona marinha.O Centro de Referência e Assistência Social foi identificado como Obra D e se encontra em fase final, porém já apresenta algumas patologias provenientes de vícios construtivos.

3.3 Procedimentos metódologicos

Inicialmente, foi realizada entrevista verbal com os responsáveis pelas edificações, para verificar se havia algum tipo de rotina de manutenção em ambas as estruturas. Em seguida houve o levantamento dos projetos estruturais e arquitetônicos, que é de suma importância para a compreensão total da estrutura e a identificações de erros na concepção da estrutura. Posteriormente foi realizado uma inspeção visual, que teve-se como objetivo permitir a definição da natureza e das causas dos problemas, incluindo: Exame visual de toda a estrutura e realização do levantamento fotográfico o mais extenso possível; Anotação de todos os sintomas visuais (manchas de óxidos, fissuras, desagregação, eflorescência etc); Identificação da agressividade ambiental (suave, moderada ou agressiva); Eliminação do cobrimento do concreto em alguns pontos singulares, para observação visual direta das armaduras, fotografando as zonas de extração dos

ISBN: 978-85-65425-32-2

testemunhos e tomando nota da espessura do cobrimento, da redução do diâmetro e os aspectos do concreto.

Com os dados coletados, partiu-se para a etapa de elaborar gráficos que mostram a distribuição percentual das manifestações patológicas do concreto, seguido pela análise das principais manifestações patológicas que ocorreram nas estruturas de concreto armado, suas origens, causas e possíveis reparos.

4. Resultados e Discussão

A obra A trata-se da construção de um Centro Estadual de Educação Profissional e Tecnológica no município do Alto do Rodrigues, Estado do Rio Grande do Norte. A obra conta com a construção de um bloco de salas de aula no seu primeiro andar e um bloco de laboratórios e administração no seu térreo, além de um ginásio poliesportivo, um refeitório, um auditório, laboratórios especiais, passarelas, rampas de acesso e escadas e uma biblioteca com um pavimento térreo e um primeiro andar, a classe de agressividade ambiental ao qual esta obra esta inserida é a Classe II ou moderada de acordo com a NBR 6118/2014 da ABNT. Apesar da obra ainda não ter sido concluída ela já apresenta inúmeros problemas patológicos decorrentes de erros de execução, vícios construtivos, mão de obra pouco qualificada e principalmente pela falta de controle.

A primeira patologia encontrada é uma rachadura vertical em uma viga que se encontra em balanço (Figura 1). Essa imagem indica um erro gravíssimo na execução dessa estrutura, o que poderia ocasionar em um acidente grave para com os que trafegam nesse setor da obra, pois está estrutura já se encontra em estado de ruina. Esse problema patológico tem sua solução baseada nas teorias da mecânica das estruturas, que diz que uma estrutura em balanço está sujeita a momentos negativos e pelo que podemos observar apenas as armaduras positivas estão concretadas, ou seja, gerando uma sobrecarga ainda maior na estrutura, chegando a causar a ruina da mesma. Essa patologia será solucionada retirando toda parte concretada dessa viga e a concretando novamente de maneira absoluta, principalmente na parte superior da viga onde se encontra os momentos negativos.

Figura 1 – Rachadura de uma viga em balanço da rampa de acesso a escola

ISBN: 978-85-65425-32-2

A Figura 2 indica mais um problema de execução, o que gerou mais uma patologia, mais conhecida como bicheiras que é a exposição da armadura devido à perda de nata de concreto e segregação dos agregados graúdos. Essa patologia está ligada a problemas de lançamento e adensamento do concreto, o lançamento consiste na colocação do concreto para moldagem da peça, pode ser realizados com pás, carros de mão, ou bombas para alcançar grandes distâncias.

No caso do uso de bombas é muito importante verificar o estado de conservação do equipamento utilizado, prevenindo, assim, possíveis problemas durante a concretagem. Outro aspecto importante a ser observado é a altura de lançamento do concreto, a concretagem de peças com altura superior a 2 metros deve ser realizada de forma cuidadosa, a fim de evitar a segregação dos agregados graúdos nas regiões inferiores da peça, originando bicheiras ou vazios. O adensamento trata-se da atividade de vibrar o concreto, em seu estado fresco, com o objetivo de retirar o ar aprisionado durante as etapas anteriores, proporcionando-lhe a máxima compactação. Falhas ocorridas durante essa etapa, como excesso ou deficiência de vibração, podem gerar problemas de exsudação, segregação ou bicheiras. Logo, a frequência e amplitude dos vibradores, assim como o tempo de utilização e a disposição desses equipamentos são algumas das escolhas essenciais para o sucesso da atividade. Para essa patologia a solução mais apropriada seria a aplicação do graute, que é um tipo específico de concreto, indicado para preenchimento de espaços vazios dos blocos e canaletas, com o objetivo de solidarização da armadura e aumentar a capacidade portante.

Figura 2 –Bicheiras e segregação no pilar do ginásio e da viga baldrame.

Uma das patologias mais presentes nos elementos estruturais de concreto armado nesse caso nas lajes, essa patologia é a fissuração devido a retração plástica do concreto, causada pela cura inadequada que é a atividade mediante a qual se mantêm o teor de umidade satisfatório, impedindo a evaporação de água da mistura, garantindo também, uma temperatura favorável ao concreto durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes, de modo que seja possível desenvolver as propriedades desejadas. A atividade de cura se resume no cobrimento da peça concretada com água por um tempo mínimo, que será função da relação a/c e do tipo de cimento utilizado. As características superficiais são as mais afetadas por uma cura mal executada como a presença de

ISBN: 978-85-65425-32-2

fissuração, a permeabilidade e a carbonatação. A Figura 3 ilustra uma fissura nos elementos estruturais.

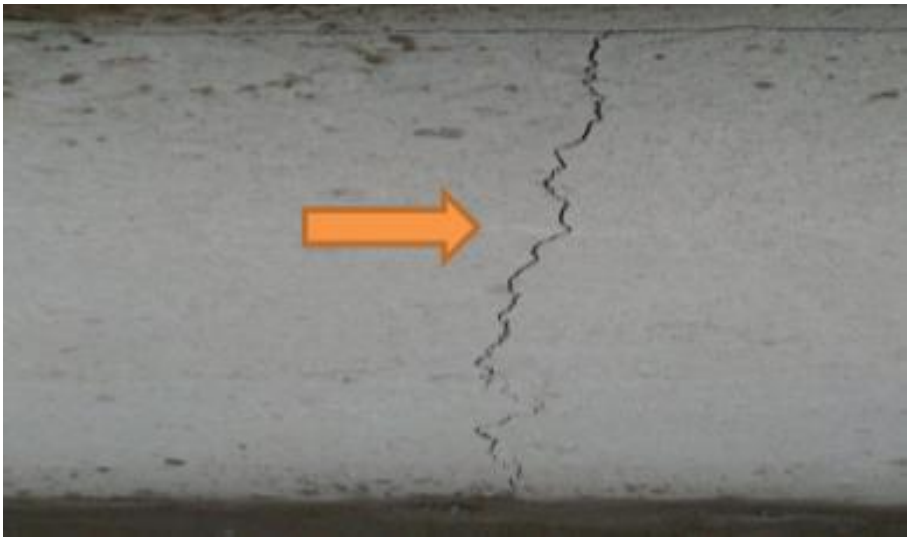


Figura 3 –Fissuras nos elementos estruturais

Podemos identificar a presença de corrosão das armaduras proveniente da sua exposição ao ambiente externo agressivo pela falta de cobrimento suficiente (Figura 4). Esse problema foi ocasionado devido à falta de espaçadores que tem a função de garantir o cobrimento mínimo das armaduras. A solução para essa patologia também é a aplicação de graute nos locais afetados. Vale salientar que a presença de espaçadores nas armaduras é essencial para garantir uma maior durabilidade e vida útil da armadura pois garante a proteção necessário para o ambiente em que o elemento esta exposto.

Figura 4 –Corrosão das armaduras de uma viga da escola

ISBN: 978-85-65425-32-2

A Obra B localizada na cidade de Ipanguaçu possui a idade aproximadamente de 20 anos segundo população local e não atende mais a população com a distribuição de água há alguns anos.

A Figura 5 indica uma serie de manifestações patológicas. Destaca-se a presença de muitas manchas de corrosão, infiltração e eflorescência nas paredes do reservatório. Essas patologias foram causadas pelo ambiente agressivo, e pela falta de impermeabilização, o que permitiu a infiltração da agua por todo reservatório, desencadeando uma serie de problemas, a eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam. A solução mais indicada para esse caso é um estudo aprofundado para identificar todas as causas desse conjunto de patologias, para ser feito posteriormente um reforço estrutural e impermeabilização, a solução adota pelas autoridades competentes nesse caso foi à interdição e desativação desse reservatório.

Figura 5 –Manchas e Eflorescência

O concreto dos pilares e das vigas do reservatório apresentam manifestações patologicas definidas como desplacamento (Figura 6),que é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 –Desplacamento do concreto e corrosão das armaduras

Outra patologia presente na Figura 6 é a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, que é um processo de deterioração da fase metálica existente, que consequentemente provoca a perda de seção das barras de aço e concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto as quais acabam fissurando o concreto e sequencialmente lascando-o e destacando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressores, o que acelera ainda mais o processo corrosivo.

A Obra C refere-se a uma Unidade Escolar de Construção Infantil. A classe de agressividade a que esta exposta a Obra C é a classe II por se tratar de um ambiente urbano distante a aproximadamente 100 km da zona marinha.

As patologias presente na Unidade Escolar foram desplacamento do concreto da viga em balanço, manchas na laje e fissuras nos pilares. Esse desplamento mostrado na Figura 7 é a desagregação ou perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção.

Figura 7 –Desplacamento do concreto de uma viga em balanço

ISBN: 978-85-65425-32-2

As manchas são provenientes da infiltração da laje, devido a falta de impermeabilizante o que seria uma solução para esse problema. Por ultimo temos as fissuras que são superficiais mais podem servir de porta de entrada para patologias mais graves.A Figura 8 ilustra as manchas e as fissuras.

Figura 8 –Manchas na laje e Fissuras no Pilar

O Centro de Referência e Assistência Social foi identificado como Obra D e se encontra em fase final, porém já apresenta algumas patologias provenientes de vícios construtivos.

A Figura 9 indica um problema de fissuras inclinadas nos vértices das esquadrias. Apesar dessas fissuras atingirem a alvenaria, a origem dessa patologia é a ausência de elementos estruturais que são as vergas e as contravergas que são posicionadas nas partes superior e inferior das esquadrias.

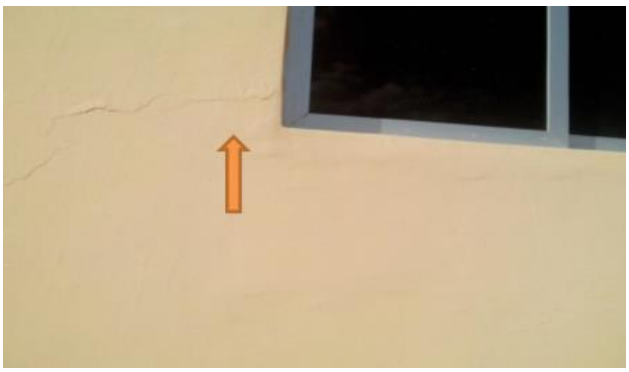


Figura 9 –Fissuras inclinadas nos vértices inferiores da esquadria

5. Conclusões

Pode-se observa dos resultados apresentados que a manifestação patológica mais ocorrente foi as fissuras (34% dos casos). Essas também têm consequências graves na durabilidade das estruturas, pois são portas de entrada de água e agentes agressivos para o interior da massa de concreto, fazendo com que os fenômenos de degradação, como, por exemplo, a corrosão de armaduras aumente significativamente.

A corrosão de armaduras (27% dos casos) também foi uma manifestação patológica bastante incidente. A origem desta está ligada principalmente a procedimentos

ISBN: 978-85-65425-32-2

inadequados estabelecidos tanto na etapa de projeto, como por meio da falta de especificação de um cobrimento adequado das armaduras e da dosagem do concreto deficiente, quanto na etapa de execução, por falta de cuidado durante a produção da estrutura de concreto.

Por meio das análises realizadas o grande responsável pela geração de manifestações patológicas nesse estudo de caso, foi a deficiência da mão de obra, com 42% as falhas de execução acaba virando a grande vilã das obras, fazendo com que as patologias se manifestem mesmo antes da obra ser concluída, isso se deve a falta de controle de qualidade dos responsáveis técnicos e da mão de obra de pouca ou baixa qualidade. Em segundo lugar no ranking está os erros de projeto com 26%, esses erros podem ser causados pelo detalhamento insuficiente, por falta de compatibilização entre projetos, ou pela ausência de elementos construtivos como o caso da vergas e contravergas, gerando fissuras inclinadas nos vértices das aberturas de paredes. Logo em seguida temos as infiltrações com 16%, essas são causadas por fatores externos, as intempéries, e a falta de impermeabilização de áreas molhadas. As demais causas são o ambiente agressivo com 10% e os materiais com 6%

Portando conclui-se que a maioria dos danos que ocorreram nas estruturas poderia ser reduzida caso houvesse um efetivo controle de qualidade e fiscalização durante o processo construtivo, aliado a um programa de manutenção preventiva das estruturas de concreto armado.

Referências Bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BOTELHO,H.C.; MARCHETTI,O. Concreto armado eu te amo, v.1. 6ª edição. Editora Blucher, São Paulo, 2010.

CÁNOVAS, Manuel F. Patologia e Terapia do Concreto Armado. Ed. Pini Ltda. São Paulo, 1988.

CASCUDO, O. Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.1, Cap. 35.

CAVACO, Jonas Rodrigo Zimmermann. PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. 2008. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2008.

CLIMACO, J.C.T.S. Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. Editora Universidade de Brasília: Finatec, Brasília, 2005.

ISBN: 978-85-65425-32-2

FERREIRA, B. B. D. Tipificação de patologias em revestimentos argamassados. 2010. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FIGUEIREDO, ENIO PAZINI. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações, IBRACON, Cap. 27, p.829 – 855, V. 2, ed. Geraldo C. Isaia, São Paulo. 2005.

HELENE, P. (1992). Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo. Editora PINI.

LAPA, J.S. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto. Escola de Engenharia da UFMG. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

MARCELLI, M. Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras - São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, F. A. S. Avaliação do teor de íons cloreto no ar atmosférico da praia de futuro em Fortaleza/CE. Monografia. Universidade Federal do Ceará, 2011.

SILVA, Luiza Kilvia da. LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NO ESTADO DO CEARÁ. 2011. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

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

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

RECALQUE POR COLAPSO DO SOLO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Collapse Settlements And Pathological Emergimento

Ana Patrícia Nunes BANDEIRA[1], João Barbosa de SOUZA NETO[2], **José Igor Dias ROLIM[3]**

[1] UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, ana.bandeira@ufca.edu.br

[2] UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, joao.barbosa@ufca.edu.br

[3] Discente da UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, igor_rolim@yahoo.com.br

Resumo: O bom desempenho de uma obra se refere à estabilidade, funcionalidade e a durabilidade. No que se diz respeito a fundação de uma edificação, quando a mesma não é projetada adequadamente, podem ocorrer recalques imprevistos, tendo por consequências, os surgimentos de patologias e comprometimento da durabilidade da obra. Esse processo é resultado da interação solo-estrutura (ISE). Para a elaboração de um projeto de fundações recomenda-se a realização de uma investigação geotécnica, por meio de ensaios de campo e de laboratório. Em solos não saturados, os ensaios de expansibilidade e de colapsibilidade são imprescindíveis. Fundações diretas assentadas em solos colapsíveis podem apresentar bom comportamento por algum tempo, mas sofrer uma recalque brusco devido ao aumento da umidade. Este trabalho apresenta a importância do conhecimento adequado do solo não saturado, apresentando um estudo de caso de edificações com patologias associadas ao colapso do solo. A área de estudo trata-se de uma edificação pertencente a um condomínio localizado na cidade do Crato (Ceará), Brasil. O condomínio é constituído por 18 unidades, apresentando fraturas desde leves a moderadas. Uma investigação geotécnica foi realizada em amostras coletadas da área. O solo apresentou-se ter textura argilo-siltosa, de consistência média, com 9 golpes no SPT no primeiro metro de profundidade, onde localizam-se as sapatas. Apesar do solo ter apresentado uma tensão admissível superior a tensão transmitida pela obra, o mesmo tem comportamento colapsível, com potencial de 12,8% na tensão da obra, considerado de “problema grave” na classificação de Jennings e Knight (1975). Os resultados da investigação geotécnica mostraram que os recalques adicionais devido ao colapso do solo contribuiu para a ocorrência das fraturas nas edificações do condomínio. Este fato reforça a importância da comunicação entre os projetistas estruturais e os engenheiros de fundações, no que se refere ao comportamento das resistências dos materiais na interação solo-estrutura.

Palavras-chave: Patologia, Fraturas, Solos Colapsíveis, Fundações

Abstract: The good performance of a building refers to stability, functionality and durability. In what concerns the foundation of a building, when it is not designed properly, unforeseen repressions can occur, with consequences, the emergence of pathologies and compromise of the durability of the building. This process is the result of Soil-

ISBN: 978-85-65425-32-2

Structure Interaction. For the preparation of a foundation project it is recommended a geotechnical investigation, through field and laboratory tests. In unsaturated soils, the expansibility and collapsibility tests are essential. Direct foundations in collapsibles soils may to present good behavior for some time, but suffer a abrupt settlements due to increased moisture content. This paper presents the importance of adequate knowledge of unsaturated soil, presenting a case study of buildings with pathologies associated with collapsibles soils. The study area is a building belonging to a condominium located in the Crato (Ceara), Brazil. The condominium consists of 18 units, with fractures varying from mild to moderate. A geotechnical characterization was carried out on samples collected from the area. The clay-silty soil presented a medium consistency with 9 strokes in SPT in the first meter of depth, where the foundations are located. Although the soil presented a admissible stress higher than the stress transmitted by the build, it has collapsibles behavior, with a potential of 12.8% in the stress of the build, considered a "serious problem" by Jennings and Knight (1975) criterion. Results of the geotechnical characterization showed that the additional settlements due to soil collapse contributed to the occurrence of fractures in buildings of the condominium. This fact reinforces the importance of communication between structural designers and foundations engineers, regarding the behavior of the resistances of materials in the Soil-Structure Interaction.

Keywords: Pathology, Fractures, Collapsibles Soils, Foundations

1. Introdução

Em toda obra de engenharia é esperado pelo cliente/usuário que a mesma tenha um bom desempenho, principalmente na fase de utilização. Quando a obra apresenta um comportamento inesperado, fora dos padrões das normas, é dito que não apresenta bom desempenho e precisa ser revista. O bom desempenho de uma obra se refere à estabilidade, funcionalidade e a durabilidade. A estabilidade é a capacidade da estrutura suportar solicitações; a funcionalidade é a capacidade de atender aos seus fins quando em uso; e a durabilidade, a capacidade da estrutura ter estabilidade e funcionalidade durante a sua vida útil (Gusmão Filho, 2006).

Tanto as solicitações quanto as resistências dos materiais envolvidos num projeto de edificação apresentam possibilidades de variação de valores decorrente de várias incertezas. No caso de obras geotécnicas as incertezas são muito diversas, desde a identificação dos solos até a formulação dos modelos. Os projetos e construção de obras geotécnicas quererem investigações e estudos específicos, de forma que os resultados obtidos garantam o desempenho adequado da obra para um prazo superior a cinco anos, que é o prazo legal para responsabilidade civil do engenheiro (Gusmão Filho, 2006).

A NBR 6122/2016, que se refere a Projeto e Execução de Fundações recomenda, além de uma investigação geotécnica preliminar, a realização de investigação complementar, por meio de ensaios de campo e de laboratório, estando entre eles os ensaios de expansibilidade e de colapsibilidade em caso de execução de projeto em solos não saturados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A colapsibilidade dos solos trata-se de um recalque suplementar brusco e de proporção significativa, quando um determinado solo não saturados é submetido a um aumento do grau de saturação (umedecimento). Cintra e Aoki (2011) relatam que os solos que apresentam esse comportamento são denominados de solos colapsíveis. Esses tipos de solo são, muitas vezes, causadores de vários danos ocorridos em edifícios, barragens e outros tipos de obras, apresentando problemas que vão desde pequenas fissuras até mesmo ao colapso total da obra. Se os danos em obras devidos a recalques imediatos e por adensamento são inúmeros, em solos saturados, a ocorrência de edificações apresentando patologias associadas a recalque (deslocamento vertical descendente de uma fundação) por colapso têm sido muito frequente no semiárido do nordeste brasileiro. Neste sentido uma investigação geotécnica específica é essencial para se obter um bom desempenho da obra e minimizar as incertezas. É neste contexto que este trabalho foi elaborado, na intenção de apresentar a importância do conhecimento adequado do comportamento do solo não saturado e de sua interação com a estrutura. Também apresenta o estudo de um caso de obra com patologias associadas ao colapso do solo.

2. Solos Colapsíveis

O solo colapsível está sempre associado a depósitos de origem recente, em regiões de clima árido e semi-árido. Tais regiões caracterizam-se pelas altas taxas de evapotranspiração sempre superiores à pluviosidade. Nas regiões onde se alternam estações secas e de precipitação alta surgem condições favoráveis à lixiviação de finos dos horizontes superficiais, originando solos com estrutura porosa (Benvenuto, 1982).

O colapso é o termo utilizado para os recalques adicionais de uma fundação devido ao umedecimento de um solo não saturado, normalmente sem aumento nas tensões aplicadas (Jennings e Knight, 1975). Segundo Vilar (1979), existem solos colapsíveis que, ao serem inundados, entram em colapso apenas pelo peso próprio da camada, esses solos são denominados como verdadeiramente colapsíveis por Reginatto; Ferrero (1973). Existem outros solos que requerem uma sobrecarga adicional para que o fenômeno de colapso ocorra, recebendo a denominação de solos “condicionalmente colapsíveis”, sendo os mais comuns.

Fundações diretas assentadas em solos colapsíveis podem apresentar bom comportamento por algum tempo, porém, podendo apresentar considerável recalque em períodos de chuvas intensas, vazamentos de tubulações enterradas etc, provocando trincas e fissuras acentuadas (Cintra, 1998).

A identificação de solos com comportamento colapsível passa a ser uma etapa importante na elaboração de um projeto, podendo vir a resultar mal desempenho de uma obra caso não seja considerado nesta etapa. De acordo com Ferreira (1995), os métodos de identificação de solos colapsíveis podem ser divididos em dois grupos: métodos diretos e métodos indiretos. Os métodos indiretos utilizam os índices físicos, limites de consistência ou parâmetros ligados à textura do solo, obtidos a partir de ensaios de laboratório, e também utilizam ensaios de campo para identificar a potencialidade ao colapso do solo, sendo a informação apenas orientativa (Bandeira *et al.,* 2015).

ISBN: 978-85-65425-32-2

O grupo dos métodos diretos baseia-se na medida do potencial de colapso por meio de ensaios de laboratório ou de campo. O potencial de colapso pode ser definido como a deformação do solo resultante do processo de umedecimento. Em laboratório, os ensaios edométricos têm sido os mais empregados, destacando-se os edométricos simples, onde o corpo-de-prova é carregado até determinada tensão (normalmente a tensão admissível do solo) e, em seguida, após a estabilização das deformações, o solo é inundado. As deformações decorrentes da inundação são registradas até a estabilização, obtendo-se o potencial de colapso. No campo o procedimento mais empregado é a realização de ensaios de placa, envolvendo o carregamento e inundação do solo. A utilização do Expansocolapsômetro, idealizado inicialmente por Ferreira e Lacerda (1993) tem sido promissora. Trata-se de um ensaio de placa em miniatura, realizado em um furo aberto a trado. Consiste em avaliar os colapsos dos solos em campo, em diferentes profundidades do perfil geotécnico.

Outro procedimento que merece registro foi apresentado por Dourado e Coutinho (2006) e Dourado *et al.* (2007). Trata-se do ensaio pressiométrico duplo, onde se obtém uma curva pressiométrica com o solo na umidade natural e outra com o solo previamente inundado. A diferença das deformações entre as duas curvas fornece o potencial de colapso pressiométrico. Este procedimento foi empregado no solo colapsível de Petrolândia (PE), estudado por Souza Neto (2004), apresentando boa consistência com os ensaios de laboratório.

Com relação aos critérios de identificação baseado no potencial de colapso do solo (PC), Vargas (1978) considera que um solo é potencialmente colapsível quando o valor de PC é maior que 2%. Jennings e Knight (1975) sugerem cinco classes para o potencial de colapso (PC) dos solos, de acordo com a gravidade dos problemas em uma obra, as quais estão descritas no Quadro 1. Ainda segundo esses autores, a proposta é válida para tensão de inundação de 200 kPa; no entanto, Souza Neto (2004) sugere a extensão dessa proposta para qualquer nível de tensão.

Quadro 3- Classificação da colapsibilidade em obras de engenharia, segundo Jennings e Knight (1975)

PC (%)	Gravidade dos problemas
0 a 1	Sem problema
1 a 5	Problema moderado
5 a 10	Problemático
10 a 20	Problema grave
>20	Problema muito grave

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Interação Solo-Estrutura e Danos em Edificações

3.1 Interação Solo-Estrutura (ISE)

O processo de interação solo-estrutura nada mais é do que a influência recíproca gerada entre a superestrutura e o sistema de fundação (fundação e solo), iniciando-se ainda na fase de construção e estendendo-se até que seja obtido um estado de equilibrio: tensões e deformações estabilizadas, tanto da estrutura como do maciço de solos (Colares, 2006).

Na grande maioria das vezes, a estrutura de uma obra é calculada separada da fundação, não havendo uma interface entre o projetista estrutural e o projetista de fundações, o que acaba por dividir a edificação em superestrutura – parte acima do solo – e infraestrutura – parte enterrada. Desta forma, o projetista estrutural analisa e calcula o edificio considerando-o sobre base indeslocável, enquanto o engenheiro de fundações trata da estrutura de fundação e do solo, não havendo um trabalho conjunto entre os mesmos (Iwamoto, 2000).

As reações de apoio de uma estrutura estão relacionadas com as condições particulares do maciço sobre o qual será construída. Logo, não se deveria simplesmente desprezar a deformabilidade proporcionada pelo solo, uma vez que os resultados obtidos, considerando a presença do maciço, podem diferir de forma significativa quando comparados ao método simplista de base indeslocável (Reis, 2000). Logo, a região de solo que circunda as fundações não é indeformável como se costuma considerar e sim, os apoios sofrem deformações quando submetidos à aplicação de cargas, fazendo com que as estruturas recalquem, gerando uma redistribuição de esforços nos elementos estruturais (Antoniazzi, 2011).

A consideração da interação solo-estrutura permite ao calculista estimar os efeitos desta redistribuição de esforços nos elementos estruturais, assim como a forma e a intensidade dos recalques diferenciais, contribuindo para a obtenção de projetos mais eficientes e confiáveis (Iwamoto, 2000). Amenizando-se os recalques diferenciais, muitos problemas e patologias podem ser evitados e/ou ao menos suavizados. Marcelli (2010) relata que toda fundação recalca, porém na grande maioria das obras esses recalques são redistribuídos através do processo da interação solo/estrutura e passam despercebidos quando os recalques estão dentro da faixa aceitável diferindo daqueles previamente calculados.

Normalmente o processo nos escritórios consiste em, de um lado, o projetista de estruturas, desenvolvendo o projeto do edifício com a hipótese de apoios indeslocáveis e, do outro lado, o projetista de fundações considerando as ações dos apoios recebidas e projetando fundações, de mandeira que seus deslocamentos sejam compatíveis com a estrutura (superestrutura), não ocasionando danos que comprometam a estabilidade, a utilização ou a estética. Com isso, não são considerados os efeitos da rigidez da estrutura, bem como a sequência e o processo constrututivo, isto é, considera-se a estrutura já pronta, embora se saiba que as cargas são aplicadas progressivamente, ao longo da construção do edifício. Logo o que acaba por ocorrer nos projetos reais é o desprezo deste mecanismo de consideração da Interação Solo-Estrutura (ISE) (Antoniazzi, 2011).

No entanto para se projetar deve-se considerar a deformabilidade do solo nos projetos estruturais, e isto exige conhecimentos tanto da área de Estruturas como da área de

ISBN: 978-85-65425-32-2

Geotecnia (ensaios e métodos de avaliação de capacidade de carga do solo e métodos de previsão de recalques). Devido a isto é necessária a integração entre projetistas de fundação e de estruturas.

Na prática, pode-se verificar que o solo quando subetido ao carregamento de um edifício não apresenta um comportamento conforme concebido nos projetos, mas sim, sofre deformação. Esta pertubação gera uma alteração no fluxo de cargas da estrutura, e assim, os valores dos esforços nos elementos estruturais acabam por ser modificados. Devido a essa redistribuição de esforços, podem ocorrer fissurações em vigas e lajes, bem como esmagamento de pilares. Logo, o desempenho estrutural de uma edificação está vinculado à interação entre seus elementos e o solo (Holanda Jr, 1998).

Essas fissuras ocorrem devido às distorções angulares resultantes dos recalques diferenciais, definidos como a razão da diferença de recalques entre dois apoios sucessivos e a distância entre eles. Distorções angulares de 1/300 é tida como o limite para iniciar as primeiras fissuras.

A interação solo-estrutura se trata da relação entre a estrutura, as fundações e o solo. Antoniazzi (2011) relata que esta interação tem início na fase inicial da construção e se estende até que haja uma situação de equilíbrio, isto é, quando as tensões e deformações tanto na estrutura como no solo já estiverem estabilizadas. O problema ocorre quando os recalques adicionais não são previstos anteriormente, como os recalques por colapso, que ocorrem devido ao umedecimento do solo sem aumento das tensões. Se as patologias já ocorrem durante a construção, com a redistribuição dos esforços devido aos recalques admissíveis, os recalques por colapso podem ocorrer após a construção da obra e ocasionar sérios danos as edificações. Compatibilizar as deformações na ISE resulta numa tendência de uniformização de recalques, a depender da rigidez do conjunto solo-estrutura. Com esta redução da curvatura da deformada de recalques, as distorções angulares da edificação também são reduzidas, evitando, muitas vezes, o aparecimento de danos por fissuramento.

A estimativa dos recalque pode ser feita através de métodos conhecidos na literatura para a previsão de recalques, como a teoria da eslaticidade, método da camada finita, método de Schmertmann, método de Aoki-Lopes, método de propagação de tensões, entre outros, ou ainda métodos experimentais (Antoniazzi, 2011). Gusmão Filho (1998) afirma que na prática, em edificações de porte médio a alto (acima de 8 pavimentos), a rigidez do conjunto solo-estrutura pode contribuir para reduzir de 30 a 60% os recalques e as distorções angulares estimadas convencionalmente. Danziger el tal (2000) destacam a importância da incorporação do monitoramento de recalques desde a fase inicial da construção, visando garatir o controle e o desempenho das fundações, visto que a medição de recalques ocorrem com maior frequência quando os problemas aparecem visualmente ou quando passam a afetar a funcionalidade do edifício.

3.1.1 - Capacidade de Carga e Tensão admissível

A capacidade de carga, contra a ruptura, de uma fundação, é aquela que, aplicada a mesma, provoca o escoamento do solo que lhe dá suporte ou do próprio elemento de

ISBN: 978-85-65425-32-2

fundação (Alonso, 2003). Com relação a tensão admissível, a NBR 6122:21010 define como sendo a tensão adotada em projeto que, aplicada ao terreno pela fundação superficial ou pela base de tubulão, atende com coeficientes de segurança pre-determinados, aos estados limites últimos (ruptura) e de serviço (recalques, vibrações, etc). Para fundações profundas em estacas, onde a transferência de carga se dá pela base e pelo atrito lateral, essa mesma norma refere-se à carga admissível.

Os solos colapsíveis, em condições de baixo teor de umidade, apresentam uma espécie de resistência aparente. Quanto mais seco o solo colapsível, maior a sucção e, implicitamente, maior a capacidade de carga da fundação. Em contraposição, quanto mais úmido, menor a sucção e, em consequência, menor a capacidade de carga até o extremo de solo inundado, ou sucção nula, em que a capacidade de carga atinge o seu valor máximo (Cintra *et al.,* 2011).

A NBR 6122:2010 apresenta três métodos de determinação da tensão admissível, sendo eles: a) Prova de Carga sobre Placa; b) Métodos Teóricos; e c) Métodos Semi-empíricos. O Ensaio de Prova de Carga em Placa, segundo Décourt & Quaresma Filho (1996) *apud* Antoniazzi (2011), é a maneira mais adequada para obter as características de carga-recalque das fundações, porém não possui utilização frequente devido a fatores como o alto custo e longo período de tempo para sua execução. A interpretação dos resultados de uma prova de carga em placa deve atender aos critérios de segurança contra a ruptura e recalques excessivos, sendo estes requisitos básicos em qualquer projeto de fundações.

Interpretações do Ensaio de Prova de Carga em Placa, para a obtenção da tensão admissível, quando a curva tensão-recalque evidencia ou não a ruptura são apresentadas por Cintra, Aoki e Albiero (2011). Primeiramente, a tensão admissível (σ_a) é obtida mediante a aplicação de um fator de segurança igual a 2,0 em relação ao valor da tensão de ruptura (σ_r). Visando satisfazer o critério de recalque, aplica-se um fator de segurança igual a 1,5 à tensão que provoca o recalque máximo ($\sigma_{pmáx}$), ou então, determina-se a tensão correspondente ao recalque admissível.

A NBR 6122:2010 relata que os métodos teóricos podem empregar métodos analíticos (teoria de capacidade de carga) nos domínios de validade de sua aplicação, que contemplem todas as particularidades do projeto, inclusive a natureza do carregamento (drenado ou não drenado). Dentre os métodos teóricos destacam-se Terzaghi, Vesic, Skempton e Meyerhof. Já os métodos semi-empíricos são os que relacionam os resultados de ensaios com as tensões admissíveis dos solos, devendo ser observado o domínio de validade das aplicações e as limitações regionais. A tensão admissível corresponde a tensão de ruptura dividida por um fator de segurança igual a 3 (Equação 1). Para sapatas retangulares apoiadas na superfície de solos puramente argilosos, a tensão de ruptura pode ser obtida pelo método de Skempton (1951), sendo o produto entre a coesão do solo e o fator Nc corrigido, no valor de 6 (Equação 2). A coesão, por sua vez, pode ser obtida pela correlação empírica com Nspt, apresentada por Teixeira; Godoy (1996) (ver Equação 3). Considerando esses métodos, a tensão admissível em MPa resulta da relação entre o Nspt e o valor 50 (Equação 4), sendo uma correlação bastante empregada na prática brasileira.

ISBN: 978-85-65425-32-2

$\sigma_{adm} = \sigma_{rup}/3$ (MPa) (1)

$\sigma_{rup} = c.Nc$ (MPa) (Nc=6 para solo argiloso) (2)

$c = 0,01.Nspt$ (MPa) (3)

$\sigma_{adm} = Nspt/50$ (MPa) (4)

Apesar da utilização da Equação 4 ser muito rotineira, a sondagem spt não identifica do comportamento colapsível do solo. No Campus da UFCA, em Juazeiro do Norte, por exemplo, uma sondagem SPT realizada no período seco da região apresentou índice de penetração igual 8 golpes no primeiro metro de profundidade em um solo areno-siltoso. Utilizando a Equação, corresponderia a uma tensão admissível de 160 kPa. Este mesmo solo foi submetido a outra sondagem no período chuvoso, apresentando índice de penetração igual a 2 golpes na mesma profundidade, ou seja, a tensão admissível teria reduzido para 40 kPa, correspondente a 25% da obtida no período seco. Uma prova de carga realizada por Landim (2017) no período seco, resultou em recalque da ordem de 3,0 mm para uma tensão de 320 kPa, ou seja, duas vezes a tensão admissível estimada. Em outro ensaio, o solo carregado até a tensão de 160 kPa e, após a estabilização dos recalques, o solo foi inundado, resultando em um recalque adicional da ordem de 82 mm. Ensaios edométricos simples realizados em corpos de prova moldados a partir de amostras indeformadas coletadas nesta área apresentou potencial de colapso de 13% quando foi inundado na tensão de 160 kPa, vindo a ser classificado como colapsível pelo critério de Vargas (1978) e de problema grave pelo critério de Jennings e Knight (1975).

3.2 Manifestações Patológicas

As edificações podem apresentar diversas patologias, destacando-se: rachaduras, manchas, deslocamentos, deformações e rupturas. Os problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando o período de aparição e/ou a forma de manifestação.

As fraturas, por exemplo, são manifestações patológicas muito presente em obras que sofrem recalques por colapso. Elas podem ser observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a fratura provocando uma abertura. Segundo Gusmão Filho (2016), fraturas com abertura quase imperceptível a olho nu podem ser chamadas de fissura; se a abertura tiver espessura entre 10 a 20 mm é chamada de fenda e se a abertura estiver acima de 20 mm pode ser chamada de rachadura. Segundo Thomaz (1989) *apud* Gusmão Filho (2006), o surgimento de fraturas, mesmo que na classe de fissura ou fenda, pode indicar potenciais problemas estruturais, que poderão comprometer o desempenho da edificação e causar constrangimento psicológico aos usuários. O Quadro 2 apresenta uma classificação e descrição do dano em relação a abertura das fraturas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 - Classificação das fraturas (Jennings e Kerrich, 1962)

CLASSE DO DANO	DESCRIÇÃO DO DANO	ABERTURA DAS FRATURAS EM mm
Desprezível	Trincas capilares	< 0,1
Muito pequeno	Trincas estreitas de fácil reparo; Trincas na alvenaria externa, visíveis sob inspeção detalhada	< 1
Pequeno	Trincas facilmente preenchidas; Várias fissuras pequenas no interior dos edifícios; Trincas externas visíveis e sujeiras à infiltração; Portas e janelas emperrando um pouco nas esquadrias.	< 5
Moderado	Fechamento das trincas requer significativo preenchimento, talvez seja necessária a mudança de pequenas áreas de alvenaria externa, substituindo-as; Portas e janelas emperradas; Redes de utilização podem estar interrompidas.	5 a 10 mm ou várias trincas com mais de 3 mm
Severo	Necessidade de reparos, fazendo remoção de pedaços de parede especialmente portas e janelas; Esquadrias de portas e janelas bastante fora de esquadro; Paredes fora de prumo, com eventual deslocamento de vigas de suporte; Utilidades interrompidas	15 a 20 mm e também em função do número de trincas
Muito severo	Reparos significativos envolvendo reconstrução parcial ou total; Paredes requerem escoramento; Janelas quebradas; Perigo de instabilidade	Usualmente > 25 mm e em função do número de trincas

Fonte: Gusmão Filho, (2006).

Ainda segundo Gusmão Filho (2006), os danos causados em edificações podem ocorrer devido a quatro grandes causas: carregamento, variação de umidade, métodos de construção e condições ambientais. Dentre essas causas, a variação de umidade, devido ao efeito sazonal, compromete a estrutura assentada em solos colapsíveis.

A ocorrência de solos estruturalmente instáveis, como o solo colapsível, não fica bem evidenciada por meio de sondagens de simples reconhecimento com ensaio de penetração (SPT). Valores elevados do índice de penetração (Nspt) em solos colapsíveis estão associados à baixa umidade natural do solo ou altas sucções (Ferreira *et al.,* 1998). Supondo que o solo não seja colapsível, projeta-se a fundação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Durante o período chuvoso, a mesma sondagem pode vir a apresentar índices de penetração bem inferiores, o que resultaria em tensões admissíveis bem inferiores, o que poderá acarretar em recalques de colapso, caso a fundação tenha sido projetada com resultados de sondagens realizadas no período seco e o solo venha a ser, posteriormente, umidecido. Fundações projetadas em solos colapsíveis, sem antes ter sido identificado o caráter especial do solo, ficam sujeitas a recalques elevados, que podem trazer sérios danos à obra (Gusmão Filho, 2006).

4. Estudo de Caso

O município do Crato, sul do estado do Ceará, Nordeste do Brasil (Figura 1) apresenta clima do tipo tropical semiárido. Neste município, diversas edificações vêm apresentando manifestações patológicas devido ao recalque brusco por colapso do solo. É o caso das edificações pertencentes ao condomínio denominado Vista do Araripe. O condomínio é constituído por 18 unidades, com edificações de dois pavimentos de alto padrão, com área construída de 224,74m², em terreno de 277,75m² (Figuras 2 e 3). Estima-se que a obra transmite ao solo uma tensão de 120 kPa.

A maioria das edificações pertencentes ao condomínio apresentam patologias. As edificações apresentam diversas fraturas verticais e horizontais, desde leve a moderada. As fraturas ocorrem nas paredes e pisos. Fraturas de até 3 cm (rachaduras) foram identificadas na área. Os pisos das garagens apresentam fraturas de até 7 mm de abertura. No final da área do condomínio há rachaduras em diversos muros. Alguns moradores já deixaram suas residências por sentirem desconforto e insegurança na obra. As Figuras 4 a 7 explicitam as manifestações patológicas encontradas na área.

ISBN: 978-85-65425-32-2

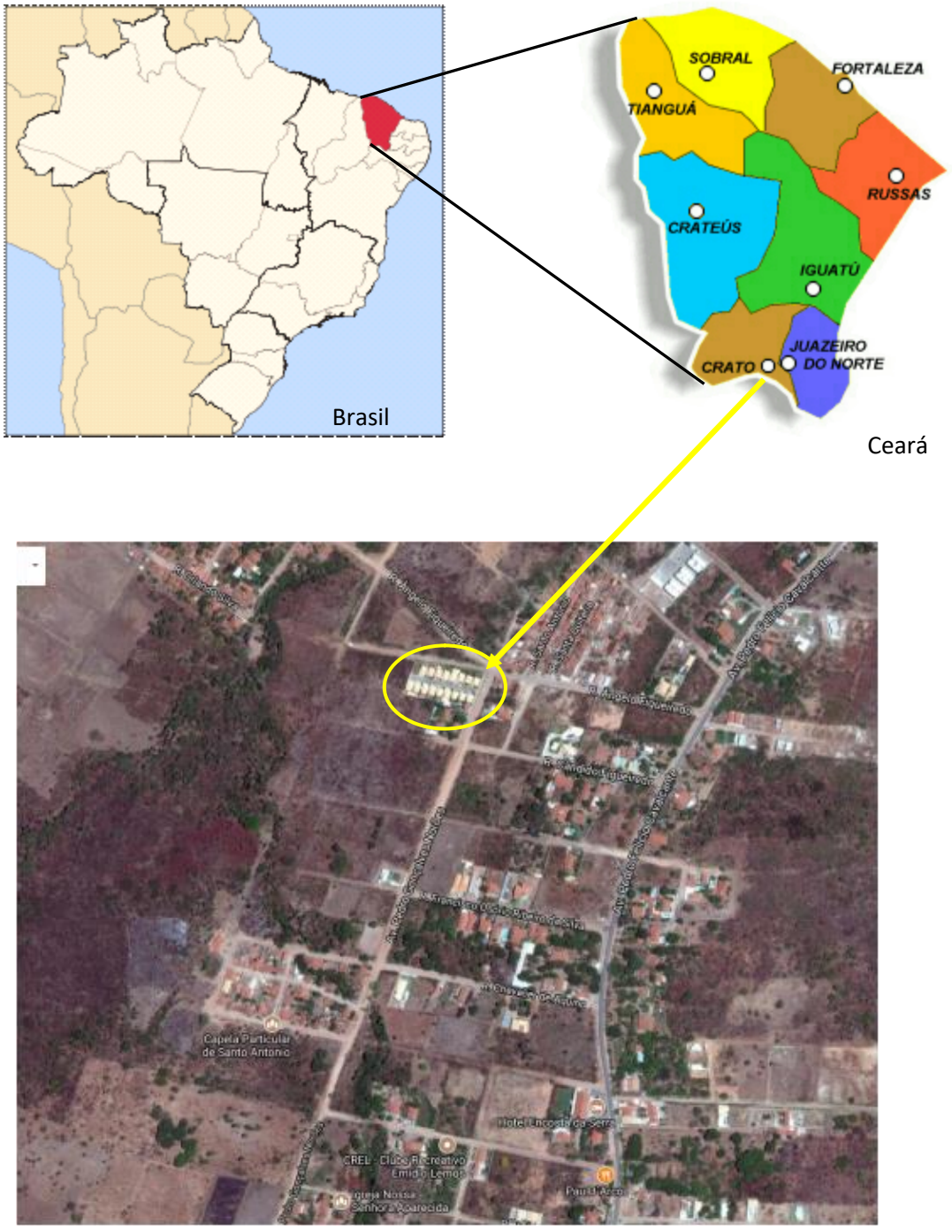


Figura 1 – Área de Estudo

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 – Planta de Situação do Condomínio Vista do Araripe

Figura 3 – Fachada frontal das Edificações

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 4 – Desprendimento de parede

Figura 5 – Fissura verticalizada

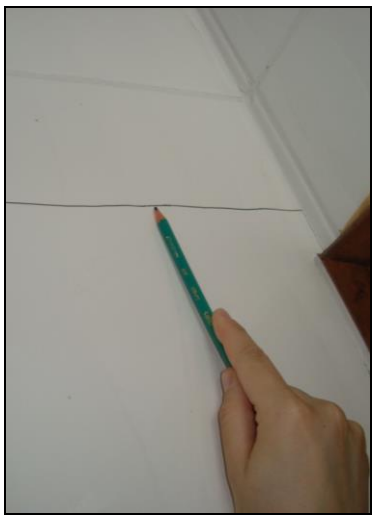


Figura 6 – Fissura em azulejo de banheiro

Figura 7 – Desprendimento da parede de lavatório com o piso

4.2 Resultados da Investigação Geotécnica

Para o entendimento do comportamento do solo da área de estudo foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo, para realização de ensaios de laboratório. As amostras foram retiradas no entorno das Casas 3, 9 e 14. Neste trabalho serão apresentados apenas os resultados de 01 amostra, relacionada à Casa 3.

A casa 3 está apoiada sobre fundação superficial do tipo sapata isolada, assentada numa profundidade de 0,50 m da superfície do terreno. O relatório das sondagens SPT realizadas próximas a Casa 3 apresenta um solo constituído por uma camada de aterro de 0,50m, seguido de uma camada de solo argilo-siltoso, de consistência média, com 2 m de espessura. O índice de penetração foi de 9 no primeiro metro, reduzindo para 5 no segundo metro de profundidade. Após essa profundidade a consistência passa a ser rija,

ISBN: 978-85-65425-32-2

com Nspt aumentando para 17 golpes, a partir de 3,0 m de profundidade. Utilizando a Equação 4 obtém-se uma tensão admissível de 180 kPa a 1,0 m de profundidade e de 100 kPa em 2,0 m.

Ensaios de compressão edométrica, realizados no solo indeformado (Figura 8), apresentou deformação de 3,0 % na tensão de 120 kPa, no solo na umidade natural da estação seca. Após a inundação nessa mesma tensão, observou-se uma deformação adicional (potencial de colapso) de 12,8%, vindo a ser classificado de solo colapsível pelo critério de Vargas (1978) e de “problema grave” na classificação de Jennings e Knigth (1975).

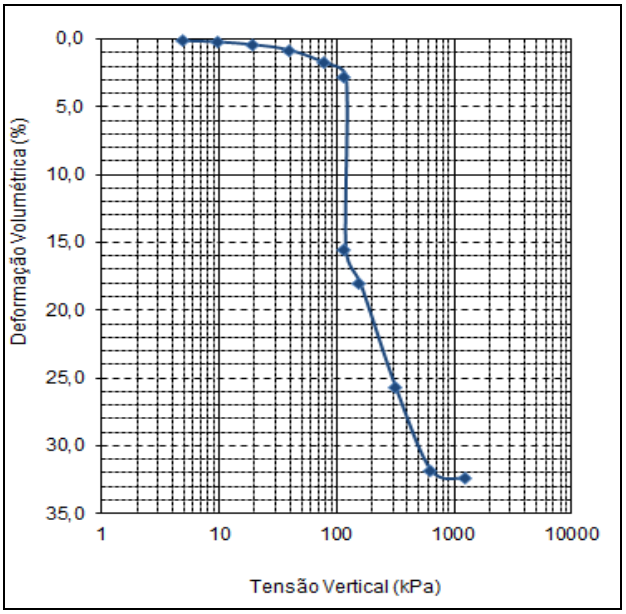


Figura 8 - Curva Tensão vertical x Deformação Volumétrica

5. Conclusões

O presente artigo mostrou que o entendimento adequado do comportamento do solo é importante para elaboração de projetos adequados de fundações, refletindo numa redução dos efeitos das manifestações patológicas. Solos não saturados, de potencial colapsível, podem apresentar elevada resistência a penetração na estação seca da região, mas ter sua capacidade de carga reduzida significativamente ao serem submetidos a um processo de umedecimento. Essa redução provoca recalques adicionais que podem causar efeitos patológicos nas edificações, que vão desde fissuras a rachaduras e até mesmo pode comprometer o uso da obra. Os resultados do presente trabalho mostraram que os recalques adicionais devido ao colapso do solo da área de estudo contribuiu para a ocorrência das fraturas nas edificações do condomínio. Este fato reforça a importância da comunicação entre os projetistas estruturais e os engenheiros de fundações, no que se refere ao comportamento das resistências dos materiais na interação solo-estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico - CNPq e Tecnológico e à Universidade Federal do Cariri - UFCA pelo apoio financeiro e de infraestrutura para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Alonso, U.R. (2003). Dimensionamento de Fundações Profundas.

Antoniazzi, J.P. (2011).Interação Solo-Estrutura de edifícios com fundações superficiais. Dissertação de mestrado da UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

Bandeira, A. P. N., Souza Neto, J. B.; Melo, C. E (2015). Avaliação do Colapso de Solos Não Saturados para Dimensionamento de Fundações Superficiais. Revista Fundações & Obras Geotécnicas. Ano 5, No 53.

Cintra, J.C.A., Aoki, N. (2011). Fundações Diretas: Projetos Geotécnicos. São Paulo: Oficina de textos.

Cintra, J.C.A (1998). Fundações em Solos Colapsíveis. São Carlos, EESCA/USP.

Cintra, J.C.A, Aoki, N., Albiero, J.H. (2003) Tensão admissível em fundações diretas. Editora Rima. São Carlos, 142p, 2003.

Colares, G.M. (2006) Programa para análise de interação solo-estrutura no projeto de edifícios. Dissertação de mestrado da EESC da USP. São Carlos, SP, 2006.

Danzinger, F.A.B., Danziger, B.R., Crispel, F.A. (2000) A medida dos recalques desde o início da construção como um controle de qualidade das fundações. In: IV SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 2000, São Paulo. Anais...São Paulo, v.1, p191-202, 2000

Dourado, K.C.A., Coutinho, R.Q. (2006) Avaliação do Efeito do Umedecimento no Comportamento de um Solo Colapsível através do Pressiômetro Ménard. In: XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG, 2006, Curitiba. Anais do XIII COBRAMSEG, v. 2. p. 663-668. 2006.

Dourado, K.C.A., Souza Neto, J.B., Coutinho, R.Q. (2007) . Avaliação dos Métodos de Identificação e Classificação da Colapsibilidade do Solo Utilizados em uma Areia Colapsível Localizada em Petrolândia-PE. In: VI Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, 2007, Salvador. VI Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, 2007. v. 1. p. 123-132.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Ferreira, S. R. M (1995). Colapso e Expansão de Solos Naturais não Saturados Devido à Inundação. 379 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro.

Ferreira, S. R. M., Lacerda, W. A. (1993). Variações de Volume em Solo Colapsível Medidas Através de Ensaios de Laboratório e de Campo. Revista Solos e Rochas. Vol. 16, No 4, 1993.

Gusmão Filho, Jaime. (2006) Desempenho de obras geotécnicas. Recife. Ed. Universitária da UFPE, 2006.

Holanda Jr, O.G. (1998) Interação solo-estrutura para edifícios de concreto armado sobre fundações diretas. Dissertação de mestrado da EESC da USP, São Carlos, SP, 1998.

Iwamoto, R.K. (2000). Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda. Dissertação de Mestrado da EESC da USP, São Carlos, SP, 2000.

Jennings, J. E., Knight, K. (1975). A Guide to Construction on or with Materials Exhibiting Additional Settlement Due to a Collapse of Grain Structure. In: IV Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Durban, Proceedings...Rotterdam: A. A. Balkema. Vol 1. p. 99-105.

Landim, I.C. (2017). Análise do potencial de colapso do campo experimental da UFCA através de prova de carga em placa e do ensaio edométrico simples. Trabalho de conclusão de curso, UFCA, Juazeiro do Norte, CE, 2017.

Marcelli, Maurício (2010) – Sinistro na Construção Civil – Editora PINI, São Paulo, março 2010.

NBR 6122:2010 – Projeto e execuções de fundações.

Reis, J.H.C. (2006) Modelo de atrito estático em interfaces de contato entre concreto e areia. Tese de doutorado da EESC da USP. São Carlos, SP, 2006.

Reginatto, A.R.; Ferrero. (1973). Collapse Potential of Soils and Water Chemistry. Proceedings of the VIII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, vol. 2, p.177-183. 1973.

Skempton, A. W. (1951). The bearing capacity of clays. In: BUILDING RESEARCH CONGRESS, 1951, London. Proceedings...London: Building Research Congress, 1951. p. 180-189.

Souza Neto, J. B. (2004). Comportamento de um solo colapsível avaliado a partir de ensaios de labo ratório e campo, e previsão de recalques devidos à inundação (colapso). 2004. Tese – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Teixeira, A. H.; Godoy, N.S. (1996). Análise, projeto e execução de fundações rasas. In; HACHICH et. al. (eds.). Fundações: teroria e prática. São Paulo: PINI, 1996. cap. 7, p. 227-264.

Vilar, O.M. (1979). Estudo da Compressão Unidirecional do Sedimento Moderno (Solo Superficial) da Cidade de São Carlos. São Carlos, Dissertação (Mestrado em Geotecnia). EESC/USP, 1979.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DE PATOLOGIAS MANIFESTADAS DEVIDO A COMPOSIÇÃO DO MASSARÁ NO REBOCO DE CASAS DE UM CONJUNTO HABITACIONAL EM TERESINA-PI

Analysis of Manifested Pathologies due to the Composition of the Masonry in the Plaster of houses of a Housing Complex in Teresina-PI

Arlon OLIVEIRA[1], **Francisca** OLIVEIRA[2], **Marcelo** DIAS[3]

[1] Faculdade Santo Agostinho- FSA, Teresina, Brasil, arlonoliv@hotmail.com1

[2] UNINOVAFAPI ,Teresina,Brasil, francisca.mat@hotmail.com2

[3]Faculdade Santo Agostinho-FSA, Teresina, Brasil, marcelohds10@gmail.com3

Resumo: O massara é um termo regional, conhecido apenas na região de Teresina, definido como um sedimento conglomerático, utilizado como agregado miúdo na dosagem de concreto e argamassas. Em função de suas propriedades o massará tem uso diversificado no setor da construção civil. Um estudo patológico do massará, enquanto componente de argamassa, será especifico no processo de formação do saltire em rebocos de paredes de edificações. O massará é um material cerâmico, geralmente de textura areno argilosa encontrado em grandes volumes na cidade de Teresina, capital do Estado do Piauí, que associado ao cimento Portland, forma argamassa para assentamento e para reboco na construção civil. O salitre ou florescência é uma patologia que acontece nos rebocos, provindo, invariavelmente, da reação entre sais solúveis presentes nos materiais, água e oxigênio. Esta patologia, creditada ao massará fez com que seu uso sofresse redução significativa no mercado das edificações. Verificou-se esta situação em determinadas residências da região. Inicialmente o problema pode ser apenas estético, mas depois pode vir a afetar a estrutura, diante dos resultados apresentados concluiu-se que todo o reboco de residência deverá ser substituído e uma boa impermeabilização deve ser aplicada.

Palavras-chave: Massará. Reboco. Patologia.

Abstract: Massara is a regional term, known only in the region of Teresina, defined as a conglomerate sediment, used as a small aggregate in the dosage of concrete and mortars. Due to its properties the massara has diversified use in the civil construction sector. A pathological study of the massara, as component of mortar, will be specific in the process of formation of saltire in plasterings of building walls. The massara is a ceramic material, generally of argillaceous arenaceous texture found in great volumes in the city of Teresina, capital of the State of Piaui, that associates with portland cement, forms mortar for settlement and for plastering in civil construction. Salt or flowering is a pathology that occurs in the plaster, invariably coming from the reaction between soluble salts in materials, water and oxygen. This pathology, credited to the massará made its

ISBN: 978-85-65425-32-2

use suffer a significant reduction in the market of the buildings. This situation was verified in certain residences of the region. Initially the problem may be only aesthetic, but afterwards itmay affect the structure. In view of the presented results it was concluded that all the plaster of residence should be replaced and a good waterproofing should be applied.

Keywords: Massara. Plastering. Pathology.

1. Introdução

No começo da década de 1980, quando a cidade começa a experimentar um processo de expansão urbanística moderna, caracterizada pela especulação imobiliária, verificou-se um aumento do número de conjuntos habitacionais padronizados, diante deste contexto e através de uma pesquisa exploratória este trabalho apresenta um estudo de caso em um determinado conjunto habitacional na zona sul da cidade de Teresina-PI.

Objetivando fazer uma análise patológica conhecida como eflorescência ou ‘salitre’ apresentada nas residências devido a utilização do massará como componente para reboco, que contém alta concentração de sais hidratados. Correia Filho (1997) descreve o massará como um termo regional, conhecido apenas na região de Teresina, que serve para definir um sedimento conglomerático com matriz areno-argilosa. Correia Filho (1997), afirma também, que o massará é um material ligante, de pouca consistência, facilmente desagregável (friável), contendo seixos brancos de sílica, bem arredondados. Para ser utilizado como material construtivo componente da argamassa, o massará é processado por tamisação, onde todo o pedregulho existente (seixo rolado) é descartado, sendo o mesmo aproveitado na composição do concreto.

Do final dos anos 80 até meados da década de 90, o massará comportou-se como o material para construção civil mais demandado, principalmente para a construção de moradias de parcela da população de menor poder aquisitivo, tendo em vista que barateamento dos custos de execução de obras devem ser buscadas. Devido formação do fenômeno salitre nos rebocos das paredes das edificações, a existência dessa patologia causou o desuso, em larga escala, do massará.

Patologia é uma ciência que está presente em todas as áreas das nossas vidas, ela estuda as alterações estruturais ou bioquímicas nas células que acarretam o surgimento dos sintomas de diversas doenças. Na engenharia civil, é uma ciência recente e comparando com o seu significado, pode-se compreender que a patologia das construções é o estudo de todas as alterações nas estruturas de um modo geral, ou seja, as imperfeições em edificações e causas de suas manifestações que estimulam a perda do equilíbrio, desempenho e resistência (NASCIMENTO, 2015).

A ocorrência da patologia em uma construção pode ser decorrente de vários fatores, mas principalmente de três etapas primordiais, sendo elas: o projeto, a execução e a manutenção de uma estrutura, porém, em todas as fases evolutivas da construção civil podem estar presentes falhas e defeitos estruturais, chamados de patologias, possíveis de ser observado na fase de utilização ou mesmo durante a construção, o que mostra o insatisfatório desempenho realizado pela estrutura (SANCHES, 2014).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Dentre as patologias que se manifestam frequentemente nas construções em geral, pode-se citar as eflorescências e criptoeflorescências. Estes fenômenos, generalizados pelo termo “salitre”, se manifestam de formas diferentes nas argamassas de assentamento e revestimento expostas a umidade. A primeira apresenta-se como manchas de sal branco cristalizados na superfície do revestimento em quanto a segunda apresenta-se sob o revestimento causando, devido a cristalização dos sais, esforços mecânicos que degradam a argamassa, provocando seu desprendimento da alvenaria, caracterizando uma forma mais agressiva do fenômeno.

O aumento na concentração destes sais solúveis existentes na matéria prima está relacionado à demanda evaporativa de água característica do semiárido de onde são retirados e/ou fabricado os materiais utilizados nas construções, bem como no próprio terreno de construção. Na teoria parece bem simples compreender o mecanismo de surgimento das eflorescências, mas na prática, é um tanto complexo. Monteiro (2009) aponta em seus estudos que os sulfatos de cálcio e de magnésio são as impurezas das argilas que, com mais frequência, formam sais. Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água da chuva ou do solo, estes sais são dissolvidos e migram para superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos.

Eflorescência é um processo que geralmente consiste na migração da umidade da parte interna para a parte externa de uma parede, levando consigo sais solúveis, ocasionando patologia que vai de simples manchas na superfície à desagregação 16 estrutural do reboco (LUBELLI e ROOJI, 2008). Este processo é também denominado “salitre”.

As estruturas se deterioram com o passar do tempo e podem não alcançar a vida útil se não são bem projetadas, pois de nada serve se a durabilidade da estrutura seja estável apenas por um curto período de tempo que a torne economicamente inviável, visto por esta forma, a preocupação com o estudo das patologias é de fundamental importância, pois, mão de obra desqualificada, acúmulo de tensões, temperaturas ambiente, sobrecarga, qualidade dos materiais, onde na maioria das vezes não se tem um controle rigoroso quanto a sua uniformidade, vibrações, vento, presença de umidade, recalques e outras patologias manifestadas em fundações que incitam o surgimento de fissuras nas edificações como um todo (ZUCHETTI, 2016) , nesse contexto, poderão ser úteis e enriquecedor à discussão, a produção de um estudo acadêmico capaz de compreender as causas patológicas para se obter a garantia de um produto final de qualidade na obra.

2. Instruções gerais

Por se tratar de um material encontrado predominantemente na região de Teresina, capital do Estado do Piauí, optou-se por delimitar a área de estudo ao espaço correspondente ao perímetro urbano da referida cidade, no entanto, considerando que as melhores ocorrências de massará estão situadas no interflúvio dos rios Parnaíba e Poti, e considerando ainda que outras ocorrências importantes, que merecem destaque, é aquelas localizadas nos dois lados do rio Parnaíba (CORREIA FILHO, 1997), estendeu-se a área de estudo para um conjunto habitacional, localizado na zona sul de Teresina-

ISBN: 978-85-65425-32-2

PI, dentre as diversas residências que compõe o conjunto, escolheu-se uma residência, na qual será preservado endereço e o nome do proprietário.

Todo o estudo realizou-se de acordo com NBR 6118:2014 é possível se observar que em todos os requisitos normativos, por ela delimitada, visam a durabilidade e uma prolongada vida útil das estruturas, através de parâmetros estabelecidos que satisfaçam tal ideia. Segundo a mesma, define-se durabilidade, sendo a capacidade de as estruturas resistirem e permanecerem com as mesmas características do projeto ao serem submetidas e sofrerem a influência de agentes degradantes ambientais (ABNT, 2014).

Essa pesquisa possui uma abordagem metodológica classificada como qualitativa, utilizou-se do levantamento de situações onde se caracterizou as manifestações patológicas, com o intuito de explicar e compreender o fenômeno analisado sem utilizar de dados estatísticos, apenas pela análise das fotos do local, pesquisas de autores na área e as NBRs, definida como um estudo de caso, pois busca analisar uma determinada situação, em particular, definindo e conhecendo suas causas e fatores que a motivam, entretanto, analisado uma casa de um conjunto residencial com manifestações patológicas causadas pela utilização do massará em reboco, realizando um estudo completo ao seu respeito, procurando sempre chegar a resultados satisfatórios que favorecem a conservação e eliminação de ocorrências patológicas.

Para realização desse trabalho entre os meses de abril a maio de 2017, baseou-se nas NBR 5674 e NBR 6118, foi escolhida uma única residência localizada na cidade de Teresina- PI, construído há 20 anos, sendo que a mesma passou por duas reformas, e sempre com a utilização do massará para compor o reboco, de acordo com o relato do proprietário, a utilização desse material se dá pelo baixo custo do mesmo.

Inicialmente realizou-se uma visita a residência escolhida para conversar com o proprietário, para que nos fosse autorizado a pesquisa, na segunda visita a residência realizou-se a coleta de dados através de registros fotográficos das áreas que apresentam manifestações patológicas, para serem analisadas discutindo suas causas, com o intuito de explicar e compreender o fenômeno, descrevendo os detalhes da situação em estudo, bem como aspectos que garantem a minimização do surgimento e evolução das patologias, procurando sempre chegar a resultados satisfatórios que favorecem a conservação das estruturas.

3. Analises e Resultados

Durante a visita realizada a residência, foi possível identificar a existência de eflorescência ou ‘salitre’ um tipo de manifestação patológica. A água sempre foi algo de grande influência em todos os setores da construção civil, por ser utilizada, sendo componente imprescindível nas misturas dos materiais e ser utilizada na realização de homogeneização de materiais, por exemplos, pode ser vista em diversas situações como um agente agressivo à estrutura e sua presença podem provocar vários efeitos visíveis e degradantes. Nas edificações, sua presença é verificada por diversos sintomas, tais como: manchas de umidade, bolor, fungos, eflorescências e criptoflorescências (JULIANI, 2015).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Três elementos são fundamentais para a ocorrência do fenômeno salitre: presença de sais solúveis nos materiais componentes da argamassa empregada; existência de água e condições de capilaridade em função das possibilidades de fluxo da solução formada no interior das paredes. A alta concentração de sais hidratados, localizada principalmente na fração argila do material massará, favorece o processo de salitrização dos rebocos de paredes das edificações.

3.1 – Eflorescência

A eflorescência pode ocorrer com mais facilidade quando os materiais utilizados na construção apresentarem características porosas e possuírem na sua composição sais solúveis. Acontecem quando os sais presentes nos componentes da alvenaria, nas argamassas e entre outros materiais, são transportados pela água utilizada na construção.

As Eflorescências podem alterar a aparência da superfície sobre a qual se depositam e em determinados casos seus sais constituintes podem ser agressivos, causando desagregação profunda, afirma Bauer (1997). Baseado nessa afirmação observe as figuras 1 e 2.

Figura 1 – Eflorescência em reboco composto com massará (Fonte: autoria própria-2017)

Figura 2 – Eflorescência em reboco composto com massará (Fonte: autoria própria-2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2 – Criptoflorescências

Os defeitos devidos às criptoflorescências são as consequências do emprego de materiais higroscópicos, consistem no descolamento da superfície das pedras; degradação da superfície de alguns tijolos e, nas obras revestidas, no desprendimento parcial ou total destes. As criptoflorescências são devidas às mesmas causas que as eflorescências com a diferença que a recristalização dos sais dissolvidos ocorre dentro do material afetado e não em sua superfície, na qual qualquer coisa é notada, até acontecer sua destruição.

Figura 3 – Criptoflorescências entre reboco e alvenaria (Fonte: autoria própria - 2017)

No decorrer da visita foram apresentadas algumas das imagens coletadas, pois como a criptoflorescência é muito comum nas construções mais antigas foram selecionadas as que se destacam pelo danos estéticos e estruturais mais intensos e perceptíveis que os da eflorescência, dentre os danos pode-se citar o desprendimento de material da argamassa e/ou alvenaria, como é possível observar nas Figura 4,5,6 e7 que apresenta na base da parede o desprendimento do reboco, onde pode ser visto nitidamente o massará que foi aplicado como agregado miúdo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 4 – Criptoeflorescência- reboco
(Fonte: autoria própria - 2017)

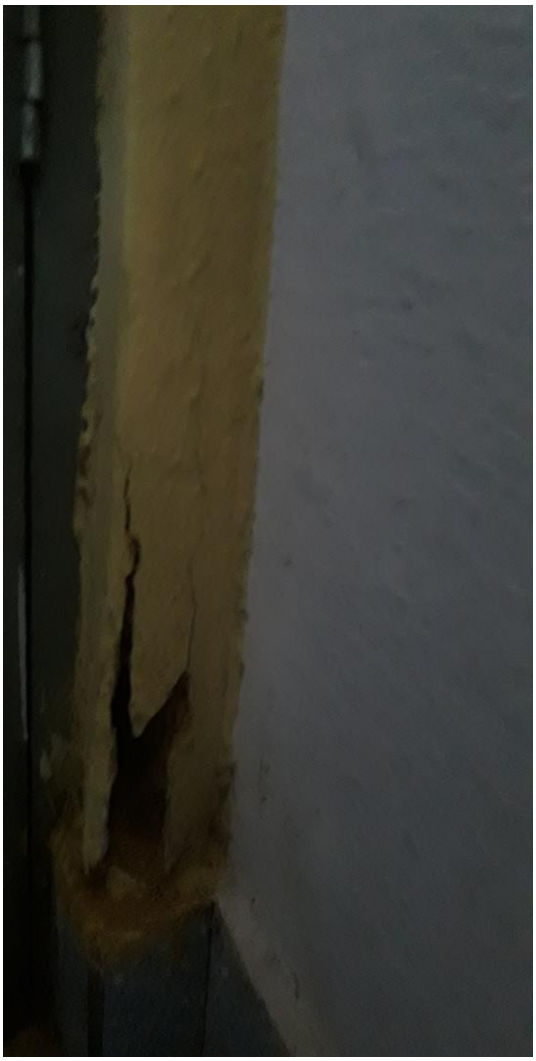


Figura 5 – Criptoeflorescência- reboco
(Fonte: autoria própria - 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 – Criptoeflorescência- reboco
(Fonte: autoria própria – 2017)

Figura 7 – Criptoeflorescência-reboco
(Fonte: autoria própria - 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Conclusões

Para se reduzir a presença de eflorescência na estrutura, devem-se adotar métodos executivos de forma correta, de acordo com normas que regem cada operação, ou seja, adotando materiais específicos para os devidos fins, bem como procedimentos ideais de aplicação e a utilização de argamassa específica para o reboco de acordo com o meio em que se apresenta, de modo a se evitar às mínimas ocorrências indesejáveis, como mostra no estudo desenvolvido para o uso do massará em reboco na região de Teresina-PI, foi observado uma enorme a incidência de eflorescência na residência causada por conta do uso do massará como agregado miúdo, pela ausência de mecanismos que garantisse a perfeita impermeabilização, favorecendo o acúmulo de umidade.

Com o objetivo de estudar a influência do massará utilizado como substituição da areia nas argamassas de revestimento na formação do salitre, e sabendo que, para que esse material fosse considerado prejudicial à argamassa ele precisaria possuir um determinado teor de salinidade em sua composição, pode-se afirmar que de acordo com o relato do proprietário e a comprovação de que o único material utilizado para o reboco foi apenas massará e cimento, desencadeamento um fenômeno patológico, no entanto, devido a deficiência de estudos sobre o assunto, não podendo descartar a hipótese dessa salinidade influencie em determinadas situações de exposição a formação do salitre.

Como aspecto de maior durabilidade, deve-se pensar em uma manutenção periódica nas superfícies que apresentaram patologia, no caso da residência em estudo, em geral é possível se encontrar nas argamassas substâncias solúveis capazes de produzir eflorescências de sais. Esse fenômeno consiste na deposição de material na superfície do revestimento de argamassa, portanto, faz-se necessário a remoção de todo o material juntamente com uma boa impermeabilização.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações. Rio de Janeiro, 1999

_____. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.

Bauer, R.J.F. Patologia em revestimento de argamassa inorgânica. In: SIMPÓSIOBRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. Anais...Salvador, 1997. p.321-33

Correia F, Francisco L. Projeto Avaliação de Depósitos Minerais para Construção Civil PI/MA. Teresina: CPRM – Ministério das Minas e Energia, 1997.

Juliani, M. A. Análise de manifestações patológicas em condomínio construído com alvenaria estrutural: estudo de caso. Tese de Doutorado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.119p. 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Lubelli, B; Rooij, M. R. de. NaCl crystalization in restoration plasters. Disponível em http://www.sciencedirect.com/science

Monteiro, C. M. O. L. Influência da gipsita no surgimento de eflorescência em telhas cerâmicas.2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

Nascimento, R. E. Patologia das construções devido ao tempo de uso ênfase em instalações. Curitiba-PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR.44p. 2015.

Sanches, M. C. S. Estudo de casos de patologias estruturais ocasionadas por ação das águas pluviais e aterros na região de Campo Mourão, PR. 2014.

Zuchetti, P. A. B. Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS. Rio Grande do Sul. 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SOBRAL – CE

Analysis Of Pathological Manifestations In A Residential Building In The City Of Sobral – CE

Teomar FILHO DE BRITO RAMOS[1*], **Rennan** LIBERATO RODRIGUES[2], **Éder** PAULUS MORAES GUERRA [3]

[1] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-Ce, Brasil, teomar_filho@hotmail.com

[2] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-Ce, Brasil, rennanliberato@outlook.com

[3] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-Ce, Brasil, ederpaulus@yahoo.com.br

Resumo: Existem muitos fatores que ocasionam o aparecimento de patologias nas edificações. Erros de projeto ou execução, falta de manutenção, envelhecimento da estrutura, acidentes, dentre outros. A falta de manutenção preventiva e periódica reduz a durabilidade da edificação, que não atingirá a vida útil esperada. Esta pesquisa objetiva realizar o diagnóstico da situação atual de uma edificação em Sobral-CE, através da apresentação do seu atual estado de conservação, da identificação das principais patologias encontradas e da proposição de intervenções a serem realizadas na estrutura. O residencial Alba Carneiro foi construído em 1981 e foi o primeiro prédio com mais de 3 pavimentos construído em Sobral-CE. A edificação foi condenada pelo Corpo de Bombeiros em 2012 por encontrar-se em estado de degradação avançado. Desde então, o edifício foi evacuado para restauração, porém nada foi feito para mudar sua situação. Foi determinado o tipo e o nível de inspeção, obtiveram-se informações sobre proprietários, responsáveis, usuários e gestores da edificação e realizou-se 2 visitas ao prédio para extração de registros fotográficos das patologias existentes. Foi realizada inspeção de nível 1, na qual foram observadas as seguintes patologias: Fissuras, manchamento por umidade, mofo, bolor, eflorescências, corrosão da armadura, deterioração de peças estruturais, deslocamento do revestimento e problemas nas instalações hidráulicas e elétricas. Através da análise dessas patologias, concluiu-se que foram ocasionadas por erros de projeto, erros de execução e por falta de manutenção. O fator que teve maior influência no avanço da degradação da edificação foi a falta de manutenção periódica, afinal é visível a negligência dos proprietários com relação aos problemas ocorridos na estrutura do prédio. Logo, foram propostas medidas de intervenção para cada patologia. Além disso, propõe-se que seja elaborado um programa para a realização de manutenção periódica na edificação a cada 6 meses após a conclusão das intervenções propostas.

Palavras-chave: Manutenção, Patologias, Residencial Alba Carneiro.

Abstract: There are a lot of factors that generates the appearence of pathologies in buildings. Design mistakes or execution, lack of maintenance, aging structure, accidents, among others. The lack of preventive and periodic maintenance reduce the durability of the

ISBN: 978-85-65425-32-2

building, which will not reach the expected useful life. This research aims to make the diaginosis of the current situaticon of a building in Sobral-CE, through the presentation of it current state of conservation, the identification of the main pathologies found and the proposition of interventions to be carried out in the structure. The Alba Carneiro residential was built in 1981 and it was the first building with more than 3 floors built in Sobral-CE. The building was condemned by the fire department in 2012 because it was in a state of advanced degradation. Since then, the building was evacuated to restoration. However anything was made to change that situacion. It was determined the type and level of inspection, information was obtained about owners, responsibles, users and managers of the building and it was made two visits to the building to extraction of photographic records of the existing pathologies. It was made inspection level 1, in which were observed the following pathologies: cracks, humidity staining, mold, efflorescences, corrosion of the armature, deterioration of structural parts, coating displacement and problems in the hydraulic and eletrical installations. Through the analysis of these pathologies, it it concluded that it was caused by the lack design and execution mistakes and by the lack of maintenance. The factor that had greatest influence on the advance of the degradation of the building was the lack of periodic maintenance, eventually it is visible the negligence of the owners about the problems in structure of the building. Therefore, intervention measures to each pathologie. Besides that it is proposed that a maintenance program be developed for periodic maintenance in the building every six months after the conclusion of the proposed interventions.

Keywords: Maintenance, Pathologies, Alba Carneiro Residential

1. Introdução

As edificações passam por três estados básicos durante sua vida útil: Projeto, execução e manutenção. O controle de qualidade na realização destas etapas contribui para a concepção de obras duráveis (ANDRADE, 1997). Porém, a consolidação inadequada de alguma destas etapas ocasiona um desempenho insatisfatório da estrutura, que pode gerar deterioração precoce ou acidentes.

Alguns dos fatores que corroboram para este panorama é o envelhecimento natural da estrutura, os acidentes, a irresponsabilidade dos profissionais que escolhem opções mais econômicas ao invés das mais seguras, dentre muitos outros. Estruturas com desempenhos piores do que os esperados são cada vez mais comuns, o que vem acarretando no desenvolvimento de um novo campo na engenharia: Patologia das estruturas (SOUZA, RIPPER; 1998)

O estudo das patologias das estruturas é voltado para análise de suas origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequências do cenário no qual a edificação apresenta uma performance abaixo do mínimo pré-estabelecido (VITÓRIO, 2003).

A falta de projetos bem executados por profissionais qualificados é um fator que pode favorecer a manifestação de patologias estruturais. O planejamento de obra implica na prevenção de erros e evita gastos desnecessários durante e após a execução. De

ISBN: 978-85-65425-32-2

acordo com Burin *et al.* (2009), a visão de que este planejamento é apenas mais um gasto e não um investimento diminui o nível de segurança e qualidade das construções, o que favorece o aparecimento de patologias.

Problemas relacionados à execução, como a dosagem inadequada do concreto ou a utilização de materiais de baixa qualidade, além de métodos de concretagem errôneos ocasionam maiores riscos à edificação e a torna mais vulnerável à ação agressiva do meio ambiente, o que pode gerar patologias.

Uma vez que todos os projetos foram feitos de forma adequada e a execução foi concluída sem nenhum erro considerável, utilizando materiais e métodos adequados, é preciso que os responsáveis pela edificação atentem para um último fator que definirá sua durabilidade: A manutenção periódica.

As manutenções preventivas e periódicas devem ser realizadas de acordo com o planejamento realizado na fase de projetos. Estas intervenções são necessárias para aumentar a durabilidade da edificação, retardando o processo de deterioração das partes críticas da estrutura (HELENE, 1997). De acordo com a NBR 6118 (2014), esse aumento da durabilidade se expressa na garantia de que as edificações que projetadas e executadas de forma adequada possam cumprir suas funções previstas por todo o período de vida útil para o qual foi planejada, sem necessitar de medidas extras de manutenção e reparo.

Ainda de acordo com Helene (1997), muitos dos constituintes de uma construção, como tubulações, impermeabilizações, drenos, juntas, dentre outros, têm como principal função proteger o concreto contra agentes agressivos à sua estrutura. Estes materiais possuem tempo de vida útil menor que o próprio concreto, ocasionando demanda para sua substituição, a fim de que sua função de proteção não seja perdida. Em casos em que ocorre a perca dessa proteção ao concreto, manifestações patológicas, como fissuras, infiltrações e eflorescências, passam a acontecer. Essa situação implica custos maiores com manutenção corretiva, pois além de substituir o material obsoleto, será preciso reforçar o concreto afetado, para impedir sua deterioração e problemas relacionados à armadura.

Este trabalho tem como objetivo a realização do diagnóstico da situação atual de uma edificação residencial localizada no centro da cidade de Sobral-CE, através da apresentação do seu atual estado de conservação, da identificação das principais patologias encontradas e da proposição de intervenções a serem realizadas na estrutura.

2. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é o residencial Alba Carneiro, que se encontra no centro da cidade de Sobral-CE. A edificação teve sua construção concluída no ano de 1981, sendo o primeiro edifício com mais de 3 pavimentos construído na cidade. O prédio possui garagem no pavimento térreo e seis pavimentos tipo, com 4 apartamentos em cada andar.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em 2012, o Corpo de Bombeiros condenou a estrutura e definiu um prazo para que os moradores o desocupassem, para que fossem realizadas as devidas intervenções de recuperação. Desde então o mesmo encontra-se inabitado e poucas medidas foram tomadas. Durante a inspeção, o cuidador do prédio, única pessoa que frequenta o local diariamente, relatou que dentre os proprietários dos apartamentos, apenas um manifesta preocupação com a situação do residencial e faz visitas esporádicas ao local. Segundo ele, foram realizadas poucas intervenções desde a evacuação do prédio.

3. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, a metodologia utilizada foi uma adaptação da Norma de Inspeção Predial do Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de São Paulo (IBAPE SP) que por sua vez foi baseada na ABNT NBR 5674 intitulada Manutenção de Edificações – Procedimentos. Foi adaptada visto que documentos e projetos relacionados ao prédio não foram encontrados nos órgãos públicos da cidade de Sobral – CE.

Segundo IBAPE (2011), o critério utilizado para elaboração de laudos de inspeção predial baseia-se na análise do risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, diante as condições técnicas, de uso, operação e manutenção da edificação, bem como da natureza da exposição ambiental.

A análise do risco consiste na classificação das anomalias e falhas identificadas nos diversos componentes de uma edificação, quanto ao seu grau de urgência, relacionado com fatores de conservação, depreciação, saúde, segurança, funcionalidade, comprometimento de vida útil e perda de desempenho.

Portanto, foram analisados os seguintes critérios:

- Determinação do tipo e nível de inspeção;
- Obtenção de informações dos usuários, responsáveis, proprietários e gestores das edificações;
- Listagem de verificação;

Foram realizadas 2 visitas *in loco* com o acompanhamento do atual cuidador do prédio para o recolhimento do maior número de informações, bem como a extração de registros fotográficos das diversas patologias encontradas no edifício Alba Carneiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo a metodologia apresentada, determinou-se o nível de inspeção predial que classifica análise quanto à complexidade da inspeção, quanto à elaboração de um laudo final e quanto à profundidade na constatação dos fatos. No edifício Alba Carneiro, foi realizada uma inspeção de Nível 1, já que foram feitas identificações, diagnósticos e prognósticos das falhas contidas na edificação.

Posteriormente, elaborou-se uma listagem de verificação que corresponde às possíveis manifestações patológicas que poderiam ser encontradas no prédio, sendo essencial na agilidade do processo de inspeção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

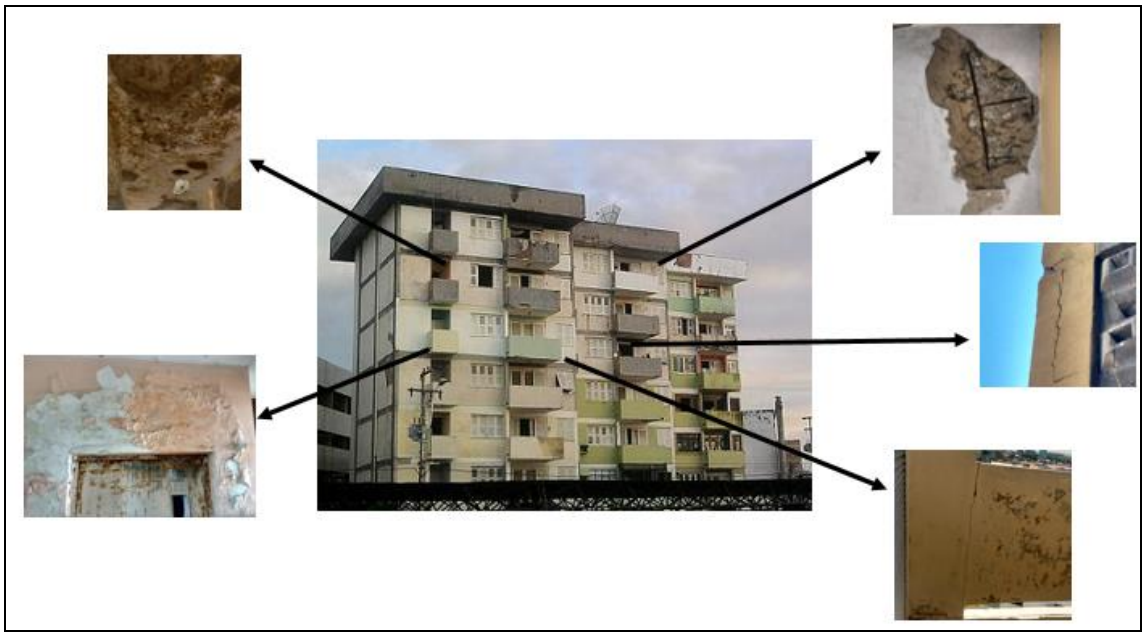


Figura 1 - Patologias encontradas no Edifício Alba Carneiro. (Fonte: Autor,2017)

4.1 FISSURAS

O edificio Alba Carneiro tem fissuras em todos os seus pavimentos, sendo elas ocasionadas por retração, pela relação alvenaria x estrutura, por ausência de vergas e contravergas e por dimensionamento incorreto de peças estruturais.

A fissuração em revestimentos de argamassa é, sem dúvida, uma das patologias que mais podem causar desconforto e prejuízo econômico aos usuários. Segundo Maciel, Barros e Sabbatini (1998), até o momento é precário o domínio técnico sobre as causas que intervêm nessa patologia e suas consequências na durabilidade das vedações, não havendo sequer critérios que estabeleçam limites de fissuração para a aceitação de revestimentos, em rotinas de controle deste serviço.

A retração é um fenômeno que ocorre pela diminuição do volume da argamassa quando da perda de água para o substrato por sucção, por evaporação ou pela reação química dos componentes do cimento e da cal. Vários são os fatores que influenciam na retração tais como: tipos de aglomerantes, temperatura, incidência do sol, umidade relativa do ar, velocidade do vento, etc. No edifício Alba Carneiro é fácil localizar fissuras mapeadas decorrentes de retração, que podem ser justificadas pela espessura exagerada do reboco (4cm) que facilita a ocorrência desse tipo de patologia (Figura2a).

A alvenaria tem uma rigidez significante que proporciona uma baixa deformabilidade da mesma, e quando a estrutura tende a deformar, encontra um corpo rígido (alvenaria) que reage, originando tensões e um novo carregamento à estrutura de sentido contrário a que ela aplicou na alvenaria. (SABBATINI, 1998). A edificação estudada apresenta esse tipo de fissuração principalmente nas marquises das sacadas de todos os pavimentos (Figura 2b).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Nas regiões localizadas entre aberturas de portas e janelas, ocorrem acentuadas concentrações de tensões de compressão, ocasionando fissuramento nessas regiões. Sendo combatidos esses acúmulos de tensões através da construção de vergas e contra-vergas. Essas fissuras nos contornos dos vãos podem assumir diversas configurações devido a fatores como magnitude das tensões, dimensões das aberturas e dimensão do painel de alvenaria (BAUER, 1999). Praticamente todas os vãos de portas e janelas apresentam tais fissuras, sendo considerado falhas na execução do prédio, como mostra a Figura 2c.

O dimensionamento correto das peças estruturais que farão parte de uma edificação de vários pavimentos carece de atenção específica para que possa cumprir com sua função de durabilidade e segurança dos usuários. No edifício Alba Carneiro foram encontradas fissuras em vigas (Figura 2d) que estão prejudicando a funcionalidade da estrutura, pois sabe-se que fissuras em estruturas são entrada de substâncias agressivas que provocam a corrosão e deterioração da armadura.

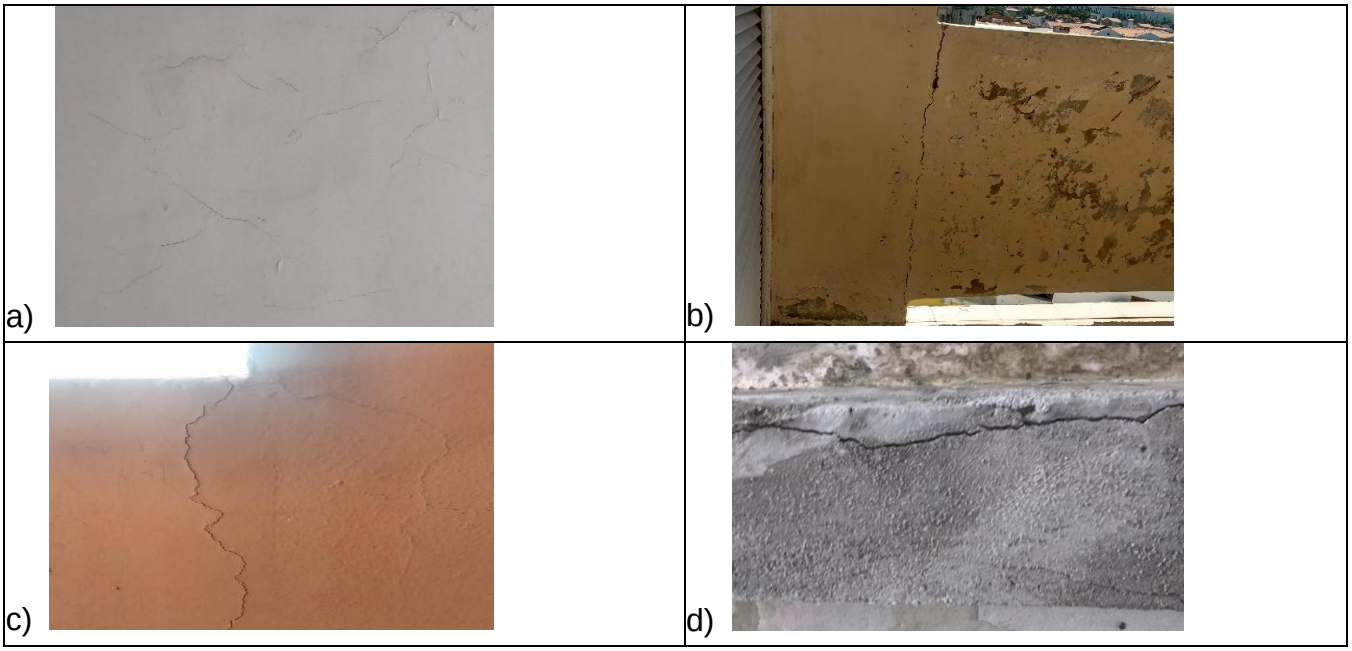


Figura 2 - Fissuras encontradas na edificação (Fonte: Autor,2017)

Para impedir a expansão destas fissuras e impedir que estas sirvam de entrada para agentes agressivos ao concreto e à armadura, algumas intervenções devem ser realizadas. Devem ser construídas vergas e contra-vergas nos vãos de portas e janelas, o que garante a passivação das fissuras nos cantos das esquadrias e deve-se garantir que a peça volte a funcionar uniformemente, através da introdução de material aderente e resistente na fissura, como resina epoxídica.

As trincas resultantes da retração podem ser tratadas como ativas, afinal os fatores causadores desta patologia ainda são presentes na edificação. Deve haver monitoramento

ISBN: 978-85-65425-32-2

da falha, para saber qual a evolução de sua abertura ao longo do tempo. Indica-se então que essas fissuras sejam lidadas como juntas de dilatação móveis da estrutura, devendo nesse caso ser vedadas através da aplicação de selante plástico em sua abertura (LAPA, 2008). Assim, os movimentos causados por esses defeitos na estrutura serão acomodados pelas fissuras e suas aberturas não irão causar danos ao concreto nem à armadura. Outra alternativa seria a restauração de todo o revestimento do prédio, com uma camada menor para evitar a retração.

Para impedir as fissuras na ligação alvenaria-estrutura, podem ser adicionadas barras de aço horizontais com distâncias verticais constantes, ocasionando uma melhor ligação entre a estrutura e a parede, impedindo assim a fissuração nesta interface e ocasionando a passivação das fissuras presentes. Estas fissuras devem ser tratadas com a inserção de material aderente, como resina epoxídica, para impedir a entrada de agentes agressivos ao concreto e à armadura.

Os elementos estruturais que estão debilitados (ou seja, fissurados) devem ser recobertos com uma camada superficial de grout, concreto de alta resistência mecânica, para preencher as fissuras e aumentar o cobrimento da armadura, aumentando assim sua proteção e durabilidade.

4.2 MANCHAMENTO POR UMIDADE, MOFO E BOLOR

Na construção civil são bastante comuns os vazamentos em elementos componentes do sistema hidráulico e de captação de água, calhas, condutores, algerozes, tubos, conexões, registros, válvulas, reservatórios, bombas, tanques, dispositivos de controle, dispositivos de medição e outros aparelhos que são utilizados com a finalidade de abastecer o sistema hidrossanitário da edificação. Estes vazamentos são manifestados através de manchas, assim como por goteiras. São características próprias dos sistemas hidráulicos prediais, a sua complexidade funcional e a inter-relação dinâmica entre os seus outros sistemas. Para este tipo de manifestação patológica, a localização, identificação e diagnóstico acontece de maneira muito simples, podendo ser feita através de uma inspeção visual pelo perímetro da edificação (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007). Devido a deterioração da caixa d'água do edifício Alba Carneiro, o sexto e último andar foi o primeiro a ficar inutilizado por conta de vazamentos e falhas sem reparos na caixa d'água, que foi construída em alvenaria e concreto (Figura 3a).

Além do manchamento provocado por umidade, o edifício em estudo apresenta mofo e bolor, além de manchamentos provocados pela infiltração da água da chuva, como pode ser visto na Figura 3b e 3c. Para Souza (2008), as precipitações são as principais causas de umidade em edificações, tendo que ser previstas no projeto para que se possa prevenir suas ações, já que são eventos sazonais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

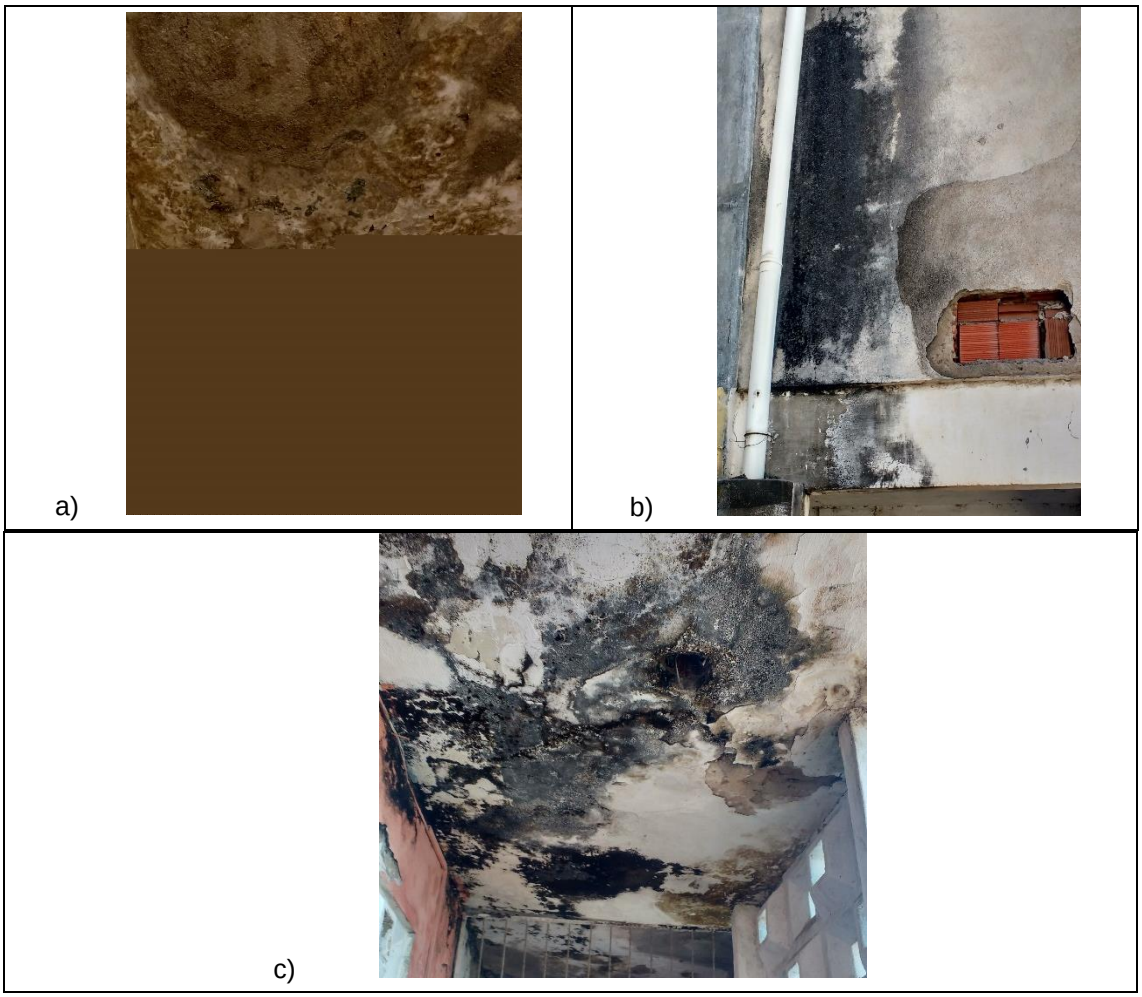


Figura 3 - Manchamento, mofo e bolor encontrado no edifício (Fonte: Autor,2017)

Para impedir a continuidade na degradação da estrutura pela infiltração devem ser realizadas algumas intervenções de restauração. Primeiramente, pode ser recuperada toda a estrutura da caixa d'água e refeita sua impermeabilização para garantir a estabilidade deste elemento, afinal este é um dos pontos mais vulneráveis da edificação. Pode ser renovada também a impermeabilização da laje de cobertura através de manta geotêxtil, para impedir entrada de água pluvial na estrutura pela cobertura. Pode ser refeito também o revestimento da laje do sexto andar para renovar a proteção deste elemento contra umidade, sendo esta a laje mais afetada pela infiltração decorrida das falhas de impermeabilização.

Além disso, faz-se necessária a realização de nova impermeabilização nas paredes externas do edifício, como nas varandas e fachadas, através da renovação do revestimento, com a utilização de argamassa impermeável, e da pintura, para impedir a entrada excessiva de água pluvial na alvenaria.

4.3 EFLORESCÊNCIA

ISBN: 978-85-65425-32-2

Segundo Verçoza (1987), eflorescência é a ocorrência de depósitos salinos causados por sais de cálcio, sódio, potássio, magnésio ou ferro, formados na superfície dos materiais de construção. Essas cristalizações fazem com que o sal aumente de volume podendo assim deteriorar a superfície em questão.

No prédio Alba Carneiro, há eflorescência em quase todas as paredes dos apartamentos que compõem o condomínio, fruto da falta de manutenção das instalações hidráulicas da edificação como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Eflorescência nas paredes dos apartamentos (Fonte: Autor,2017)

De acordo com Souza (2008), uma intervenção eficaz no tratamento de eflorescências seria a utilização de escovas de aço e jatos de água abundantes para a limpeza do local afetado. Além disso, pode ser feita uma renovação no sistema de impermeabilização do edifício, afinal reduzindo-se a entrada de água na edificação, é reduzida também a ocorrência dessa patologia.

4.4 PROCESSO DE CORROSÃO DE ARMADURA

A degradação das construções são decorrentes de inúmeros fatores, como variações de temperatura, reações químicas, vibrações, erosão, e, um dos mais sérios, o fenômeno da corrosão das armaduras do concreto armado, que ocupa um importantíssimo fenômeno patológico, contribuindo de sobremaneira para o desgaste da construção. Os sintomas e as causas da corrosão não são habitualmente conhecidos e seu conhecimento se torna necessário para a adoção de métodos e procedimentos de correção bem definidos, de modo a que as intervenções sejam eficazes.

As mais comuns causas da ocorrência da corrosão no concreto são: má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, ambiente agressivo, proteção insuficiente, manutenção inadequada ou inexistente e presença de cloretos (HELENE, 1992).

ISBN: 978-85-65425-32-2

O prédio estudado apresenta em todos os seus pavimentos armaduras expostas nas lajes e pilares com acelerado processo de corrosão da armadura, que provoca sérios danos as peças estruturais afetando a segurança dos usuários e visitantes (Figura 5a e 5b).

a) b)

Figura 5 - Corrosão da armadura de peças estruturais (Fonte: Autor,2017)

De acordo com Arivabene (2015), a melhor intervenção para proteger a armadura do concreto armado contra o processo de corrosão é fazer a limpeza da região afetada, através da remoção de todo o concreto que envolve a armadura, deixando o aço oxidado totalmente exposto. É indicado o uso de jato de sílica para a limpeza da ferrugem. Deve ser feita uma análise da seção transversal útil das barras de aço. Caso esta seção já esteja muito comprometida, deve ser aplicado reforço estrutural através da fixação de novas barras de aço de mesma seção junto às antigas. Posteriormente, deve ser aplicado grout na região que teve concreto removido, de forma a envolver toda a armadura e manter seu cobrimento adequado. Esta nova camada de concreto deve ter resistência compatível à do elemento estrutural, para preservar sua uniformidade. Assim, aquele elemento estrutural ainda poderá suportar as cargas para as quais foi inicialmente dimensionado, garantindo assim sua durabilidade e estabilidade.

4.5 DETERIORAÇÃO DE PEÇAS ESTRUTURAIS

Para a NBR 6118 (2014), durabilidade consiste na capacidade de a 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. No item 6.1 prescreve que as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

A má execução de projeto e uso desapropriado para a peça estrutural são os principais motivos para o aparecimento de patologias, diminuindo sua vida útil e a segurança transmitida para os usuários. No edifício Alba Carneiro tem, em todos os seus pavimentos,

ISBN: 978-85-65425-32-2

vigas comprometidas com flechas (deformações) maiores que as aceitáveis por norma (Figura 6a e 6b).

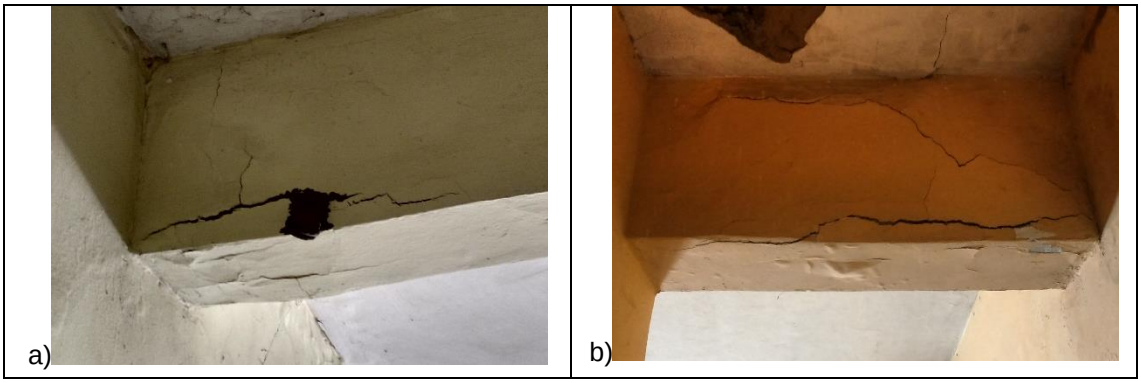


Figura 6 - Deterioração das peças estruturais (Fonte: Autor,2017)

Como intervenção para esta patologia, deve ser realizado reforço estrutural, afinal é perceptível que estes elementos estruturais foram mal dimensionados, não sendo capazes de resistir às cargas atuantes na estrutura. Então, é indicada a adição de mais barras de aço ao elemento e o cobrimento destas com concreto, aumentando assim a seção transversal do elemento(Oliveira, Qualharini; 2015). Desta forma, a estrutura terá uma capacidade maior de carga, o que garante sua estabilização e segurança. Além disso, garante a passivação das trincas ocasionadas pela sobrecarga na estrutura.

De acordo com o mesmo autor, deve-se atentar para que a adição destas barras de aço não aumente excessivamente a carga da estrutura e para que estas não fiquem superarmadas, o que pode ocasionar em ruptura brusca do elemento.

4.6 DESLOCAMENTO DO REVESTIMENTO

O deslocamento de revestimentos em edificações se dão por duas maneiras. A primeira maneira ocorre quando o revestimento se apresenta endurecido e quebrando com dificuldade, outra característica é que, sob percussão, o revestimento apresenta som cavo. Ocorre devido a superfície de contato com a camada inferior apresentar placas frequentes de mica e o uso de argamassa muito rica em cimento ou muito espessa. Por outro lado, a placa pode apresentar-se quebradiça, desagregando-se com facilidade (Figura 7a). Acontece devido a utilização de argamassa magra e ausência da camada de chapisco. Esta última forma de desagregação ocorre em vários pontos do prédio Alba Carneiro.

Os destacamentos de revestimento cerâmico são caracterizados pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato, ou da argamassa colante, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre a placa cerâmica e argamassa colante e/ou emboço. Devido à probabilidade de acidentes envolvendo os usuários e os custos para seu reparo, esta patologia é considerada a mais séria. Esta patologia encontra-se em todos os banheiros e cozinhas do edifício Alba Carneiro, como vista na Figura 7b.

ISBN: 978-85-65425-32-2

a)

b)

Figura 7 - Deslocamento do revestimento argamassado e cerâmico (Fonte: Autor,2017)

É necessário que o revestimento interno do prédio seja restaurado por inteiro, aplicando novo revestimento com materiais adequados e confiáveis e com os métodos corretos. Apesar de ser uma medida muito onerosa, é considerada a mais indicada para consolidar a proteção de todas as alvenarias internas e certificar-se de que estas fiquem estáveis e duráveis.

Além disso, deve ser reforçada a impermeabilização da edificação, para impedir que a umidade no interior da alvenaria se torne um agente agressivo aos revestimentos e às argamassas de assentamento.

4.7 PROBLEMA DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS

Em sua maioria, os problemas com umidade do predio em estudo tem origem na falta de manuntenção dos sistemas hidráulicos do prédio, que apresentam vazamento em toda sua extensão, ocasionando manchamentos, mofo e bolor, além de provocar eflorecência e ajudar no destacamento dos revestimentos do prédio (Figura 8a).

Na inspeção, também observou-se que os sistemas elétricos do prédio estão em condições precárias (Figura 8b) e não funcionam mais devido a um curto circuito gerado pela sobrecarga e falta de manutenção do motor do elevador em 2005, que ficou parado entre o terceiro e o quarto andar.

ISBN: 978-85-65425-32-2

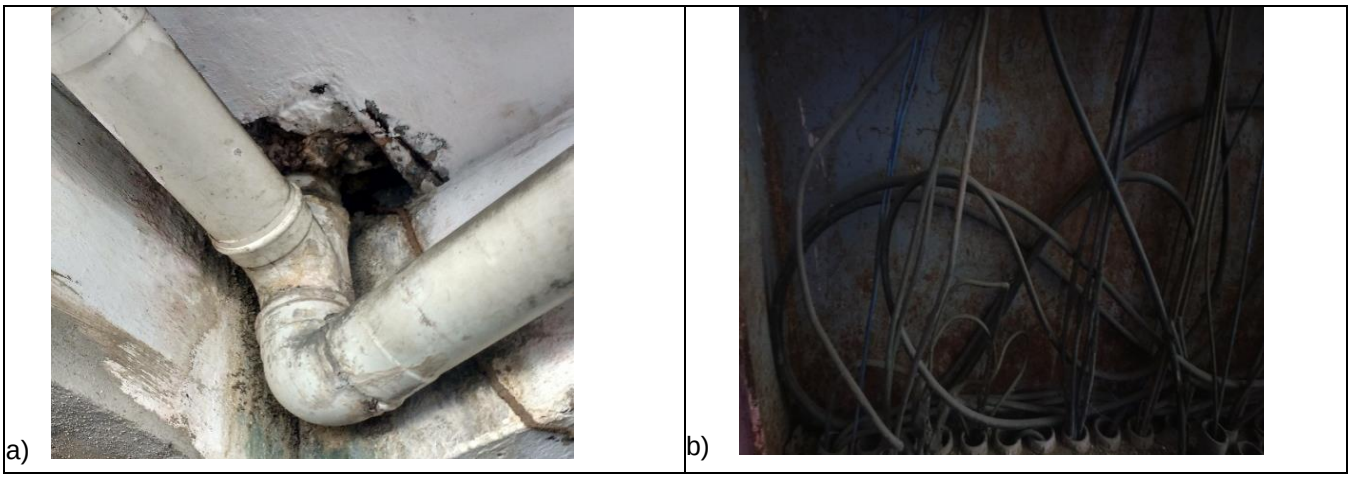


Figura 8 - Precariedade dos sistemas hidáulicos e elétricos (Fonte: Autor,2017)

É indicado que seja refeita toda a instalação hidrossanitária do prédio, através da troca de tubulações e conexões por componentes de qualidade, que possam ter uma durabilidade aceitável dentro da estrutura, afinal os danos causados por infiltração e falta de manutenção periódica nas instalações do prédio são apontados como os principais responsáveis pelo seu atual estado de degradação. A instalação elétrica também deve ser totalmente refeita, trocando-se todos os condutores, disjuntores, tomadas, lâmpadas, interruptores, dentre outros componentes. Tendo em vista que uma instalação elétrica inadequada proporciona riscos não só aos moradores, mas também à estrutura, propõe-se que esta passe por novo dimensinamento, para garantir que atenda a todos os requisitos de segurança.

5. CONCLUSÃO

É notório que existem diversas manifestações patológicas no edifício Alba Carneiro, e que estas foram originadas de diversos fatores. Algumas ocorreram por erros de projeto, outras por erro de execução e outras originadas pela falta de manutenção periódica na estrutura, sendo este último o fator que mais afetou a estabilidade da edificação. É indiscutível que estas patologias afetam negativamente o desempenho estrutural do prédio e que existe a necessidade de intervenções de recuperação para garantir sua estabilidade e segurança estrutural, além de proporcionar uma maior durabilidade da estrutura.

Conforme relatado, foram encontradas patologias estruturais, como deslocamentos excessivos de elementos estruturais(flechas); falhas na impermeabilização, que ocasionaram, por exemplo, manchamento por umidade, morfo e bolor; erros de execução, que acarretaram, além de outros defeitos, formação de fissuras na alvenaria. A principal causa para a ocorrência da maioria das patologias existentes na edificação é a falta de manutenção periódica, pois é visível que pouco foi feito para impedir ou prevenir o colapso dos componentes da edificação.

Do exposto, o presente trabalho apresenta dados relevantes que podem servir de subsídio para a tomada de decisão por parte dos proprietários interessados na restauração da edificação. Através das propostas de intervenção sugeridas e da elaboração de um

ISBN: 978-85-65425-32-2

programa de manutenção periódica, que preveja a realização de inspeções prediais realizadas por profissionais habilitados e qualificados, em intervalos de tempo de 6 meses, o residencial Alba Carneiro terá sua estrutura estabilizada e sua durabilidade estendida, podendo então voltar a receber seus moradores com conforto e segurança.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. O.; Durabilidade das estruturas de concreto armado: Análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997.

ARIVABENE, A. C. Patologias em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso. Especialize, Vitória, v.1/2015, nº 10, p. 1-22, Dezembro/2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5674: Manutenção de Edificações – Procedimentos. Rio de Janeiro. 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto -Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. Volume 2. 5ª ed. SÃO PAULO: LTC, 1999.

BURIN, E. M.; DANIEL, E.; FIGUEIREDO, F. F.; MOURÃO, I. C. S.; SANTOS, M. S. Vistorias na Construção Civil. São Paulo; PINI, 2009.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicosanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto. Curitiba, 2007.

HELENE, P. Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. Pini, 2ª ed. São Paulo, 1992.

HELENE, P. Introdução da Durabilidade no Projeto das Estruturas de Concreto: Como Projetar para a Durabilidade(2ª parte). In: Workshop durabilidade das construções. São Paulo: ANTAC, 1997. p. 31-42.

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia.NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL IBAPE/SP – 2011.Aprovado em Assembleia Geral Ordinária de 15/03/2011. São Paulo. 2011.

LAPA, J. S. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal do Minas gerais. Belo Horizonte, 2008.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B; SABBATINI, F. H. Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores de tetos. São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, J. C. C.; QUALHARINI, E. L. Técnicas para Intervenção em Estruturas de Concreto Armado. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

SABBATINI, F. H. As Fissuras com origem na interação Vedação-Estrutura; in: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedação Verticais. São Paulo: Anais, 1998.

SOUZA, M. F. Patologias encontradas pela umidade nas edificações. Belo Horizonte, 2008. 64p. Monografia (Especialista em Construção Civil) UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Pini, 1998.

VERÇOZA, E. J. Impermeabilização na Construção. Porto Alegre: SAGRA, 1987.

VITÓRIO, A. Fundamentos das Patologias das Estruturas nas Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: O CASO DO BRT DA AVENIDA BEZERRA DE MENEZES EM FORTALEZA/CE

Pathologies In Flexible Pavements: The BRT Case Of Avenue Bezerra De Menezes In Fortaleza /CE

Matheus Paiva[1], **Mara** CAMPOS[2]
[1] IFCE, FORTALEZA, Brasil, mateus71314@gmail.com
[2] Fanor – Devry, FORTALEZA, Brasil, maracampos86@gmail.com

Resumo: Os pavimentos flexíveis de corredores de ônibus, assim como os de tráfego misto, podem apresentar, durante certo tempo de uso, patologias funcionais e estruturais, devido a intempéries climáticas, fatores de projeto, más práticas de execução, tráfego excessivo de veículos, entre outros problemas, o que pode prejudicar consideravelmente seus usuários, se não receberem a atenção devida e seu tratamento for negligenciado. Este artigo se propõe a apresentar as patologias encontradas no pavimento asfáltico do corredor de ônibus exclusivo situado na Avenida Bezerra de Menezes, no município de Fortaleza/Ce, analisando as suas possíveis causas, mecanismos de ocorrência e soluções. A metodologia empregada neste trabalho consistiu na análise dos registros fotográficos feitos *in loco* bem como na consulta a referências bibliográficas relacionadas ao assunto. Como resultado deste estudo, analisando o trecho em questão, observou-se, no local, com maior frequência, a existência de trilhas de roda, escorregamentos, trincas e buracos. Em virtude disso, constatou-se que uma das principais causas desses problemas é a ação combinada das cargas de tráfego e de fatores climáticos sobre o pavimento, e que, dentre as principais soluções para este caso, sugere-se, como medida a ser adotada, a recomposição do revestimento asfáltico com material de melhor qualidade.

Palavras-chave: BRT, Corredor de ônibus, Manifestação Patológica.

Abstract: The flexible pavements of bus corridors, as well as those of mixed traffic, can present, during a certain time of use, functional and structural pathologies, due to climatic bad weather, project factors, bad practices, excessive traffic, among other problems, which can considerably harm your users when they do not receive proper attention and their treatment is neglected. This article proposes to present the pathologies found on the asphalt pavement of the exclusive bus corridor located at Avenida Bezerra de Menezes, in the city of Fortaleza/Ce, and discusses its possible causes, mechanisms of occurrence and solutions. The methodology used in this work consisted in the analysis of the photographic records made *in loco* as well as in the reference to bibliographical references related to the subject. As a result of this study, analyzing the passage in subject, it was observed, in the place, more frequently, the existence of wheel trails, slipping, trines and holes. Because of that, it was verified that one of the main causes of those problems is the action combined of the loads of traffic on the pavement and climatic factors, and that, among the main solutions

ISBN: 978-85-65425-32-2

for this case, it is suggested, as a measure to be adopted, the recomposition of primary coating with better quality material.

Keywords: BRT, Bus Corridor, Pathological manifestation.

1. Introdução

Segundo o Manual de BRT (ITDP, 2007), o Bus Rapid Transit (BRT) é um sistema de transporte de ônibus que proporciona mobilidade urbana eficiente, rápida, segura e acessível, por meio da provisão de infraestrutura segregada com prioridade de passagem para ônibus, os quais podem operar com agilidade, frequência, presteza e com excelência de serviço ao usuário.

Ainda, segundo o Manual de BRT (ITDP, 2007), observa-se que a implantação de BRT´s tem ocorrido em todo o mundo, nos seis continentes, e que muitas cidades já aderiram esse sistema, como uma forma de amenizar seus problemas de mobilidade. Um dos casos de sucesso é o caso da implantação do BRT em Curitiba (Figura 1), sendo considerado um sistema completo, provido de todas as características necessárias para um funcionamento eficaz.

Figura 1 - BRT de Curitiba

As vantagens de se implantar o BRT nas grandes cidades, para melhoria da qualidade do transporte público, são diversas. É um sistema que se destaca em muitos aspectos em relação aos demais modais. Segundo aponta o site BRTBRASIL (2013), introduzir um sistema BRT pode propiciar: baixo custo de operação em relação aos outros modais; prazo curto de implantação; revitalização do espaço público; valorização de imóveis; circulação de veículos de alta capacidade com grande frequência e rapidez; informações precisas em tempo real para os usuários; estações fechadas, seguras contra intempéries; dentre outros benefícios.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O BRT, no entanto, apesar de apresentar diversas vantagens ao ser implantado, com certo tempo de uso, pode apresentar deterioração em seu pavimento por diversas razões, o que, em certo grau de severidade, poderá prejudicar na locomoção dos ônibus e na segurança de seus passageiros. Estando nessa circunstância, o pavimento necessitará de intervenções, as quais, por sua vez, requererão estudos prévios, que verifiquem tecnicamente suas reais causas e as soluções mais recomendadas.

Sendo assim, este trabalho se propõe a realizar um estudo no BRT da Avenida Bezerra de Menezes, no município de Fortaleza, Ceará, com a finalidade de diagnosticar as patologias incidentes em seu pavimento, identificando as suas possíveis causas e avaliando as melhores formas de tratá-las.

2. Referencial teórico

2.1 Pavimentos flexíveis e suas patologias

Segundo o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), os pavimentos flexíveis se caracterizam por apresentar deformações elásticas significativas quando submetidos a tensões de carregamentos aplicados, o que faz com que a carga se distribua de maneira uniforme entre as camadas. Eles são compostos por misturas asfálticas, que se constituem de agregado mineral e ligante asfáltico.

Estes pavimentos, com certo tempo de uso, podem apresentar diversas patologias. Segundo o Manual de Patologia e Conservação de Pavimentos (SILVA, 2008), as patologias relacionadas aos revestimentos asfálticos são: deformações na superfície (corrugações e afundamentos); defeitos de superfície (exsudação e desgaste); panela; escorregamento do revestimento betuminoso; trincas e fissuras (fendas).

No que se refere aos pavimentos flexíveis de corredores exclusivos de ônibus, é muito comum que os mesmos se degradem por conta do tráfego frequente dos ônibus, que por sobrecarga, provocam desgaste, trincas, afundamentos, buracos e trilhas de roda. Isso vem a causar desconforto aos usuários, risco de acidentes, prejuízos financeiros e viagens mais demoradas.

Para diagnosticar o que um pavimento tem é necessário, antes de tudo, descobrir a causa do defeito identificado (SILVA, 2008). Para tanto, deve se levar em conta que estes defeitos podem ser funcionais e estruturais, e que para cada tipo de defeito o diagnóstico é feito de uma maneira diferente.

O defeito funcional é aquele que compromete as boas condições de rolamento da via, ou seja, o conforto do usuário e a segurança quanto à derrapagem. Já o defeito estrutural é aquele que compromete a capacidade do pavimento de suportar as cargas do tráfego (CARVALHO *et al*., 2016).

Para avaliar um defeito funcional de um pavimento, é necessário à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento. Em relação ao defeito estrutural, para avaliá-lo, é preciso a análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento (BERNUCCI *et al*, 2008).

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 Mobilidade urbana em Fortaleza

Segundo o manual do curso de Gestão integrada da mobilidade urbana, desenvolvido pela Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SEMOB, 2006), a Política Nacional de Mobilidade objetiva promover a mobilidade nas cidades de modo sustentável e universal à população, articulando a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios.

Sendo assim, nas grandes cidades brasileiras, o Poder público, ao longo dos últimos anos, tem procurado melhorar as questões relativas à eficiência da mobilidade urbana, dando ênfase ao aprimoramento do transporte público coletivo e tirando paulatinamente o incentivo ao uso do automóvel individual.

Inserido nesse contexto, a Prefeitura de Fortaleza, elaborou sua própria política de mobilidade urbana, visando implementar medidas que futuramente podem beneficiar a cidade. Suas diretrizes encontram-se no Plano Diretor Participativo de Fortaleza (2009), Lei Complementar Nº 062, de 02/02/2009. No inciso II do parágrafo 1º do artigo 36 do mesmo, está estabelecido que o Plano Diretor de Mobilidade Urbana da cidade, quando elaborado, deverá conter, entre outros planos, um plano para o transporte público.

Nesse sentido, em 2015, foi desenvolvido o PlanMob Fortaleza (IPLANFOR, 2015), um plano diretor de transporte e mobilidade, também conhecido como FORTALEZA 2040, que tem a finalidade de definir o desenvolvimento urbano sustentável da cidade para os próximos anos, utilizando uma metodologia de planejamento integrado, pautada em ampla participação social em todo o seu processo de implementação.

Para tanto, esse plano inicialmente interpreta a forma urbana atual, compreendendo o seu histórico de transformações desde os seus primórdios até o momento corrente. Depois pactua a forma urbana que a sociedade deseja para os próximos anos, baseado no estado de arte das intervenções urbanísticas modernas e nas necessidades e aspirações da sociedade. Por fim, são feitas propostas urbanísticas para direcionar o desenvolvimento sustentável da cidade. Essas propostas abrangem vários quesitos, como habitação, localização de atividades, mobilidade, economia, etc (IPLANFOR, 2015).

Diversas ações são previstas nesse planejamento, pretendendo-se ao fim alcançar várias metas, como: expandir a malha cicloviária; elaborar sistema de bicicletas compartilhadas; fazer um programa de apoio à circulação de pedestres; construir diversos corredores de transporte, implementar um programa de informação ao usuário do transporte público, dentre outras metas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 O BRT da Avenida Bezerra de Menezes em Fortaleza/CE
2.3

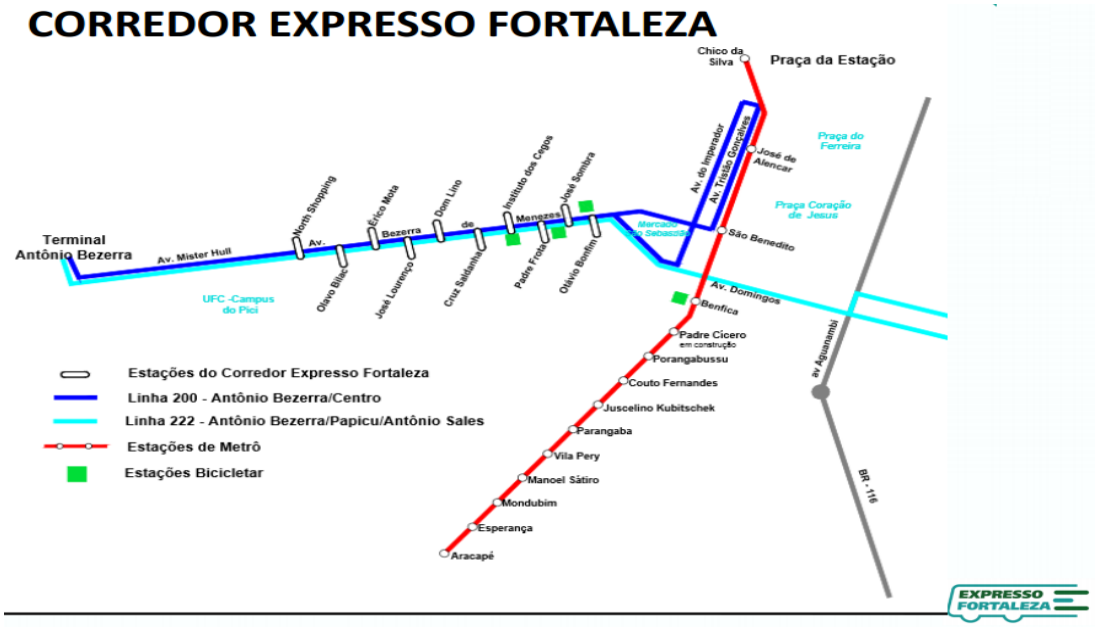


Figura 2 - Corredor Antônio Bezerra/Centro

O BRT da Av. Bezerra de Menezes, inaugurado em 2015, cuja extensão vai do Terminal Antônio Bezerra até ao Centro, de 8,2 km, é a primeira fase de um plano maior da Prefeitura para a implantação de um corredor BRT que ligue o Terminal Antônio Bezerra ao Terminal Papicu, denominado Corredor Expresso Fortaleza, que terá 17,4 km de distância, pautado pelo PlanMob Fortaleza. Abaixo, na Figura 2, está representado como se encontra o corredor atualmente, e na Figura 3, como será quando estiver concluído:

Figura 3 - Corredor Antônio Bezerra/Papicu

ISBN: 978-85-65425-32-2

O Corredor Expresso de ônibus, situado na Avenida Bezerra de Menezes, compõe-se de quatro faixas (duas em cada sentido) para a passagem exclusiva de coletivos, ao lado do canteiro central, e de mais outras quatro faixas junto aos passeios (duas em cada sentido), para o trânsito de veículos particulares. Nas Figuras 4 e 5, é possível entender com mais detalhes sua esquematização:

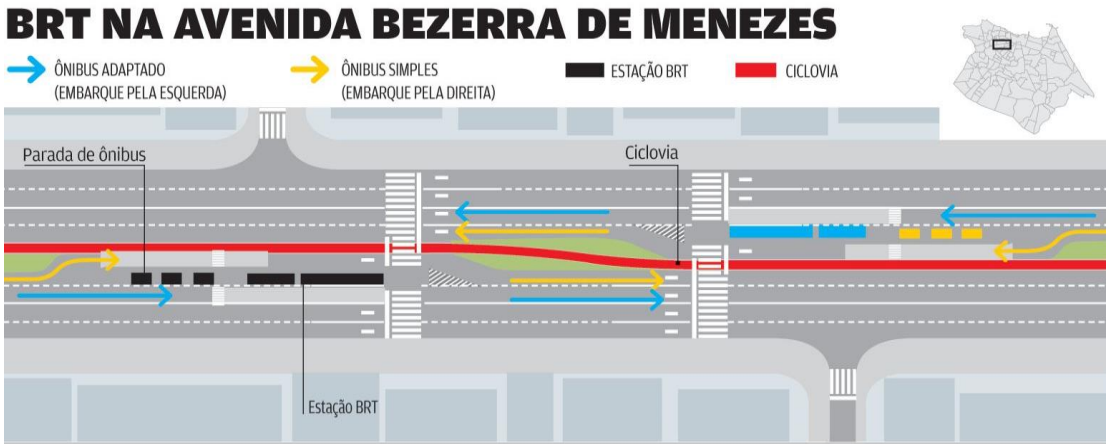


Figura 4 - Esquematização do funcionamento do BRT

Figura 5 - BRT em funcionamento

A implantação dessa obra está possibilitando, durante menores tempos de viagem, o atendimento da alta demanda de passageiros ao longo da via, o que tem melhorado a

ISBN: 978-85-65425-32-2

significativamente a qualidade do transporte público na cidade. Traslados que antes demoravam horas, devido ao tráfego intenso de veículos, hoje demoram bem menos tempo. Além disso, é preciso mencionar que a obra possui outras características, que justificam seus resultados positivos até o momento. Na Tabela 1 a seguir estão descritas essas outras características:

Tabela 1 – Características do BRT Antônio Bezerra/Centro

Características	
Estações	São 11 estações, localizadas junto ao canteiro central, com mapas de orientação, itinerário das linhas, localização, sentido e orientações gerais
Delimitação da via	Feita por blocos de concreto, em torno das faixas próximas ao canteiro central, separam o tráfego dos ônibus do tráfego misto dentro da via.
Demanda atendida prevista	131 mil passageiros/dia
Pavimento	Pavimento especial apropriado para tráfego pesado de ônibus
Embarque e desembarque nas plataformas	Com piso elevado, em mesmo nível dos veículos circulantes
Veículos em circulação	Ônibus adaptados, ônibus simples e vans
Linhas de ônibus atendidas	26 linhas

3. Materiais e métodos de pesquisa

A metodologia empregada neste trabalho consistiu inicialmente do levantamento, da consulta e da análise de diversos materiais bibliográficos relacionados ao tema abordado no presente artigo. Também foi realizada uma visita ao BRT da Avenida Bezerra de Menezes, situado em Fortaleza/CE, passando-se por todo o seu percurso, desde a primeira estação até a última, procurando-se identificar as patologias incidentes no asfalto. Durante o trajeto, foram realizados registros fotográficos das patologias encontradas. Em seguida, estas imagens foram analisadas, avaliando-se as causas, mecanismos de ocorrência e possíveis tratamentos para o trecho estudado.

4. Estudo de caso

A área de estudo escolhida, conforme foi mencionado, situa-se na Avenida Bezerra de Menezes, em Fortaleza/Ce. Seu ponto inicial parte do North Shopping e segue até ao Mercado São Sebastião, no qual se encontra a última estação. Esse é o trecho onde foram realizadas as obras de implantação da primeira fase do Corredor Expresso Fortaleza. Todas as estações dele estão no mapa exposto na Figura 2.

A seguir, realizou-se a análise e discussão das principais patologias encontradas, indicando-se os locais onde elas ocorreram, seu diagnóstico e as suas possíveis causas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em seguida, são apresentadas soluções para os problemas identificados.

A Figura 6 mostra um subtrecho da via, entre as estações North Shopping e Olavo Bilac, onde se observa um remendo. O remendo retratado não é um defeito em si, visto que está nivelado com a pista e não provoca desconforto. No entanto, ele reflete um mau comportamento do pavimento original. As causas para isto são: solicitação intensa de tráfego; emprego de material de má qualidade; agressividade das condições ambientais e problemas construtivos, sendo a primeira causa a mais plausível de explicar este defeito.

Figura 6 – Remendo

Na Figura 7, foi possível observar o asfalto em início de processo de desgaste, entre as estações Olavo Bilac e Erico Mota. Nessa imagem, o asfalto encontra-se em segregação, ocasionado pelo arranchamento progressivo de agregados e argamassa pela passagem de tráfego, trazendo aspereza superficial anormal ao revestimento. As possíveis causas dessa anormalidade são: ação combinada do tráfego e agentes intempéricos; perda de adesividade no ligante asfáltico; execução do pavimento em condições meteorológicas desfavoráveis; presença de água no interior do revestimento.

Figura 7 - Desgaste

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na Figura 8, próximo ao canteiro central, entre as estações Erico Mota e José Lourenço, verificou-se no pavimento uma panela se desenvolvendo. Esta patologia apresenta desplacamento da camada de revestimento por conta da perda de aderência entre essa camada e a abaixo dela. Observa-se ainda que este defeito está afetando a estrutura do pavimento, já que a água está se infiltrando. Além disso, é um defeito que afeta as condições de rolamento da pista por apresentar irregularidade longitudinal. Suas causas podem ser: trincamento por fadiga; falha construtiva e deficiência na compactação.

Figura 8 - Panela

Na Figura 9, entre as estações José Lourenço e Dom Lino, o pavimento apresentou um escorregamento, diagnosticado através do aparecimento de uma fenda em forma de meia-lua no mesmo, ocasionada pelos esforços de tração das cargas de roda dos ônibus. A causa mais plausível para explicar o surgimento desta patologia é a ocorrência de fluência plástica do revestimento, devido às altas temperaturas a que o pavimento é submetido, que superaram o ponto de amolecimento do CAP utilizado.

Figura 9 - Escorregamento

ISBN: 978-85-65425-32-2

Entre as estações Cruz e Saldanha e Instituto dos cegos, foi possível identificar, conforme a Figura 10, uma trinca transversal longa. A trinca transversal, nesse caso, se deu possivelmente no asfalto pelos seguintes motivos: dilatação e contração do revestimento devido ao gradiente térmico ou pela propagação de trincas já existentes nas camadas inferiores.

Figura 10 - Trinca transversal

Entre as estações Instituto dos cegos e Padre Frota, foi encontrada, segundo mostra a Figura 11, uma trinca tipo bloco sendo formada. Esse tipo de trinca se dá quando o asfalto perde a sua elasticidade, em razão da alternância de temperaturas durante o dia, que provoca contrações e dilatações, fadigando o revestimento. Outra possível causa é o encontro de trincas longitudinais e transversais coincidindo em seu processo de formação.

Figura 11 - Trinca tipo bloco

ISBN: 978-85-65425-32-2

A Figura 12 a seguir foi obtida entre as estações Otavio Bonfim e Mercado São Sebastião e mostra uma trilha de roda por afundamento plástico com solevamento severo, evidenciado pelas flechas expressivas no local. Este defeito foi bastante recorrente nas proximidades das estações do BRT estudado e tem relação com o tráfego lento e pesado dos ônibus, que, por excesso de solicitação de suporte de carga, causam rupturas nas camadas do pavimento. Em algumas estações, para sanar esse problema, colocou-se pavimento rígido, por ser um pavimento muito mais resistente às cargas de tráfego. Este é um defeito que põe em risco a segurança dos usuários e do ponto de vista técnico pode ser considerado grave, uma vez que a estrutura pode estar em estado terminal.

Figura 12 - Trilha de roda por afundamento plástico

5. Considerações finais

O BRT estudado nesse artigo foi inaugurado em julho de 2015. Com pouco tempo de operação, a saber, menos de dois anos, seu pavimento apresentou precocemente diversas patologias, o que indica provavelmente que o tempo de vida útil, definido em projeto, não foi atingido.

Além disso, outra consideração a ser feita é que, na visita ao local, foi identificada no asfalto, com mais frequência, a presença de trilhas de roda, escorregamentos, trincas e buracos. Levando isso em conta e associando esse fato com as causas mais preponderantes das patologias discutidas acima, o que se percebe é que a ação das cargas provenientes do tráfego no local e as altas temperaturas da cidade são os fatores que mais afetaram a integridade da pista do Corredor Expresso Fortaleza, sendo responsáveis pela maioria dos defeitos encontrados.

Em virtude disso, para tratar as patologias no trecho estudado ou pelo menos minimizá-las, é recomendável remover o revestimento asfáltico existente e fazer sua recomposição com material de melhor qualidade e/ou com melhor dosagem. Outra proposta seria também substituir todo o seu pavimento atual por um pavimento rígido, que, apesar de ser mais caro para implementar, evitaria muitos gastos com manutenção e restauração durante sua utilização, por ser mais resistente e durável, o que, a longo prazo, proporcionaria redução de custos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

BRTBRASIL. Principais conceitos. Disponível em: <http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt/conceitos#.WPVkJojyvIU>. Acesso em: 17 abr. 2017.

CARVALHO *et al*., 2016. Patologias de pavimentos flexíveis em corredores de ônibus - trecho da avenida João Pessoa, Fortaleza-Ce. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 45, E ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 19, Brasília. Anais do site RAPVENACOR. 45ª RAPv e 19º ENACOR, Distrito Federal, 2016.

DNIT (2005). Manual de conservação rodoviária. Publicação IPR – 710. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2006). Manual de pavimentação. Publicação IPR – 179. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infraestrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

FORTALEZA, PREFEITURA MUNICIPAL DE, Plano Diretor de Fortaleza (Lei 062/2009), 2009.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE FORTALEZA. Plano de mobilidade de Fortaleza, 2015.

MANUAL DE BRT. Guia de Planejamento. Institute for Transportation & Development Policy. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana. 2007.

SILVA, Paulo Fernando A. Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2008.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA EM FORTALEZA PRÓXIMA À PRAIA

Analysis Of Pathological Manifestations In A Public Building In Fortaleza Near To The Beach

Camila PINHEIRO[1], **Gustavo** LOURENÇO[2], **Gabriella** MAIA[3]

[1] Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, Camilalima248@gmail.com

[2] Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, gustavoengenhariac@gmail.com

[3] Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, gabriellamaia4@gmail.com

Resumo: O presente trabalho apresenta o diagnóstico e propostas de soluções para as patologias encontradas em uma edificação pública nas proximidades da praia em Fortaleza. O referido artigo aborda as patologias mais frequentes que tem como origem a umidade e, por estar em ambiente marítimo, discute-se também sobre ataques por cloretos. Com base nas informações coletadas sobre a execução da obra e literaturas técnicas, foi possível identificar as possíveis causas do surgimento das patologias. A partir dessa etapa, foram propostos materiais e métodos necessários para seu tratamento. A ocorrência das manifestações se deu pela falta de manutenção ao longo dos anos, principalmente por se tratar de uma obra antiga, e pela inobservância de normas técnicas que resultou em falhas de projeto e execução.

Palavras-chave: Patologias, umidade, manutenção, normas técnicas, projeto, execução, ataque por cloretos.

Abstract: This present article shows diagnosis and proposes solutions to pathologies that are found in a building near to the beach in Fortaleza. This work approaches the most frequent pathological cases that have their origin by moisture as well as the reason of being located in a maritime environment. Also, it discusses the problem involving the attack by chlorides. Based on the information gathered about the execution of the construction work and technical literature, it was possible to identify the possible causes of the appearing of pathologies in the structure. Thenceforward, it was recommended materials and necessary methods for structure treatment. The occurrence of pathological manifestations was motivated by the lack of maintenance over the years. Mainly, because it is an old construction and due to non-observance of technical standards, resulting in design and execution failures.

Key words: Pathologies, moisture, maintenance, technical standards, design, execution, attack by chlorides.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Com o envelhecimento das edificações entre as décadas de 60 e 70, obteve-se uma amostra de dados através de peças danificadas dessas construções em ambientes diversos. Então, pôde-se analisar o desempenho dessas estruturas. Segundo Souza e Ripper (1998), “Desempenho entende-se como o comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil, e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção”.

Vida útil de acordo com a NBR 6118 compreende-se como período de tempo em que obrigatoriamente atendendo às especificações de uso e manutenção do projetista e construtor, conseguem serem mantidas as características da estrutura de concreto. O conceito se aplica tanto à estrutura como um todo, quanto aos seus componentes. Para existir durabilidade nas estruturas de concreto, deve-se haver uma conjuntura de todo o corpo de trabalho, visando cooperação em todos os processos envolvidos. São eles: projeto, construção e utilização.

Surgiram assim, os casos que não obtiveram êxito em reparos e manutenções. Conforme a NBR 5674, manutenção é um conjunto de atividades que devem ser executadas, com intuito de conservar ou tentar reestabelecer as características funcionais da edificação e de seus componentes. Dessa forma, atendendo aos requisitos estruturais e de segurança dos clientes.

Segundo Souza e Ripper (1998), notou-se que não mais somente, devia-se analisar a capacidade resistente de estruturas de concreto, mas, também, o que as afetam e as impedem de estar com características totais iniciais intactas, inerentes à servicibilidade, por exemplo, que concerne diretamente a fissurações e deformações. Daí surge o estudo das patologias de estruturas. Patologia de estruturas refere-se ao estudo das origens da mesma, assim como as formas de manifestação, suas consequências e mecanismos de ocorrência de falhas, além do sistema de degradação das estruturas que a implica.

Muitos são os fatores que influenciam patologicamente uma estrutura em processos deterioradores, mas conforme Souza e Ripper (1998), pode-se apontar duas causas: intrínsecas que são inerentes às estruturas e, extrínsecas, as quais são características externas ao corpo estrutural.

Para Cánovas (1988), patologia das construções está diretamente ligada à qualidade. Sabendo-se que havendo boa qualidade dos materiais para construção de alguma obra, da seleção de funcionários que estejam qualificados, empregados a ela. Além de projeto bem feito e executado, com processos de revisão e compatibilização com todos os envolvidos, desde proprietário a cliente, ademais, inspeções com laudos e revisões. São estes fatores imprescindíveis para se estabelecer uma prestação de serviço de excelência. Ainda mais, com o aumento contínuo da exigência dos clientes, sendo impulsionada pela promulgação do Código de Defesa do Consumidor em 1990 e com o aumento de força do PROCON, seguida por essa motivação.

De acordo com o Código civil, os construtores têm que oferecer uma garantia de pelo menos cinco anos para reparos de danos nas construções entregues. Porém, há falta de interesse dos proprietários em investimentos de tecnologias preventivas relacionadas às patologias.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Explica Degussa (2003), que o interesse focado quase que somente em engenharia estrutural, que é a área de projeto e execução das obras, acaba que deixando em segundo plano a reabilitação e manutenção das estruturas. É sabido que isto gera problemas econômicos e perda de confiabilidade dos clientes, que é um fator de má propaganda para o nome da empresa, e, consequentemente, gera *feedback* ruim.

Para tanto, há um círculo de qualidade para a construção civil baseado no Boletim nº183 da C.E.B (*Comité Euro-International du Béton*) de 1992, situando que as características do projeto estão ligadas às características da construção, através da qualidade do processo construtivo e dos materiais empregados para tal. Subsequente, a qualidade desse produto formado por essa combinação, que influi diretamente no custo da construção. Dessa forma, liga-se a um propósito que está atrelado aos requisitos estabelecidos pelos clientes e prestadores de serviços, que é o de funcionalidade. Novamente retomando ao termo de qualidade de projeto.

2. Metodologia

Primeiramente, baseando-se em literaturas técnicas, abordou-se as origens das patologias nas estruturas e os custos de recuperação da mesma, mostrando assim, a importância da prevenção das patologias e a manutenção adequada.

O estudo de caso realizado nesse artigo refere-se a uma obra pública, da década de 80, que se localiza próximo à praia. Visitas foram realizadas ao local da edificação de estudo, onde elaborou-se acervo fotográfico para que fosse possível catalogar as manifestações com maiores detalhes posteriormente. Pela dificuldade de acesso ao memorial descritivo da obra junto à prefeitura, realizou-se entrevistas com o responsável pela recuperação da edificação para obter-se maiores informações tais como detalhes construtivos e estruturais.

O diagnóstico das patologias se deu com base nas etapas que Souza e Ripper (1998) sugeriu, reduzindo-as para as três etapas seguintes:

1 – Classificação do meio onde a edificação se encontra tendo em vista sua agressividade;

2 – Levantamento dos sintomas patológicos (avaliação da presença de cloretos ou carbonatação, medidas de trincas e fissuras, perda de seção nas barras de aço, bolor, descascamento da pintura...);

3 – Identificação dos erros quanto a concepção da estrutura, sua execução, ou ainda quanto a sua utilização e manutenção.

Depois do diagnóstico, partiu-se para a proposição de soluções para a recuperação da estrutura a partir da consulta em literatura técnicas.

3. Gênese patológica das estruturas

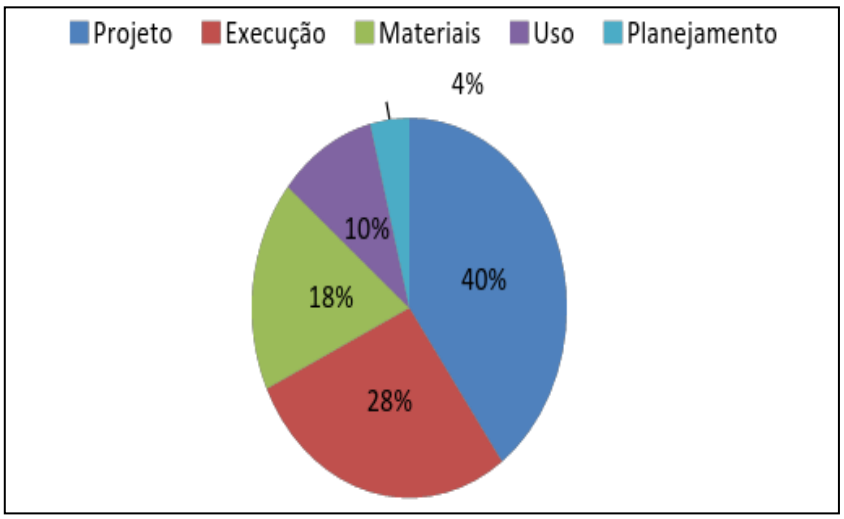
Segundo Souza e Ripper (1998), levando em conta que catástrofes naturais são eventos quase que imprevisíveis e forçam as estruturas ao máximo. Pode-se considerar que os problemas patológicos têm sua origem advindos de falhas no sistema de concepção, execução e utilização das estruturas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em âmbito do processo qualitativo, pelo qual uma construção tem que se submeter, a etapa de concepção está relacionada ao contentamento do cliente com o procedimento pelo qual a obra será executada e as possibilidades de continuidade em relação à preservação e à manutenção do empreendimento. Enquanto que a área de execução é onde mais se deve seguir o projeto fidedignamente. E para utilização, ela está intrinsecamente relacionada à vida útil do empreendimento.

Com todo o processo construtivo em andamento, há de surgir intempéries. De acordo com Helene e Figueiredo (2003), as causas dos problemas patológicos têm incidências maiores nas fases de projeto e planejamento, em que pode-se sugerir como área de processo criativo e compatibilização. Conforme o gráfico abaixo apresenta:

Figura 1 – Gênese das patologias



Fonte – Helene e Figueiredo, 2003.

Todo o processo patológico recai na preocupação da durabilidade de uma construção, pelo qual é uma condição que concerne à economia e qualidade da estrutura. Ainda que com os avanços tecnológicos em processos construtivos, a problemática patológica em estruturas não diminui.

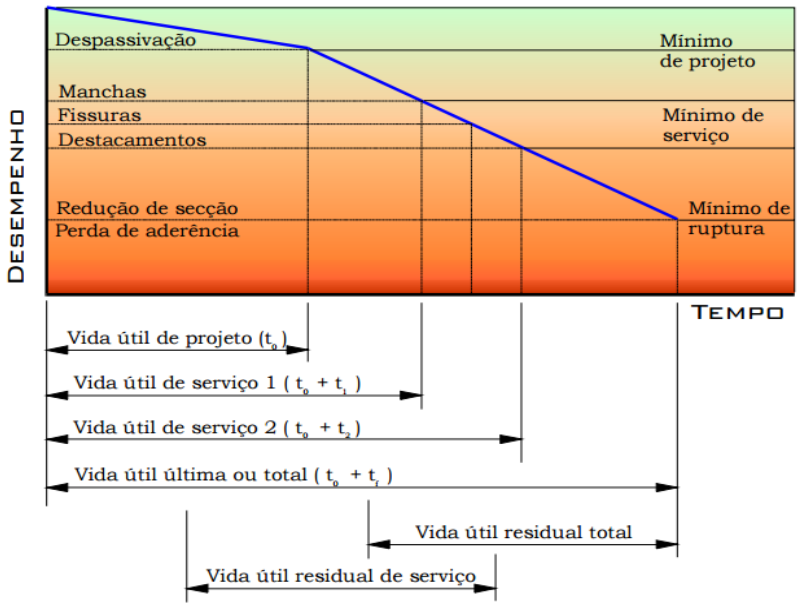
Segundo Figueireido e O'reilly (2003), "o ambiente hoje em dia é mais agressivo que o de décadas atrás, além disso, o aperfeiçoamento de técnicas de dimensionamento mais avançadas e, portanto mais econômicas, também interferem negativamente na durabilidade das edificações".

A durabilidade é inevitavelmente relacionada à vida útil, pois o comportamento da estrutura ao longo do tempo, em resposta aos esforços solicitantes, assim como os agressores naturais, irão ditar a vida útil dessa obra. Do mesmo modo que a durabilidade possui inter-relação com desempenho, pois o cálculo estrutural, a utilização dos materiais, a execução e a cura do concreto são ligados aos conceitos de resistência (segurança), solidez (servicibilidade) e estética. Logo, estes conceitos são associáveis para a determinação de algum desfecho.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Existe um modelo associativo proposto por Tuutti (1982), ampliado por Helene (1992), que apresenta um fenômeno de corrosão de armaduras. Nesse modelo há uma evidenciação do conceito de desempenho ao longo do tempo, exprimindo a relação com a vida útil. Explica-se que a vida útil do projeto é constada junto ao período de iniciação do mesmo. Conforma-se no espaço de tempo até o surgimento das primeiras ocorrências patológicas, como perda de resistência, por exemplo. Já a vida útil residual é o período de tempo em que a estrutura mantém sua funcionalidade, depois de uma vistoria ou intervenção de uso da estrutura.

Figura 2 - gráfico de desempenho x tempo, sendo a vida útil baseada na corrosão das armaduras de estruturas de concreto.



Fonte –Tuutti, 1982 e ampliado por Helene, 1992.

Como já referenciado, as patologias têm erros de concepção (projeto), execução (construção) e utilização das estruturas.

No tocante das patologias de concepção, elas ocorrem através de falhas nos estudos preliminares, de execução do anteprojeto ou durante o projeto final de engenharia. O agravante é que, quanto mais inicial o erro for oriundo, maior será o custo empregado para solucioná-lo. As falhas originadas nessa parte de utilização da obra são responsáveis pelo aumento do custo da construção. Porém, é no projeto final que se encontra a manifestação patológica “enraizada”. São erros que ocasionam elas:

- Uso inadequado dos materiais;
- Detalhes mal direcionados ou errôneos;
- Não padronização dos métodos;
- Erros de dimensionamento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A respeito de problemas patológicos na etapa de construção, podemos citar como agravantes:

- Mão de obra não qualificada;
- Flechas excessivas em lajes, como deformação precoce;
- Ausência de alinhamento de estruturas e alvenarias.

Por fim, os erros acometidos na fase de utilização da estrutura:

- Demolição, com intuito de abrir vãos para alvenarias que sejam estruturais;
- Modificação inadequada do uso da estrutura.

4. Custos relacionados à recuperação estrutural

Uma área sensível na construção são os custos. Referenciando-se por Helene (1997) os custos de intervenção na estrutura crescem exponencialmente, à medida que o tempo para identificação da patologia e a interferência para o tratamento dela não sejam aplicados. A evolução desses valores se dá por uma progressão geométrica, de razão 5. Conhecida como “Lei dos 5” ou também chamada de lei de Sitter. Esta lei demonstra o desenvolvimento dos custos relativos através do tempo, nos estágios em que a intervenção é feita, durante determinada idade da estrutura.

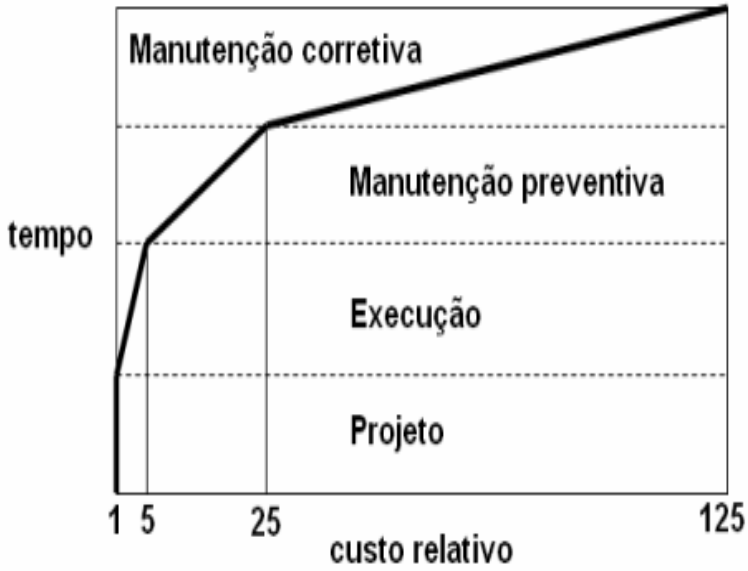
Os custos de recuperação dependem do tempo em que a patologia se manifesta e a detecção da mesma, além da etapa do sistema construtivo em que ela foi originada. Podendo ser ainda em fase de projeto, durante a execução da obra, na fase de utilização da construção, caso haja manutenção preventiva, ou se fazer necessária a manutenção corretiva.

Em relação ao estágio de projeto, está inserida qualquer medida adotada com intuito de aumentar proteção e durabilidade da estrutura, como aumentar o cobrimento da armadura, por exemplo. Referente à construção, são os meios adotados na execução da estrutura, e correspondem a valores cinco vezes maiores, caso o problema fosse detectado na parte de concepção.

No tocante às manutenções, a preventiva se refere a operações isoladas de manutenção, como impermeabilização de coberturas e reservatórios mal projetados, assim como pinturas frequentes. O valor do custo relativo é vinte e cinco vezes maior do que se a falha fosse identificada no projeto estrutural. Já a manutenção corretiva, corresponde ao diagnóstico estrutural, compreendendo as operações de reparo, reforço e proteção de estruturas, as quais já perderam sua vida útil de projeto e apresentam patologias bastante evidenciadas. Nesta parte, os custos crescem cento e vinte e cinco vezes em relação ao projeto inicial.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 3 - Lei de Sitter



Fonte – Helene, 1997.

5. Análise das patologias

5.1 - Classificação do meio

A edificação tomada como estudo de caso está locada próxima à praia. De acordo com Helene (1986), a atmosfera marinha contém cloretos de sódio e de magnésio e pode conter também sulfatos. Tais elementos são extremamente agressivos e contribuem para a aceleração do processo de corrosão da armadura. Como referência, pode-se dizer que a velocidade de corrosão em atmosfera marinha pode ser da ordem de 30 a 40 vezes superior a que ocorre em meio rural.

O ambiente marítimo de acordo com a NBR 6118 possui classe de agressividade ambiental III, considerada grave e com risco de deterioração da estrutura alto. Para a classe III, a relação água/cimento do concreto deve ser <0,55 e o cobrimento nominal da laje deve ser de 35 mm para vigas e de 40 mm para pilares.

5.2 - Levantamentos dos sintomas patológicos

A impermeabilização interfere diretamente na vida útil de uma construção, já que protege as estruturas contra a ação nociva da umidade e tem como função a formação de uma barreira que contém a propagação da umidade e evita infiltrações. As patologias consequentes da falha da impermeabilização na edificação estudada nesse artigo são resultado do excesso de umidade no edifício.

A umidade nas edificações é um problema de difícil correção, pois danifica grande parte dos materiais de construção e facilita a proliferação de diversas patologias, desencadeando danos ainda maiores. Segundo Verçoza (1987), as principais patologias obtidas como consequência de uma impermeabilização ineficiente são: goteiras, manchas, mofo,

ISBN: 978-85-65425-32-2

apodrecimento, ferrugem, eflorescência e deterioração. Essas patologias podem comprometer uma edificação em um curto período de tempo, por esse motivo, recomenda-se tratar esse problema em sua fase inicial.

Além de estar sujeita à infiltração, a edificação estudada encontra-se próxima de áreas marinhas, ou seja, está suscetível à maresia. Quanto mais próximo do mar, maior a concentração de cloreto. O ataque de cloreto sofrido afeta a estabilidade da estrutura, pois os sais penetram diretamente nos poros do concreto e atingem as estruturas metálicas internas, abrindo caminho para a corrosão do aço pelo oxigênio presente no ar.

Os principais sintomas patológicos encontrados na edificação estudada foram:

5.2.1 - Infiltração

Conforme Verçosa (1991), caso exista impermeabilização, deverão ser realizadas duas verificações. A primeira consiste em verificar se paredes e platibandas adjacentes possuem rachaduras. Conforme o autor, na maioria das vezes a água entra pela rachadura da platibanda e vai para baixo do sistema de impermeabilização. Ele também relata que a segunda maior causa de defeitos em impermeabilizações é devido a rodapés mal executados.

Um dos principais erros de execução ocorridos na aplicação da manta asfáltica na coberta foi a realização da virada da manta nos rodapés. Recomenda-se que os cantos sejam arredondados e que a argamassa de regularização suba de 30 a 40 cm. No caso estudado, observa-se que a argamassa de regularização subiu por volta de 20 cm, ou seja, abaixo do recomendado.

Além disso, depois de aplicada, a manta asfáltica deve ser revestida com argamassa para sua proteção mecânica. A figura 4 mostra que a virada da manta na platibanda não foi revestida, facilitando assim, a entrada da água.

Figura 4 – Coberta da edificação evidenciando a manta mal executada

Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A umidade que acometeu a estrutura em alguns pontos causando patologias no revestimento e oxidação do aço, provavelmente, foi proveniente das fissuras encontradas na platibanda como mostra a figura 5 e 6.

Figura 5 – Fissura na platibanda

Fonte – O autor, 2017.

Figura 6 – Fissura na platibanda

Fonte – O autor, 2017

Os erros de execução citados tornaram a impermeabilização da coberta ineficiente. Como consequência disso, a construção ficou desprotegida contra a agressão provocada pelas águas pluviais, tornando a edificação suscetível à infiltração.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.2.2 - Mofo e Bolor

A incidência de umidade constante na cobertura ocasionou o aparecimento de mofos e bolores no pavimento inferior como mostra a figura 7. É sabido que a umidade é a principal condição para a proliferação de fungos em superfícies. Kießl e Sedlbauer (2001) afirmam que se uma superfície apresentar uma umidade superior ou igual a 80% por mais de 6 horas por dia, é possível o surgimento de mofo, que além de gerar um aspecto estético ruim, já que com o tempo o revestimento começa a ser comprometido, são compostos por fungos que podem gerar problemas à saúde.

Figura 7 – Mofo na laje devido a umidade

Fonte – O autor, 2017.

5.2.3 - Falhas no revestimento

A deterioração do revestimento, como mostra a figura 8, foi uma patologia recorrente na edificação estudada. Segundo Sabbatini (2000), ‘’As origens para a ocorrência dos problemas patológicos no revestimento da argamassa, podem estar associadas às fases de projeto, execução e utilização desse revestimento ao longo do tempo’’. O estado de infiltração constante observado nessa edificação foi fator determinante para o surgimento desta patologia, pois à medida que o teor de umidade aumentou, houve, também, uma redução na resistência da argamassa.

Figura 8 – Deterioração no revestimento

Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.2.4 - Falta de cobrimento

Em algumas partes da edificação onde encontrou-se armadura exposta, notou-se que o cobrimento era em torno de 2,5 cm, ou seja, estava abaixo do recomendado. Conforme Egydio Hervé (2007), quando o cobrimento é muito fino em relação à agressividade de um ambiente, defeitos na estrutura ocorrem em poucos anos, levando ao desplacamento do concreto, à fissuração intensa e, finalmente, ao desaparecimento das armaduras, à ruptura, deformação e até queda da estrutura.

Esta recorrente falha de projeto facilitou a corrosão da armadura, comprometendo estabilidade da construção.

5.2.5 - Oxidação: umidade e ataque por cloretos

A oxidação das armaduras é uma das patologias mais comuns presente nas edificações expostas à umidade, sua ocorrência pode ser dada em locais mais expostos à infiltração e agentes agressivos, ou em áreas com muitas falhas de execução, como ninhos de concretagem que, pela alta porosidade local, acaba por facilitar a penetração de agentes agressivos que contribuem para a deterioração das barras de aço.

Além da oxidação por umidade, a estrutura, que se encontra exposta à atmosfera marinha, também sofre com o ataque por cloretos. Geralmente o problema manifesta-se pela redução da seção de armadura e fissuração do concreto, mas também pode ser observado com o surgimento de manchas avermelhadas geradas pelos óxidos de ferro. As tensões provocadas pela corrosão da armadura facilitam o surgimento de outros problemas. Primeiramente fissuras, podendo evoluir para trincas e rachaduras, que ocorrem porque os produtos da corrosão ocupam um espaço maior que o aço original. Associadas à fissuração, outras patologias também tendem a afetar a estrutura, como as desagregações. Como consequência da separação de placas de concreto, teve-se a perda da capacidade de resistência aos esforços solicitados.

6. Proposição de soluções

Diz-se que a estrutura precisa ser recuperada quando há a finalidade de aumentar ou de reconstruir a capacidade portante da estrutura. A qualidade dos serviços de recuperação, tanto em termos econômicos como estruturais, depende da análise minuciosa das causas e efeitos produzidos pelas patologias. A partir daí, escolhe-se, dentre as várias opções de mercado, a técnica adequada bem como os materiais e equipamentos que serão utilizados. Não se pode esquecer também que os serviços de reforço sempre requerem a prévia elaboração de cálculos estruturais.

A seguir são apresentadas soluções para as manifestações patológicas encontradas na edificação. Tendo em vista causas comuns, as soluções foram agrupadas da seguinte forma:

ISBN: 978-85-65425-32-2

6.1 - Manifestação patológica na estrutura: Armadura oxidada

A laje mais afetada pela oxidação do aço foi a da figura 9, a qual houve a necessidade de escoramento para garantir a segurança dos trabalhadores e evitar a possibilidade de desmoronamento já que a estrutura perdeu grande parte de sua capacidade portante. Tal tipo de laje, já não é mais executada nos dias de hoje, pois possui uma baixa resistência por ser formada de tijolos cerâmicos, aos quais passam armaduras por dentro, e são revestidos com argamassa.

Figura 9 – Laje afetada escorada

Fonte – O autor, 2017

Como agravante, como já foi citado, o meio onde se encontra a edificação é classificado como risco III pela NBR 6118 e como as armaduras dessa laje estão apenas protegidas por 2,5 cm de argamassa, a velocidade e a intensidade do processo de ataques por cloreto é intensificado. Além disso, há também o problema de infiltração causada pelas fissuras na platibanda e por conta da impermeabilização mal executada, notoriamente na virada da manta. Portanto, a armadura está sofrendo dois ataques: por cloretos e por umidade.

Nesse caso, pode-se dizer que o erro veio da fase de projeto, pois a estrutura não respeitou o cobrimento mínimo de 35 mm e, além disso, o tipo de material para o cobrimento, que é a argamassa, não é adequado, pois não cumpre a mesma função de proteção da armadura como o concreto.

Para piorar, a primeira empresa que foi executar a recuperação dessa laje com a armadura exposta cobriu-a com gesso como mostra a figura 10, o que agrava ainda mais o processo de corrosão de acordo com Helene (1986) que diz que argamassas de gesso não protegem a armadura, até pelo contrário, podem agredi-la.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 – laje recuperada com cobrimento em gesso com o surgimento posterior de fissuras.

Fonte – O autor, 2017

De acordo com Souza e Ripper (1998), é costume adotar-se a necessidade de adição de uma nova barra quando a redução da seção da barra corroída tiver ultrapassado 15%. Como será necessário no caso da figura 11. O diâmetro, quantidade de barras e forma de ancoragem devem ser decididos pelo engenheiro calculista da edificação.

Figura 11 – Oxidação em quase sua totalidade da armadura

Fonte – O autor, 2017

Se a redução não ultrapassar os 15%, como é o caso da figura 12 que já está em processo de recuperação, pode-se fazer a escovação manual para retirada da oxidação, jateamento de areia e ar comprimido para completa limpeza tanto da armadura quanto do concreto que a cerca. Depois, deve ser aplicado um revestimento polimérico nas armaduras que forma sobre a superfície do aço uma proteção anticorrosiva, devido a sua alcalinidade e baixa permeabilidade. Tal revestimento também deve ser aplicado no concreto próximo das armaduras que deve estar limpo, isento de partículas soltas e levemente umedecido.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 12 – Armaduras com revestimento polimérico aplicado

Fonte – O autor, 2017

Para a etapa de cobrimento da armadura com um novo concreto deve-se atentar a diferença de retração entre o concreto novo e o velho. Como a estrutura é antiga, ela já sofreu toda ou quase toda sua retração. Portanto, a retração do concreto novo deve ser reduzida ao mínimo. Para isso, pode-se reduzir a relação água/cimento do mesmo com a ajuda de aditivos plastificantes e superplastificantes. Também, se possível, o concreto novo deve ser misturado e deixado em repouso por 30 a 60 minutos para diminuir a retração pós-lançamento.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o concreto projetável de mistura seca é o mais indicado para reforços estruturais, pois ele permite a menor adição de água e consequente diminuição da relação a/c e também, por ser projetado, aumenta a aderência entre os concretos por sua compactação simultânea pela pressão na qual é aplicado.

6.2 Manifestações patológicas no revestimento: mofo, bolor e desagregação da pintura.

Verçosa (1991) coloca que a melhor maneira de eliminar fungos é remover as condições de sua sobrevivência, umidade acima de 75% e temperatura entre 10 e 35°C.

Como os problemas encontrados no revestimento, como o mofo e o bolor, surgiram por conta da umidade advinda de falhas na impermeabilização e estrutura da platibanda, deve-se agir na origem da infiltração. As rachaduras que há na platibanda devem ser corrigidas com argamassa e deve-se fazer o revestimento da mesma em seguida para evitar a percolação de água pelos poros do concreto e para proteger a virada da manta asfáltica.

Depois é necessário a limpeza da superfície afetada e a utilização de soluções fungicidas e verificar se há necessidade de pintura nova.

ISBN: 978-85-65425-32-2

No caso dos descolamentos, deve-se refazer as partes atingidas e verificar se existem outros locais onde o processo já tenha iniciado, caso seja, deve-se arrancar as partes e também refazê-lo utilizando argamassa de boa qualidade.

7. Conclusão

Constatou-se que, por se tratar de uma edificação antiga, datada da década de 80 e sem as devidas inspeções e manutenções, há alguns trechos nos quais as patologias já estão bem avançadas. Os maiores agravantes das patologias foram a proximidade da praia, o que facilitou o ataque por cloretos e consequente corrosão da armadura. Sendo este classificado como um erro de projeto, por não ter havido o cobrimento mínimo de 35 mm da estrutura.

Em paralelo, a má execução da platibanda, a qual estava sem revestimento adequado, aumentando, assim, o grau de porosidade, o que permitiu a abertura de fissuras pelas quais entra a água, que vai para baixo do sistema de impermeabilização. Este que foi mal feito, sem haver a virada da manta de 30 a 40 cm protegida pela argamassa de regularização, como já referenciado, atingindo, dessa forma, as lajes da estrutura. Estas falhas sendo caracterizadas como erros de execução.

Evidenciou-se também erro de manutenção, ao haver tentativa de cobrimento da armadura já oxidada com gesso, metodologia erroneamente empregada, já que o gesso aumenta o processo oxidativo. Para tanto, percebe-se que os erros no processo construtivo podem culminar em patologias, logo, custos para construção. Caso tivesse acontecido um estudo detalhado no projeto inicial ou nas etapas de execução e reparo das estruturas, haveria redução do capital necessário a ser empregado, consequentemente, ter-se-ia economia dos gastos e possibilidade de investimentos em outras atividades da construção.

Por isso, a necessidade de um projeto bem feito, analisado e executado, o que exige um corpo de trabalho qualificado. Além de necessitar da compatibilização e inspeção das etapas necessárias do processo construtivo. De fato, o estudo para evitar o surgimento de patologias é crucial para a manutenção da qualidade, da durabilidade, para prover vida útil à estrutura. Não tão somente permitindo a segurança e servicibilidade, mas também o conforto dos clientes e a certeza de que o melhor serviço prestado aconteceu. Podendo dessa forma, ter maior retorno econômico, já que a maior propaganda é traduzida na qualidade do produto ofertado.

8. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674 – Manutenção de Edifícios: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 - Projeto de estrutura de concreto: Procedimento. Atualizada em 2004.

CÁNOVAS, M. F.,(1988) Patologia e terapia do concreto armado, Ed. Pini, São Paulo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Comite Euro-Internacional du Beton (1992) – *durable concrete structures***.** Ed 2. London.

DEGUSSA. Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto (2003) Ed. Red. Rehabilitar. São Paulo.

EGYDIO, H. N. (2007) Diretor da Ventuscore; Artigo publicado pela Revista PINI, São Paulo.

FIGUEIREDO, E.J.P.; O'REILLY, V. (2003) *Orientación para el diagnostic* - Capítulo 2: *Manual de Rahabilitación de Estructuras de Hormigón: reaparación, refuerzo y protección*

HELENE , Vida Útil das Estruturas de Concreto (1997) - IV Congresso Ibero Americano de Patologia das Construções, Porto Alegre.

HELENE, P. & FIGUEIREDO, E.P (2003).Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto. Red Rehabilitar, São Paulo.

HELENE, P.R.L. (1986) Corrosão em Armaduras para Concreto Armado - PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

HELENE, P.R.L., (1992) Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto, Ed. Pini, São Paulo.

KIEßL, K., SEDLBAUER, K. (2001) *Neue Erkenntnisse zur Beurteilung von Schimmelpilzen und Stand der Normenbearbeitung*, Weimar.

SABBATINI, F. H.; BAÍA, L. L. M. (2000) Projeto e execução de revestimento de argamassa - O Nome da Rosa, São Paulo.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, T., (1998) Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto - Ed. Pini, São Paulo.

TUUTTI, K. (1982) *Corrosion of steel in concrete*. Sweden: CBI.

VERÇOSA, E. J. (1987) Impermeabilização na construção – Editora Sagra, Porto alegre.

VERÇOSA, E. J. (1991) Patologia das Edificações – Editora Sagra, Porto alegre.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADA COM MANIFESTAÇÕES EM PINTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Case Study Of Pathologies Observed In External Facade Cladding With Painting Manifestations Of A Residential Building

Amanda Fernandes Pereira da SILVA[1], Hildegard Elias Barbosa BARROS[2], Diego Silva FERREIRA[3]

[1]Faculdade Santo Agostinho, Piauí, Brasil, amandafeernandes09@gmail.com

[2]Faculdade Santo Agostinho, Piauí, Brasil, hildegardebbarros@gmail.com

[3]Faculdade Santo Agostinho, Piauí, Brasil, diegof.engenheiro@gmail.com

Resumo: Como os sistemas de revestimentos de fachadas zelam por uma aparência estética agradável e protegem o edifício contra a degradação, por este estar mais suscetível a agressões externas, é necessário conhecer a que tipo de alteração este edifício pode estar propenso a sofrer. Dado que, patologia é uma modificação estrutural, ou funcional, que interfere no desempenho e na durabilidade de uma construção de modo a obstruir sua vida útil, exige-se entender a razão para o acontecimento deste problema que provoca falhas e prejudica toda e qualquer obra tanto fisicamente como estruturalmente com o decorrer do tempo. Desta forma, este presente trabalho tem o intuito de identificar as patologias mais comuns expostas no revestimento externo de fachada com manifestação em pintura de um edifício residencial, no Piauí, de maneira a incrementar informações relevantes sobre tal assunto encontrando alternativas viáveis que resolvam os problemas detectados que possam reduzir ou até mesmo prevenir tais problemas servindo, assim, de auxílio para estudos futuros. É importante frisar que o edifício em análise é composto por quatro fachadas, porém neste trabalho o estudo é restringido apenas à fachada que possui maior índice de patologias. Neste contexto, na pesquisa, foi preciso ter feito uma revisão de literatura sobre as principais patologias existentes em revestimentos de pintura em edifícios, suas causas e origens e alguns modos corretos de solução de forma a reforçar no estudo de caso real que foi realizado. Chegou-se ao entendimento que a atividade técnica de inspeção/manutenção efetuada corretamente e frequentemente é imprescindível para o incentivo da conservação das edificações, e no quesito de vir a impedir o surgimento de danos mais graves.

Palavras-chave: Fachada, Revestimento, Edifício, Patologias.

Abstract: Because facade cladding systems ensure a pleasant aesthetic appearance and protect the building against degradation, as it is more susceptible to external aggression, it is necessary to know what kind of alteration this building may be prone to suffer. Since pathology is a structural or functional modification that interferes with the performance and durability of a building in order to obstruct its useful life, it is necessary to understand the

ISBN: 978-85-65425-32-2

reason for the event of this problem that causes failures and damages any work Both physically and structurally over time. In this way, this present work aims to identify the most common pathologies exposed in the external facade cladding with painting manifestation of a residential building, in Piauí, in order to increase relevant information about this subject finding viable alternatives that solve the detected problems Which may reduce or even prevent such problems and thus serve as an aid to future studies. It is important to stress that the building in analysis is composed of four facades, but in this work the study is restricted only to the façade that has the highest index of pathologies. In this context, in the research, it was necessary to have a literature review on the main pathologies existing in paint coatings in buildings, their causes and origins and some correct solutions in order to reinforce the real case study that was done. It was understood that the technical inspection/maintenance activity carried out correctly and frequently is essential to encourage the conservation of buildings, and in the matter of preventing the occurrence of more serious damages.

Keywords: Facade, Facing, Building, Pathologies.

1. Introdução

Nos revestimentos externos, as manifestações patológicas originam-se de tal forma a provocar desconforto e insegurança aos usuários e, além disso, significam prenúncios de problemas mais graves que podem aparecer ao longo do tempo. Qualquer alteração que comprometa a estrutura ou a fisionomia de uma construção é considerada uma patologia.

As fachadas, por sua zona estratégica, são a parte do edifício mais exposta às intempéries naturais e, consequentemente, sofrem mais rapidamente com a degradação. Elas podem ser denominadas de fachada principal (fachada da frente) e as demais, fachada posterior e fachadas laterais, que envolvem a edificação limitando, assim, dois espaços distintos: o interior e o exterior. Ou seja, a fachada é caracterizada como cada uma das faces de qualquer edificação.

Assim sendo, a fachada de um edifício está propícia a desgastar-se mais facilmente devido a sua exposição visível, como visto anteriormente, e há algumas manifestações patológicas em revestimento externo que exigem uma análise detalhada para poder-se chegar a técnicas de resolução, a fim de melhorar o aspecto estético do edifício e evitar ou minimizar possíveis falhas.

A identificação e correção dessas falhas, contribuem para aumentar a vida útil dos revestimentos e, certamente, aumentam o grau de valorização estético da cidade gerando bem-estar aos usuários. Um dos aspectos de durabilidade, é manter a estética das fachadas de revestimento de forma a permanecer intacta a sua aparência original.

Para tanto, faz-se necessário um bom estudo precedente a fim de encontrar êxito no tratamento das patologias em fachadas de revestimento. É preciso descobrir o diagnóstico correto e conhecer as características e funcionamento do local a ser tratado para que ocorra a melhor escolha da técnica e dos materiais executáveis a serem utilizados neste procedimento de tratamento. Desta maneira, após a escolha de uma intervenção adequada, a partir de métodos de manutenção, é necessário que sejam tomadas medidas de proteção,

ISBN: 978-85-65425-32-2

considerando a vida útil prevista, as condições do ambiente, a natureza dos materiais e a agressividade.

À vista disso, apesar de existir patologias em fachadas de revestimentos argamassados, cerâmicos, entre outros, o presente trabalho tem como objetivo específico estudar os problemas patológicos que aparecem na fachada de revestimento externo com manifestação em pintura que apresenta grande incidência desses problemas que modificaram a aparência original de um edifício residencial, no Piauí, permitindo a disseminação de conceitos e correções que possam resolver esses problemas que decorrem destas patologias e, também, sirva como consulta para pesquisas futuras.

2. Patologias de fachadas e sistema de revestimento

A patologia de fachadas por estar relacionada à segurança da edificação, tornou-se um assunto que ganhou importância, em nível internacional, como um estudo de problemas mais comuns na construção civil. Os sintomas, as causas e soluções dessas patologias, são informações já vistas como primordiais para o ramo da Engenharia, pois sabe-se que o sistema de revestimento não só se preocupa com o aspecto visual do edifício, mas com a melhoria da estanqueidade da vedação, regularização e acabamento final da fachada.

Logo, para este estudo de caso, deve-se primeiramente entender o sistema de revestimento em pintura na qual o autor Sabbatini *et al* (2003) define: o sistema de pintura como um conjunto de tintas de fundo (seladores, primers anticorrosivos, fundos preparadores de superfície), massas de nivelamento (massa corrida, massa a óleo, massa para madeira) e tinta (e vernizes) de acabamento, que são formulados a partir de uma mesma resina. Acrescentam que os principais sistemas de pintura utilizados na construção imobiliária são os baseados nas resinas PVA, acrílicas e alquídicas.

Segundo o mesmo autor, a pintura tem duas funções principais: a de proteção do substrato e a função decorativa ou estética. A pintura aplicada exerce a função de camada de sacrifício que evita a degradação precoce do substrato. Quando aplicada sobre revestimentos de argamassa, protege o mesmo contra o esfarelamento e a ação da umidade, diminui a absorção de água e inibe o desenvolvimento de fungos e bolores. Quando aplicada sobre alvenaria aparente, reduz a absorção de água. A sua aplicação altera significativamente o aspecto final do edifício.

Para que o sistema de revestimento possua uma exterioridade valorizada, já que este é a etapa da obra que determina a fisionomia do edifício, torna-se necessário a identificação com exatidão de patologias de fachadas. Pois depois de conhecê-las, é claramente possível definir origem, causa e modo de intervir.

Por isso, este estudo tem por meta desenvolver averiguações de meio a acrescentar conhecimento, com uma análise feita em revestimento externo de pintura na fachada que mais apresenta desvantagem quanto à estética de um edifício residencial, no Piauí.

2.1 Composição do sistema de revestimento

Em um sistema de revestimento de fachada deve ser levado em consideração tudo aquilo que prejudica sua vida útil e desempenho. Ou seja, é preciso que os materiais que irão

ISBN: 978-85-65425-32-2

compor o revestimento sejam de qualidade para que a aparência do edifício fique bem-acabada e mantenha-se apropriada para atingir o objetivo de durabilidade pré-estabelecido.

Mesmo que exista elementos que são considerados desprezíveis, no que diz respeito à qualidade dos materiais, ao projeto e a construção da fachada, há a influência destes na aparência do edifício e que pode, certamente, dificultar reparações.

Adiante, serão apresentados os principais revestimentos aplicados e à título de demonstração, tem-se a Figura 1:

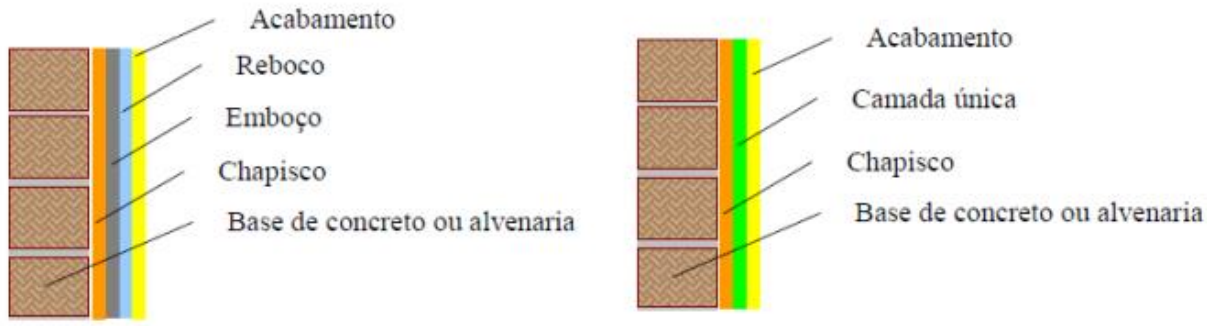


Figura 1 – A evolução dos conceitos e aplicação da qualidade
Fonte – Diogo, 2007.

Verifica-se na NBR 13530 (1995), que os revestimentos podem ser de camada única ou de duas camadas. Sendo que, segundo a NBR 13529 (1995), o revestimento de camada única é composto por um único tipo de argamassa aplicada sobre a base de revestimento, em uma ou mais demãos. Já o revestimento de duas camadas é constituído por emboço e reboco aplicados sobre a base de revestimento, conforme ilustrado na Figura 1.

Para Silva (2006), o emboço tem como função regularizar a superfície, de modo a preparar para o recebimento de outra camada, de reboco ou de acabamento decorativo. Pode também ser de camada única ou reboco “paulista” (popularmente denominado em obras). Já o reboco é a camada executada após o emboço e pode receber acabamento decorativo ou constituir o acabamento final, quando o acabamento é feito em pintura.

Para o mesmo autor, o chapisco, diferente do emboço e reboco, não constitui uma camada de revestimento. Ele é definido como uma camada de preparação da base, de forma a proporcionar boa aderência da argamassa ao substrato.

2.2 Causas e origens de patologias

As falhas que acontecem no andamento de uma ou mais tarefas do processo da construção civil, são as que originam as patologias. Conforme Helene (2003), “o processo de construção e uso pode ser dividido em cinco etapas: planejamento, projeto, fabricação dos materiais e componentes fora do canteiro, execução e uso”. As quatro primeiras etapas dispõem um tempo relativo curto, em relação ao quinto - uso, etapa mais longa que envolve

ISBN: 978-85-65425-32-2

a operação e manutenção das edificações, que geralmente são utilizadas mais de cinquenta anos.

Geralmente, muitos dos agentes causadores dessas anomalias tais como: infiltração e danos por umidade, cargas solicitantes, agentes atmosféricos e biológicos, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, incompatibilidade de materiais, entre outros, estão paralelamente ligados a erros que acontecem no âmbito da construção como, por exemplo, a má execução do projeto, na escolha de materiais de péssima qualidade, no mal planejamento, etc.

3. Revisão de literatura

3.1 Principais patologias em fachadas de revestimento externo com pintura

Com o objetivo de reforçar no estudo de caso, a seguir é feito uma revisão de algumas das possíveis patologias que podem ser encontradas frequentemente em fachadas de revestimento externo com pintura de modo que sirva como assessoria no processo de identificação da patologia correta no estudo de caso que foi realizado no edifício residencial.

Baseando-se na literatura de Vieira (2007):

Eflorescência: É definida como acúmulo salinos que surgem na superfície do revestimento provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ou componentes da alvenaria. Ocorre quando a pintura é aplicada sobre o reboco úmido, ainda não curado completamente. A secagem do reboco acontece por eliminação de água sob forma de vapor, que arrasta metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) solúveis do interior para a superfície pintada, onde se deposita, causando manchas esbranquiçadas. O problema pode ocorrer também em superfícies de cimento-amianto, concreto, tijolo, entre outros.

Desagregação: É a desunião da pintura, que se fragmenta e destaca-se da superfície junto com partes do reboco. O problema ocorre quando a tinta é aplicada antes da cura completa do reboco.

Saponificação: É o estágio seguinte da eflorescência com o surgimento de manchas na superfície pintada e que, geralmente, provocam o descascamento da tinta, retardamento indefinido da secagem de tintas à base de resinas alquídicas, o que deixa a superfície pegajosa. A patologia é causada pela alcalinidade do cimento que na presença de certo grau de umidade, o substrato reage com a acidez característica de alguns tipos de resina (tinta óleo, esmalte), acarretando a saponificação. Para evitar o problema é necessário, antes de pintar o reboco, aguardar até que o mesmo esteja seco e curado (cerca de 28 dias).

Descascamentos: Placas de tinta que se soltam da parede. Pode ocorrer quando a superfície a ser pintada está empoeirada ou com partes soltas, tais como: reboco novo não lixado e caiação. Qualquer tinta aplicada sobre a caiação está sujeita a descascar rapidamente. Para que isto não ocorra, antes de pintar devem ser eliminadas as partes soltas ou mal aderidas, raspando ou escovando a superfície. Em centros industriais, com grande concentração de poluentes ou regiões à beira mar, os sais da superfície devem ser removidos com água sob pressão.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Manchas causadas por pingos de chuvas: Os revestimentos estão sujeitos à ação da umidade e microrganismos, os quais provocam o surgimento de algas e mofo, e consequentemente aparecimento de manchas; os pingos ao molharem a pintura recém executada, trazem à superfície os materiais solúveis da tinta, surgindo as manchas. Para eliminá-las basta lavar o local com água, sem esfregar.

Enrugamento: Pode ser decorrente da aplicação de películas de camadas de tinta excessivas, seja em uma ou mais demãos; quando a temperatura no momento da pintura se encontra elevada ou, ainda, quando se utiliza solvente diverso de aguarrás como diluente de esmalte sintético.

Fissuras horizontais: Aparecem com frequência em alvenarias do último andar de edifícios. A fissura ocorre na argamassa de assentamento, principalmente. São ocasionadas pela expansão desta por retardação na hidratação do óxido de magnésio da cal, pela reação do sulfato com o cimento ou devido à existência de material expansivo como argilo-minerais, por exemplo. Apresenta-se em locais onde a parede possui aberturas ou deslocamento das placas no revestimento. Uma maneira de tratar esta patologia é renovando o revestimento depois da hidratação concluída da cal da argamassa de assentamento.

Fissuras mapeadas: São frutos da retração da argamassa com muitos finos de agregados e devido ao deslocamento de placas. Além disso, podem ser causadas por excesso de cimento resultando em um reboco muito rígido. A presença dessa patologia é reconhecida por se distribuir em monocamada na superfície do revestimento. A correção é feita através da renovação da pintura e, no caso de deslocamento, renovação do revestimento.

4. Estudo de caso

4.1 Metodologia

Para atingir aos objetivos propostos, foi adotada uma metodologia baseada em três etapas. Na primeira etapa, as manifestações patológicas foram identificadas através da inspeção visual e informações colhidas pelos proprietários do edifício; na segunda etapa, foi feito uma análise do estado das patologias encontradas no sistema de revestimento de pintura na fachada mais danificada; e na terceira e última etapa, realizou-se uma relação entre a revisão de literatura e o levantamento de dados obtido para determinar a patologia correta presente no revestimento e o procedimento certo a ser executado para tratar a anomalia.

4.1.1 – Primeira etapa

Adiante, é apresentado algumas informações obtidas pelo proprietário que caracterizam o edifício:

- Localização: zona norte da cidade de Teresina – PI.
- Área: 785 X 1280 m².
- O edifício tem 2 pavimentos.
- Data da construção: 1995.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Fundação: sapata.
- Estrutura: concreto com fechamento em alvenaria.
- Fachada de revestimento externo: de pintura do tipo acrílica e cor verde primavera.
- 3 anos sem manutenção e sem vistoria desde à pintura mais recente.
- Telhado de amianto.

Notou-se que o topo da fachada e locais mais próximos a este são os lugares de maior incidência das patologias, conforme pode ser visto na Figura 2. Segundo o proprietário, na posição desses locais há grande incidência solar e acrescenta afirmando que o clima de Teresina é insuportavelmente quente ao longo do ano chegando a temperaturas elevadas equivalentes a 40ºC. Além disso, segundo o mesmo, complementou dizendo que quando a cidade está em períodos chuvosos as gotas de chuva atingem os mesmos locais citados anteriormente. Com isso, a fachada exposta sofre com variação de temperatura frequente (originando fissuras).

Também foi identificado falhas na cobertura que podem ter contribuído para o desenvolvimento das patologias de fachada. Estas falhas são: há a hipótese da calha, feita de metal (observar a Figura 3), ter impermeabilização inadequada na qual gera umidade constante devido à infiltração de águas pluviais e, assim, a parede externa da fachada fica úmida; há a falta de pingadeira e não há rufo no topo da parede. Consequentemente, a água acaba se acumulando na parte superior da alvenaria, migrando sob o revestimento fazendo com que a água percole pelos poros dos materiais e, assim, ocorre uma saturação na argamassa na qual a água acaba saindo pelos pontos da superfície de revestimento.

Desta forma, foi facilmente percebido nesse estudo de caso que há a grande possibilidade de erros de projeto acompanhado de má execução sendo estes os principais motivos do surgimento de patologias que deterioraram a aparência da cor original da pintura do edifício.

Figura 2 – Fachada do edifício que mais sofre com a presença de patologias

Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 3 – Calha feita de metal
Fonte – O autor, 2017.

4.1.2 – Segunda etapa

Observa-se na Figura 2 o péssimo estado da fachada na qual o edifício é visto. A grande proporção de manchas, eflorescências e fissuras (ver Figura 4) que realmente comprometem a estética evidencia tal fato. Este estado demonstra a baixa qualidade da pintura utilizada e dos materiais, o mal planejamento, negligenciamento quanto às técnicas adequadas para a execução e a mão de obra não especializada.

Vale salientar que o prédio possui quatro fachadas e apenas uma sofre excessivamente com a influência das patologias (Figura 2). Na análise dos estados das patologias do prédio percebeu-se que a explicação para tal fato é a mesma explanada na primeira etapa de acordo com o proprietário. Ou seja, devido à posição da fachada aos intempéries naturais.

Fez-se uma estimativa quanto a situação do prédio, para embasamento do estudo, através das manifestações patológicas reconhecidas na fachada mais aflingida: manchas que afetam 61%, eflorescência 17%, fissuras 14%, descascamento 5% e desagregação 3%.

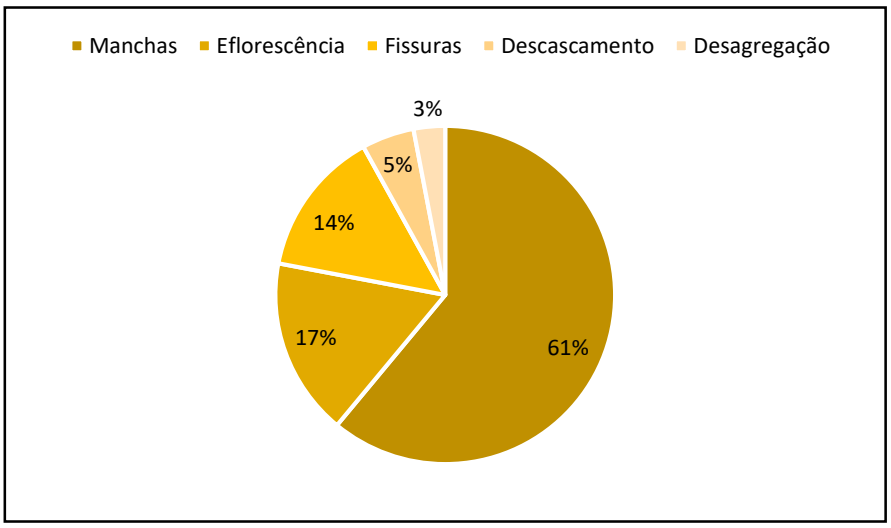


Figura 4 – Gráfico contendo as proporções das patologias identificadas do estudo de caso
Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1.3 – Terceira etapa

Utilizando como consulta a revisão de literatura, foi possível determinar a patologia correta presente no edifício residencial, suas possíveis causas e a partir disso encontrar alternativas viáveis que possam eliminar o problema.

Em suma, no estudo real que foi realizado verifica-se a presença de tais patologias: eflorescência, fissuras horizontais, fissuras mapeadas, desagregação, descascamentos e manchas.

Eflorescência: Patologia identificada pela presença das manchas esbranquiçadas que, provavelmente, teve como causas no edifício pelo o mal planejamento da quantidade de cal a ser utilizada e não houve a espera quanto ao processo de cura (36 horas de descanso) da mistura cal, areia e água na etapa de preparação da argamassa para o emboço. No tratamento deste problema, faz-se necessário realizar uma lavagem da superfície com água limpa, remoção da solubilidade dos sais presentes no revestimento e restauração da superfície de revestimento. Observar Figura 5.

Figura 5 – Eflorescência
Fonte – O autor, 2017.

Fissuras horizontais: Patologia identificada que pode ter sido causada pela expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada, do óxido de magnésio da cal. Uma forma de reparo é a renovação do revestimento após hidratação completa da cal da argamassa de assentamento. Observar Figura 6.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 – Fissuras horizontais
Fonte – O autor, 2017.

Fissuras mapeadas: Uma das prováveis causas foi a retração de base. O ideal para reparar esse tipo de patologia é a renovação do revestimento e renovação da pintura. Observar Figura 7.

Figura 7 – Fissuras mapeadas
Fonte – O autor, 2017.

Desagregação: Essa patologia teve como prováveis causas a aplicação da tinta ou massa corrida sobre reboco em processo de cura, parede com umidade ou sobre reboco muito arenoso. Para tratar esta patologia é sugerido que se faça uma raspagem superficial da pintura e posteriormente aplicar uma nova camada de pintura com a base devidamente seca e aderente (lisa). Observar Figura 8.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 – Desagregação
Fonte – O autor, 2017.

Descascamentos: Teve como causas prováveis a má preparação da superfície, contaminada com partículas sólidas solta ou gordura; pintura sobre superfície com temperatura elevada; má aderência da tinta devido à diluição incorreta e aplicação da tinta sobre o reboco sem a cura adequada. Na correção da patologia deve-se melhorar a limpeza superficial, eliminando partículas sólidas e soltas; lixar as partes afetadas removendo as imperfeições, buscando nivelar a superfície e repintar conforme orientações do fabricante; nunca aplicar tintas sobre superfícies aquecidas acima de 52º C; ajustar a viscosidade de maneira a garantir a tensão superficial baixa para uma completa umectação da superfície. Observar Figura 9.

Figura 9 – Descascamento da pintura
Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Manchas: Pode ter sido ocasionada devido à homogeneidade inadequada da tinta, ou através de equipamentos ou aparelhos contaminados com algum agente agressor; respingos de solventes até mesmo a água, por pingos de chuva, a má formulação da mesma, ou seja, utilização de tinta de baixa qualidade e muito porosa e aplicação da tinta em uma superfície que não tenha sido selada. A correção dessa patologia deve ser feita limpando a superfície afetada com uma solução de água e 10% de amoníaco ou com algum tipo de detergente com base dessa substância. Caso a mancha persista, refazer a pintura e se desejado aplicar uma demão de fundo preparador para paredes e, por consequência, fazer o acabamento. Observar Figura 10.

Figura 10 – Manchas
Fonte – O autor, 2017.

5. Conclusões

Chegou-se à conclusão de que a maior parte das patologias de fachadas são originadas, principalmente, pela falta de medidas de execução adequadas. Destaca-se ainda que para que haja um tratamento e recuperação da fachada, é necessário compreender o correto diagnóstico de tais patologias. Assim, como a construção civil é suscetível a erros e falhas devido ao trabalho manual, é importante que o planejamento da obra seja bem elaborado seguido de uma mão de obra especializada e qualificada, bem como uma manutenção preventiva sendo como a principal técnica a ser aplicada para permitir a redução ou prevenção de surgimento de danos mais graves.

As patologias que apareceram com maior frequência no edifício em estudo foram: manchas, eflorescências e fissuras. Neste cenário, é previsto que as ocorrências destas patologias podem ter sido causadas pelo uso de uma tinta de má qualidade ou inapropriada para uso externo, desconsideração quanto aos tempos de cura de cada camada que compõe o sistema de revestimento, retração e/ou expansão da argamassa de assentamento. Por isso, faz-se necessário a identificação do correto diagnóstico para tratar as anomalias. Com base na revisão de literatura, tornou-se acessível recomendar instruções válidas para tais tratamentos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13530 (1995): Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro.

_____. NBR 13529 (1995): Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro.

DIOGO, G. M. Q. (2007). Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachada de edifícios. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Setor de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HELENE, P. R. L. (2003). Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto – Reparo, Reforço e Proteção. São Paulo: Red Rehabilitar.

SABBATINI, F.H., Barros, M.M.S.B. (2003) Características das argamassas de revestimento: critério para escolha. In: Tecnologia de produção de revestimentos. Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica, São Paulo.

SILVA, F. G. S. (2006). Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção) - Setor de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília.

VIEIRA, F.A.G. (2007). Patologia em revestimento de fachadas. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

PATOLOGIA OBSERVADA NO SISTEMA DE REVESTIMENTO EXTERNO CERÂMICO: UM ESTUDO DE CASO EM FACHADA DE UM HOTEL EM TERESINA-PI

Pathology Observed In The Ceramic External Coating System: A Case Study On The Facade Of A Hotel In Teresina-PI

Amanda Fernandes Pereira da SILVA[1], **Hildegard** Elias Barbosa BARROS[2], Diego Silva FERREIRA[3]

[1]Faculdade Santo Agostinho, Piauí, Brasil, amandafeernandes09@gmail.com

[2]Faculdade Santo Agostinho, Piauí, Brasil, hildegardebbarros@gmail.com

[3]Faculdade Santo Agostinho, Piauí, Brasil, diegof.engenheiro@gmail.com

Resumo: A preocupação com a funcionalidade das construções tem impulsionado aperfeiçoamento em estudos que resultem em uma solução eficiente, inclusive forma de prevenção, de possíveis problemas que venham a comprometer a durabilidade de qualquer edificação. Por isso, as patologias de fachadas apresentam-se como um dos problemas mais comuns e preocupantes da construção civil, as quais são capazes de interferir, consideravelmente, no desempenho, na vida útil e na estética das edificações. Há casos mais críticos onde a patologia é encontrada em estado acentuado na estrutura a ponto de ameaçar a vida dos usuários. Um exemplo disso são os destacamentos ou deslocamentos de peças cerâmicas, problema este verificado em revestimentos cerâmicos ou de qualquer revestimento aderido. Por essa razão, o objetivo deste trabalho é analisar esta patologia de fachada que é identificada como mais evidente em um hotel localizado em Teresina, Piauí, que possui revestimento externo constituído por cerâmica. Além disso, com esse estudo buscam-se informações pertinentes às melhorias construtivas. Através de consultas a literaturas técnicas e com base nos dados obtidos sobre o processo de recuperação da fachada, foi possível detectar as prováveis causas da patologia identificada e modo de repará-la. Este problema demonstrou que a falta de vistoria (inspeção) contínua e a necessidade de um correto diagnóstico para se ter um tratamento eficaz, condicionaram ao surgimento de tal patologia. Além disso, a manutenção de fachadas é um meio que evita danos mais graves que podem vir a aparecer futuramente.

Palavras-chave: Fachada, Revestimento Cerâmico, Edifício, Patologias.

Abstract: The concern with the functionality of the constructions has impelled improvement in studies that result in an efficient solution, including prevention form, of possible problems that will compromise the durability of any building. Therefore, facade pathologies are one of the most common and worrying problems of civil construction, which are capable of interfering considerably in the performance, useful life and aesthetics of buildings. There are more critical cases where the pathology is found in marked state in the structure to the point of threatening the life of the users. An example of this is the detachments or displacements

ISBN: 978-85-65425-32-2

of ceramics, a problem that is verified in ceramic tiles or any cladding. For this reason, the objective of this work is to analyze this facade pathology that is identified as most evident in a hotel located in Teresina, Piauí, which has an external ceramic coating. In addition, this study seeks information pertinent to constructive improvements. Through consultations to technical literature and based on the data obtained on the facade recovery process, it was possible to detect the probable causes of the identified pathology and how to repair it. This problem demonstrated that the lack of continuous inspection (inspection) and the need for a correct diagnosis to have an effective treatment, conditioned to the appearance of such pathology. In addition, the maintenance of facades is a means that avoids more serious damages that may appear in the future.

Keywords: Facade, Ceramic Coating, Building, Pathologies.

1. Introdução

Apesar do grande avanço e inovações tecnológicas nas indústrias brasileiras de revestimento cerâmico, os casos de surgimento de patologias em fachadas constituído por esse material têm crescido e se tornado um tema de grande importância no âmbito da Engenharia.

Como a fachada é o primeiro aspecto observado em um edifício, é necessário que os materiais sejam escolhidos de modo a atender satisfatoriamente tanto os aspectos estéticos como os de durabilidade. O produto cerâmico possui uma ampla utilidade no quesito de fachadas de edifícios. As vantagens deste produto são conhecidas pela durabilidade, facilidade de limpeza e manutenção, por trazer valor estético e conforto funcional ao prédio.

Contudo, assim como todo material tem desvantagens, o revestimento cerâmico apresenta as suas desvantagens decorrentes das patologias. A insegurança psicológica, o desconforto visual, a dificuldade na reposição das peças, o comprometimento da durabilidade, os danos materiais ocasionados pelo desprendimento do revestimento das fachadas, dentre outras, também são algumas das desvantagens.

Neste sentido, o objetivo desse trabalho é conhecer a patologia que aparece com mais incidência na realidade de um hotel, em Teresina (Piauí), na qual é realizado procedimentos de recuperação da fachada no sistema de revestimento externo cerâmico, e compreender as possíveis causas dessa anomalia juntamente com apropriadas correções.

2. Revestimento cerâmico de fachada

Para Siqueira Júnior e Medeiros (2003), os revestimentos cerâmicos podem ser aderidos ou não aderidos. No Brasil, tradicionalmente são usados aderidos, que trabalham completamente ligados as bases e substratos que lhe garantem um suporte. Por outro lado, os revestimentos não aderidos são aqueles cuja fixação à base ou substrato é realizada com auxílio de componentes mecânicos, sejam esses uma subestrutura auxiliar, insertos, parafusos ou outros dispositivos.

Segundo Medeiros e Sabbatini (1999), esses revestimentos podem possuir camadas com função de isolamento térmico, acústico ou de impermeabilização, não permitindo a existência de uma aderência entre as camadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O revestimento cerâmico de fachada atua como protetor do edifício, daí, é preciso conhecer as camadas que constituem esse revestimento. Neste trabalho, no estudo de caso, é analisado o revestimento cerâmico sendo aderido.

2.1 Camadas do revestimento cerâmico

A seguir, tem-se a Figura 1 que demonstra as camadas que formam o sistema de revestimento cerâmico aderido, exceto a base, mas é de suma importância para o desempenho da estrutura. E após à figura será explanado sobre as características de tais camadas:

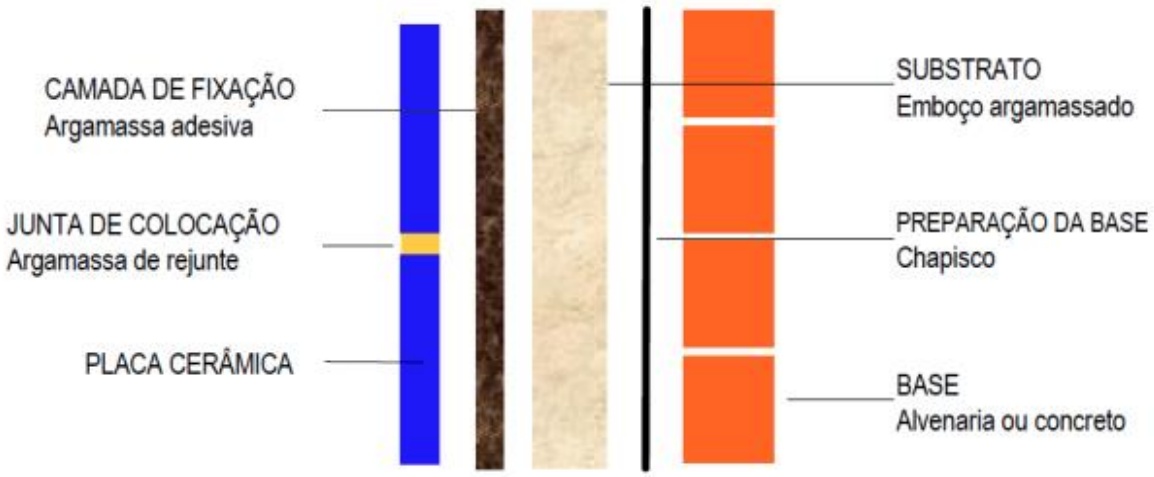


Figura 1 – Camadas do sistema de revestimento cerâmico
Fonte – Medeiros e Sabbatini, 1999.

2.1.1 – Preparação da base

Para se ter uma melhora na capacidade de aderência da base ao substrato é necessário a existência dessa camada de preparação, também conhecida como chapisco. Ela, geralmente, apresenta-se muito lisa e/ou com uma porosidade inadequada e, por consequência, pouca aderência. Por isso, segundo a NBR 7200 (1998), previamente à execução do chapisco, a base deve receber um tratamento onde devem ser eliminados materiais pulverulentos, óleos, pontos de materiais ferruginosos e rebarbas entre as juntas de alvenaria. Nessa etapa também deve ser feito o preenchimento de cavidades localizadas na base e de outras imperfeições encontradas na mesma.

2.1.2 – Substrato

Tem como função absorver as deformações impostas pela camada de revestimento cerâmico e a base, distribuir as tensões de tração e cisalhamento (surgidas devido às movimentações diferenciais), deve contribuir para a estanqueidade e serve como regularizador de superfície. O substrato é a camada de emboço. É construída, geralmente, com argamassa inorgânica.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.1.3 – Camada de fixação

É preciso respeitar as técnicas indicadas para a execução desta camada. Com o auxílio de uma “cola” (argamassa colante industrializada), a camada de fixação é responsável por unir as placas cerâmicas e o emboço. A sua aderência precisa ser maior que as tensões (tração e cisalhamento das interfaces) para que não ocorra o destacamento das placas cerâmicas ou da superfície de emboço.

2.1.4 – Placas cerâmicas

A escolha da cerâmica para a fachada é um fato de grande importância. Ela, não sendo especificada corretamente, pode facilitar o surgimento de defeitos no revestimento. Sendo assim, a NBR 13818 (1997) expõe uma diretriz de que a característica mais importante na escolha de cerâmicas para fachada é a de expansão por umidade, juntamente com piscinas e saunas.

Goldberg (1998) comenta também que a absorção de água é uma característica muito importante para se analisar da cerâmica, pois ela tem significativa influência em outras características físicas importantes para o bom desempenho do revestimento cerâmico de fachada.

3. Estudo de caso

Esta pesquisa restringe-se à anomalia que é encontrada com mais ocorrência nas fachadas do hotel (Teresina-PI) em estudo que possui seu revestimento com cerâmica.

Primeiramente, para se determinar as causas do problema, foi feita uma coleta de dados através de visitas à obra e entrevistas informais com o encarregado da recuperação das fachadas a fim de obter-se informações de caráter qualitativo para auxiliar-nos no entendimento da aparição desta patologia e o motivo de apresentar-se com tanta fluência ao longo das fachadas do edifício. É importante esclarecer que os dados coletados se referem à situação do edifício no momento específico em que a pesquisa foi realizada.

3.1 Edifício avaliado

Localização: centro sul da cidade de Teresina – PI.

Fundação, tipo de bloco de vedação e argamassa colante: não se obteve essas informações, pois não houve acesso ao memorial do projeto e devido às dificuldades de contato.

Estrutura: de concreto com fechamento em alvenaria.

Revestimentos externos: material cerâmico.

Adiante será apresentado o levantamento dos dados:

- De acordo com o responsável da recuperação das fachadas, a construção do hotel tem cerca de aproximadamente 12 anos. O edifício tem 6 andares, observar Figura 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- É importante ressaltar que para preservar a imagem do empreendimento em estudo, se fez necessário desvincular a identidade do mesmo com a presença de algumas ranhuras em locais onde há o nome do hotel conforme se verifica na Figura 2.
- Detectou-se em várias áreas e em todas as faces (verificar Figura 3) do prédio, próximo às esquadrias (com detalhe arquitetônico em perfil de aço), conforme pode ser visto na Figura 4 e na Figura 5, e voltado para o norte a presença da patologia conhecida como: deslocamento.
- O processo de recuperação iniciou-se na fachada voltada para o norte. Segundo o responsável, houve a remoção das peças cerâmicas para o começo da reparação e acrescentou dizendo que se optou por remover todo o revestimento cerâmico por conta do fraco material empregado no sistema de camadas do mesmo. Observar Figura 6.
- Foi utilizado um sistema de chumbadores na laje de cobertura com auxílio de ancoragem dos andaimes suspensos (balancins) para oferecer mobilidade aos trabalhadores na execução do serviço de reparação da fachada.
- O encarregado da obra enfatizou ainda a questão de que as maiores causas prováveis da patologia foram devido à utilização de uma argamassa, e outros materiais, incompatível com as condições de uso e uma elaboração do traço incorreta. O mesmo chegou-se a tal explicação devido ao empobrecimento da massa no revestimento.

Figura 2 – Visão geral do hotel antes do processo de recuperação
Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 3 – Fachadas laterais do edifício com deslocamento (ou destacamento)
Fonte – O autor, 2017.

Figura 4 – Patologia próxima às esquadrias
Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Péssimo estado do sistema de revestimento no local
Fonte – O autor, 2017.

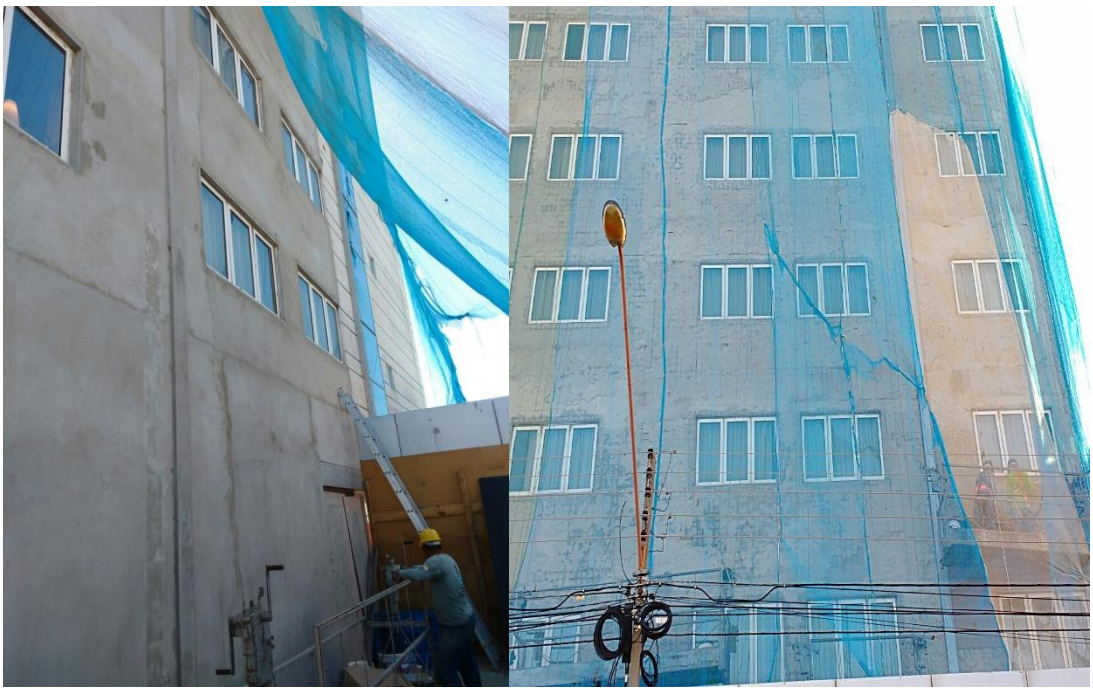


Figura 6 – Processo de recuperação da fachada voltada para o norte, remoção das peças cerâmicas do revestimento
Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.1.1 – Patologia de maior ocorrência: deslocamento

O deslocamento (ou destacamento) é uma patologia que se caracteriza pelo desprendimento das placas cerâmicas, isto é, pela perda de aderência dessas placas com o substrato ou a argamassa colante e esta perda é um possível diagnóstico encontrado na fachada do edifício em estudo. É provocado no momento em que as tensões surgidas no revestimento, que ocorrem devido à movimentação no revestimento cerâmico de fachada ou pela estrutura ou pelas intempéries naturais, são maiores e ultrapassam a capacidade de aderência das ligações.

Para Medeiros e Sabbatini (1999), esse tipo de patologia é muito crítico, pois além dos prejuízos que causa para o sistema de vedação, representa um grande risco por causa da queda de placas ou de partes de camadas do revestimento cerâmico de fachada. Descolamentos são mais frequentes nos primeiros e últimos andares, nos locais onde a estrutura do edifício sofre maiores tensões e em fachadas mais expostas aos efeitos da natureza, devido a maior facilidade de variações térmicas.

O sintoma que essa patologia causou na estrutura do estudo de caso foi o estufamento da camada de acabamento, conforme ver-se na Figura 7 e na Figura 8.

Segundo Reis (2013), as causas de surgimento desses problemas são:

a) instabilidade do suporte devido a acomodação do edifício como um todo;

b) deformação lenta (fluência) da estrutura de concreto armado e variações higrométricas e de temperatura, características pouco resilientes dos rejuntes;

c) ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de dessolidarização);

d) utilização de argamassa colante com um tempo em aberto vencido;

e) assentamento sobre superfície contaminada;

f) imperícia ou negligência da mão-de-obra na execução e/ou controle dos serviços (assentadores, mestres e engenheiros).

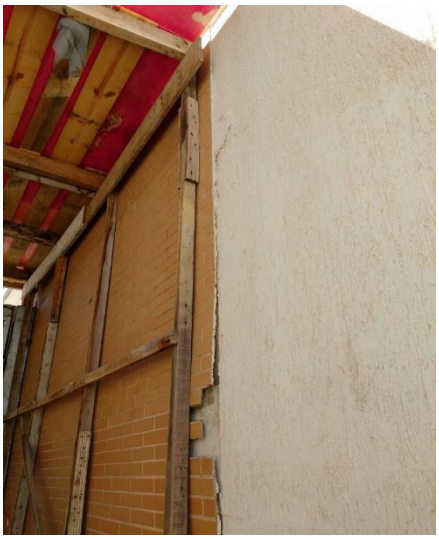


Figura 7 – Deslocamentos em parte do edifício

Fonte – O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 – Deslocamento das placas cerâmicas

Fonte – O autor, 2017.

3.1.2 – Propostas de tratamento

Com base em leituras técnicas e conclusões feitas de acordo com levantamento dos dados vistos anteriormente, pôde-se buscar por soluções que podem ser apropriadas para resolver esse tipo de problema e recuperar o revestimento cerâmico prejudicado. Elaborou-se sugestões para ouso de determinados materiais que intervém de maneira segura e adequada para renovar as camadas de revestimento. O tratamento pode ser feito da seguinte forma:

Remoção do revestimento cerâmico que está descolando e do sistema de camadas do revestimento.

É importante executar corretamente cada etapa do sistema de revestimento obedecendo às técnicas das normas e respeitando o tempo de cura de cada camada.

É sugerido que o chapisco novo comum seja aplicado no traço de 1:3 (cimento: areia média) utilizando o BIANCO (resina acrílica que atribui alto desempenho e boa aderência) ou similar.

O reboco novo pode ser aplicado juntamente com o aditivo VEDALIT (aditivo que proporciona trabalhabilidade e aderência a argamassas e rebocos) ou similar.

3.1.3 – Solução adotada para substituir o revestimento danificado pela patologia

Segundo o encarregado da recuperação das fachadas, a solução adotada foi remover todas as peças cerâmicas presentes no sistema de revestimento para substitui-lo por revestimento em pintura texturizada. Acrescentou ainda afirmando que se optou por essa substituição por essas razões: facilidade de implantação, manutenção e boas características quanto ao aspecto econômico.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Outras vantagens que a pintura irá proporcionar para o edifício são: um desempenho eficiente, valorização estética, a camada do substrato será protegida contra a degradação precoce e contra ações da umidade, resistência quanto ao sol, facilidade na percepção quanto à presença de algumas patologias (fungos, bolores etc.) através da inspeção visual, manutenção simplificada e mais suscetível a retoques e propicia uma economia já que é requerida apenas uma demão (mas com mão de obra especializada).

4. Conclusões

Em síntese, o problema de destacamento das peças cerâmicas verificado no sistema de revestimento de fachada surgiu, principalmente, pela falta de conhecimento das interfaces e especificações dos materiais que o compõe. Percebeu-se o uso incorreto destes materiais e argamassas colantes inadequadas, incluindo a ausência da especificação da cerâmica na fachada considerando as deformações da estrutura. É recomendado que se faça testes relacionados à resistência de tração das peças no local da obra para efeito de segurança e durabilidade quanto à questão da escolha da peça cerâmica que realmente atenda a sua condição de uso, contando que estes referidos testes sigam as normas vigentes no país e as empresas achem necessário a realização desse tipo de teste. Então, quanto a isso, concluiu-se que é preciso que se tenha um projeto específico para o subsistema revestimento de fachada, recomendando procedimentos executivos adequados e realizando um controle de produção da fachada. Espera-se que esse controle resulte em qualidade no serviço de maneira a eliminar completamente ou diminuir a possibilidade da ocorrência de patologia. Para que isto aconteça, o incentivo à manutenção preventiva é uma alternativa viável, pois esse correto programa proporciona e garante à edificação elevada durabilidade.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7200 (1998): execução de revestimento paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento. Rio de Janeiro.

_____. NBR 13818 (1997): placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro.

GOLDBERG, R. P. (1998). Direct adhere ceramic tile, stone and thin brick facades: technical design manual. Irvine: Laticrete International Inc.

MEDEIROS, J. S., Sabbatini, F. H. (1999). Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios. Boletim Técnico PCC. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Butantã.

REIS, W. P. da S. (2013). Revestimento cerâmico de fachada: projeto do produto e da produção. 2013. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Coordenação de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SIQUEIRA JÚNIOR, A. A. de, Medeiros, J. S. (2003). Tecnologia de fachada: cortinas com placas de grês porcelanato. Boletim Técnico PCC. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Butantã.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE TEÓRICA DE DESLOCAMENTOS DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS À FLEXÃO COM MANTAS DE PRFC

Theoretical Analysis Of Deflections Of Reinforced Concrete Beams Strengthened In Bending With Carbon Fiber Reinforced Polymer

Sariny Stefany Silva NOBRE[1], Hian de Freitas MACEDO[2], **Matheus Fernandes de Araújo** SILVA[3]
[1] UFERSA, Pau dos Ferros/RN, Brasil, sarinystefany1@gmail.com
[2] UFERSA, Pau dos Ferros/RN, Brasil, freitashian@hotmail.com
[3] UFERSA, Pau dos Ferros/RN, Brasil, matheus.silva@ufersa.edu.br

Resumo: A aplicação de mantas de fibra de carbono, mais especificamente, o Polímero Reforçado com Fibras de Carbono (PRFC) tem se tornado uma técnica bem aceita no meio técnico para reforço de estruturas de concreto armado nos últimos anos. No entanto, existem poucos dados na literatura que tratem da verificação em Estado Limite de Serviço (ELS) das peças de concreto armado reforçadas com PRFC. Nesse sentido, foi feita uma investigação para avaliar a eficiência da previsão de deslocamentos utilizando a Inércia Equivalente de Branson. Dados experimentais obtidos na literatura foram utilizados para tal objetivo. Os resultados mostram como as previsões analíticas da equação se distanciam dos deslocamentos obtidos durante o ensaio.

Palavras-chave: PRFC, Branson, Estado Limite de Serviço, Reforço.

Abstract: The application of carbon fiber plates, more specifically, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP), has become a well-accepted technique for repair and strengthening of reinforced concrete structures in recent years. However, there is little literature data dealing with the Service Limit State (SLS) verification of reinforced concrete elements strengthened through PRFC. In this sense, an investigation was carried out to evaluate the efficiency of the analytical displacement prediction using the Equivalent Inertia of Branson. Experimental data obtained in the literature were used for this purpose. The results showed a significant difference between the analytical predictions of the Branson's equation and the displacements obtained during the test.

Keywords: PRFC, Branson, State Service Limit, Strengthening.

1. Introdução

Diversos problemas nas estruturas aparecem devido a erros de dimensionamento, má leitura de projetos, erros de execução, utilização inadequada, dentre outros. Como consequência disso, pode-se observar a alteração das características de um determinado elemento em comparação com as previstas em projeto. Como exemplo, pode-se citar a redução da capacidade resistente e redução da vida útil de projeto. Contudo, existem soluções para reverter as anomalias causadas. Essas soluções se denominam como reparo

ISBN: 978-85-65425-32-2

e/ou reforço, que fazem com que a segurança e a funcionalidade retornem as condições de projeto ou elevem sua resistência, respectivamente.

Existem vários tipos de reforços empregados em estruturas de concreto armado. As mantas de fibra de carbono são um exemplo disso. As fibras de carbono se destacam pelo seu alto módulo de elasticidade e baixo fator de relaxação (SOUTO FILHO, 2002). A maneira como a fibra de carbono é obtida é um dos motivos que torna seu preço menos atrativo. Pelo seu alto custo, quando os requisitos de desempenho não são tão exigentes, a competitividade de outras fibras em relação à de carbono aumenta (GARCEZ, 2007).

Para toda estrutura, é necessário que o dimensionamento confira segurança e economia, para que não ocorram exageros nem desperdícios de materiais. Por este motivo, as estruturas são dimensionadas dentro da filosofia do Estado Limite Ultimo (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS). Dessa forma, os projetos devem considerar os problemas que venham a comprometer a funcionalidade das estruturas ainda em situação de serviço. Como exemplo, para atender ao ELS - Deformação Excessiva, é necessário evitar a deformação excessiva da estrutura em pontos críticos. Devido a não linearidade física do concreto, o cálculo de deslocamentos em estruturas de concreto armado não segue as teorias clássicas baseadas em análises lineares.

Existem muitas formulações para consideração aproximada da não linearidade física de maneira a permitir o cálculo de deslocamentos em peças de concreto armado. Entre as formulações existentes, a proposta por Branson (1977) é a mais consolidada no meio técnico.

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g \qquad (1)$$

Onde M_a é o momento fletor atuante na seção crítica da peça; I_g é a inércia bruta da seção transversal no Estádio I (homogeneizada), I_{cr} é a inércia da seção correspondente ao Estádio II de carregamento; M_{cr} é o momento de fissuração, dado por:

$$M_{cr} = \frac{f_t \cdot I_g}{y_t} \qquad (2)$$

f_t é a resistência à tração do concreto; y_t é a distância do centroide da seção homogeneizada até a fibra mais tracionada.

A equação foi desenvolvida de maneira a encontrar uma inércia equivalente para a seção de concreto armado segundo um grau determinado de fissuração. O grau de fissuração da seção é reflexo do momento fletor atuante em comparação com o momento fletor de fissuração. A equação original proposta por Branson (1965) era um polinômio do 4º grau.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Por questões de simplicidade, o ACI 318-08 adotou a Equação 1 como normativa para o cálculo da inércia equivalente, assim como a ABNT NBR 6118:2014.

2. Dados experimentais

Foi realizado um estudo de caso com base em ensaios realizados por Ferrari *et al.* (2002). Foram ensaiadas nove vigas pelos autores, com o intuito de avaliar mecanismos de ancoragem das mantas. Para este trabalho foram adotadas as vigas VRE e VR8. A primeira não possui reforço e apresentou ruína por escoamento da armadura longitudinal. A segunda viga citada apresentou ruptura da manta de PRFC por tração excessiva sem perda de aderência entre a manta e o substrato. Mais detalhes sobre as vigas ensaiadas podem ser encontrados em Ferrari *et al.* (2002).

Na Figura 1, é ilustrado o esquema de ensaio das vigas VRE e VR8. Nenhuma das 9 vigas ensaiadas teve um pré-carregamento antes da colagem da manta de PRFC na face inferior. Sendo assim, espera-se que o elemento apresente uma carga de fissuração, com mudança considerável na rigidez á flexão (EI_{cr}).

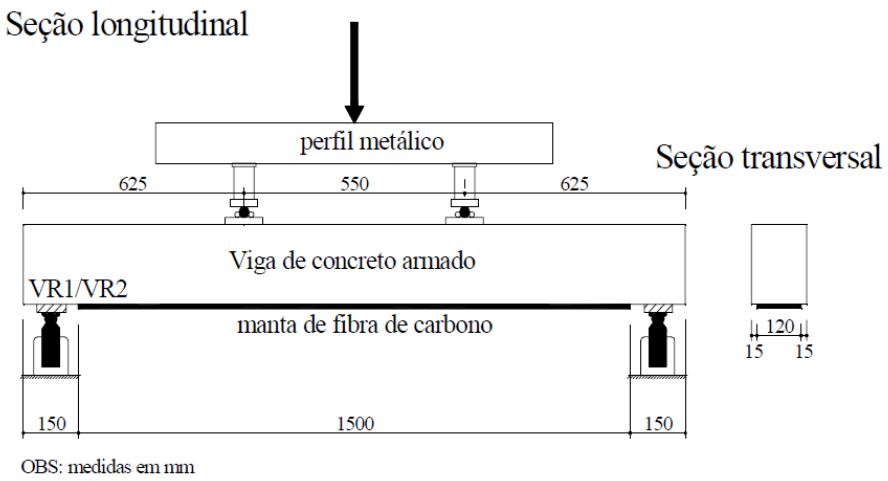


Figura 1 – Esquema de ensaio das vigas VRE e VR8, ensaiadas por Ferrari *et al.* (2002). Fonte: Ferrari *et al* (2002)

O sistema de reforço utilizado pelos autores, denominado comercialmente por SikaWrap HEX-230C, apresenta as propriedades listadas no Quadro 5.

Na análise da viga de referência foram desconsideradas as armaduras superiores pois essas não contribuem de maneira significativa no cálculo das propriedades da seção homogeneizada. Ferrari (*et al*, 2002) realizou ensaios de compressão em corpos-de-prova cilíndricos e obteve resistências variando entre 30,2 MPa e 37,5 MPa. Neste trabalho, será considerado o maior da amostra, conforme será discutido nas análises de resultados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 5 – Propriedades da manta de PRFC segundo dados do fabricante

Propriedade	Valor
Massa	0,225kg/m²
Espessura de fabricação	0,13mm
Resistência à tração das fibras	3500MPa
Módulo de Elasticidade à tração das fibras	230GPa
Alongamento na ruptura	1,5%
Conservação	ilimitada

3. Procedimento Analítico para cálculo dos deslocamentos

Por meio dos momentos atuantes, a inércia equivalente e deslocamentos serão calculados através da análise estrutural das vigas bi-apoiadas ensaiadas. Conforme comentado anteriormente, será utilizada a inercia equivalente de Branson (1977) para calcular os deslocamentos das vigas ensaiadas com e sem reforço (VRE e VR8, respectivamente). Os deslocamentos experimentais serão comparados com os valores teóricos. Vale aqui comentar que a inércia equivalente de Branson (1965) foi desenvolvida para vigas de concreto armado, e não se espera que a equação se adeque fielmente aos resultados experimentais.

O deslocamento teórico no meio do vão da viga foi calculado por meio da seguinte expressão:

$$\delta = \frac{P \cdot a \cdot (3L^2 - 4a^2)}{24 E_{cs} I_{eq}} \tag{3}$$

Onde os termos presentes na Equação 3 são ilustrados na Figura 2.

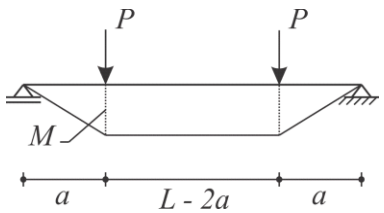


Figura 2 – Esquema estático das vigas ensaiadas e representação dos momentos flectores ao longo do vão

Esta expressão considera somente as deformações decorrentes da deformação por flexão. Eventuais parcelas provenientes da deformação por formação de fissuras diagonais (cisalhamento) não serão levadas em consideração.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Como procedimento de cálculo, aplica-se uma parcela da carga experimental (F_i) e obtém-se as propriedades da seção fissurada. Por fim, os deslocamentos são calculados segundo a Equação 3. Este procedimento é apresentado detalhadamente na Figura 3.

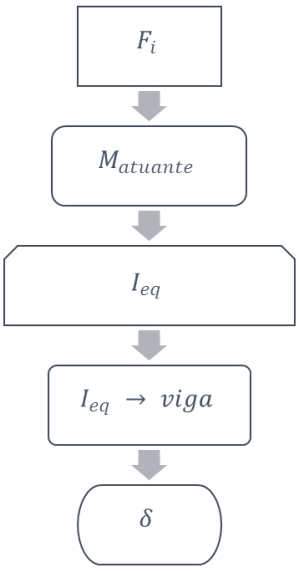


Figura 3 – Fluxograma de cálculo dos deslocamentos

Na falta de dados experimentais, foi estimado o módulo de elasticidade inicial (E_{ci}) e secante (E_{cs}) segundo a NBR 6118:2014, apresentados a seguir.

$$E_{ci} = \alpha_E \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_c}$$
$$E_{cs} = \left(0{,}8 + 0{,}2 \cdot \frac{f_c}{80}\right) \cdot E_{ci} \quad (4)$$

onde α_E depende do tipo de agregado graúdo utilizado. Foi tomado $\alpha_E = 1$ por não existir informações com respeito ao tipo de material utilizado.

Além disso, foram consideradas as propriedades da seção homogeneizada, seja no Estádio I ou II de carregamento. A relação entre o módulo de elasticidade do aço e o secante do concreto (α_e) e a relação entre o módulo de elasticidade da manta de PRFC e o secante do concreto (α_{eR}) são dadas por:

ISBN: 978-85-65425-32-2

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cs}}$$
$$\alpha_{eR} = \frac{E_R}{E_{cs}} \quad (5)$$

A área homogeneizada da seção transversal das vigas, considerando uma equivalência em concreto relativa à área de aço e de reforço, é dada por:

$$A_h = b_w h + A_s(\alpha_e - 1) + A_R \alpha_{eR} \quad (6)$$

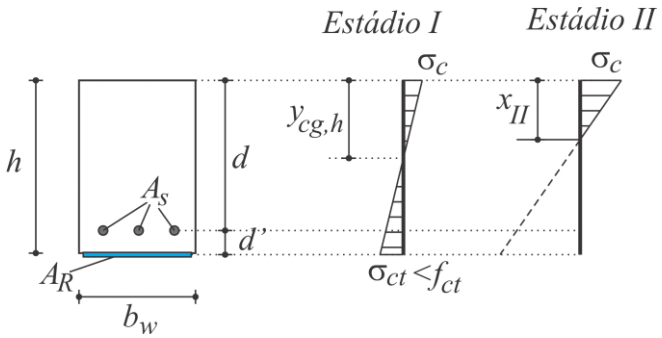


Figura 4 – Variáveis utilizadas para cálculo das propriedades no Estádio I e II.

Para o Estádio I de carregamento, a posição do centro geométrico medido a partir do topo da seção é dada por:

$$y_{cg,h} = \frac{b_w \cdot \frac{h^2}{2} + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot d + A_R \alpha_{eR} h}{A_h} \quad (7)$$

A inércia bruta relativa ao estádio é dada por:

$$I_b = \frac{b_w h^3}{12} + b_w h \cdot \left(y_{cg,h} - \frac{h}{2} \right)^2 + A_s \cdot (\alpha_e - 1) \cdot \left(y_{cg,h} - d \right)^2 + A_R \alpha_{eR} \left(y_{cg,h} - h \right)^2 \quad (8)$$

As propriedades do Estádio II de carregamento são calculadas desconsiderando a contribuição do concreto no banzo tracionado. Ainda considerando uma distribuição linear de tensões no banzo comprimido, a posição da linha neutra pode ser encontrada por meio da solução da seguinte equação:

ISBN: 978-85-65425-32-2

$$b_w \frac{x_{II}^{\ 2}}{2} - A_s \cdot \alpha_e \cdot (d - x_{II}) - A_R \cdot \alpha_{eR} \cdot (h - x_{II}) = 0 \quad (9)$$

A inércia no estádio II é calculada em relação à linha neutra. Dessa maneira pode-se obter a seguinte equação:

$$I_{cr} = \frac{b_w x_{II}^{\ 3}}{12} + b_w \frac{x_{II}^{\ 3}}{4} + A_s \cdot \alpha_e \cdot (d - x_{II})^2 + A_R \cdot \alpha_{eR} \cdot (h - x_{II})^2 \quad (10)$$

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, o momento de fissuração é dado pela seguinte equação:

$$M_{cr} = \frac{\alpha \cdot f_{ct} \cdot I_b}{y_t} \quad (11)$$

com $y_t = h - y_{cgh}$ (distância do centroide ao bordo tracionado); α é um parâmetro que depende da forma da seção transversal e para seções retangulares vale 1,5.

A resistência à tração, ainda segundo a ABNT NBR 6118:2014, pode ser estimada por:

$$f_{ct} = 0{,}3 \cdot f_c^{\ 2/3} \quad (12)$$

5. Resultados e análises

O procedimento de cálculo apresentado anteriormente foi aplicado nas vigas VRE e VR8 ensaiadas por Ferrari *et al.* (2002). Os resultados de força (P) *versus* deslocamentos no meio do vão (δ) são apresentados na Figura 5. É fácil notar que a previsão de deslocamentos no Estádio I se aproxima dos resultados experimentais. No entanto, após a fissuração da peça, os deslocamentos teóricos são ligeiramente menores em comparação aos experimentais. Para a viga sem reforço, VRE, para a qual a Inércia de Branson foi teoricamente desenvolvida, a previsão de deslocamentos no instante da ruptura é cerca de 44% menor em relação ao experimental. Deve-se

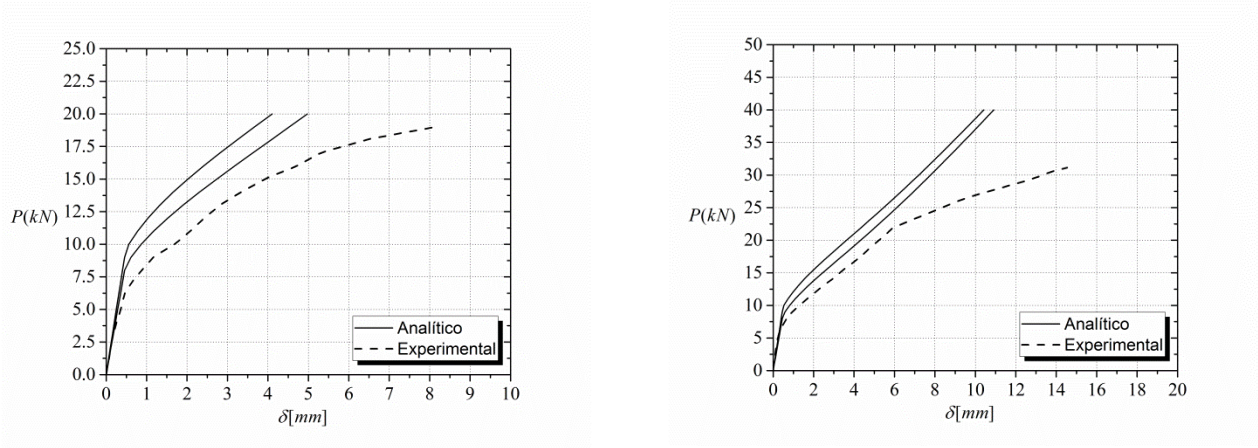
O módulo de elasticidade e resistência à tração foram estimados com base nos valores máximos e mínimos de resistência à compressão do concreto obtidos por Ferrari *et al.* (2002), 30,2 MPa e 37,5 MPa, respectivamente. No entanto essa variação nas propriedades mecânicas é de pouca relevância no cálculo dos deslocamentos, como pode ser visto na Figura 5.

As equações apresentadas no capítulo anterior se adequam somente para o estádio II de carregamento. Dessa forma, após a plastificação do concreto, a peça entra no Estádio III e

ISBN: 978-85-65425-32-2

o concreto sofre plastificação. Consequentemente, a posição da linha neutra não pode ser estimada pela Equação 9.

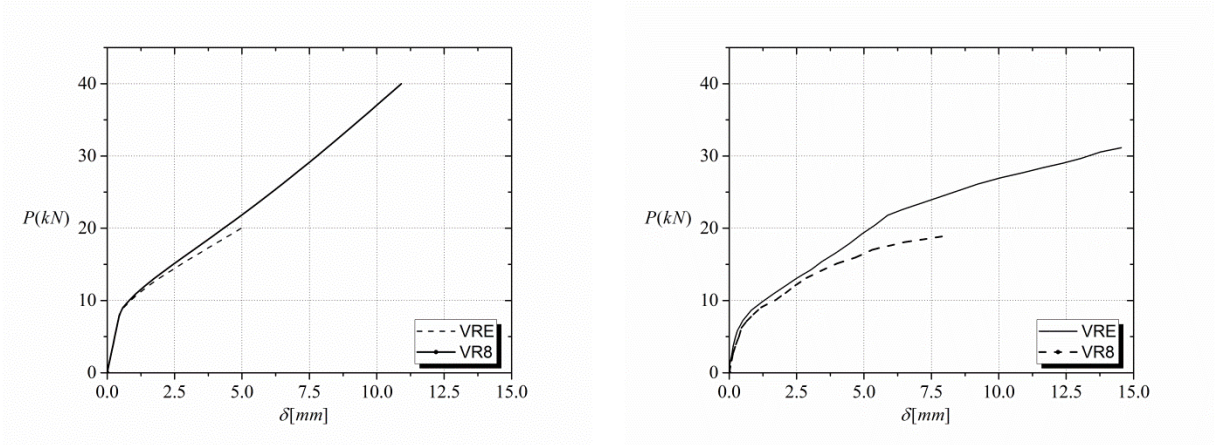
Os resultados para a viga reforçada se aproximam mais dos resultados teóricos, mesmo para o Estádio II. Porém, com uma carga de 20kN aproximadamente, o resultado teórico se afasta novamente do experimental.



(a) VRE (b) VR8

Figura 5 – Comparação entre resultados analíticos e experimentais para as vigas analisadas

Outro ponto importante é que as respostas teóricas para a viga com reforço e sem reforço são ligeiramente diferentes, como a ilustra a Figura 6a. As curvas teóricas apresentadas na figura supracitada foram determinadas considerando uma resistência à compressão de 30,2 MPa. Esta resposta é fortemente influenciada pela pequena área de reforço utilizada. Este comportamento se repete nos resultados experimentais, conforme apresentado na Figura 6b.



(a) (b)

Figura 6 – Comparação entre os resultados teórico (a) e experimental (b) das vigas VRE e VR8 com $f_c = 30{,}2MPa$

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Conclusões

Com base em resultados experimentais obtidos na literatura sobre vigas ensaiadas à flexão com reforço de PRFC, foram feitas previsões de deslocamentos para diferentes níveis de carregamento. As seguintes conclusões são apontadas:

i. A previsão de deslocamento pelo procedimento apresentado no Estádio I de carregamento é muito próxima dos resultados experimentais. Porém, os resultados teóricos se afastam do experimental após a fissuração do concreto, principalmente para a viga sem reforço (VRE).
ii. Para os modelos experimentais estudados, a contribuição teórica do reforço na rigidez à flexão da viga é praticamente insignificante. Novos trabalhos experimentais devem ser abordados, de maneira a investigar melhor a contribuição do reforço na rigidez à flexão da peça.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e em especial ao Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros (CMPF) pelo apoio dado para que a realização deste trabalho fosse possível.

Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projetos de estruturas de concreto: NBR 6118. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

Branson, D. E. (1977). Deformation of concrete structures, McGraw-Hill, New York.

_____. “Instantaneous and Time-Dependent Deflections on Simple and Continuous Reinforced Concrete Beams,” HPR Report No. 7, Part 1, Alabama Highway Department, Bureau of Public Roads, Aug. 1965, pp. 1-78.

Ferrari V. J. Padaratz I. J., Loriggio D. D. Reforço à flexão em vigas de concreto armado com manta de fibra de carbono: mecanismos e sistemas de ancoragem. In: XXX Jornadas Sul-americanas de Engenharia estrutural, 2002, Brasília. Jornadas Sul-americanas de engenharia estrutural, 2002.

Garcez, M. R. Alternativas para melhoria do desempenho de estruturas de concreto armado reforçadas pela colagem de polímeros reforçados com fibras. p .267.Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

Souto Filho, M. V. Modelagem numérica de reforço estrutural em vigas de concreto armado. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AVALIAÇÃO DA PERDA DE DESEMPENHO DE ESTRUTURA EXECUTADA COM CONCRETO USINADO VENCIDO

Structure Performance Loss Assessment Performed Whit Expired Concrete Made In The Plant

ARAÚJO, Urandir Carvalho de[1], GOULART, Daiane Pereira[2], **OLIVEIRA, Charles Ferreira de**[3]

[1] Faculdade Promove de Sete Lagoas, Sete Lagoas/MG, Brasil, urandir_carvalho@hotmail.com

[2] Faculdade Promove de Sete Lagoas, Sete Lagoas/MG, Brasil, dgoulart19@yahoo.com.br

[3] Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil, charles.engenheirocivil@gmail.com

Resumo: Neste artigo, propõe-se demonstrar a importância da utilização do concreto dosado em central de acordo com a norma NBR 7212:2012. Muitas construtoras e profissionais da construção preferem a utilização de concreto usinado por evitar armazenamento de materiais no canteiro de obra e proporcionar um maior grau de controle tecnológico durante a produção. Nem sempre é isso que acontece, devido aos erros cometidos pelas concreteiras ou por falhas na avaliação do concreto recebido na obra, muitas vezes são utilizados concretos vencidos nas estruturas. Neste trabalho, é feita uma abordagem sobre o uso do concreto usinado vencido, ocasionado por atraso do caminhão betoneira, sendo que mesmo com tempo superior ao especificado pela norma, frequentemente são autorizados sua utilização em importantes elementos estruturais, tais como vigas, pilares e lajes. Durante a pesquisa foi possível constatar os impactos ocorridos nas propriedades do concreto de uma estrutura que recebeu concreto vencido. Foram observadas algumas manifestações patológicas que surgiram no decorrer do tempo, tais como fissuras e perda de resistência. No decurso das investigações, foram realizados ensaios destrutivos e não destrutivos com a intenção de verificar a resistência à compressão do concreto utilizado em uma viga que apresentava manifestações patológicas provocadas pelo concreto vencido. O ensaio não destrutivo foi realizado com a utilização de esclerômetro e seu resultado foi comparado aos resultados encontrados em laboratório, nos ensaios de resistência à compressão realizados em testemunhos extraídos da viga deteriorada. No estudo de caso, foram apresentados registros dos problemas encontrados, através da identificação de anomalias e possíveis terapias, resultados dos ensaios com esclerômetro e dos rompimentos dos testemunhos. Sendo assim possível considerar finalmente que a utilização do concreto vencido diminui a resistência à compressão e provoca a perda de desempenho do elemento estrutural que, inevitavelmente, precisará de reforço para sua reabilitação.

Palavras-chave: Concreto vencido. Patologia das construções. Reforço estrutural.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Abstract: This article proposes to demonstrate the importance of the use of concrete dosed in central, in accordance with the norm NBR 7212-2012. Many construction companies and professionals prefer to use concrete plant to avoid material storage at the construction site and to provide greater technological control during the production process. This is not always the case, due to mistakes made by concrete machines or failures in the evaluation of the concrete received at the construction sites where out of date concretes are often used in the structures. This paper makes an approach on the use of machine-made expired concrete, caused by delay of the concrete-mixer truck, where, even with a superior time than specified by norms, it is frequently used in important structural elements such as beams, columns and slabs. During the research, it was possible to verify the impacts on the concrete properties of a structure that received out of date concrete. Some pathological manifestations which appeared throughout the course of time, such as clefts and loss of resistance, were observed. In the course of the investigation, destructive and non-destructive tests were were performed with the intention of verifying the compressive strength of the concrete used in a beam that presented pathological manifestations caused by expired concrete. The non-destructive test was accomplished using sclerometer, and its outcome was compared to the outcomes found in the laboratory, as a result of the compression resistance tests performed on evidences extracted from the damaged beam. In the case study, the records of the problems encountered, the identification of anomalies as well as possible therapies, the results of the sclerometer tests and the disruption of the extracted evidences were presented. Therefore, it is possible to consider that the use of out of date concrete decreases the compressive strength and causes performance loss of the structural element that will inevitably require structural reinforcement for its rehabilitation. loss of perfomance of the beam of concrete, which needed structural recovery for its rehabilitation.

Keywords: *out of date concrete, building pathology, structural reinforcement.*

1. Introdução

A responsabilidade técnica facilita a garantia final de um produto de qualidade ao comprador, pois nela se deposita a confiança e segurança em todos os requisitos do projeto adquirido, com isto torna-se possível a prevenção de possíveis manifestações patológicas que podem comprometer a durabilidade de uma edificação. Devido ao avanço das tecnologias aplicadas em obras e da necessidade de construir-se cada vez mais rápido, nos dias atuais, não se deve perder tempo com preparação de concreto no canteiro de obra, desta forma as construtoras e os responsáveis técnicos buscam por facilidade e rapidez no processo de concretagem e para tal é comum optar por utilizar concreto dosado em central. Nesse sentido, este estudo buscará verificar se esses resultados são satisfatórios ou não. A patologia das estruturas é uma forma de estudo que identifica os problemas, origens e consequências de tais ações, como a degradação das estruturas de concreto armado. Neste contexto, destaca-se a utilização do concreto usinado em elementos estruturais, que necessita de um controle rigoroso de qualidade e atendimento às normas de execução. O objetivo específico deste artigo será apresentar através do estudo de caso as consequências causadas pelo lançamento do concreto dosado em

ISBN: 978-85-65425-32-2

central vencido, ou seja, utilização do concreto após o início de pega, bem como a perda de resistência mecânica e os reforços estruturais necessários para garantir a utilização da estrutura com segurança.

Segundo a norma específica da ABNT NBR 14931 (2004), o concreto deve ser transportado do local de amassamento ou da boca de descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento. Porém devido aos fatores encontrados no dia a dia das centrais, como atrasos na entrega e problemas com caminhões betoneira, durante o transporte, o concreto fica a mercê do tempo para ser lançado na obra e acaba sofrendo alterações em sua composição e quando utilizado após o período previsto na dosagem, aparecem fissuras, perda de resistência mecânica e muitas vezes alterações na sua coloração.

Para França *et al*. (2011), a patologia nas edificações dedica-se ao estudo de anomalias ou problemas do edifício e as alterações anatômicas e funcionais, segundo os autores diversos termos com significados voltados para a medicina podem ser utilizados para materiais em edificações, sendo os mais comuns: diagnóstico**:** (tem a função de identificar e descrever o mecanismo, as origens e as causas efetivamente responsáveis pelo problema patológico); prognóstico: (estimativa da evolução do problema ao longo do tempo); terapia (tratamento para uma determinada manifestação patológica) e anamnese: (entrevista realizada pelo engenheiro que busca relembrar todos os fatos que se relacionam a manifestação patológica com a edificação). Outros termos importantes relacionados à patologia das construções também podem ser citados tais como: anomalias (problemas e vícios construtivos), falhas (vícios de manutenção); sintomas (lesões e defeitos); reparar ou reabilitar (recompor a condição inicial para qual tinha sido desenvolvida); reforçar (ter a condição de suporte aumentada em relação à desenvolvida anteriormente).

Na visão de Souza e Ripper (1998), a principal ação ao analisar-se um concreto “doente” é identificar o porquê do surgimento e do desenvolvimento da doença, buscando esclarecer as causas, antes da prescrição e consequente aplicação do remédio necessário. O conhecimento das origens da deterioração é indispensável, não apenas para que se possa proceder aos reparos exigidos, mas também para garantir que a estrutura não volte a sofrer os mesmos dados.

A hidratação, agitação, evaporação e absorção são os principais fatores que afetam a trabalhabilidade do concreto, as condições ambientais como a alta temperatura durante a concretagem aceleram ainda mais estes fatores, o que dificulta o adensamento do concreto nas formas e favorece a diminuição da resistência prevista em projeto. A taxa de perda do abatimento diminui com o acelerado endurecimento do concreto, o mesmo acontece quando o concreto usinado é transportado por longos períodos de tempo e em função de eventuais problemas no deslocamento, motiva a utilização de água para melhorar a trabalhabilidade do concreto na hora do seu lançamento, o que não pode ser admitido, pois inevitavelmente provocará perda da resistência mecânica do concreto.

Quando o concreto é entregue nas obras, usualmente confere-se na nota fiscal a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}), o *slump*, o fator água cimento (a/c) e horário da saída do caminhão betoneira da central, não tolerando que o tempo de percurso supere 120 minutos, Neste sentido, a norma específica ABNT NBR 7212 (2012) recomenda que

ISBN: 978-85-65425-32-2

se recuse o recebimento de concreto usinado, transportado em caminhão betoneira, caso o tempo entre a primeira adição de água e a entrega na obra seja superior a 90 minutos, ou seja, se este prazo não for atendido considera-se o concreto vencido, não sendo admitido acréscimo de água para melhorar a trabalhabilidade. Ainda segundo a norma, a entrega do concreto deve ser inferior a 40 minutos, no caso de utilização de veículo não dotado de equipamento de agitação, destacando ainda que o fim do adensamento não poderá ocorrer após o início de pega do concreto, o que permite observar que, na prática, costuma-se receber concreto com tempo de percurso maior que o recomendado na norma brasileira.

Desta forma, entende-se como concreto vencido a utilização de concreto que extrapole seu tempo de utilização, ou seja, quando o concreto é utilizado após o início de pega, isto se deve às ações da hidratação dos compostos do cimento. Na abordagem reológica do concreto, Neville (2016) estabelece-se que a pega refere-se à mudança de estado, de fluido para rígido, comumente causada pela hidratação seletiva dos compostos do cimento em que os primeiros compostos a reagirem são o aluminato tricálcico (C_3A) e o silicato tricálcico (C_3S).

Após o recebimento do concreto na obra, a norma da ABNT NBR 7212 (2012) recomenda que o concreto seja utilizado em no máximo 30 minutos após a chegada do caminhão betoneira; não sendo possível iniciar a descarga neste tempo, deve-se, previamente, avaliar a melhor solução técnica para realizar a concretagem, não sendo admitido acréscimo suplementar de água. O lançamento e adensamento do concreto devem ser realizados em tempo inferior a 150 minutos, a partir da primeira adição de água na mistura, ficando a empresa responsável pela execução da concretagem eximida de responsabilidade da qualidade do concreto aplicado após este tempo, e em caso de utilização de veículo não dotado de equipamento de agitação este prazo é reduzido para 60 minutos.

Nesse sentido este artigo buscará resolver o seguinte problema: Qual o melhor método para avaliar a perda de desempenho de estrutura executada com concreto usinado vencido?

2. Metodologia

Neste trabalho serão apresentados os estudos das manifestações patológicas ocorridas em uma viga concretada com concreto usinado vencido e por meio de estudo de caso, será avaliada a utilização de ensaios destrutivos e não destrutivos para análise da resistência potencial equivalente do concreto à compressão e definição do estado de degradação da estrutura, avaliando a necessidade de se projetar um reparo ou reforço estrutural para restabelecer a estrutura de maneira a garantir as condições necessárias para que esta desempenhe as funções para as quais foi concebida.

Para realizar a inspeção da estrutura danificada foram utilizados dois métodos para definição da melhor terapia, sendo eles: o esclerômetro e o ensaio de resistência à compressão em testemunhos extraídos do elemento danificado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Destarte, por meio dos resultados encontrados e após avaliação das cargas aplicadas à estrutura, buscar-se-á definir a melhor terapia entre o reparo e o reforço estrutural para reestabelecer o desempenho e aumentar a vida útil da estrutura deteriorada.

3. Revisão da literatura

3.1 Limites de tempo especificado pela norma brasileira para mistura e transporte do concreto

Atualmente, pela praticidade, custo reduzido, e pelas exigências do mercado por um controle melhor na dosagem, grande parte do concreto consumido no Brasil é fabricado por centrais dosadoras. Um dos grandes problemas que essas centrais enfrentam é em relação ao resíduo gerado, por ser agressivo ao meio ambiente. Esse concreto residual é proveniente, na grande maioria, de sobras de concreto que são resultado da não aceitação da obra por estar o concreto com tempo de mistura, a partir do carregamento, acima do especificado por norma. A norma específica da ABNT NBR 7212, (2012), que estabelece as recomendações para execução de concreto dosado em central, estipula o tempo máximo de transporte da central, em caminhão betoneira, até à obra em 90 (noventa) minutos, bem como o tempo máximo para que o concreto seja descarregado e aplicado completamente em 150 (cento e cinqüenta) minutos, recomendando a não utilização concreto, caso sejam extrapolados estes prazos. As reações de hidratação que ocorrem com o cimento, o processo de início de pega, a perda que há em sua trabalhabilidade durante as primeiras horas, com consequente dificuldade de lançamento e adensamento podem ser os fatores principais que limitam esse tempo de utilização do concreto. (POLESELLO, ROHDEN, *et al.*, 2013)

Como descrito por Mehta e Monteiro (2008), o transporte do concreto pré-misturado para o canteiro de obras deve ser feito o mais rápido possível para minimizar os efeitos de enrijecimento e de perda de trabalhabilidade e não dificultar, após o lançamento, o adensamento e o acabamento apropriados. Em condições normais, geralmente há uma perda desprezível da consistência durante os primeiros 30 (trinta) minutos após o início da hidratação do cimento Portland. Quando o concreto é mantido em reduzido estado de agitação ou remisturado periodicamente, pode ocorrer alguma perda de abatimento com o tempo que, geralmente, não representa qualquer risco sério para o lançamento e adensamento do concreto fresco durante os primeiros 90 (noventa) minutos. A trabalhabilidade do concreto é a propriedade que determina o esforço exigido para manipular uma quantidade de concreto fresco, com perda mínima de homogeneidade. O termo manipular inclui as operações de primeiras idades como o lançamento, adensamento e acabamento.

Atualmente busca-se a qualidade na construção civil através de processos mais racionais, aumentando assim a utilização de concreto dosado em central, devido ao maior controle dos materiais constituintes do concreto, além do controle de sua trabalhabilidade e resistência à compressão. Após esse período o concreto perde trabalhabilidade, podendo segregar e exsudar, dificultando o transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto, ocasionando falhas na concretagem conhecidas como bicheiras, comprometendo a resistência e durabilidade do mesmo, não sendo possível nenhuma adição de água além

ISBN: 978-85-65425-32-2

da especificada no traço. Devido à dificuldade encontrada nas pequenas obras, como reduzido número de funcionários, funcionários pouco instruídos e baixa produtividade, para conseguir aplicar todo o concreto são adicionados água ao mesmo a fim de tornar sua fluidez adequada para lançamento e adensamento. Porém essa adição de água ao concreto aumenta o fator água/cimento (a/c), causando vários problemas de desempenho no concreto, como perda de resistência e homogeneidade da mistura. Também possibilita diversos problemas de deterioração no concreto, devido ao aumento da porosidade, prejudicando sua durabilidade. (PELISSER e TEIXEIRA, 2007).

Uma adequada trabalhabilidade é fundamental para boas condições de aplicação e acabamento do concreto, caso haja necessidade de correção, esta pode ser feita, com uso de aditivos. Os principais fatores que afetam a trabalhabilidade do concreto são a evaporação, hidratação, absorção e agitação. Destes, provavelmente ambas a evaporação e hidratação aceleram com o tempo, dependendo das condições ambientais. (POLESELLO, ROHDEN, *et al.*, 2013).

De um lado, a norma específica da ABNT NBR 7212, (2012) deixa claro que aferir a resistência é uma prerrogativa e obrigação do consumidor (construtor) e não do produtor (usina), de outro lado, caso haja atraso na entrega, e o concreto venha ser lanço após o prazo previsto na normatização a responsabilidade será da concreteira fornecedora do concreto.

3.2 O que é patologia das construções

A patologia é um termo definido em grego (*páthos* = doença e *lógos* = estudo), na engenharia civil é a parte da ciência que estuda as anomalias encontradas nas edificações, tanto no processo de construção, quanto após este período. Podem ser definidas por causas naturais, físicas, químicas e biológicas, ou um exemplo bastante comum, as manifestações patológicas encontradas nas fases da construção por não serem executadas de acordo com o especificado em normas de utilização dos materiais, falhas na fiscalização das etapas e por fim, torna-se necessário a correção através dos reforços, reparos e demais terapias. Segundo Watt (2007), o termo patologia é definido como o estudo sistemático de doenças com o objetivo de compreender suas causas, sintomas e tratamento. Vem de um contexto da medicina, mas no âmbito das construções a pessoa torna-se o sujeito de um edifício, sendo esta prática metódica, e muitas vezes forense que passou a ser chamado de patologia das construções.

Para o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (IBDA, 2016), a patologia da construção civil é o estudo das anomalias ocorridas nas edificações, não atendendo as necessidades para a qual foi construída. Estas anomalias podem ser originadas através da má qualidade dos materiais aplicado, projeto deficiente, falhas de execução e falta de manutenção nos edifícios, nas quais podem ser evidenciadas através de retração, trincas, fissuras, infiltrações, calcificações, desagregações entre outras manifestações patológicas.

Nesta vertente, Watt (2007) defende que a patologia das construções, tanto é um termo, quanto um conceito global e está se tornando cada vez mais utilizado para definir a abordagem holística para a compreensão dos edifícios. Tal abordagem requer um

ISBN: 978-85-65425-32-2

conhecimento detalhado de como os edifícios são projetados, construídos, usados e mudados, e os vários mecanismos pelos quais suas condições materiais e ambientais podem ser afetadas. É, por necessidade, uma abordagem interdisciplinar e requer um reconhecimento mais amplo das formas pelas quais os edifícios e as pessoas reagem e reagem uns aos outros.

Nas estruturas de concreto, para Souza e Ripper (1998) a manifestação patológica em uma estrutura indica o surgimento de falhas na execução das etapas da construção, e apontando erros no sistema de controle tecnológico próprio. O surgimento de problema patológico em dada estrutura indica a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades.

3.3 Ensaios de esclerometria

Este ensaio é normatizado pela norma específica da ABNT NBR 7584, (2012) que estabelece o método para a avaliação da dureza superficial do concreto endurecido pelo uso do esclerômetro de reflexão. Dentre os diversos tipos de ensaios não destrutivos que podem ser utilizados em estruturas de concreto o esclerômetro é conhecido por ser de fácil manuseio, simples e de baixo custo, sendo recomendado para avaliar a homogeneidade e a resistência superficial do concreto, promovendo a estimativa da resistência à compressão e mapeando as zonas de risco de uma estrutura. O esclerômetro Schmidt permite medir o índice esclerométrico sendo que quanto maior a dureza maior será este índice, porém o coeficiente de variação interno do ensaio é relativamente alto (≈10%). Nestas circunstâncias, Neville (2016) defende que este ensaio é um dos mais antigos métodos não destrutivos, ainda muito usado, foi idealizado por Ernst Schmidt, em 1948, por isto é conhecido como esclerômetro Schmidt.

O funcionamento do esclerômetro é bem compreensível e pode ser avaliado durante seu uso. Para a identificação da dureza superficial do concreto, o usuário realiza o ensaio exercendo esforço sobre o pistão contra a estrutura, ele reage contra a força da mola, que quando totalmente estendida é liberada, deve-se anotar os resultado encontrados para os devidos tratamentos para se encontrar o resultado final. Importa ressaltar que existem fatores que podem influenciar nos resultados do ensaio e devem ser observados, tais como: presença de agregados graúdos; carbonatação; presença de falhas de concretagem; irregularidade superficial; saturação ou umidade da superfície, bem como se deve avaliar a melhor posição do aparelho no momento de sua utilização.

3.4 Extrações de testemunhos

Para atingir-se maior confiabilidade nos resultados para a resistência à compressão de uma estrutura danificada, torna-se necessário a extração de testemunhos por permitir uma avaliação direta do concreto da estrutura. Os testemunhos extraídos de um elemento estrutural podem conter diversas formas geométricas, podendo ser cilíndricos (mais comum), prismáticos ou cúbicos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O processo de extração é simples, necessitando apenas de água e energia, consiste na utilização de uma perfuratriz que permite o corte do concreto com sonda rotativa ou com disco. O objetivo principal da extração de testemunhos de uma estrutura é a avaliação da resistência à compressão do concreto existente no elemento estrutural.

A extração de testemunhos obtidos da estrutura *in loco* e seu rompimento são as técnicas mais aceitas para estimar a resistência à compressão. Pode-se afirmar então, que este ensaio representa fielmente as qualidades existentes em um concreto investigado, pois todo o ensaio esta embasado em uma amostra direta da estrutura. Com os resultados do ensaio em mãos, poder-se-á confirmar ou não, a resistência requerida em projeto. (MAIA e FERNANDES, 2015)

Segundo a norma específica da ABNT NBR 7680-1, (2015), para determinar os locais de extração, deve-se levar em consideração os lotes de concretos utilizados na estrutura, ou seja, ter realizado a rastreabilidade do concreto. Os exemplares extraídos devem ser íntegros, isentos de materiais que não seja o concreto, como pedaços de madeira ou aço. Recomenda-se a extração de testemunhos quando não há aceitação do concreto o que permite a avaliação da segurança estrutural de obras em andamento, verificação da segurança de obras existentes em caso de manifestações patológicas, mudança de uso, incêndio, acidentes, colapsos dentre outros.

Para se realizar a extração de testemunhos é importante a avaliação prévia de um engenheiro, que verificará as condições da estrutura, o projeto estrutural, se houver, e mapeará a estrutura para avaliação dos locais onde são menores os esforços solicitantes na estrutura, definindo os melhores pontos e a quantidade de testemunhos que deverão ser extraídos, bem como indicará o laboratório para preparo (retífica ou capeamento) e ensaios necessários. Por se tratar de uma interferência destrutiva aplicada diretamente na estrutura, é recomendado realizar uma prévia avaliação da resistência por meio de ensaios não destrutivos antes de se decidir pela extração.

Neste aspecto a norma específica da ABNT NBR 7680-1, (2015) recomenda que para se escolher o local da retidada dos testemunhos deve-se, no mínimo respeitar: distância ≥ Ø (com relação às bordas dos elementos estruturais ou juntas); distância ≥ Ø (entre bordas de perfurações); distância ≥ 30 cm (dos limites superior e inferior da etapa de concretagem), não se deve cortar as armaduras, se necessário, deve-se utilizar um pacômetro para identificar a posição das armaduras, ou no mínimo consultar o projeto estrutural. Por fim, ressalta-se que para todos os casos é indispensável à utilização de escoras para garantir a segurança e integridade do local.

3.5 Resistência à compressão

A determinação da resistência à compressão é o ensaio mais comum para avaliação do concreto empregado em estruturas, e muitas das características desejáveis do mesmo são relacionadas a essa propriedade. Pode-se atribuir a ampla utilização deste ensaio a três principais fatores: inicialmente, pela relação direta entre a resistência do concreto com a capacidade da estrutura em resistir às cargas aplicadas; em seguida pela facilidade de execução do ensaio e finalmente pela possibilidade do desenvolvimento de correlações

ISBN: 978-85-65425-32-2

entre a resistência com outras propriedades do concreto, que podem ser avaliadas em outros ensaios. A determinação da resistência do concreto pode atender a três propósitos: pesquisas; controle de qualidade do concreto e determinação da qualidade do concreto em estrutura acabadas. No campo das pesquisas, a resistência à compressão determina os efeitos causados pelas mudanças de materiais e variações nos traços de concreto. Ensaios de resistência também são utilizados na obtenção de valores de referência quando são estudadas outras características do concreto, tais como dureza superficial e resistência à abrasão (CASTRO, 2009).

O método de controle do ensaio de resistência à compressão no Brasil é normalizado pela (ABNT NBR 5739, 2007), esta norma prescreve um método de ensaio pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto, moldados e curados conforme a norma específica da ABNT NBR 5738,(2003) e extraídos conforme a norma da ABNT NBR 7680-1, (2015).

No geral, a resistência do concreto produzido é normalmente obtida através do resultado do ensaio de ruptura, à compressão axial de testemunho ou corpos de prova, sendo mais comum no Brasil utilizar corpos de prova cilíndricos de 100 mm por 200 mm, que são ensaiados na idade pré-estabelecida de 28 dias, com ensaios adicionais em outras idades, alcançados resultados expressos em MPa.

O valor de resistência à compressão que apresenta uma probabilidade de 5% de não ser alcançado é denominado resistência característica do concreto à compressão e indica-se com a notação f_{ck}. Esse valor é o adotado no projeto estrutural e também é conhecido por resistência especificada, característica ou de projeto, indicada por f_{ck}. (PACHECO, HELENE e ENGENHARIA, 2013).

A revisão de literatura deste estudo foi baseada em livros, artigos e demais publicações relacionadas ao tema. A utilização destas referências de pesquisa foi de grande importância, pois através destes pode-se perceber que existem parâmetros a serem seguidos para um resultado de qualidade ao contratar-se serviços de centrais dosadoras de concreto e que através da demonstração que o concreto possui um prazo determinado de validade para sua utilização, conforme prescrito em normas regulamentadoras que direcionam os cuidados e responsabilidades na entrega e no recebimento de concreto dosado em central. O estudo de caso a seguir facilitará no entendimento e compreensão dos processos e conceitos apresentados no referencial teórico apresentado.

4. Apresentação de estudo de caso de uma viga concretada com concreto vencido

4.1 Estudos de Caso

Para melhor entendimento dos efeitos e terapias para tratar as manifestações patológicas motivadas por utilização de concreto vencido, apresenta-se um estudo de caso, em que foi feita uma anamnese para produção de um diagnóstico confiável e uma terapia adequada. Desta forma foi possível qualificar a obra, conhecer o projeto e as técnicas de execução aplicadas na edificação estudada. Ao analisar-se o projeto estrutural verificou-se que as vigas e lajes foram projetadas para serem concretadas com concreto dosado em central com as propriedades e características apresentadas no Quadro 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1 – Propriedades e características do concreto obtidas no projeto estrutural

F_{ck} (MPa)	Abatimento (mm)	Tolerância (mm)	Classe de Agressividade Ambiental (CAA)	Fator (a/c)	Cobrimento da armadura (mm)
25	120	± 20	II	0,55	30

Fonte: Os autores

No dia da concretagem das vigas houve um caminhão que atrasou várias horas, em função de problemas ocorridos na estrada entre a usina de concretagem e a obra (o caminhão betoneira atolou na estrada vicinal de acesso à obra). Devido ao atraso o concreto foi rejeitado pelo responsável técnico da obra, porém em contato com o responsável da concreteira fornecedora do concreto, este garantiu que, mesmo com o atraso de mais de 200 minutos, o concreto poderia ser utilizado com a garantia de que apresentaria as qualidades solicitadas, em função do uso de aditivo retardado de pega. Seguros da garantia fornecida pela usina, concretou-se a viga 39 - detalhes na Figura 1, posicionada entre os pilares P15, P16 e P17, localizada na garagem do edifício.

Figura 1 – Viga V39 antes da concretagem (Fonte: Os autores)

4.2 Diagnóstico

Após algum tempo verificou-se trincas na viga da garagem V39 e percebeu-se que o concreto estava se deteriorando, facilmente percebiam-se mudanças na coloração do concreto, que a cada dia ficava mais claro, se comporto às outras vigas concretadas no mesmo dia, em horas anteriores, apresentando indícios de que o concreto havia se retraído e que poderia causar perda do desempenho esperado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 – Viga 39 com trincas e concreto se soltando (Fonte: Os autores).

Figura 3 – Detalhe da armação exposta na parte inferior da viga 39 (Fonte: Os autores)

Após o diagnóstico realizado pelo responsável técnico da obra, foi imediatamente realizado o escoramento da viga 39 e entrou-se em contato com o responsável da concreteira para comunicar que o concreto lançado na viga estava vencido e que havia grandes indícios de problemas estruturais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.3 Prognóstico

Após vistoria realizada pelo responsável técnico da concreteira, verificou-se a necessidade de se realiza ensaios para verificar a situação do concreto, desta forma visando a não redução da resistência e a não danificação da estrutura de concreto, optou-se inicialmente pelo ensaio de resistência não destrutivo do concreto, o ensaio denominado esclerométrico.

4.4 Resultados

4.4.1 – Resultados dos ensaios esclerométricos

Em conformidade com a norma da ABNT NBR 7584, (2012), foram feitas diversas marcações, visando medir a resistência superficial do concreto da viga 39 e de algumas outras estruturas vizinhas. Para a viga 39, após a realização do ensaio esclerométrico realizado em vários pontos distintos, foi encontrada uma resistência superficial média de 15,29 MPa, conforme resultado apresentado no Quadro 2 e para as vigas vizinhas uma resistência média de 26,5 MPa.

Quadro 2 – Resultados dos ensaios esclerométricos na viga 39

Medições	**Resultados (MPa)**
Ensaio 01	16,50
Ensaio 02	18,30
Ensaio 03	13,90
Ensaio 04	13,90
Ensaio 05	15,70
Ensaio 06	14,20
Ensaio 07	14,50
Média	**15,29**

Fonte: Eng. André Luiz V. de Souza

Devido ao resultado do ensaio realizado por esclerômetro ter apresentado uma resistência quase 40% menor que a esperada na viga 39, optou-se fazer um mapeamento nesta viga, e em conformidade com a norma da ABNT NBR 7680-1 (2015), foram extraídos 4 (quatro) testemunhos para se obter-se uma melhor avaliação da segurança estrutural da obra, após ensaiá-los à compressão axial. Na extração dos testemunhos foi utilizada uma extratora LCD 500 – perfuratriz. Os testemunhos foram levados ao laboratório onde foram preparados e rompidos.

4.4.2 – Resultados dos ensaios nos testemunhos

Para verificação da real resistência à compressão axial da viga 39, foram realizadas as extrações de 4 (quatro) testemunhos T1, T2, T3 e T4. Estes foram levados ao laboratório,

ISBN: 978-85-65425-32-2

onde foram capeados e rompidos, obtendo-se os resultados – resistência característica à compressão do concreto aos j dias (f_{ckj}) conforme Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 – Resultados dos ensaios nos testemunhos

Resultados dos ensaios nos testemunhos	
Testemunhos	f_{ckj} (MPa)
T1	16,40
T2	16,50
T3	17,10
T4	16,10

Fonte: Os autores

Após tratamentos dos dados obtidos em laboratório foi possível calcular a dispersão em torno da média dos resultados, no qual se pode encontrar a resistência à compressão da viga 39 como sendo de 15,83 MPa, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Resistência à compressão dos ensaios dos testemunhos

Resistência à compressão (f_{ck})	
Desvio Padrão	0,42
$f_{ck\ médio}$ (Mpa)	16,53
$f_{ck\ considerado}$ (Mpa)	15,83

Fonte: Os autores

4.5 Terapia

Como a viga foi calculada para um concreto com 25 MPa tornou-se necessário a previsão de um reforço estrutural e foram sugeridas duas propostas de projeto para terapia.

4.5.1 – Primeira opção de Terapia: Reforço estrutural com uso de chapas de aço.

A resistência do concreto corresponde a 61,2 % da resistência esperada. Portanto seria necessário um acréscimo de área de concreto na seção transversal de 388 cm² ou de 2,00 cm² de aço.

Uma opção para o reforço estrutural seria a utilização de chapas de aço coladas e parafusadas ao concreto existente. Essa opção é mais leve, e não gera aumento na seção transversal das estruturas. No caso em questão o acréscimo de seção nos pilares reduziria a área das vagas na garagem.

Para a execução dos serviços deverá ser feita a limpeza da viga com escova de aço e todo o concreto danificado deverá ser retirado. Posteriormente a viga deverá ser recomposta com graute. Após a recomposição a viga será reforçada com chapas de aço coladas nas

ISBN: 978-85-65425-32-2

laterais da mesma, conforme detalhamento a seguir. Importa ressaltar que antes do reforço, a viga deve ser escorada e o escoramento apertado ao máximo para alivio da carga permanente. O escoramento somente deverá ser retirado após a secagem da cola epóxi (sete dias). O reforço será dividido em duas partes, entre os pilares P15 e P16 e entre os pilares P16 e P17.

Detalhes do reforço da viga com chapa de aço.

Material: Chapa Aço A 36

Chapa 1 – entre os pilares P15 e P16, comprimento = 4100 mm, h = 400 mm e espessura = 3 mm.

Chapa 2 – entre os pilares P16 e P17, comprimento = 3000 mm, h = 400 e espessura = 3 mm.

As chapas devem ser fixadas com cola epóxi e barras passantes e porcas, conforme detalhes nas Figuras 4 e 5, devendo utilizar barras com diâmetro de 10 mm a cada 70 cm intercaladas.

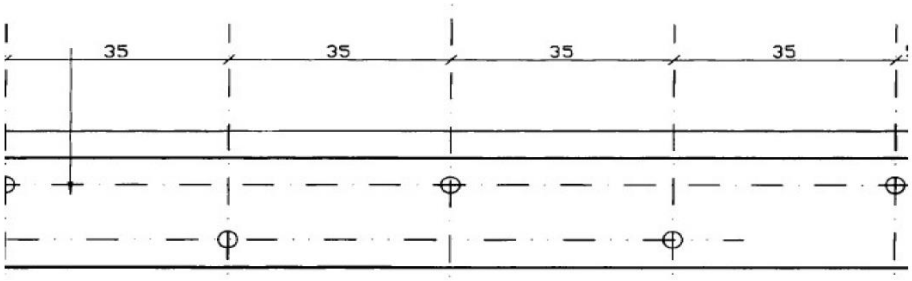


Figura 4 – Reforço da viga. Vista lateral (Fonte: Eng. André Luiz V. de Souza)

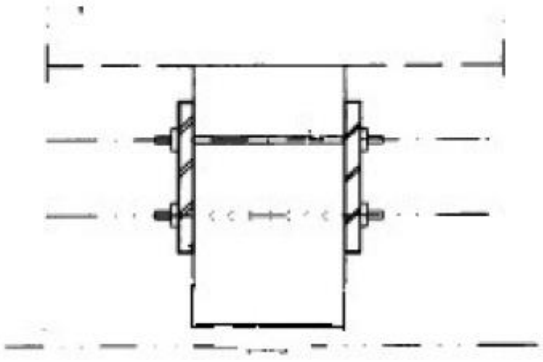


Figura 5 – Reforço da viga. Corte da viga reforçada (Fonte: Eng. André Luiz V. de Souza)

4.5.2 – Segunda opção de Terapia: Detalhe do reforço da viga metálica perfil “I”.

Assim como na primeira opção descrita no item acima, para a execução dos serviços deverá ser executada a limpeza da viga com escova de aço e todo o concreto danificado deverá ser retirado. Posteriormente a viga deverá ser recomposta com graute. Após a recomposição da viga, deverá ser instalado sob a viga 39 um reforço, por meio de viga de

ISBN: 978-85-65425-32-2

perfil metálico “I” do tipo W 250x17,9, ver detalhe no Quadro 5 abaixo. Antes de colocar a viga metálica no local do reforço é preciso soldar as chapas (200 mm x 300 mm) nas extremidadas do perfil “I” (ver Figura 6). As chapas deverão ser fixadas nos pilares P15, P16 e P17 através de parabolt (chumbador), com bucha de aço com alhetas anti rotação e cola a base de epoxi.

Entre a viga metálica de reforço e a viga existente deve-se inserir uma película de neoprene para regularizar o contato entre a viga existente e o perfil metálico. Para realizar o ajuste entre as vigas deverá ser utilizado um macaco hidráulico e este só poderá ser removido após o devido escoramento que deverá permanecer no local até a secagem da cola epóxi (sete dias). O reforço será dividido em duas partes, entre os pilares P15 e P16 e entre os pilares P16 e P17, conforme descrito no Quadro 5.

Quadro 5 – Tabela de bitola – Perfil “I”

Bitola (mmxkg/m)	Massa Linear (kg/m)	d (mm)	bf (mm)	tw (mm)	tf (mm)	h (mm)	d' (mm)	Área (cm²)
W 250X17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1

Fonte: Os autores

Detalhes do reforço da viga com perfil metálico tipo “I”

Material: Perfil “I” W 250x17,9

Perfil 1 – entre os pilares P15 e P16, comprimento = 4100 mm, h = 240 mm e espessura = 5,3 mm.

Perfil 2 – entre os pilares P16 e P17, comprimento = 3000 mm, h = 240 mm e espessura = 5,3 mm.

As chapas devem ser fixadas com cola epóxi e barras passantes e porcas, conforme apresentado na Figura 6.

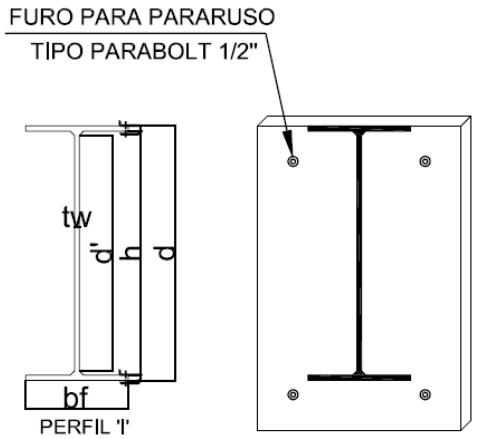


Figura 6 – Detalhe Chapa de Aço (200 mm x 300 mm) - Fonte: Os autores

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.6 Execução do reforço estrutural

Como recomendado pela norma da ABNT NBR 7212, (2012), responsabilidade com os custos para a execução do reforço estrutural da viga 39 foi exclusiva da concreteira, pois esta havia garantido o uso do concreto vencido na data da concretagem. Devido à facilidade de encontrar mão de obra especializada e material na região onde o serviço seria executado, a concreteira optou pela segunda opção: Reforço estrutural com a utilização de viga metálica com perfil tipo “I”, conforme demostrado na Figura 7.

Figura 7– Reforço estrutural executado com viga metálica do tipo perfil “I” (Fonte: Os autores)

5. Conclusão

A patologia das construções é um ramo da engenharia carente de muitas pesquisas, a cada ano que se passa as edificações em concreto vão ficando mais velhas e se degradando aos poucos, assim como o ser humano, com o tempo faz-se necessário dedicar-se a cuidar mais da saúde, nas construções não é diferente, e isto serve como motivador para cada vez mais a engenharia civil buscar entender a importância e o conceito da patologia das construções.

A utilização de concreto vencido em obras pode proporcionar o aparecimento de manifestações patológicas, que nem sempre terá baixo custo de reparo ou recuperação, como visto no estudo de caso apresentado neste artigo, para todas as obras com anomalias é preciso aplicar uma boa anamnese para absorver-se conhecimentos sobre os processo que antecederam o surgimento das manifestações patológicas, só assim poder-se-á conseguir um diagnóstico preciso para então, realizar um prognóstico confiável e propor a

ISBN: 978-85-65425-32-2

melhor terapia para solucionar definitivamente as anomalias e falhas comumente existentes nas edificações. As construtoras buscam por facilidade e rapidez no processo de concretagem e para tal é comum optar por utilizar concreto dosado em central, mas como demonstrado neste trabalho, nem sempre os resultados são os melhores.

No estudo de caso, pode-se observar que após os testes e ensaio realizados na viga que apresentou as manifestações patológicas promovidas do recebido de concreto vencido, observou-se que tanto no ensaio realizado por esclerômetro, o qual se obteve uma resistência superficial de 15,29 MPa, quanto nos ensaios realizados nos testemunhos extraídos do elemento estrutural danificado, em que obteve-se uma resistência à compressão de 15,83 MPa, permitiu concluir que a resistência à compressão da viga 39 estava bem inferior à resistência prevista em projeto que era de 25,00 MPa; como o único problema estrutural estava localizado na viga 39, entre os pilares P15, P16 e P17, houve a necessidade de previsão de uma terapia para restabelecer as condições da referida viga e devido à facilidade de encontrar material e mão de obra especializada na região, a concreteira responsável pelo fornecimento do concreto, optou por executar um reforço com viga de perfil metálico.

Agradecimentos

À Faculdade Promove de Sete Lagoas por propocionar apoio e incentivo à pesquisa e a produção de conhecimento técnico aos seus docentes e discentes.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 53 p.

_____. NBR 5738: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpo de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p.

_____. NBR 5739: Concreto: Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 9 p.

_____. NBR 7212: Execução de concreto dosado em central. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. NBR 7584: Concreto endurecido: Avaliação de dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão: Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 10 p.

_____. NBR 7680-1: Concreto: Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Parte 1: Resistência à compressão axial. ABNT, Rio de Janeiro, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

CASTRO, E. D. Estudo da resistência à compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria. Uberlândia: UFU, v. 1, 2009. 122 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

FRANÇA, A. A. V. *et al*. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. Téchne, São Paulo, n. Edição 174, Setembro 2011.

IBDA. O que é patologia? Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura, 06 maio 2016. Disponivel em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1620>. Acesso em: 06 maio 2017. Forum da Construção.

MAIA, H. M.; FERNANDES, A. S. Verificação da resistência do concreto "*in loco*": métodos de ensaios mais usuais. Revista Vetor, Rio Grande, v. 25, n. 2, 2015. 25-40.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microesturura, Propriedades e Materiais. 3 ed. . São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 5º. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2016. 888 p. ISBN ISBN 978-85-8260-365-9. Livro.

PACHECO, J.; HELENE, P.; ENGENHARIA, P. Entenda o Concreto: Controle da resistência do concreto – 2ª Parte. Revista Ibracon, Gramado, 2013. 90-98. 55º Congresso Brasileito de Concreto.

PELISSER, F.; TEIXEIRA, R. B. Análise da perda de resistência à compressão do concreto com adição de água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo. Revista de Iniciação Científica, Criciúma, 5, 2007. 1-15.

POLESELLO, E.; ROHDEN, A. B.; DALMOGIN, D. C. D.; MASUERO, A. B. O limite de tempo especificado pela NBR 7212 para mistura e transporte do concreto pode ser ultrapassado? Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, Rio Grande do Sul, 6, Abril 2013. 349 - 359. Nº 2.

SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 9ª ed. São Paulo: Pini, v. 1, 1998. ISBN ISBN 8572660968. 262.

WATT, D. S. Building Pathology: Principles & Practice. 2 ed. London: Blackwell Science Ltd, v. 1, 2007. 301 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO: ESTUDOS DE CASOS DE CARBONATAÇÃO

Pathological Manifestations In Reinforced Concrete: Cases Studies Of Carbonation

JÚNIOR, Geraldo Josafá de Figueiredo[1], LACERDA, Júlio César[2], LIMA, Karla Ulisses[3], **OLIVEIRA, Charles Ferreira de**[4], RODRIGUEZ, Freddy Dominguez[5],

[1] UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, junior.figueiredo@hotmail.com

[2] UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, krek.bh@gmail.com

[3] UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, karla.lima@ifnmg.edu.br (co-autor)

[4] UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, charles.engenheirocivil@gmail.com

[5] UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, freddydr87@yahoo.com.br (co-autor)

Resumo: As manifestações patológicas incidentes sobre estruturas de concreto podem ter suas causas associadas à fase de projetos, má qualidade dos materiais, erros de execução ou de utilização. Para melhor análise das anomalias, faz-se necessário um detalhado diagnóstico da estrutura. Dentre as manifestações patológicas, pode-se destacar aquelas provenientes de ataques químicos, com ênfase para a carbonatação, que mesmo não sendo considerada por muitos autores como um problema patológico de forma imediata, pode causar graves deteriorações à estrutura. São vários os tipos de manifestações patológicas que podem prejudicar a durabilidade e o desempenho das estruturas de concreto, e neste trabalho o objetivo é discorrer sobre a carbonatação do concreto armado, suas causas e consequências, por meio de dois estudos de casos. O primeiro estudo de caso trata-se de um viaduto construído há quase 80 anos e o segundo uma edificação, ainda em fase de construção. No qual se concluiu que a carbonatação traz mais malefícios do que benefícios às estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Carbonatação. Concreto, Deterioração das estruturas.

Abstract: Pathological manifestations incident on concrete structures may have their causes associated with the design phase, poor quality of materials, errors of execution or use. To better analyze the anomalies, a detailed diagnosis of the structure is necessary. Among the pathological manifestations, it is possible to emphasize those from chemical attacks, with emphasis on carbonation, which, although not considered by many authors as an immediate pathological problem, can cause serious deterioration to the structure. There are several types of pathological manifestations that can impair the durability and performance of concrete structures, and in this work the objective is to discuss the carbonation of reinforced concrete, its causes and consequences, through two case studies. The first case study is a viaduct built almost 80 years ago and the second a building, still under construction. In which it was concluded that carbonation brings more harm than good to reinforced concrete structures.

Keywords: *Carbonation. Concrete, Deterioration of structures.*

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

As investigações e pesquisas acerca da vida útil das estruturas de concreto armado tem se expandido devido ao fato de muitas estruturas dessa natureza degradarem ainda com um baixo prazo de uso. É válido relembrar que há tempos atrás não se questionava os limites da durabilidade das estruturas de concreto armado (NEPOMUCENO e SILVA, 2005).

Conforme Mehta e Monteiro (2008) é complexo tratar o concreto de forma científica, pois por mais que este se apresente de forma simples, sua estrutura não é de fácil entendimento. Pois os componentes do concreto não são distribuídos de forma homogênea e seus poros também não são padronizados, tendo variações de morfologia e tamanhos, somado a isso vários outros fatores que tornam o concreto um material de tamanha complexidade.

Devido a essa estrutura peculiar que apresenta o concreto, Nepomuceno e Silva (2005) ainda salientam que a própria morfologia do concreto armado contribui para a sua deterioração, visto que seus poros e fissuras viabilizam a entrada de substâncias gasosas, líquidas e também em forma de vapor. De fato, na maioria das vezes essas substâncias quando penetram no concreto causam diversas manifestações patológicas, como é o caso da carbonatação. Mesmo não sendo considerada por muitos autores como uma patologia de forma imediata, a carbonatação pode favorecer o aparecimento de anomalias no concreto armado.

São vários os tipos de manifestações que podem prejudicar a durabilidade e o desempenho das estruturas de concreto, por isso o objetivo deste artigo é discorrer sobre a carbonatação do concreto armado, suas causas e consequências, por meio de dois estudos de casos. O primeiro estudo de caso trata-se de uma obra, em estrutura de concreto armado, construída há quase 80 anos, em ambiente com alto índice de emissão de gás carbônico na atmosfera e no segundo estudo de caso avaliou-se uma obra recente, em estrutura de concreto armado, ainda em fase de construção, onde está sendo edificado um prédio de uso residencial e comercial.

2. Origem e causas das manifestações patológicas

Não é difícil encontrar falhas ou anomalias em estruturas de concreto. Os problemas patológicos nas edificações podem surgir devido aos violentos e inesperados desastres naturais, ou ainda devido às falhas ocorridas durante o processo de construção, sendo esse processo dividido em três fases, sendo primeiro a de concepção, a segunda de execução e por fim a fase de utilização (SOUZA e RIPPER, 1998). Embora haja muita discussão sobre as conclusões das causas das manifestações nessas três fases, a Tabela 1 exemplifica algumas dessas causas em estudos realizados em diferentes continentes, no qual, dentre outros aspectos pesquisados, apresenta uma análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto, sendo destacadas as causas das manifestações patológicas desde o planejamento e concepção do projeto, passando pela escolha e tipo de materiais utilizados na composição das estruturas, escolha de métodos e práticas de execução das obras, monitoramento da ocupação e utilização da edificação, destacadas diversas fontes de pesquisas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 1 - Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto

Fonte de Pesquisa	Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto			
	Concepção e projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá, 1979)	55	← 49 →		
C.S.T.C. (Bélgica – Verçoza, 1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	← 40 →		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado (Verçoza, 1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S (Reino Unido, 1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	← 88 →			12
E.N.R. (U.S.A, 1068 a 1078)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça, 1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1974)	51	← 40 →		16
Jean Blévot (França, 1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela, 1965 a 1975)	19	5	57	19

Fonte: (SOUZA e RIPPER, 1998).

Enquanto um projeto preliminar defeituoso encarece muito a etapa de construção, as falhas que podem surgir no processo de execução, como ausência de programas de gestão e qualidade, mão-de-obra não capacitada, dentre outras, também podem representar grande prejuízo. Além disso, mesmo que essas duas etapas transcorram de modo correto e ordeiro, ainda na etapa de utilização da estrutura alguns problemas patológicos podem se manifestar caso a estrutura seja utilizada de modo inadequado ou ainda não tenha um planejamento satisfatório de manutenção (SOUZA e RIPPER, 1998).

Para melhor elucidação da origem de uma manifestação patológica, faz-se de grande relevância uma investigação para melhor compreensão da causa e da evolução da anomalia antes mesmo da indicação de uma prescrição, pois deste modo, tanto a prescrição quanto a profilaxia aplicada posteriormente terão maiores êxitos na recuperação da estrutura e ainda poderão garantir que a estrutura não volte a se deteriorar no futuro (SOUZA e RIPPER, 1998).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Neste contexto, as causas das anomalias são fracionadas em dois grandes agrupamentos, que são as causas intrínsecas e as causas extrínsecas. As causas intrínsecas são inerentes à própria estrutura, são provenientes dos materiais e peças estruturais, podendo ser imperfeições geradas por descuido, acidentes ou por fatores inerentes ao material. Já as causas extrínsecas são aquelas autônomas quanto a própria estrutura, ou seja, princípios relacionados externamente a estrutura, que podem ocorrer durante a etapa de concepção ou mesmo durante algum momento da vida útil dessa estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998).

Há ainda as causas naturais, porém químicas, que é onde se enquadra a carbonatação do concreto. Por exemplo, estudos realizados por Duffo *et al.* (2004) mostraram que a corrosão que se desenvolveu numa estrutura de concreto de 65 anos de idade se deu devido a carbonatação que ocorreu ao longo da vida útil da estrutura e consequentemente favoreceu o aparecimento da manifestação patológica.

A carbonatação é um processo físico-químico que ocorre devido várias reações químicas que são processadas quando há dióxido de carbono presente no local, quando o dióxido de carbono consegue transpor através dos poros do concreto, as reações químicas que ocorrem a partir desse acontecimento, aumentam a acidez do concreto (TUUTTI,1982; CARMONA, 2005).

No caso dos concretos armados, a carbonatação é ainda mais preocupante pois a proteção do aço do concreto armado ocorre por passivação, ou seja, uma película passivadora gerada pelas condições alcalinas do concreto. Para que essa película seja mantida, é preciso que se mantenha a alcalinidade do concreto e presença de água e oxigênio. No entanto, como a carbonatação reduz o pH do concreto, quando o pH cai para abaixo de 9, perde-se essa película passivadora e o aço então fica suscetível a corrosão (PAGE e TREADAWAY, 1982).

O desgaste das superfícies dos elementos de concreto pode ocorrer devido ao atrito, à abrasão e à percussão. A ação abrasiva pode ser devida à atuação de diversos agentes, sendo os mais comuns o ar e a água, que carregam partículas que provocam a abrasão, os veículos que passam sobre pistas de rolamento, o impacto das ondas etc. A ação das partículas carregadas pela água em movimento e pelo ar geralmente ocasionam a erosão, cuja intensidade dependerá da quantidade, da forma, do tamanho e da dureza das partículas em suspensão, da velocidade e do turbilhonamento da água ou do ar, bem como da qualidade do concreto da estrutura atacada (SOUZA e RIPPER, 1998).

Outro tipo de desgaste que pode ocorrer em estruturas de concreto é a cavitação, que consiste na formação de pequenas cavidades, pela ação de águas correntes, resultantes de vazios que se formam e desaparecem quando a água está se movimentando em velocidade elevada (NEVILLE, 2016).

3. Processos químicos de deterioração das estruturas de concreto

Estudos realizados pela Rede Rehabilitar (2003), demonstram as tendências das velocidades do ataque ao concreto por algumas substâncias químicas, tais como: ácidos orgânicos e inorgânicos; soluções salinadas e alcalinas entre outras, conforme demonstrado no Quadro 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Após a identificação de uma manifestação patológica causada por substâncias químicas, a durabilidade das estruturas fica diretamente ligada à velocidade de ataque à temperatura ambiente, quanto mais rápido ocorrer o ataque químico, mais se compromete a durabilidade da estrutura e consequentemente a redução de sua vida útil.

Quadro 1 - Velocidade do ataque ao concreto de algumas substâncias químicas

Vel. de ataque à temp. ambiente	Ácidos inorgânicos	Ácidos orgânicos	Soluções alcalinas	Soluções salinas	Vários
Rápida	Clorídrico Fluorídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	-	Cloreto de alumínio	-
Moderada	Fosfórico	Tânico	Hidróxido de sódio 20%	Nitrato e sulfato de amônio Sulfatos de sódio, magnésio e cálcio	Bromo (gás) Sulfito líquido
Lenta	Carbônico	-	Hidróxido de sódio 10-20% Hipoclorito de sódio	Cloreto de amônio e magnésio Cianureto de sódio	Cloro (gás) Água do mar Água doce
Desprezível	-	Oxálico Tartárico	Hidróxido de sódio 10 % Hipoclorito de sódio Hidróxido de amônio	Cloreto de cálcio e sódio Nitrato de zinco Cromato de sódio	Amoníaco líquido

Fonte: Rede Rehabilitar – Manual de Recuperação de Estruturas de Concreto (2003).

3.1 Considerações gerais

Praticamente todas as causas químicas de manifestações patológicas do concreto tem origem em falhas humanas. Na fase de projeto e especificações, a avaliação otimista da agressividade do meio ambiente, a escolha inadequada do cimento, a dosagem imprópria e a falta de indicação de aditivos; na fase de construção, fôrmas pouco rígidas, vibrações incompletas e insuficiente tempo de cura e, na fase de utilização, a falta de manutenção

ISBN: 978-85-65425-32-2

preventiva e corretiva; todos estes fatores contribuem para tornar o concreto poroso, permeável e fragilizado (DNIT, 2010).

3.2 Sintomas

3.2.1 - Ataque de sulfatos

Os sulfatos em solução aquosa atacam os concretos de cimento Portland provocando reações expansivas. Os íons sulfato podem estar presentes em soluções ácidas, caso do ácido sulfúrico, em soluções alcalinas como o sulfato de amônio, ou em sais, entre os quais se pode mencionar os sulfatos de cálcio, de magnésio e de sódio.

Os ataques dos sulfatos podem ser evitados com a utilização de cimentos adequados, tais como o cimento Portland resistente a sulfatos, cimento Portland pozolânico e cimento Portland de alto-forno (DNIT, 2010).

3.2.1 - Ataque de sulfatos

Podem ser provenientes do uso de aceleradores de pega que contenham $CaCl_2$, impurezas na água de amassamento e nos agregados, água do mar e maresia, sais de degelo e processos industriais. Não existe um consenso com relação a quantidade necessária de íons cloretos para romper a camada de óxidos passivantes e dar início ao processo de corrosão das armaduras (AGUIAR, 2006).

3.2.2 – Reação alcali-agregado

A reação entre os álcalis do cimento e os minerais reativos do agregado produz um gel, que ocupa mais volume e causa expansão e trincas, geralmente afastando-se da fonte da expansão. A identificação visual da origem das trincas nem sempre é fácil, porque as trincas da reação álcali-agregado podem juntar-se às trincas resultantes dos ataques de sulfatos e cloretos, todas somente ocorrendo em condições de muita umidade (DNIT, 2010).

A reação álcali-agregado é um fenômeno que ocorre a longo prazo, podendo levar vários anos (mais de 15 anos) para manifestar-se, por esse motivo, designam-se como “potencialmente reativos” os minerais ou agregados com maior probabilidade de reação cuja reação é mais violenta, porém sua identificação positiva só é possível em laboratórios através de testemunhos extraídos da peça estrutural sob suspeita.

3.2.3 – Agressividade do meio ambiente

A agressividade do meio ambiente pode manifestar-se pela poluição atmosférica, através do dióxido de carbono e das chuvas ácidas, que encurtam a vida útil da estrutura, quando penetram em trincas e fissuras pré-existentes. Está relacionada com quaisquer fenômenos físicos e químicos que atuam sobre as estruturas de concreto armado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2.4 – Corrosão do concreto

A corrosão do concreto é um fenômeno químico, que ocorre pela reação da pasta de cimento com alguns elementos químicos, provocando a dissolução do ligante ou a formação de compostos expansivos, que são fatores de deterioração do concreto (DNIT, 2010).

3.2.5 – Corrosão das armaduras

Nos elementos estruturais em que o aço já foi vítima do processo de corrosão, ocorre um aumento de volume em até oito vezes na parte afetada da armadura, produzindo tensões de tração que o concreto não resiste, surgindo então pequenas fissuras ao longo das armaduras situadas mais próximas da superfície do elemento estrutural. Permitindo que o aço fique mais exposto ao ataque externo, acelerando o processo de corrosão e transformando essas trincas em rachaduras, chegando a destacar partes do concreto (MARCELLI, 2007).

Segundo Aguiar (2006), a corrosão pode ser generalizada, localizada, sob tensão ou galvânica.

3.2.6 – Eflorescência e lixiviação

A eflorescência ocorre geralmente em concretos porosos junto à superfície, normalmente quando um tempo frio e úmido é seguido por um período quente e seco.

A água pura da condensação da neblina ou do vapor d'água e a água mole da chuva contém pouco ou nenhum íon de cálcio. Quando estas águas entram em contato com a pasta de cimento Portland, tendem a hidrolisar ou dissolver o cálcio (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segundo Neville (2016), a lixiviação dos compostos de calcário pode, em dadas circunstâncias, levar à formação de depósitos de sais na superfície do concreto, conhecidos como eflorescência. Elas são vistas, por exemplo, em situações em que haja a percolação de água através de um concreto mal adensado, ou através de fissuras, ou por juntas mal executadas, bem como situações em que seja possível ocorrer a evaporação na superfície do concreto. O carbonato de cálcio formado pela reação do $Ca(OH)_2$ com o CO_2 é encontrado na forma de um depósito esbranquiçado, e também é possível observar depósitos de sulfato de cálcio.

Além da perda de resistência, a lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto pode ser considerada indesejável por razões estéticas. Frequentemente, o produto lixiviado interage com o CO_2 presente no ar e forma uma crosta esbranquiçada de carbonato de cálcio na superfície. O fenômeno é conhecido por eflorescência (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

4. Ensaios e análises no concreto

Em algumas edificações, torna-se necessário avaliar a capacidade residual da estrutura; isso ocorre com mais frequência no caso de concreto armado em função da grande gama de danos que pode ocorrer com o mesmo, conforme foi descrito anteriormente; razão pela qual vamos avaliar os ensaios mais utilizados para o concreto (MARCELLI, 2007).

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1 Ensaios não destrutuivos

São um conjunto de procedimentos com a finalidade de avaliar as características básicas do concreto sem causar nenhum dano à estrutura. Os ensaios não destrutivos mais comuns são: esclerometria; ultrassom; gamografia; método eletromagnético; prova de carga.

4.2 Ensaios destrutuivos

Tratam-se de ensaios em que é necessário a retirada de corpos de prova ou amostras da estrutura, para uma análise mais detalhada em laboratório. São considerados lesivos e causam danos parciais à estrutura. Eles podem ser: ensaio de compressão; análise termodiferencial e termogravimétrica; análise microscópica.

5. O processo de carbonatação

Segundo Neville e Brooks (2013), entende-se por carbonatação a reação do CO_2 com o cimento hidratado. O CO_2 está presente na atmosfera, em concentração em torno de 0,03%, em volume, em ambiente rural; 0,1% ou mais em um laboratório não ventilado e, em geral, acima de 0,3% em grandes cidades. Na presença de umidade, este gás forma ácido carbônico, que reage com o $Ca(OH)_2$, formando $CaCO_3$.

Em obras que apresentam manifestações patológicas em estruturas de concreto armado é comum ouvir que o concreto está carbonatado, porém, em grande parte das vezes o concreto apresenta o fenômeno da eflorescência e não carbonatação, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Estrutura com eflorescência.
Fonte: S.A. Engenharia (https://www.youtube.com/watch?v=6up9gQ1Doik)

A carbonatação é um processo que ocorre lentamente da superfície para o interior do concreto, podendo atingir grandes profundidades, principalmente em concretos mais porosos ou fissurados. Sua taxa de penetração depende do teor de umidade do ambiente

ISBN: 978-85-65425-32-2

e do teor de CO_2. Concretos com alto fator água/cimento e deficiência no seu processo de cura são os mais propícios a sofrerem carbonatação, devido à alta permeabilidade.

Em concretos que contêm somente o cimento Portland como aglomerante, apenas a carbonatação do $Ca(OH)_2$ é relevante. Contudo, quando o $Ca(OH)_2$ é esgotado, por exemplo, por uma reação secundária com sílica pozolânica, a carbonatação do silicato de cálcio hidratado, C-S-H, também é possível (NEVILLE, 2016).

5.1 Retração por carbonatação

A carbonatação resulta em um pequeno aumento da resistência e diminui a permeabilidade do concreto, possivelmente em função da água liberada pela decomposição do $Ca(OH)_2$ que pode contribuir para o processo de hidratação do cimento e devido ao $CaCO_3$ que é depositado nos vazios internos da pasta de cimento.

Na visão de Lapa (2008), a retração por carbonatação é provocada pela reação do CO_2 com os produtos hidratados, que além de neutralizar a natureza cristalina da pasta de cimento hidratado causa a sua retração. Quando o CO_2 é fixado pela pasta de cimento, a massa deste aumenta. Consequentemente também aumenta a massa do concreto. A retração deve-se, provavelmente, à dissolução dos cristais de $Ca(OH)_2$, enquanto sujeito a tensões de compressão e à deposição de $CaCO_3$ nos locais livres de tensão. Por este motivo, a compressibilidade da pasta de cimento é aumentada temporariamente.

5.2 Entenda a químida da carbonatação

As reações químicas que promovem a carbonatação iniciam-se quando o dióxido de carbono disponível na atmosfera, por difusão, atinge a estrutura de concreto que é composta de hidróxido de cálcio formado na hidratação do cimento. A cal hidratada existente na matriz cimentícia reage com o dióxido de carbono formando o carbonato de cálcio. O carbonato de cálcio é um dos principais componentes das rochas como os calcários, trata-se de uma substância química de fórmula $CaCO_3$ e possui características alcalinas.

Para melhor entendimento sobre o hidróxido de cálcio presente no concreto é necessário conhecer a hidratação do cimento. Segundo (NEVILLE e BROOKS, 2013) os principais compostos químicos do cimento Portland estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Constituição de compostos calculada segundo as fórmulas de Bogue (%)

C_3A	Aluminato Tricálcico	10,8
C_3S	Silicato Tricálcico (alita)	54,1
C_2S	Silicato Dicálcico (belita)	16,6
C_4AF	Ferroaluminato tetracálcico	9,1

Fonte: Neville (2013).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na fase de hidratação do cimento, os silicatos e os aluminatos apresentados na Tabela 2 formam os produtos de hidratação que dão origem a uma massa firme e resistente. A hidratação dos aluminatos (C_3A e C_4AF) na presença do gesso existente no cimento resulta na formação de etringitas que assumem formas de agulhas e começam minutos após o início da hidratação, sendo estas responsáveis pelo fenômeno da pega. A hidratação dos silicatos se dá algumas horas após o início da hidratação do cimento. A hidratação do C_3S e C_2S origina silicatos de cálcio hidratados, que possuem composição química muito variada e são representados genericamente por C-S-H e hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$, compostos que preenchem o espaço ocupado previamente pela água e pelas partículas de cimento em dissolução. Os cristais formados de C-S-H são pequenos e fibrilares e o $Ca(OH)_2$ forma grandes cristais prismáticos, são estas partículas de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) presentes no concreto que participam do processo da carbonatação.

Como descreve Neville e Brooks (2013), o produto da hidratação do C_3S e do C_2S libera a cal na forma cristalina, conforme se pode observar nas reações químicas expressas abaixo:

Equação 1: Hidratação do C_3S

$$2C_3S + 6H \rightarrow C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2. \quad (1)$$
$$[100]\ [24]\ [75]\ [49]$$

Equação 2: Hidratação do C_2S

$$2C_2S + 4H \rightarrow C_3S_2H_3 + Ca(OH)_2 \quad (2)$$
$$[100]\ [21]\ [99]\ [22]$$

Os números entre colchetes são massas correspondentes, sendo assim ambos os silicatos requerem aproximadamente a mesma quantidade de água para hidratação, mas o C_3S produz mais que o dobro de $Ca(OH)_2$ que o C_2S.

Nos poros do concreto existe água (H_2O) e cal livre, também conhecida como hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), no ambiente há uma grande concentração de partículas de dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico ou anidrido carbônico (CO_2), quando este gás adentra o concreto ele reage com a água formando um ácido fraco conhecido como ácido carbônico (H_2CO_3) que possui um pH muito baixo, como mostra a equação 3.

Equação 3: Formação do ácido carbônico (H_2CO_3)

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2CO_{3(aq)} \quad (3)$$

Quando o ácido carbônico (H_2CO_3) reage com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) forma o carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e água (H_2O), como mostrado na equação 4. Este resultado é conhecido como carbonatação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Equação 4: Formação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$)

$$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + H_2O \quad (4)$$

A carbonatação afeta o pH do material e pode reduzir a durabilidade da estrutura, pois a alta alcalinidade do concreto (pH>12), garantida pelo hidróxido de cálcio, tem a importante função de proteger a armadura através de uma película passivadora. A diminuição do pH do concreto, para valores próximos a 9, causada por este fenômeno, resulta em uma fragilidade desta película e possibilita que ocorram ataques as armaduras, proporcionado o surgimento de corrosões e provocando a retração do concreto.

5.3 Velocidade da carbonatação

A taxa de carbonatação aumenta quando a umidade relativa do ar encontra-se entre 50 e 70%. Em condições de exposição uniforme, a profundidade de carbonatação aumenta na proporção da raiz quadrada do tempo.

Conforme visto anteriormente, a carbonatação envolve a interação entre o CO_2 e porosidade do concreto, desta forma Neville e Brooks (2013) expressaram a profundidade de carbonatação, D (em mm) como previsto na equação 5, como:

Equação 5:

$$D = K.t^{0,5} \quad (5)$$

No qual K é o coeficiente de carbonatação (mm/ano^{0,5}) e t o tempo de exposição (anos), sendo que os valores de K são, com frequência, maiores do que 3 ou 4 mm/ano^{0,5} para concretos de baixa resistência.

5.4 Identificação da carbonatação

A dimensão da carbonatação pode ser aferida facilmente com uma solução de fenolftaleína diluída em álcool que pode ser aspergida na superfície do concreto atacado, as reações de identificação podem ser observadas pela ação da solução com o hidróxido de cálcio - $Ca(OH)_2$. Caso o concreto esteja carbonatado, a solução de fenolftaleína permanece incolor, quando não ocorreu o fenômeno ela adquire tons de rosa.

Além da fenolftaleína, existe também a timolftaleína, que ao invés de apresentar tons de rosa para as superfícies mais alcalinas, apresenta tons de azul, e para as menos alcalinas, também permanece incolor. Por meio de um instrumento de medição como o paquímetro é possível medir a profundidade da carbonatação em uma estrutura. Em laboratório, é possível avaliar a extensão da carbonatação pela análise química, difração de raio X, espectroscopia de infravermelho e análise termogravimétrica.

5.5 Como evitar que a carbonatação ocorra no concreto

A execução de uma boa cura é um fator importante para a redução da carbonatação, pois diminui a incidência de fissuras por retração, o que consequentemente, dificulta a entrada

ISBN: 978-85-65425-32-2

de dióxido de carbono no concreto. Além disso, a execução de um cobrimento da armadura de acordo com as classes de agressividade ambiental, mais especificamente de acordo com as diretrizes da ABNT NBR 6118:2014, é indispensável.

As superfícies de concreto também podem ser protegidas para prevenir a carbonatação. Rebocos, revestimentos cerâmicos ou pétreos, além das pinturas são as principais opções para inibir a entrada de CO_2. Deve-se ressaltar que as pinturas possuem uma vida útil reduzida se comparada aos demais revestimentos citados, sendo assim, necessitam de mais intervenções para atingir bons resultados contra a carbonatação (AGUIAR, 2006).

5.6 Como recuperar estruturas de concreto armado carbonatadas

A recuperação está associada à necessidade de se reestabelecer a integridade física de um elemento estrutural, objetivando-se restituir as suas características mecânicas originais e deve acontecer apenas depois de um diagnóstico preciso da origem e dimensão da manifestação patológica. No caso de um elemento estrutural de concreto armado que esteja carbonatado é importante a reconstituição da camada passivadora do aço, para que ele não sofra o processo de corrosão, caso este fenômeno ainda não tenha ocorrido.

Para se reestabelecer a alcalinidade do concreto, através da elevação do pH e consequentemente proporcionar a repassivação da armadura existe a técnica da realcalinização. Nesta técnica a vantagem é não ser necessária a remoção de todo o concreto carbonatado, e sim apenas da camada de concreto destacada, mal aderida, com defeitos de concretagem ou degradada que precisa ser retirada e tratada (Araújo, 2009).

Caso a corrosão da armadura já tenha acontecido, Helene (1986) destaca a importância de mão de obra especializada para solucionar este delicado fenômeno. De acordo com o autor, esta recuperação consiste basicamente em três etapas:

- Limpeza rigorosa, preferencialmente com jatos de areia e apicoamento do concreto solto ou fissurado;

- Análise criteriosa da possível redução de seção transversal das armaduras atacadas, para se definir ou não a necessidade de colocação de novos estribos e armaduras longitudinais;

- Reexecução do cobrimento das armaduras, com melhor adensamento possível do concreto.

6. Estudos de casos de carbonatação

Com o propósito de melhor compreender o processo de carbonatação na prática, foram realizados dois estudos de casos no município de Belo Horizonte/MG.

O primeiro estudo de caso foi realizado no viaduto da Floresta, localizado no bairro de mesmo nome, na região centro sul da capital mineira. Este viaduto é tombado pelo Patrimônio Histórico municipal e completa 80 anos de existência ainda neste ano. A Figura 2 mostra o viaduto da Floresta. O segundo estudo de caso foi realizado em uma obra de uma edificação de uso misto, na rua Escravo Alexandre, número 105, no bairro Liberdade, apresentada na Figura 3. Esta obra foi iniciada há aproximadamente dois anos e possui previsão de término para outubro de 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 - Viaduto da Floresta.
Fonte: Acervo dos autores (maio/2017).

Figura 3 - Edificação de uso misto.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Os estudos se basearam na aplicação de solução de fenolftaleína sobre estruturas de concreto armado para verificar a existência da carbonatação, e em alguns casos foi utilizado um paquímetro digital para aferir a profundidade atingida na peça.

6.1 Resultados Obtidos

No viaduto da Floresta foram realizados os testes de carbonatação em vários pontos de seu guarda-corpo. Em todos eles, a solução de fenolftaleína permaneceu incolor, após ser aspergida, o que indica a presença de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), ou seja, o concreto estava carbonatado, conforme as Figuras 4 e 5.

Apesar de o viaduto ter passado por um reforço estrutural em novembro de 2002, tal resultado era previsto, pois sua estrutura de concreto armado além de ser aparente (não possuir nenhuma camada protetora), possui cerca de 80 anos de idade, o que torna propício a disseminação da carbonatação na estrutura de concreto. Além disso, a emissão de CO_2 na região é muito alta, por este viaduto passam diariamente mais de 25 mil veículos, segundo a Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS).

Figura 4 - Aplicação de fenolftaleína no guarda copo do viaduto da Floresta.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Figura 5 - A carbonatação já ultrapassou o cobrimento da armadura.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Conforme se destaca neste trabalho, a carbonatação é um processo que ocorre lentamente, desta forma optou-se por realizar algumas verificações em um edifício em construção, onde foram realizados ensaios em elementos estruturais (vigas e pilares) que foram concretados a pouco mais de dois anos.

Inicialmente aplicou-se a solução de fenolftaleína em um dos pilares da garagem após a retirada de uma pequena camada da cobertura da armação, conforme mostrado na figura 6 e 7 a seguir. O resultado mostrou que a carbonatação ocorreu apenas na parte mais superficial do pilar, mostrando que seu interior ainda estava íntegro.

Figura 6 - Aplicação de fenolftaleína em pilar.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Figura 7 - A carbonatação aprofundou 4,39 mm.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Durante a vistoria, o encarregado responsável pela obra sugeriu que fossem realizados os ensaios de carbonatação em duas vigas, que a menos de uma semana tinham sido furadas com a finalidade de passagem de tubulação elétrica. Sendo que este forneceria os testemunhos extraídos para que fossem realizados ensaios mais detalhados em laboratório, ver Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Extração de testemunho na viga.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Figura 9 – Furo realizado na viga.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foram realizados os testes com a solução de fenolftaleína nos furos da viga e avaliado a profundidade da carbonatação, onde se observou que apenas a camada mais superficial havia carbonatado, em uma profundidade de aproximadamente 10 mm, conforme mostrado nas Figuras 10 e 11. Pode-se observar na Figura 11 que o processo de carbonatação da superfície desprotegida após a retirada do testemunho já se encontra em um estágio mais avançado comparando-o ao próprio testemunho (Figura 13), que apresenta uma espessura carbonatada menor, que pôde ser medida após o rompimento da amostra.

Figura 10 – Aplicação de fenolftaleína no furo.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Figura 11 – Profundidade da carbonatação 1 cm
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

Para melhor avaliação do processo de carbonatação, os testemunhos extraídos das vigas da obra visitada, foram levados ao laboratório e rompidos para avalição da situação nas camadas interiores do concreto utilizado na viga, conforme mostrado nas Figuras 12 e 13, observou-se que em seu interior o concreto estava completamente íntegro comprovando que a carbonatação só havia ocorrido na superfície da viga analisada.

Figura 12 – Rompimento do testemunho.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

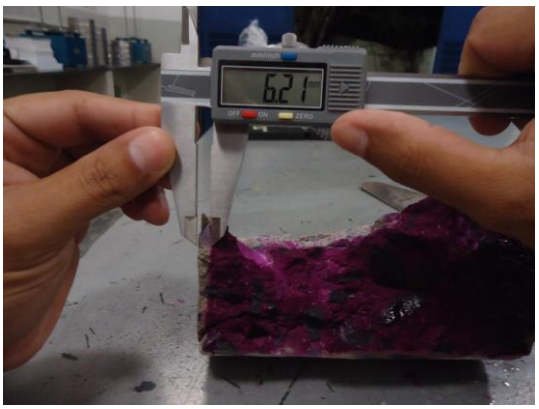


Figura 13 – Avaliação do interior do testemunho.
Fonte: acervo dos autores (maio/2017).

ISBN: 978-85-65425-32-2

6. Conclusões

São muitas as manifestações patológicas que podem surgir em estruturas de concreto armado, para evitar que elas ocorram é imprescindível tomar os cuidados necessários desde a fase de planejamento até a fase de uso e ocupação da edificação. Caso não sejam tomados os devidos cuidados em cada etapa, o desempenho e a vida útil da edificação podem ser afetados, além da possibilidade de acontecerem acidentes que possam colocar em risco o bem-estar físico humano.

Unindo as informações da literatura existente acerca do assunto aos estudos de casos, foi possível traçar um paralelo mais fidedigno sobre a carbonatação e suas consequências as estruturas de concreto.

Pôde-se concluir que a carbonatação traz mais malefícios do que benefícios às estruturas de concreto armado. O benefício de um pequeno aumento da resistência à compressão do concreto possui pouca relevância quando comparado à retração do concreto e a corrosão das armaduras, que pode ser a consequência final da carbonatação.

A fim de se evitar que a carbonatação atinja grandes profundidades nas peças estruturais e principalmente não alcance a área da armadura, é de grande importância executar seu correto cobrimento, de acordo com as classes de agressividade ambiental, mais especificamente de acordo com as diretrizes da ABNT NBR 6118:2014. Outra medida importante para impedir o avanço deste fenômeno é evitar o surgimento de trincas e fissuras, para não facilitar o acesso do dióxido de carbono ao interior do concreto. Sempre que possível as estruturas de concreto devem ser protegidas com algum tipo de revestimento, como rebocos, revestimentos cerâmicos ou pétreos ou mesmo pinturas, pois tratam-se de barreiras que dificultam que este mesmo gás penetre, por difusão, no concreto.

Assim como em outras manifestações patológicas, a prevenção é de suma importância, e quando ela não ocorre, os danos e prejuízos são muito maiores. Executar um correto cobrimento da armadura é inquestionavelmente mais simples e menos oneroso que substituir uma armação corroída. Com isso, lembra-se a necessidade da contratação de projetos qualificados e exequíveis, mão de obra especializada, materiais especificados em projetos e manutenções preventivas e periódicas. Este conjunto de fatores é determinante para diminuir a probabilidade de incidência da carbonatação no concreto armado.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, J. E. Avaliação dos Ensaios de Durabilidade do Concreto Armado a Partir de Estruturas Duráveis. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 173p. Universidade Federal de Minas Gerais - Dissertação de Mestrado.

ARAUJO, F. W. C. Estudo da Repassivação da Armadura em Concretos Carbonatados Através da Técnica de Realcalinização Química. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009. 237p. Tese de Doutorado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

CARMONA T.G. Modelos de previsão da despassivação de reforços em estruturas de concreto submetidas à carbonatação. Dissertação de mestrado em engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2005.

C.P. Page, K.W.J. Treadaway. Aspects of the electrochesmistry of steel in concrete. Nature 297 (1982) 109–115. Birmingham, UK.

CUNHA, A. J. P. D.; SOUZA, V. C. M. D.; LIMA, N. A. Acidentes estruturais na construção civil. São Paulo: PINI, 1998.

DNIT. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2010.

G.S. Duffo, W. Morris, I. Raspini, C. Saragovi, A study of steel rebars embedded in concrete during 65 years, Corros. Sci. 46 (2004).

HELENE, P. R. L. Corrosão de armaduras para concreto armado. 1. ed. São Paulo: IPT. Editora Pini, 1986, 63p. ISBN 85-09-00004-2. Livro.

LAPA, J. S. Patologia, recuperação e repara das estruturas de concreto. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 56 p. Universidade Federal de Minas Gerais - Curso de Engenharia Civil - (monografia).

MARCELLI, M. Sinistros na construção civil. São Paulo: PINI, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microesturura, Propriedades e Materiais. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEPOMUCENO, A. A.; SILVA, A. J. C. Patologia das Estruturas. São Paulo: IBRACON, 2005. Concreto: ensino, pesquisa e realizações.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 5º. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2016. 888 p. ISBN 978-85-8260-365-9. Livro.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do Concreto. Tradução de Ruy Alberto Creminini. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2013. 448 p. ISBN 978-85-8260-071-9. Livro.

RED REHABILITAR. Manual de reabilitação de estruturas de concreto. São Paulo: Múltipla, 2003.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SILVA, A. C. E. Estudo da Durabilidade de Compósitos Reforçados com Fibras de Celulose. São Paulo: USP, v. 1, 2002. 145 p. Universidade de São Paulo - Escola Politécnica (Dissertação de Mestrado).

SOUZA, V. C. D.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.

TUUTTI K. Corrosion of steel in concrete. Stockholm, Sweden: Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm; 1982.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DE CASO: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM CONJUNTO HABITACIONAL DE BAIXO PADRÃO

Case Study: Pathological Manifestations in a Low Standard Housing Set

Lucas da Rosa Ribeiro[1], Rafael Zini Ouriques[2], **Francisco Monte Alverne de Salles Sampaio**[3]
[1] Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, lucasribeiro952008@hotmail.com
[2]Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, rafaziniouriques@gmail.com
[3]Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, montealvernesampaio@yahoo.com.br

Resumo: Visando o conhecimento do conjunto de fatores que acarretam nas manifestações patológicas mais comuns em residências de baixo padrão, foi realizada uma vistoria em um conjunto habitacional em uma cidade no interior do RS. A inspeção foi realizada em uma amostra de 11 residências, onde foram registradas todas as peculiaridades observadas. Nota-se que uma parcela considerável das anomalias e falhas é comum a todas as habitações, sendo poucas aquelas que apresentam problemas únicos. Foram constatados diversos tipos de manifestações patológicas, tais como fissuras superficiais, infiltrações, ascensão de umidade capilar, deterioração de componentes construtivos diversos (pisos, esquadrias, forro, telhas e estrutura de sustentação do telhado), entre outros. O reparo de grande parte das manifestações patológicas observadas, que consiste na escolha de materiais resistentes, fixação adequada de componentes diversos, manutenção periódica e do retrabalho de certos elementos, poderia não ser necessário se a exposição aos agentes de degradação fosse considerada durante a fase de projeto ou se os processos construtivos fossem adequados. A partir dos dados obtidos, percebe-se que as causas das manifestações patológicas se resumem em negligência por parte dos profissionais envolvidos e também dos ocupantes, devido à especificação de materiais inadequados, processos construtivos inapropriados, falta de manutenção ao longo da vida útil e realização de reformas e ampliações sem o acompanhamento de um profissional qualificado. Por meio desse estudo de caso, em que se torna visível o descaso quanto às habitações de baixo padrão, é possível concluir o quão importante é a concepção de um projeto de qualidade, um rigoroso controle de qualidade durante a execução, e também a realização de manutenções para garantir a vida útil da residência.

Palavras-chave: Fissuras, infiltrações, instalações, manifestações patológicas, revestimentos.

Abstract: Aiming the knowledge of the amount of factors that entail the most common pathological manifestations in low standard houses, an inspection was realized in a housing set in a city of the interior of RS. The inspection was realized in a sample of 11 residences, where all the peculiarities observed were registered. It was noted that a considerable amount of the pathological manifestations is common to all the habitations, where only a

ISBN: 978-85-65425-32-2

few showed unique problems. Several types of pathological manifestations were verified, like superficial fissures, infiltrations, ascension of capillary humidity, deterioration of several constructive components (floors, squareness, linings, roof tiles, sustaining structure of the roofing), and others. The repair of a great amount of the observed pathological manifestations, that consists in the choice of resistant materials, proper fixation of various components, periodic maintenance and the rework of certain elements, could not be necessary if the exposure to the degradation agents was considered during the project or if the building processes were adequate. Based on the data obtained, it was perceived that the causes of the pathological manifestations sums to negligence by the professionals involved and also by the occupants, due to the specification of inadequate materials, impropriated building processes, lack of maintenance along the lifespan and the realization of reforms and amplifications without professional monitoring. Through this case study, in which becomes visible the neglect about low set habitations, is possible to conclude how important is the conception of a quality project, a rigorous quality control during the building processes, and also the realization of maintenances to guarantee the lifespan of the residence.

Keywords: Coating, fissures, infiltrations, installations, pathological manifestations

1. Introdução

No Brasil o déficit habitacional é em torno de 6,5 milhões de unidades, sendo este relacionado com o crescimento continuo das cidades e também decorrente de uma maior expectativa de vida da população (IBGE, 2010). Esta maior demanda por moradias acaba por impulsionar a construção civil e gerar a necessidade de inovações que, por sua vez, vêm inerentemente acompanhadas da aceitação de maiores riscos quanto à qualidade do produto final.

Patologia das construções é a área da engenharia civil que analisa o desempenho insatisfatório de uma edificação mediante a análise das manifestações, causas, origens e mecanismos de ocorrência das diversas falhas que afetam os aspectos estruturais e estéticos de uma edificação (CREMONINI, 1988).

Souza e Ripper (1998) afirmam que os fenômenos patológicos comumente são originados da combinação de diversos erros, tais como degradação natural, negligência, uso de materiais inadequados, entre outros. Além do desempenho insatisfatório, Picchi e Agopyan (1993) afirmam que manifestações patológicas a serem reparadas representam 5% do custo total da obra.

Conforme Helene (2003), o processo construtivo é dividido em cinco fases: planejamento, projeto, fabricação dos materiais e componentes, execução e uso. Cremonini (1988) diz que “Os defeitos podem ter origem em qualquer etapa do processo construtivo e sua incidência está relacionada com o nível de controle de qualidade executado nas diversas etapas”. Assim sendo, o diagnóstico de um fenômeno patológico consiste em identificar a origem do problema a partir do defeito observado (DO CARMO, 2003).

No Quadro 1 a seguir estão mostradas as principais causas de fenômenos patológicos na construção civil, assim como o percentual de cada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1 – Percentual das causas mais usuais de fenômenos patológicos nas edificações

TIPOLOGIA	PERCENTUAL (%)
Causas diversas	1,6
Disposições defeituosas	2,5
Erros de concepção	3,5
Fenômenos químicos	4,0
Erros nas hipóteses de cálculo e uso dos materiais	8,5
Falhas de execução	16,5
Deformações excessivas e sobrecargas	19,7
Falhas resultantes de variações dimensionais	43,7

Fonte - Adaptado de Do Carmo, 2003.

Normalmente associadas à queda de desempenho, a ocorrência de manifestações patológicas pode ser minimizada ou evitada com a realização periódica de manutenções, que nada mais são do que o conjunto de rotinas que mantenham ou aumentem a vida útil da edificação, sendo tão importante quanto a execução (SOUZA e RIPPER,1998). A realização de limpezas, substituição de elementos próximos ao fim de sua vida útil, correção de defeitos, entre outros, constituem exemplos de atividades de manutenção.

De acordo com Dal Molin (1988), a maior incidência de manifestações patológicas no Rio Grande do Sul está relacionada à fissuração de elementos estruturais, seguido dos problemas relacionados à umidade (falta de impermeabilização). As variações térmicas anuais no estado variam de 30 a 35 °C, acarretando na disseminação de fissuras nas edificações. Na Figura 1 abaixo estão representadas a incidência das manifestações patológicas mais comuns do RS.

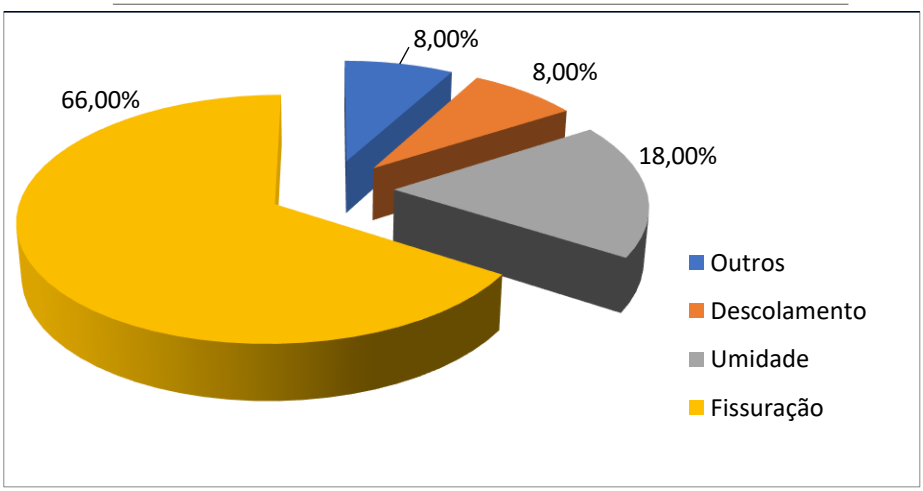


Figura 1 – Incidência das manifestações patológicas mais usuais no Rio Grande do Sul

Fonte - Adaptado de Dal Molin, 1988.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quanto à fissuração, Vitório (2003) classifica as aberturas nas superfícies de acordo com a magnitude de sua abertura em fissuras (ruptura superficial e sutil de até 0,5 mm), trincas (0,5 a 1,0 mm), rachaduras (abertura expressiva entre 1,0 a 1,5 mm) e fenda (abertura superior a 1,5 mm).

As manifestações patológicas relacionadas à umidade, que geram grande desconforto e rápida degradação dos componentes construtivos, constituem um dos problemas mais difíceis de resolver. As fontes de umidade são diversas, tais como a chuva, capilaridade, condensação, vazamentos e elementos em contato com solo úmido. A grande ocorrência deste tipo de manifestação no Rio Grande do Sul certamente é influenciada pelo regime de chuvas do estado que, de acordo com Moreno (1961), ocorrem durante todo o ano, porém sendo mais intensas no período de inverno.

A NBR 12721 (ABNT, 2005) define como residência unifamiliar de baixo padrão aquela caracterizada por um único pavimento composto por 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço, com área real de 58,64 m². Entretanto, há a noção equivocada de que uma residência de baixo padrão seja, necessariamente, insatisfatória e de baixa qualidade.

Esta ideia falsa decorre da infinidade de habitações deste tipo em condições precárias que são facilmente encontradas em todo território nacional.

Entretanto, apesar de ainda ser notório o descaso quanto a este tipo de residência, Krüguer e Lamberts (2000) afirmam que diversas pesquisas relacionadas às habitações de interesse social vêm surgindo no Brasil nos últimos anos. A porcentagem de habitações que hoje dispõem de energia elétrica, abastecimento de água, rede de coleta de esgoto, serviços de coleta de lixo, entre outros, aumentou consideravelmente em relação há uma década (IBGE, 2010).

Dessa forma, além de buscar uma solução para a falta de moradias, busca-se também a melhoria da qualidade de vida e a dignidade dos usuários, independentemente de suas condições financeiras.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho consiste em relacionar as manifestações patológicas mais comuns em residências de baixo padrão às falhas nas fases de projeto, execução e uso.

2. Metodologia

Foi realizada uma inspeção em uma amostra de 11 residências do conjunto habitacional considerado, nas quais foram feitos registros fotográficos das manifestações patológicas encontradas.

A inspeção se fundamenta em um check list, abrangendo a observação cuidadosa das paredes (umidade ascendente, fissuras, etc), piso (elementos soltos, quebrados, desgastados, etc), forro (quebras, sujidades e abaulamento), esquadrias (conservação e funcionamento), instalações elétricas (condições das caixas de passagens, tomadas, interruptores, etc), cobertura (sujidades, telhas quebradas, infiltração, etc), fundações (evidências na estrutura, tais como recalques, trincas e rachaduras generalizadas, etc) entre outros.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Também foi realizado um levantamento histórico das residências a partir de entrevistas com os moradores de cada residência, onde se abordaram temas como a construção das mesmas, periodicidade de manutenção, qualidade dos materiais originais especificados, e problemas antigos que já foram total ou parcialmente resolvidos. Esta metodologia, considerada puramente humana e empírica por Do Carmo (2003), é denominada *anamnese*.

Os materiais originais empregados nos revestimentos diversos, telhas, instalações hidráulicas e elétricas também foram registrados em cada amostra estudada, ou pelo registro visual durante a inspeção ou senão pelo relato dos moradores, caso os mesmos tenham sido substituídos.

3. Resultados

Está representada a seguir uma descrição das manifestações patológicas constatadas em cada uma das 11 amostras e, em seguida, uma análise dos resultados alcançados.

3.1 Amostra 1

Na amostra n° 1, uma casa de esquina, foram observados elementos de parquet descolados, infiltração em parede interna, fissuras no canto superior de uma porta e acesso inadequado ao terreno da residência, conforme verificado na Figura 2. Tal residência passou por uma série de reformas e ampliações.

Figura 2 – Manifestações patológicas encontradas na amostra n° 1

Fonte - Sampaio, 2014.

Os elementos de parquet destacados são aqueles situados junto à porta de entrada, cuja portinhola de vidro, segundo os moradores, permanece constantemente aberta. A deterioração destes elementos é decorrente, portanto, da exposição ao sol e à chuva, sendo agravada por não se realizar a manutenção periódica do piso por parte dos moradores.

A infiltração observada na parede interna é visível junto à atual pia de cozinha, no lado oposto a um banheiro. Antes das reformas e ampliações, a pia da cozinha dava lugar a um tanque de lavar roupas e, embora a torneira tenha sido mantida, a infiltração é decorrente

ISBN: 978-85-65425-32-2

de conexões mal executadas ou por tubulações danificadas no interior desta parede, que faz divisa também com um banheiro.

Quanto às fissuras no canto superior da porta, nota-se que apesar de se manifestarem nas duas faces da parede, estas não estão interligadas. Segundo o morador, elas surgiram pouco após a última reforma e ampliação. Verificou-se também uma fissura na ligação entre a estrutura original e a estrutura nova, evidenciando um encontro inadequado neste ponto.

Uma peculiaridade está no acesso ao terreno da residência. Embora o acesso à casa esteja voltado à rua principal, o acesso ao terreno está voltado a outra rua. Apesar de não ser fonte de maiores problemas, este é um claro erro de projeto e uma evidência de descaso durante a fase de execução.

Diversos outros problemas, que já foram resolvidos, foram relatados pelo morador, tais como deterioração generalizada do forro, danos irreparáveis nas telhas originais após chuvas intensas e desgaste de todas as esquadrias de madeira.

Segundo moradores, a deterioração do forro iniciou após a ocorrência de uma grande tempestade, que removeu e danificou diversas telhas e, consequentemente, permitiu a formação das goteiras responsáveis por deteriorar o fino forro formado por aglomerado de madeira. As telhas originalmente empregadas eram de fibrocimento e com 4 mm de espessura, totalmente inadequadas à região por causa da frequência e da intensidade das chuvas intensas.

3.2 Amostra 2

A amostra n° 2 se encontra totalmente modificada quanto à concepção original, com áreas novas devido às ampliações, áreas com o uso alterado, novas aberturas para portas e revestimentos do piso e do teto integralmente substituídos. O único revestimento que permaneceu original é o das paredes. Estão representados na Figura 3 alguns dos novos revestimentos empregados.

Figura 3 – Revestimentos da amostra n° 2 após reformas e ampliações

Fonte - Sampaio, 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Embora um ralo sifonado mal executado no banheiro seja o único problema registrado no ato da inspeção, diversas ocorrências passadas foram relatadas pelos moradores, todas semelhantes às observadas e citadas nas demais amostras.

As telhas originais, de fibrocimento e com 4 mm de espessura, passaram a apresentar goteiras e elementos danificados. Em decorrência das goteiras e do acúmulo de umidade, houve a deterioração das madeiras de sustentação do telhado e também do aglomerado de madeira que formava o forro, além de manchas de mofo generalizadas no teto e deterioração de todas as esquadrias de madeira. Tais problemas foram resolvidos na primeira reforma, onde houve a recuperação do madeiramento e a substituição das telhas e do forro, que hoje são de amianto e de PVC, respectivamente.

O piso de parquet também apresentou deterioração generalizada, com diversos elementos se destacando. Após as reformas, o piso passou a ser cerâmico, não voltando a apresentar problemas.

Houve a necessidade de se refazer toda a rede elétrica da residência, pois além de sua ampliação, era comum a ocorrência de curtos circuitos ao ligar as luzes. Outra evidência de descaso, segundo os moradores, remete ao reservatório ter sido entregue sem tampa logo após a aquisição do imóvel.

3.3 Amostra 3

Em relação à concepção original, a amostra n° 3 está totalmente modificada, com novas dependências e com o uso da estrutura parcialmente modificado para dar lugar a um minimercado, conforme exposto na Figura 4.

Figura 4 – Amostra n° 3 após reforma e ampliações
Fonte - Sampaio, 2014.

Localizada em uma esquina, os atuais moradores estão na propriedade há 10 anos, alegando que a mesma foi entregue com uma diversidade de problemas, todos já corrigidos

ISBN: 978-85-65425-32-2

e, consequentemente, de modo que nenhuma ocorrência foi detectada no ato da inspeção. Constatou-se, assim como em outras amostras, a pequena inclinação do telhado.

Alega-se que havia fissuras nas paredes, piso de parquet deteriorado, forro desgastado e caindo (principalmente na cozinha), goteiras nas telhas originais de fibrocimento e com 4 mm de espessura, elementos da madeira de sustentação do telhado deteriorados, tubulações de água potável enferrujadas e esquadrias de madeira danificadas. Todos estes materiais foram substituídos e, atualmente, não apresentam problemas.

3.4 Amostra 4

Assim como nas amostras anteriores, a amostra n° 4 também passou por uma série de reformas e ampliações, apresentando alguns pisos de parquet danificados e algumas manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade, conforme consta na Figura 5.

Figura 5 – Manifestações patológicas encontradas na amostra n° 4
Fonte - Sampaio, 2014.

Notou-se que o piso de parquet estava, de modo geral, muito bem conservado, evidenciando os cuidados e a manutenção periódica por parte dos moradores. Os elementos de parquet deteriorados se encontravam em grande parte próximos à porta de acesso, de modo que a causa de sua degradação tenha sido a exposição ao sol e à chuva.

Os elementos do piso situados juntos à entrada da residência foram todos substituídos por elementos cerâmicos. Os demais elementos de parquet deteriorados, que são poucos, se encontram dispostos aleatoriamente no piso da residência, tendo sido substituídos.

Quanto à infiltração, esta se manifesta por meio da formação de bolhas na face de uma parede interna, sendo que há uma torneira na face oposta as mesmas. Embora as tubulações já tenham sido trocadas, a presença de umidade e a formação de bolhas persistem.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Os problemas relatados e que já foram resolvidos são o desgaste forro original formado por aglomerado de madeira e seu posterior desprendimento, deterioração das esquadrias originais de madeira e goteiras provenientes de danos nas telhas originais de fibrocimento e com 4 mm. Todos estes materiais foram substituídos.

Uma curiosidade, segundo relatos dos moradores, é que a residência foi entregue com telhas de fibrocimento de 4 mm de espessura, sendo que no contrato as mesmas teriam sido especificadas com 6 mm.

3.5 Amostra 5

Na amostra n° 5 foram constatados indícios de um problema único no total de amostras considerado, evidenciando um grave erro técnico e falta de atenção durante o projeto e a execução. Localizada em uma esquina, esta residência também passou por modificações sobre a estrutura original. Na Figura 6 estão representadas algumas das manifestações patológicas encontradas.

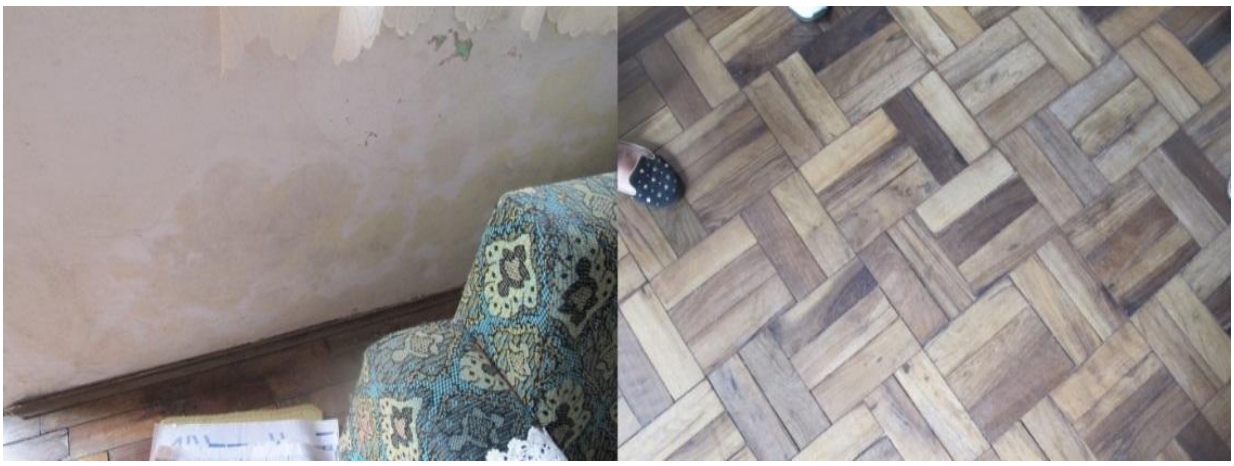


Figura 6 – Exemplos de manifestações patológicas constatadas na amostra n° 5
Fonte - Sampaio, 2014.

As cotas das ruas situadas em frente e ao lado do terreno da residência são mais elevadas que a cota do mesmo. Portanto, pelo fato da residência estar abaixo da cota do greide das vias, a mesma é alagada toda vez que chove e também sujeita ao retorno de esgoto.

Em decorrência do retorno do esgoto, a residência está sujeita a odores muito desagradáveis, suscetibilidade à doenças e manifestações patológicas relacionadas a umidade, tornando imperativo que os moradores desligassem a conexão com a rede pública coletora. Tal amostra é a única que ainda utiliza o sistema original composto por fossa séptica e sumidouro.

As marcas das inundações estão impregnadas em praticamente todas as paredes, estando acompanhadas pelo descascamento da pintura e por infiltração capilar. Embora o piso de parquet esteja sujeito às inundações, este se encontra relativamente bem assentado, com

ISBN: 978-85-65425-32-2

alguns elementos aleatórios descolados ou substituídos. É notável, entretanto, a perda de coloração de todo o piso.

Assim como nas demais amostras estudadas, o forro original, formado por um aglomerado de madeira, passou a se deteriorar e cair após estar sujeito às goteiras advindas das telhas também danificadas. Desta forma, os materiais das telhas e do forro foram substituídos por fibrocimento com 6 mm de espessura e PVC, respectivamente.

Outra peculiaridade desta residência é o fato das esquadrias de madeira continuarem sendo as originais, apresentando bom estado de conservação. Em todas as outras amostras as esquadrias foram substituídas em decorrência de degradação.

Algumas poucas fissuras também foram constatadas nas divisórias internas da residência.

3.6 Amostra 6

Modificada em parte e com a estrutura ampliada, a amostra n° 6 apresenta um pequeno recalque no entorno da área ampliada, além de umidade ascensional neste local. Também foi encontrada uma rachadura em uma parede interna da casa que, de acordo com os moradores, sempre existiu e já se encontra estabilizada. Tais manifestações estão representadas na Figura 7 a seguir.

Figura 7 – Exemplos de manifestações patológicas verificadas na amostra n° 6 e forro original
Fonte - Sampaio, 2014.

Também foi detectada uma infiltração em uma das paredes internas, sendo visível na face oposta a um banheiro. Tal manifestação patológica, que se verificou na mesma posição em outras amostras, decorre de problemas nas conexões das tubulações de água potável ou de esgoto. Deve ser destacado que esta infiltração está danificando alguns elementos de parquet em seu entorno.

Nesta residência o piso de parquet original também se encontra, de modo geral, muito bem conservado, evidenciando o mantimento de sua qualidade durante sua vida útil em decorrência das manutenções periódicas realizadas por parte dos moradores. Apenas alguns poucos elementos aleatórios se encontravam defeituosos ou desgastados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O forro desta casa também foi danificado em decorrência de goteiras ocasionadas por danos nas telhas, tendo sido trocado há aproximadamente 40 anos por madeira. Entretanto, o forro original ainda está presente sobre a cozinha, apresentando bom estado de conservação e, consequentemente, indicando que este trecho não esteve em contato com a umidade gerada pela água da chuva.

As esquadrias originais de madeira também foram todas trocadas e, semelhantemente ao relatado pelos moradores da amostra n° 2, o reservatório de água potável também foi recebido sem tampa logo após a aquisição do imóvel, estando ainda infestado por baratas.

3.7 Amostra 7

A residência referente à amostra n° 7, que também foi modificada e ampliada, apresenta manifestações patológicas relacionadas à umidade, tais como infiltrações, mofo e descascamento da pintura, conforme consta na Figura 8. Embora se verifique muita umidade nas faces internas de paredes externas, não foi constatada umidade nas faces externas das mesmas. Fissuras, fendas, trincas ou rachaduras não foram observadas.

Figura 8 – Manifestações patológicas encontradas na amostra n° 7
Fonte - Sampaio, 2014.

Foi detectado um descascamento da pintura em uma das paredes da cozinha que, originalmente, era externa. De acordo com os proprietários, tal manifestação patológica foi percebida após as ampliações da residência.

Outra infiltração foi observada em uma parede interna que separa um dos quartos de um dos banheiros. A instalação incorreta das tubulações, assim como danos às tubulações, constituem as prováveis causas da manifestação patológica observada que, conforme já mencionado, é frequente nas amostras consideradas.

Segundo os moradores, diversas manifestações de mofo ocorreram na casa, porém já foram resolvidos por iniciativa dos mesmos. Tais manifestações ocorreram principalmente, no inverno, cujos meses são mais úmidos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Assim como nas demais residências, o acúmulo de umidade sob o telhado, em decorrência de goteiras e danos nas telhas, acarretou na deterioração da estrutura de sustentação de madeira (caibros e ripas, principalmente), das esquadrias e do forro de algumas das dependências. Atualmente as telhas são de zinco e o forro é de madeira.

Quanto ao piso, originalmente de parquet, a boa conservação por parte dos moradores acarretou no prolongamento da vida útil dos mesmos, excetuando-se alguns elementos quebrados encontrados aleatoriamente ao longo do mesmo.

Problemas elétricos também foram encontrados nesta habitação, tais como oxidação das caixas de passagem, originalmente de ferro. Também foram relatados problemas relacionados às tubulações de água que, de acordo com os proprietários, eram de ferro, oxidaram e, consequentemente, passaram a apresentar vazamentos. Tais tubulações foram trocadas por PVC, não apresentando mais problemas.

3.8 Amostra 8

A residência referente à amostra n° 8 é a única cujo projeto original difere das demais. Outra peculiaridade é o fato desta habitação não ter passado por ampliações ou modificações. O telhado desta residência apresenta inclinação um pouco mais satisfatória que o restante das amostras.

Figura 9 – Manifestações patológicas verificadas na amostra n° 8

Fonte - Sampaio, 2014.

As paredes são de alvenaria e as telhas são de fibrocimento com 6 mm de espessura (enquanto que em todas as outras amostras eram originalmente de 4 mm). O forro empregado é similar ao material empregado nas demais amostras.

Foram detectadas fissuras na parede interna que faz a divisa entre quarto e banheiro, sendo que nesta mesma parede se verificam sinais de mofo e infiltrações decorrentes de vazamentos nas tubulações embutidas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Também foram observadas fissuras na face externa de paredes externas, indicando que o revestimento desta residência possui menor qualidade que o executado nas demais amostras.

Uma das fissuras verificadas na fachada se inicia logo abaixo da extremidade de uma das tesouras da estrutura de sustentação do telhado, evidenciando que a mesma se apoia diretamente sobre a alvenaria e, consequentemente, permite que o acúmulo de tensões acarretasse na formação da mesma. Deveria ter sido empregado, neste caso, um coxim de concreto.

Quanto ao piso, o revestimento original consistia de um material cimentado complementado por uma camada de material plástico. Por razões estéticas e pessoais, os moradores substituíram por piso cerâmico.

As esquadrias, originalmente de madeira, foram todas danificadas em decorrência da exposição aos agentes de degradação (vento, chuvas e sol) e, consequentemente, foram substituídas.

3.9 Amostra 9

Na amostra n° 9, que também foi modificada e ampliada pelo proprietário, houve a substituição dos revestimentos das paredes, do piso e do teto. Embora não tenham sido constatadas manifestações patológicas durante a inspeção, os problemas relatados coincidem com os mais frequentes das demais amostras. Os novos revestimentos empregados no piso da residência estão expostos na Figura 10 abaixo.

Figura 10 – Revestimento cerâmico utilizado no piso da amostra n° 9
Fonte - Sampaio, 2014.

Segundo os moradores, o piso de parquet apresentou deterioração generalizada, tendo sido substituído por piso cerâmico em todos os cômodos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

As telhas desta habitação eram de fibrocimento com 4 mm de espessura, tendo sido seriamente danificadas após a mesma tempestade citada em outras amostras. Após este episódio, houve também a deterioração do forro original, já substituído por PVC.

Semelhante às demais amostras, as esquadrias de madeira se degradaram com o tempo e foram substituídas. Também foi relatada a oxidação das caixas de passagem das instalações elétricas.

3.10 Amostra 10

Ampliações e modificações também ocorreram na amostra n° 10, de modo que os revestimentos foram todos substituídos por questões estéticas, no caso das paredes e dos pisos, ou por deterioração, no caso dos forros. A situação dos novos revestimentos está representada na Figura 11.

Figura 11 – Condições dos atuais revestimentos e recalque no box do banheiro da amostra n° 10
Fonte - Sampaio, 2014.

Como nas demais amostras, as esquadrias de madeiras foram todas danificadas e substituídas logo em seguida. De modo semelhante, o forro original também foi trocado devido à deterioração, cuja origem consistia de goteiras advindas de danos nas telhas originais que, por sua vez, também foram substituídas.

Quanto às instalações elétricas e sanitárias, embora os proprietários não tenham alegado qualquer forma de manifestação patológica, foram substituídas ao longo das reformas realizadas.

O único indício de problema verificado nesta residência consistia de um pequeno afundamento no box de um banheiro pertencente à área ampliada. Tal afundamento provavelmente decorre de um adensamento executado inadequadamente e, cuja implementação se deu mediante uma infiltração ao box no solo abaixo do mesmo, onde a água pode ter se infiltrado através de rejuntes mal feitos, encaixe inadequado entre o ralo e o piso, ou pelas trincas observadas no revestimento cerâmico no entorno do ralo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.11 Amostra 11

Quanto à última amostra vistoriada, que também passou por reformas e ampliações, verificou-se que vários revestimentos originais foram mantidos, mesmo com alguns trechos apresentando considerável estado de degradação, conforme consta na Figura 12.

Figura 12 – Manifestações patológicas encontradas na amostra n° 11

Fonte - Sampaio, 2014.

Foram observadas fissuras com inclinação de 45° nas paredes da sala, assim como uma rachadura em parede interna que faz a separação entre sala e um dos quartos, possivelmente em decorrência das ampliações realizadas.

Quanto ao piso, este se encontra, de modo geral, bem conservado. Foi identificada uma abertura em um dos cantos do piso, cuja deterioração decorre de infestação por insetos (cupins).

Tanto as telhas como o forro foram mantidos os originais, sendo que alguns elementos do forro apresentavam sinais de sujidade e deterioração.

As esquadrias de madeira, por outro lado, apresentaram danos devido à falta de proteção à chuva e à exposição solar, o que tornou necessária a substituição das mesmas. Apenas a esquadria de madeira da porta principal de entrada foi mantida.

As instalações de água potável desta habitação passaram a apresentar, segundo os moradores, gosto alterado pelo fato da tubulação de ferro ser antiga. Tais tubulações foram substituídas por PVC. Apesar das reformas, constatou-se uma infiltração em parede interna, na face oposta a um banheiro.

4. Análise dos Resultados

No Quadro 2 a seguir estão representadas as manifestações patológicas e problemas diversos devidamente registrados *in loco* em cada amostra considerada, assim como aquelas apenas relatadas pelos moradores durante o processo de *anamnese*.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 – Resumo das manifestações patológicas verificadas em cada amostra

TIPOLOGIAS	AMOSTRA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fissuras superficiais na alvenaria	X		X		X			X			X
Fendas, trincas ou rachaduras em paredes						X					X
Infiltração por vazamentos	X			X		X	X	X			X
Umidade ascensional					X		X				
Mofo		X			X		X	X			
Descascamento da pintura					X		X				
Elementos de piso de parquet deteriorados	X	X	X	X	X	X	X		X		X
Sujidade e deterioração no forro	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Peças cerâmicas danificadas		X								X	
Telhas danificadas e com goteiras	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Danos à estrutura de sustentação do telhado		X	X				X				
Esquadrias de madeira deterioradas	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Problemas nas instalações elétricas		X					X		X		
Problemas nas instalações hidráulicas			X				X				X
Recalques						X				X	
Retorno de esgoto					X						
Número de Manifestações Patológicas	6	8	7	5	8	7	11	4	5	5	7

Fonte - O Autor, 2017.

Nota-se que todas as amostras apresentaram certa quantidade de manifestações patológicas, sendo a amostra n° 7 a portadora da maior quantidade de manifestações patológicas distintas, 11 ao todo, e a amostra n° 8, por outro lado, é a portadora da menor quantidade, totalizando apenas 4. Em média, as amostras possuem 6,64 formas de manifestações patológicas.

Na Figura 13 está ilustrada a porcentagem de todas as constatações observadas nas amostras, estando agrupadas em relacionadas à fissuração (fissuras, trincas, rachaduras e fendas), relacionadas à umidade (infiltração por vazamentos, umidade ascensional, mofo e descascamento da pintura), deterioração de componentes construtivos diversos (elementos de parquet, forro, peças cerâmicas, esquadrias de madeira e estrutura de

ISBN: 978-85-65425-32-2

sustentação do telhado), problemas nas instalações embutidas (hidráulicas e elétricas) e recalques.

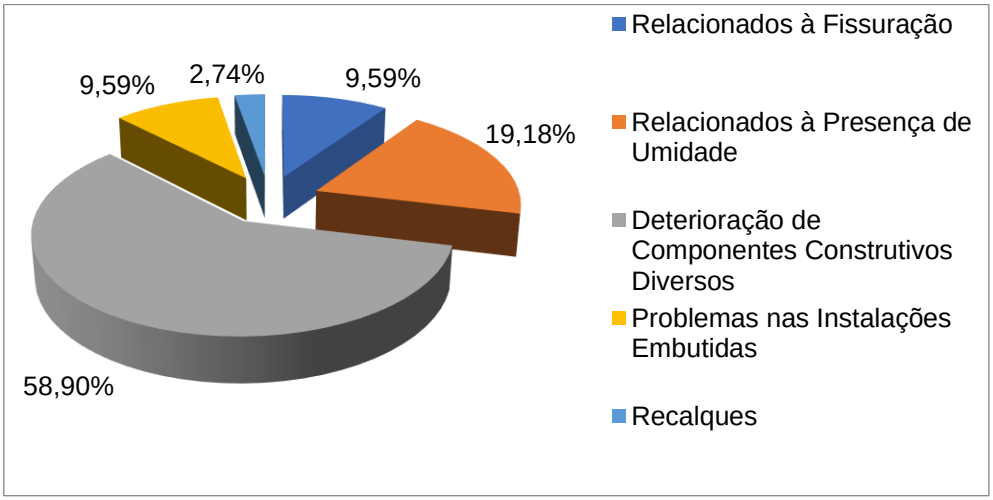


Figura 14 – Porcentagem das manifestações patológicas constatadas nas 11 amostras
Fonte - O Autor, 2017.

Nota-se que as manifestações patológicas mais comuns estão relacionadas à deterioração de componentes construtivos diversos, abrangendo aproximadamente 59% das constatações. Manifestações relacionadas à presença de umidade constituem o segundo grupo de fenômenos patológicos mais constatados, cuja grande ocorrência é esperada para residências situadas no RS. Problemas nas instalações embutidas e danos relacionados à fissuração apresentam a mesma porcentagem de ocorrência, enquanto que os recalques foram muito pouco constatados.

Está representado na Figura 14 a quantidade de manifestações patológicas distintas observadas e registradas em cada amostra durante o ato da inspeção.

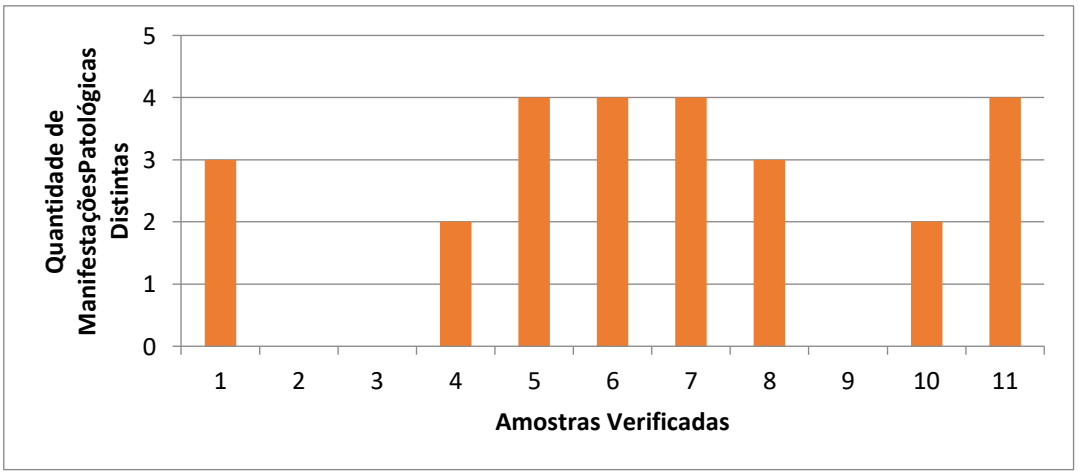


Figura 14 – Quantidade de manifestações patológicas distintas verificadas durante inspeção
Fonte - O Autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

As manifestações patológicas mais constatadas durante o ato da inspeção se resumem em fissuras superficiais, infiltrações decorrentes de vazamentos e deterioração do piso original de parquet.

Durante a *anamnese*, foi alegado pelos moradores que ocorreram diversas outras manifestações patológicas antes da realização da inspeção. Tais manifestações patológicas já teriam sido corrigidas por iniciativa dos próprios moradores ou pela seguradora. Na Figura 15 a seguir está indicada a variedade de manifestações patológicas relatadas e já solucionadas (consequentemente não registradas), em cada amostra.

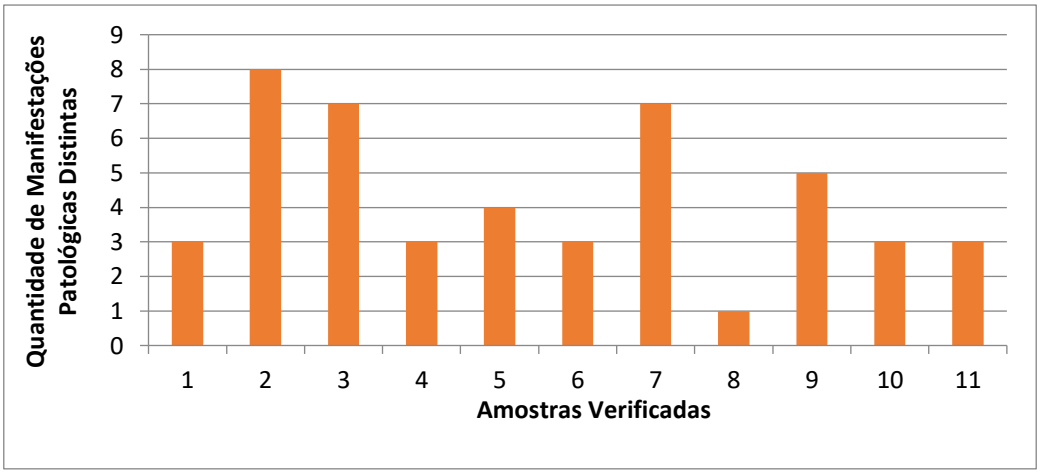


Figura 15 – Quantidade de manifestações patológicas distintas relatadas na *anamnese*
Fonte - O Autor, 2017.

As manifestações patológicas já solucionadas, registradas apenas na *anamnese*, se resumem na deterioração de esquadrias de madeira, curtos circuitos, oxidação de elementos das instalações elétricas, água com sabor desagradável, degradação e sujidades do forro e danos nas telhas.

5. Conclusões

A presença de fissuras foi observada com uma frequência considerável nas amostras vistoriadas, enquanto que trincas e rachaduras foram ainda menos constatadas. As fissuras podem ser decorrente de diversas causas, tais como a não previsão da dilatação térmica diferencial entre os elementos construtivos durante a especificação de materiais, uso de argamassa de revestimento dosada de modo inadequado quanto à relação agregados/aglomerante, apoio inadequado da estrutura de sustentação do telhado, vibrações e solicitações anormais devido às ampliações na estrutura original sem acompanhamento de profissionais qualificados de engenharia, entre outros. Embora as causas possam ser diversas, todas se resumem em negligência, seja por parte dos profissionais responsáveis pelo projeto e execução, seja por parte dos usuários caso tenham realizado ampliações de modo indevido.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Sabendo que os fenômenos patológicos relacionados à fissuração representam a constatação mais comum nas residências do RS, é possível concluir que tanto a estrutura como a fundação das amostras foram relativamente bem executadas.

Quanto aos problemas de infiltração, percebe-se que estes ocorrem com grande frequência na parede interna que faz divisa com o banheiro, indicando vazamentos nas instalações de água fria ou de esgoto. A causa dos vazamentos pode ser a deterioração do material das tubulações (originalmente de ferro nas instalações de água potável) ou por conexões inadequadas. A constatação precisa da fonte destas manifestações patológicas só poderá ser feita após a realização de testes específicos ou senão mediante a visualização a olho nu de suas condições. Tendo em vista a idade das residências, a oxidação das tubulações de ferro não é anormal, porém falhas generalizadas nas conexões de diversas residências constituiriam uma clara evidência de falta de controle de qualidade de execução e de monitoramento por parte de um Engenheiro Civil.

Além das instalações hidráulicas, as instalações elétricas também apresentaram problemas. A oxidação de componentes da instalação é decorrente do fim da vida útil dos materiais empregados, porém os curtos circuitos evidenciam negligência e falta de controle de qualidade durante a execução da instalação elétrica.

Em algumas residências se constataram pontos de umidade ascensional em paredes diversas. Neste caso, a umidade que ascende do solo à alvenaria pode ser devida à falta de impermeabilização nas vigas de fundação ou senão por falhas durante a execução da mesma, remetendo novamente à falta de controle de qualidade e de acompanhamento de um Engenheiro Civil qualificado durante as mesmas.

As ocorrências de mofo e de descascamento da pintura são consequências das infiltrações decorrentes de vazamentos e da umidade ascensional. Há a possibilidade do piso de parquet também ser deteriorado em decorrência da umidade, que é o que ocorre na parcela do piso imediatamente em contato com a parede interna onde se verifica infiltração, na Amostra n° 6.

Remetendo aos pisos, percebe-se que os mais deteriorados são aqueles pertencentes às residências onde não são realizadas manutenções periódicas, assim como os trechos expostos diretamente ao sol e à umidade. Porém, mesmo nas residências onde a manutenção dos mesmos é adequada, é possível constatar alguns elementos deteriorados dispostos aleatoriamente no piso. Na amostra n° 1, por exemplo, percebe-se que o piso mais deteriorado se encontra próximo à porta de entrada da casa onde, segundo o morador, permanece aberta por várias horas do dia. Já na residência n° 5, cuja cota do piso está abaixo do nível da rua e, segundo o morador, sofre alagamentos durante as chuvas, o piso perdeu a coloração original por conta da ação da água. Nota-se que os pisos especificados são compostos por materiais de baixa qualidade, evidenciando que não houve um controle de qualidade adequado durante o recebimento dos mesmos.

A degradação do forro original, embora relatado em todas as residências, só foi devidamente constatada na amostra 11. Em todas as amostras esta manifestação patológica aparentemente se desencadeou logo após a deterioração das telhas, onde os danos às mesmas teriam permitido a entrada de água da chuva por meio de goteiras. A degradação do forro também é decorrente da especificação de um material inadequado às

ISBN: 978-85-65425-32-2

condições pluviométricas e de umidade da região, evidenciando novamente a ausência de controle de qualidade adequado dos materiais recebidos e a não consideração dos agentes de degradação aos quais a residência estará sujeita.

O caso das esquadrias originais de madeira é semelhante, pois a rápida degradação das mesmas sugere que não foi executado um tratamento adequado do material para resistir aos típicos valores de umidade do ar e ao intenso volume de chuvas do estado do RS.

Outro componente construtivo bastante danificado pelas chuvas intensas do RS (que, dependendo da época, formam granizo), foram as telhas originais de fibrocimento, cuja espessura empregada, de 4 mm, é ineficiente para resistir as mesmas. Além das telhas serem muito finas, também foi constatado que a inclinação original dos telhados é muito pequena, colaborando aos diversos danos relatados.

Embora a estrutura de sustentação do telhado, feita em madeira, tenha apresentado uma deterioração muito menos frequente que o verificado nas esquadrias, a degradação destes também é um reflexo dos danos ocasionados às telhas e a consequente entrada de água, além de indicar que a o tratamento da madeira empregada não foi de grande qualidade.

Um problema mais grave foi identificado na residência n° 5 que, pelo fato da cota do piso se encontra inferior à cota das ruas, está sujeita ao retorno de esgoto e a sofrer alagamentos durante as chuvas. Como a vistoria foi feita por amostragem, é possível que o mesmo problema se repita em outras residências do conjunto habitacional. Esta situação representa uma clara negligência profissional durante as fases de projeto e de execução da residência.

Apenas duas residências apresentaram recalques, porém a magnitude dos mesmos é pequena e não põe em risco a estrutura das mesmas. Nota-se que os recalques se manifestam em áreas ampliadas, indicando que ou não houve o acompanhamento de um Engenheiro Civil, ou não houve um controle de qualidade rigoroso por parte do mesmo.

Com base nas observações *in loco* e nos relatos dos moradores entrevistados, conclui-se que as manifestações patológicas mais comuns neste conjunto habitacional são decorrentes de erros e de descaso durante as fases de projeto, execução e especificação de materiais de baixa qualidade, seguida da falta de manutenção por parte dos ocupantes e também de solicitações não previstas após a realização de ampliações sem projeto e sem o devido acompanhamento por um profissional qualificado.

Referências Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Térnicas. (2005). NBR 12721: Avaliação de Custos Unitários de Construção para Incorporação Imobiliária e Outras Disposições para Condomínios Edifícios – Procedimento. Rio de Janeiro.

Cremonini, R. A. (1988). Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Dal Molin, D. C. C. (1988). *Fissuras em Estruturas de Concreto Armado:* Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Do Carmo, P. O. (2003). *Patologia das construções.* Programa de Atualização Profissional*. CREA – RS.* Santa Maria.

Helene, P. R. L. (2003). *Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto.* São Paulo.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. (2010). Censo Demográfico.

Krüger, E.L.; Lamberts, R. (2000). Avaliação do Desempenho Térmico de Casas Populares. *Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído: Modernidade e Sustentabilidade*. UFBA. Salvador.1-10.

Moreno, J. A. (1961). Clima do Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, 11.

Picchi, F. Agopyan, V. (1993). Sistemas da Qualidade na Construção de Edifícios. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/104, São Paulo.

Sampaio, F. M. A. S. (2014). Laudo Técnico Pericial. Comarca de Rosário do Sul.

Souza, V. C. M., Ripper, T. (1998). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo.

Vitório, A. (2003). Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DE CASO: CONSEQUÊNCIAS DE FALHAS DE PROJETO, EXECUÇÃO E USO SOBRE A ESTRUTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL EM CONCRETO ARMADO

Case Study: Consequences Of Project Failures, Execution And Uses On The Structure Of A Concrete Residential Building

Lucas da Rosa Ribeiro[1], Ágatha Canellas[2], **Francisco Monte Alverne de Salles Sampaio**[3]
[1] Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, lucasribeiro952008@hotmail.com
[2]Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, tahcanellas@gmail.com
[3]Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, montealvernesampaio@yahoo.com.br

Resumo: Com o objetivo de avaliar as consequências que a concepção de projetos inadequados, falhas durante a construção e a falta de manutenção acarretam sobre a estrutura de um edifício residencial em concreto armado, realizou-se uma inspeção em uma edificação de múltiplos andares situada em Santa Maria, RS, uma cidade relativamente bem desenvolvida na região sul do Brasil com aproximadamente 300 mil habitantes. Foram vistoriadas as condições das áreas de uso comum da edificação, tais como garagem, corredor de acesso aos blocos, escadas, circulação, fachadas e telhados, além da estrutura de sustentação do mesmo, onde se registraram todas as manifestações patológicas constatadas para posterior análise. Diversas manifestações patológicas estruturais foram identificadas, tais como corrosão das armaduras, fissuração, infiltrações, entre outros. A resolução das mesmas se resume em substituir as armaduras oxidadas, recuperar e aumentar a espessura de cobrimento dos elementos estruturais, reabilitar e ampliar o sistema de drenagem da garagem, executar um sistema de drenagem na face interna do arrimo do subsolo, entre outros. Com base nos dados coletados, é notável que as causas das manifestações patológicas diversas, estruturais ou não, se resumem na falta de manutenção periódica, erros de execução e não consideração de fatores de degradação diversos durante a fase de projeto. Embora a edificação tenha sido elaborada com base em uma normativa cuja abordagem quanto à segurança e ao dimensionamento seja diferente das metodologias atuais, é possível ter uma clara noção dos efeitos negativos sobre a estrutura caso um projeto não contemple as atuais exigências. Por meio desse estudo de caso, conclui-se o quão importante é a realização de projetos de qualidade, a criteriosa revisão dos mesmos, o controle de execução adequado e a periodicidade de manutenções, assegurando-se a vida útil dos elementos estruturais, a qualidade dos demais componentes construtivos e, sobretudo, garantindo a integridade física dos ocupantes.

Palavras-chave: Corrosão das armaduras, drenagem, estrutura, manifestações patológicas

ISBN: 978-85-65425-32-2

Abstract: With the objective to evaluate the consequences that the conception of inadequate projects, failures during construction and the lack of maintenance entail over the structure of a residential building made of reinforced concrete, it was realized an inspection to a multiple floors edification localized at Santa Maria, RS, a relatively well developed city in the southern region of Brazil with approximately 300 thousand habitants. It was verified the conditions of the common uses areas, like garage, external access corridor, stairs, circulation corridors, facades and roofing, along it's sustaining structure, in a way that the pathological manifestations were registered in order to a posterior analysis. Several pathological manifestations were identified, like structural elements with rebar corrosion, fissures, infiltrations, and others. Their resolutions sums to substituting the oxidized steel rebars, recovering and increasing the concrete cover of the structural elements, rehabilitating and amplifying the drainage system of garage, building a drainage system in the intern face of the containing wall in the garage, and others. Based on the collected data, it is noticed that the causes of the several pathological manifestations, structural or not, sums to the lack of periodic maintenance, failures in the building processes and not considering the degradation factors during the project phase. Even that the edification was elaborated based on a normative which approach to the safety and to the dimensioning is different to the nowadays methodologies, it is possible to have a clear notion of the negative effects over the structure if a project doesn't contemplate the actual requirements. By this case study, it's concluded how important is the realization of quality projects, the judicious revision of them, a rigorous quality control of the building processes and the periodicity of the maintenances, ensuring the lifespan of the structural elements, the quality of the reminiscent building components and, overall, ensuring the physical integrity of the occupants.

Keywords: Drainage, pathological manifestations, rebar corrosion, structure

1. Introdução

A edificação aqui analisada foi projetada com base na antiga NB 1 (ABNT, 1960), cuja abordagem quanto à verificação da segurança, ao modelo estrutural a ser empregado, às ações a serem consideradas, às medidas empregadas para garantir a vida útil, entre outros, diferem drasticamente das exigências da atual NBR 6118 (ABNT, 2014).

Atualmente, a segurança de uma estrutura deve ser garantida mediante a consideração do estado limite último (ELU) e do estado limite de serviço (ELS). Enquanto o ELU é o conjunto de limites acima dos quais o edifício tem o seu uso interrompido em decorrência de um colapso total ou parcial da estrutura, o ELS é o conjunto de limites acima dos quais o edifício tem seu uso prejudicado em decorrência do mau comportamento da estrutura, mesmo que não haja colapso (KIMURA, 2007).

Alguns exemplos de ELU são a ruptura de elementos estruturais, instabilidade por deformação, colapso progressivo, esgotamento da capacidade resistente devido à exposição ao fogo e perda de equilíbrio. Já o ELS pode ser caracterizado por deformações excessivas, fissuras com aberturas além de limites aceitáveis e vibrações excessivas, por exemplo. (CARVALHO *et al*, 2014)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Kimura (2007) afirma que apesar da garantia de segurança ao ELU ser uma grande fonte de preocupação de todo Engenheiro, é fundamental verificar o comportamento da estrutura frente a todos os ELS. Desta forma, uma estrutura deixa de ser adequada no instante em que atinge qualquer um dos estados limites considerados.

Porém, deve ser ressaltado que o concreto armado sofre alterações em decorrência das interações internas entre os seus elementos constituintes, assim como da interação deste com agentes externos diversos (SANTOS, 2016). A capacidade que um elemento estrutural em concreto armado possui de resistir a estas alterações está relacionada à durabilidade do mesmo.

Assim sendo, além de atender ao ELU e ao ELS, a NBR 6118 (ABNT, 2014) define em seu item 6.1 que as estruturas de concreto armado devem ser projetadas de modo que a durabilidade seja suficiente para conservar sua segurança, estabilidade e uso adequado em serviço durante todo o período correspondente à vida útil da edificação.

Há uma série de fatores que podem ser apontados como os principais causadores das patologias que afetam a durabilidade das estruturas de concreto armado, tais como deficiências de projeto, características inadequadas do concreto e dos materiais a ele associados, espessura de cobrimento insuficiente, falhas de execução, uso indevido da estrutura, falta de manutenções periódicas e a agressividade do meio ambiente (MEHTA *et al*, 2006).

Carvalho *et al* (2014) afirma que a agressividade do meio ambiente é uma das principais responsáveis pela perda de qualidade e durabilidade de uma estrutura. Definida no item 6.4 da NBR 6118 (ABNT, 2014), esta é relacionada às ações físicas e químicas atuantes sobre as estruturas de concreto, que são independentes das demais ações permanentes e variáveis previstas.

Além da agressividade do ambiente, Botelho *et al* (2011) afirma que a entrada de umidade não prevista é uma das maiores inimigas das edificações, pois além de favorecer um ambiente insalubre e propício ao desenvolvimento de microrganismos, acarreta na deterioração da estrutura de sustentação do telhado, dos revestimentos internos e inclusive do próprio concreto armado.

A associação entre agressividade do ambiente e umidade não prevista pode acarretar na corrosão das armaduras, considerada por Moraes (2012) como um dos mecanismos de degradação mais usuais do concreto armado. Tal mecanismo é um processo eletroquímico caracterizado pela oxidação e expansão das armaduras, fissuração e perda do concreto de cobrimento a sua volta.

Pelo fato de favorecer a fissuração, aumentar a permeabilidade do concreto e acarretar na redução da seção transversal das barras de aço, a corrosão das armaduras exerce efeitos significativos sobre as estruturas, tais como perda de rigidez e redução global da capacidade resistente das peças, influenciando diretamente na segurança estrutural (Liberati *et al*, 2014).

Para que a corrosão das armaduras seja desencadeada, é necessário que a camada de passivação, responsável por proteger as barras de aço deste fenômeno, seja alterada em decorrência de agentes externos agressivos capazes de penetrar nos poros do concreto e

ISBN: 978-85-65425-32-2

alcança-las, tais como o CO_2 atmosférico, caracterizando a carbonatação, e os íons cloreto (CARMONA, 2005).

Outro fator que favorece a entrada dos agentes agressivos é a formação de fissuras no elemento estrutural. Com base na dimensão de suas aberturas, Vitório (2003) classifica as mesmas em fissuras (superficiais, até 0,5 mm), trincas (entre 0,5 e 1,0 mm), rachaduras (já é possível visualizar o que há no outro lado, estando entre 1,0 e 1,5 mm) e fendas (superiores a 1,5 mm).

Sabendo que a água constitui o eletrólito do processo de oxidação, cuja presença é fundamental para o mecanismo de corrosão das armaduras, a NBR 6118 (ABNT, 2014) define em seu item 7.2 que é necessário evitar a presença ou o acúmulo de água sobre as superfícies das estruturas de concreto, assim como há a necessidade de se dispor de drenagem adequada em coberturas, pátios, garagens e estacionamentos, por exemplo.

Tendo em vista a suscetibilidade do concreto armado à deterioração, assim como todos os demais componentes construtivos, surge o conceito de Patologia das Estruturas, definida por Souza *et al* (1998) como o estudo das origens, formas de manifestação, consequências, mecanismos de ocorrência, sistemas de degradação e as falhas das estruturas.

Há diversas causas para o surgimento dos fenômenos patológicos, tais como a especificação de materiais com qualidade insatisfatória, negligência nas fases de projeto e de execução, falta de manutenção, uso inadequado da edificação, entre outros.

Executada a edificação e consolidada a ocupação da mesma, a melhor forma de assegurar e manter sua qualidade ao longo de sua vida útil é por meio de manutenções periódicas (SOUZA *et al*, 1998). Este procedimento visa evitar o desencadeamento de patologias e de suas respectivas manifestações patológicas, preservando a durabilidade da construção. Tal medida, associada a projetos bem elaborados, rígido controle de qualidade na especificação de materiais e um rígido controle de execução, acarreta em um investimento seguro, duradouro e, sobretudo, capaz de garantir a integridade física dos ocupantes.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho consiste em estudar as consequências que projetos deficientes, falhas durante a execução, uso indevido e a falta de manutenção periódica acarretam sobre a estrutura de um edifício residencial em concreto armado, abrangendo a análise das manifestações patológicas constatadas, a determinação dos agentes e mecanismos de degradação, assim como o estudo de suas soluções.

2. Metodologia

O estudo foi caracterizado por uma inspeção predial na edificação escolhida, sendo realizados registros fotográficos das manifestações patológicas encontradas, assim como uma entrevista com o síndico (*anamnese*) para obter o registro histórico da edificação quanto à periodicidade da manutenção, os motivos de certas alterações no projeto original, o início das manifestações patológicas verificadas, problemas antigos que já foram resolvidos ou atenuados, entre outros.

Quanto aos elementos estruturais, foi utilizado um martelo para escarificar o concreto de cobrimento em locais estratégicos e, desta forma, permitir a observação a olho nu da condição das armaduras.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tal procedimento foi realizado em vigas, pilares e lajes em que havia a suspeita de haver corrosão das barras de aço.

A inspeção foi feita de forma sequenciada, iniciando na garagem e prosseguindo ao corredor de acesso, às áreas de escadas e de circulação, cobertura, estrutura de sustentação dos telhados e fachadas.

Em cada local foram inspecionados os pilares, vigas, lajes, pisos, paredes, além de elementos característicos de cada ambiente.

Não foram vistoriadas as unidades habitacionais, que são de uso privativo, assim como as fundações da edificação. Tal infraestrutura foi vistoriada de forma indireta por meio da análise de manifestações patológicas cuja origem está relacionada às eventuais movimentações das mesmas.

3. Resultados

Sabendo que a edificação está em um ambiente urbano, cuja agressividade, em relação às ações químicas e físicas atuantes, é moderada, define-se a classe de agressividade ambiental como II, resultando, de acordo com a Tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), em cobrimentos de 3,0 cm para vigas e pilares e de 2,5 cm para lajes, desconsiderando as possibilidades de espessuras menores conforme situações específicas.

Na Figura 1 está representado um modelo da edificação analisada, na qual está identificada cada área inspecionada da mesma.

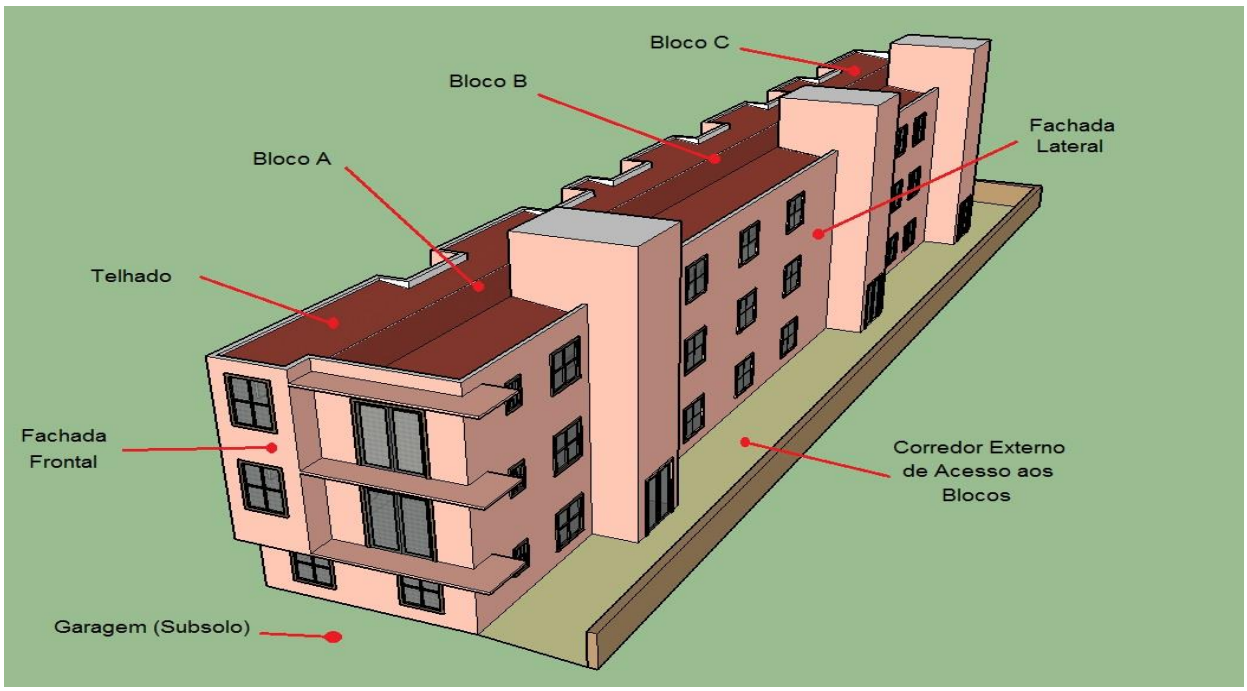


Figura 1 – Modelo da Edificação
Fonte - O Autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A obra inspecionada foi construída há aproximadamente 50 anos, sendo um edifício residencial composto por três blocos contíguos e independentes, com 3 pavimentos tipo e um subsolo comum com 13 vagas de garagem. Os blocos B e C possuem 2 apartamentos por pavimento, enquanto o bloco A apresenta um único apartamento por pavimento, totalizando 15 unidades habitacionais.

3.1 Garagem

A garagem é do tipo semi-enterrada, de modo que parte de suas paredes externas são muros de arrimo e, consequentemente, também constituem elementos estruturais. Durante a inspeção se constatou a corrosão das armaduras de uma grande quantidade de elementos estruturais, assim como outras formas de manifestações patológicas estruturais, além de outras não estruturais.

Foram constatadas muitas infiltrações no piso e no arrimo, todas decorrentes de uma drenagem ineficiente do ambiente e também da falta de drenagem e impermeabilização na face interna do arrimo. Tais fatores, que acarretaram em um ambiente muito úmido, contribuíram fortemente aos danos estruturais constatados, onde a corrosão das armaduras é preponderante.

Diversas vigas e pilares foram encontrados com armaduras longitudinais e transversais oxidadas, algumas com o diâmetro original consideravelmente reduzido. Nota-se que a espessura de cobrimento utilizada nos pilares e vigas equivale a 1,5 cm, enquanto que para as lajes equivalem 1,0 cm. Tais valores estão de acordo com o mínimo exigido pela antiga NB 1 (ABNT, 1960) aos elementos estruturais situados no interior de edifícios. Entretanto, tais valores são menores que os valores nominais exigidos atualmente.

Na Figura 2 a seguir estão representadas algumas vigas com armaduras oxidadas, destacando que a primeira a esquerda ilustra a viga mais deteriorada de toda a edificação. Tal viga já se encontrava com as armaduras expostas e oxidadas ao longo de uma grande extensão de seu comprimento, de modo que a escarificação da mesma sequer foi necessária.

Figura 2 – Exemplos de vigas com armaduras oxidadas

Fonte - Sampaio, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Percebe-se que a grande maioria das vigas apresentava indícios visíveis de oxidação ao longo do seu comprimento, de modo que a escarificação em pontos estratégicos serviu apenas para constatar formalmente a corrosão das armaduras.

Nota-se também que grande parte das vigas com manifestações patológicas estruturais apresentavam manchas e indícios de umidade em seu entorno, que é um dos componentes fundamentais à oxidação das armaduras. Na garagem foram identificadas 23 vigas com corrosão das armaduras, onde 5 destas apresentam necessidade de reforço e recuperação urgente.

Uma forma de recuperação de uma viga consiste em escorar todas as lajes e vigas que se apoiam sobre a mesma, remover manualmente o concreto de cobrimento até que estejam expostas as armaduras oxidadas em toda sua extensão, removê-las e, após o apicoamento do concreto e a aplicação de argamassa cimentícia polimérica, substituir as armaduras danificadas (satisfazendo a área de aço de armaduras longitudinais e transversais requeridas na seção).

Substituídas as armaduras oxidadas, é necessário a montagem de novas fôrmas para executar o recobrimento das mesmas, cuja espessura deve estar de acordo com os valores mínimos exigidos atualmente. O recobrimento deve ser realizado com argamassa alto adensante ou com concreto projetado, cujo f_{ck} deve ser igual ou superior ao originalmente empregado, assim como deve ser dada atenção aos detalhes necessários à aplicação do material escolhido. Todo este processo deve ser planejado e acompanhado por um Engenheiro Civil especialista em estruturas.

Quanto aos pilares, 20 destes elementos apresentavam corrosão das armaduras. Na Figura 3 estão representados alguns pilares onde se constataram este tipo de manifestação patológica. Assim como nas vigas, a espessura de cobrimento também equivale a 1,5 cm.

Figura 3 – Alguns pilares com armaduras oxidadas

Fonte - Sampaio, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Constatou-se que as armaduras longitudinais e transversais dos pilares apresentavam claros indícios de oxidação predominantemente na base, de modo que, assim como nas vigas, a escarificação serviu apenas para identificar formalmente a corrosão das armaduras. Alguns dos pilares apresentavam remendos de argamassa para encobrir as armaduras oxidadas, evidenciando que a corrosão das armaduras é um problema antigo.

Embora tenham sido verificadas armaduras expostas e oxidadas nos pilares, não foram identificadas ocorrências de flambagem das armaduras longitudinais dos mesmos, assim como não se constatou indícios de instabilidade local por flambagem em nenhum pilar propriamente dito, o que caracterizaria a necessidade evacuação da edificação, reforço imediato e recuperação urgente do elemento para evitar um colapso. De qualquer forma, a recuperação dos pilares deve ser imediata, evitando que a propagação dos problemas identificados venha a esgotar a capacidade resistente de um destes elementos estruturais e, consequentemente, acarretar no colapso progressivo de parte ou de toda a edificação.

A recuperação destes elementos segue um processo semelhante ao já exposto às vigas, entretanto, a responsabilidade ao se trabalhar com pilares é muito maior. Um procedimento consiste no escoramento de todas as vigas que se apoiam sobre o pilar considerado, substituição das armaduras oxidadas (respeitando a área de aço exigida nas seções) e execução do recobrimento das mesmas, cuja espessura deve estar de acordo com os valores mínimos atualmente exigidos. Um profissional especialista em estruturas deve ser o responsável pelo planejamento da recuperação e estar sempre presente nos processos de recuperação.

Os danos predominantemente na base dos pilares têm como causa o acúmulo d'água decorrente das chuvas, pois o sistema de drenagem deste ambiente está praticamente desabilitado. Conforme mostrado na Figura 4 a seguir, havia caixas de passagem severamente obstruídas.

Figura 4 – Exemplo de caixa de passagem obstruída
Fonte - Sampaio, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quanto às lajes que cobrem a garagem, constatou-se uma série de manifestações patológicas relacionadas à corrosão das armaduras, fissuração e deterioração por umidade, conforme ilustrado na Figura 5. Nas lajes, foram constatadas 16 lajes com corrosão das armaduras, 8 fissuras e 11 manifestações patológicas relacionadas à umidade.

Figura 5 – Manifestações patológicas verificadas nas lajes que cobrem a garagem
Fonte - Sampaio, 2015.

Foi constatado que as lajes mais danificadas são as rebaixadas referentes aos banheiros, cozinhas e áreas de serviço, assim como aquelas situadas abaixo do corredor externo de acesso aos apartamentos (conforme Figura 1). Tais lajes apresentam uma quantidade considerável de armaduras oxidadas, além de manchas decorrentes de umidade, estalactites provenientes de infiltrações, eflorescências e também fissuras em 45° nos cantos.

Deve ser destacado que as manifestações de oxidação em lajes também se acentuam nas áreas próximas às aberturas deste ambiente, que permitem a entrada e o acúmulo de água das chuvas, assim como no entorno de furos e aberturas para a passagem de tubulações, indicando a deterioração da vedação no encontro entre laje e instalação hidrossanitária. Outras possíveis fontes de infiltração podem ser as conexões mal executadas das tubulações de esgoto.

Quanto às lajes sob o corredor de acesso aos apartamentos, que é uma área a céu aberto, a maior degradação das mesmas decorre da umidade que infiltra a partir dos rejuntes deteriorados no piso, assim como através das trincas e rachaduras presentes nas jardineiras ao longo do mesmo.

As fissuras em 45° foram identificadas nos cantos de algumas lajes, sendo que há bordos que podem ser considerados engastados nas vigas de apoio. Este tipo de fissura pode ser decorrente da ocorrência de recalques diferenciais nas fundações dos pilares as quais estão associadas, retirada precoce dos escoramentos, sobrecarga além do previsto, entre outros. De acordo com a *anamnese*, tais fissuras estão estabilizadas há muito tempo, não sendo progressivas. Não há, aparentemente, a necessidade de evacuação da edificação e nem de reforço nas fundações.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A recuperação das lajes deve ser posterior à resolução de todos os problemas de drenagem verificados nas áreas acima das mesmas, sendo semelhante ao processo de vigas e pilares. Neste caso, porém, o escoramento se dá apenas ao longo da própria laje a ser recuperada. Também é necessário, no caso das lajes rebaixadas e daquelas situadas abaixo do corredor a céu aberto, garantir a impermeabilização das mesmas mediante a aplicação de mantas em sua face superior.

Quanto ao muro de arrimo, este é de alvenaria e possui contrafortes de concreto armado com espessura constante ao longo de sua altura de 2,70 m. As manifestações patológicas observadas estão todas relacionadas à umidade, conforme representado na Figura 6.

Figura 6 – Exemplos de trechos com infiltração e desgaste da alvenaria e do revestimento do muro de arrimo

Fonte - Sampaio, 2015.

Diversas infiltrações, manchas de umidade, mofo e alteração na coloração do revestimento foram observadas nesta contenção. Constatou-se também que não havia barbacãs ao longo do mesmo, de modo que tais manifestações são decorrentes de uma drenagem insuficiente ou até mesmo inexistente na face interna da contenção.

Verificou-se também a obstrução de diversos boxes para a deposição de materiais diversos, grande parte inflamável. Tal constatação, somado ao fato de não se verificar extintores de incêndio no local e ao fato de medidas para situações de incêndio não serem contempladas na normativa que guiou o projeto da edificação, faz com que as consequências que um eventual incêndio acarretaria sobre a estrutura seriam catastróficas.

Já o piso, que consiste de uma camada de concreto magro, apresenta inúmeras fissuras e manchas de umidade. Embora não seja um elemento estrutural, sua deterioração é mais um reflexo da drenagem deficiente da garagem semi-enterrada. A deterioração do piso também é agravada devido à sobrecarga adicional devido aos depósitos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2 Corredor Externo de Acesso

Embora não tenham sido constatadas manifestações patológicas estruturais nesta área, foram identificadas diversas manifestações capazes de afetar direta ou indiretamente a estrutura da edificação, conforme mostrado na Figura 7.

O corredor que permite o acesso aos blocos apresenta rejuntes deteriorados no piso e jardineiras com diversas trincas e rachaduras. Embora a drenagem desta área esteja em boas condições, tais manifestações patológicas permitem a infiltração da água da chuva e, conforme constatado, favorecem a corrosão das armaduras dos elementos estruturais da garagem logo abaixo.

Figura 7 – Corredor de acesso com rejuntes deteriorados

Fonte - Sampaio, 2015.

O quadro geral de medição, que está posicionado em uma parede com grandes fendas e rachaduras, apresenta fundo de madeira, não seguindo as recomendações de segurança apresentadas na NBR 5410 (ABNT, 2008). Segundo o item 4.1.2 desta norma, a instalação deve ser concebida de modo a excluir risco de incêndio de materiais inflamáveis devido à temperaturas elevadas ou arcos elétricos. É recomendável promover a substituição deste quadro por um modelo de pré-fabricado de policarbonato.

Conforme já mencionado, na época em que esta obra foi elaborada não havia normativas relacionadas ao projeto de edificações resistentes ao fogo. A ocorrência de um incêndio acarretaria em danos irreversíveis e imediatos aos elementos estruturais. As condições do quadro geral de medição estão expostas na Figura 8.

Figura 8 – Fendas, rachaduras e fundo de madeira do quadro geral de medição

Fonte - Sampaio, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.3 Escadas e Áreas de Circulação

Nas áreas internas de uso comum foram identificadas poucas manifestações patológicas relacionadas à estrutura, de modo que as encontradas estão relacionadas ao cobrimento insuficiente dos elementos estruturais, agravando-se na laje de cobertura.

Em todos os blocos se observou que as caixas de correio se encontram infestadas por cupins, evidenciando a falta de manutenção e de cuidados básicos por parte da administração e dos ocupantes.

A estrutura das escadas apresenta fissuras, trechos com corrosão das armaduras e alguns pisos quebrados nos degraus. Observaram-se também diversas fissuras e trincas decorrentes de dilatação térmica na laje de cobertura, conforme exposto na Figura 9.

Figura 9 – Constatações nas áreas internas de circulação

Fonte - Sampaio, 2015.

3.4 Cobertura

A manifestação patológica mais constatada é a fissuração generalizada das faces das platibandas. Diversos outros problemas, embora não estruturais, são relevantes pelo fato de serem capazes de agravar e intensificar os problemas já existentes nos mesmos, assim como de desencadear novas manifestações.

Deve ser destacado que as platibandas não apresentam pingadeiras e nem grades de proteção contra quedas, propiciando, respectivamente, danos devido à água da chuva que possa infiltrar nas fissuras e no encontro entre superfície horizontal e as mesmas, e pondo em risco a segurança de quem eventualmente circular sobre o telhado.

As telhas se encontravam oxidadas e danificadas, favorecendo a ocorrência de goteiras e, consequentemente, favorecendo a corrosão das armaduras da laje de cobertura, a deterioração da estrutura de sustentação do telhado em madeira, infiltrações advindas do teto nas unidades habitacionais logo abaixo, entre outros.

Também se constataram diversas fiações de telefone, internet, antena parabólica e TV à cabo dispostas de modo muito irregular, a ponto de obstruir as calhas e propiciando um acúmulo de água da chuva adicional sobre as telhas. Na Figura 10 a seguir está representada a situação do telhado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 – Calhas obstruídas, telhas oxidadas, platibanda sem pingadeiras e fissuração generalizada
Fonte - Sampaio, 2015.

Quanto à estrutura de sustentação do telhado**,** feita em madeira, esta se encontra em boas condições, não sendo constatados sinais de deterioração por cupins ou pela ação da umidade. A única observação é referente aos pontaletes do madeiramento, que se apoiam diretamente sobre a laje de cobertura e, consequentemente, as ações são dispostas de forma concentrada ao invés de uniformemente distribuídas. Tal concentração de tensões pode acarretar na fissuração da laje.

Quanto à laje que serve de suporte ao reservatório superior de cada bloco, feitos em concreto armado, foram observados indícios de corrosão das armaduras nas faces inferiores, que foi confirmada mediante a escarificação dos elementos. Também foi constatada a presença de cristais de sal incrustados nas tubulações dos barriletes que se conectam aos reservatórios.

Pelo fato do concreto dos reservatórios superiores estarem constantemente em contato com a água, é necessário que seja previsto, ainda em projeto, a adequada impermeabilização dos mesmos e também a realização periódica de vistorias e manutenções, se necessário. Durante a inspeção, constatou-se que tais medidas preventivas não foram realizadas. As condições das lajes suportes dos reservatórios superiores estão expostas na Figura 11.

Figura 11 – Laje com corrosão das armaduras, fissuras, infiltrações e tubulação com incrustações
Fonte - Sampaio, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.5 Fachadas

Não foram observados problemas estruturais nas vigas de bordo e nem nos pilares de extremidade ou de canto, porém foram identificados alguns problemas capazes de afetá-los de forma direta ou indireta.

Todas as fachadas são revestidas por pintura e, com exceção da fachada frontal, todas apresentam frisos ou ressaltos ao longo de sua altura, espaçados a uma distância igual ao pé direito e dispostas na posição onde se encontram as lajes de cada pavimento.

A fachada frontal, por não apresentar tais elementos, está sujeita à deterioração pelo arraste da água da chuva sobre sua superfície. Na Figura 12 está representada a situação da fachada frontal.

Figura 12 – Fachada frontal sem ressaltos e ausência de pingadeiras sob sacadas
Fonte - Sampaio, 2015.

As fachadas laterais e dos fundos apresentam fissuras mapeadas no revestimento, fissuras próximas ao topo decorrentes da dilatação térmica da laje de cobertura, além de alguns trechos com mofo. Tal presença de umidade, associada às fissuras, podem acarretar em infiltrações e, posteriormente, à deterioração dos revestimentos internos das unidades habitacionais e também em danos em pontos localizados das vigas de bordo e dos pilares de extremidade e de canto. Tais manifestações patológicas estão identificadas na Figura 13.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 13 – Fissuras e presença de umidade nas fachadas
Fonte - Sampaio, 2015.

4. Análise dos Resultados

Após a vistoria de cada ambiente da edificação, excetuando-se as unidades habitacionais, está representado no Quadro 1 um resumo que ilustra as manifestações patológicas, falhas e anomalias constatadas, além de problemas diversos também verificados.

Quadro 1 – Resumo das manifestações patológicas e de problemas diversos constatados

Tipologia	AMBIENTE						
	Garagem	Corredor Externo	Circulação Bloco A	Circulação Bloco B	Circulação Bloco C	Fachadas	Cobertura
Corrosão das Armaduras	X	-	X	X	X	-	X
Danos na Superfície de Trânsito	X	X	X	X	X	-	X
Falhas no Sistema de Drenagem	X	-	-	-	-	-	X
Falhas nas Instalações Elétricas	X	X	-	-	-	-	-
Infiltração	X	X	-	-	-	X	X
Fissuras	X	X	-	X	X	X	X

ISBN: 978-85-65425-32-2

Fendas, Trincas ou Rachaduras	**-**	**X**	**-**	**-**	**-**	**-**	**X**
Disposição Irregular de Fiações Diversas	**-**	**-**	**-**	**X**	**-**	**X**	**X**
Ausência de Dispositivos Pingadores	**-**	**X**	**-**	**-**	**-**	**X**	**X**
Danos em Tubulações Hidráulicas	**X**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**X**
Depósitos Irregulares	**X**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**X**
Irregularidades no PPCI e no Quesito Segurança	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**-**	**X**
Disposição Irregular de Cargas	**X**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**X**
TOTAL	**10**	**7**	**3**	**5**	**4**	**4**	**12**

Fonte - O Autor, 2017.

Nota-se que há diversas manifestações patológicas além das diretamente relacionadas aos elementos estruturais, porém, conforme já mencionado, são agravantes das manifestações já existentes nos mesmos, assim como são capazes de desencadear novas fontes de deterioração à estrutura.

Diversas manifestações patológicas, a maioria de cunho estrutural, foram verificadas na garagem do subsolo que, após as fundações, constituem a base para todo o restante da edificação. As armaduras oxidadas em pilares, vigas e lajes tomaram proporções generalizadas neste ambiente, de modo que os 59 elementos estruturais com corrosão nas armaduras caracterizam a grande deterioração estrutural neste ambiente, assim como a necessidade imediata e urgente de recuperação dos mesmos para evitar sua evolução e, consequentemente o colapso parcial ou total da edificação.

A cobertura da edificação é o ambiente com o maior número de manifestações patológicas distintas, com um total de 12 diferentes. O elemento estrutural mais danificado deste local são as lajes que sustentam os reservatórios superiores, com corrosão das armaduras, fissuras e diversas manifestações patológicas relacionadas à umidade. Nas lajes de cobertura, nas quais se constataram apenas fissuras ativas de dilatação térmica e alguns

ISBN: 978-85-65425-32-2

pontos com presença de umidade, não foram constatados indícios mais graves de deterioração.

Na Figura 14 está indicada a porcentagem de ocorrência de cada manifestação patológica estrutural verificada na garagem.

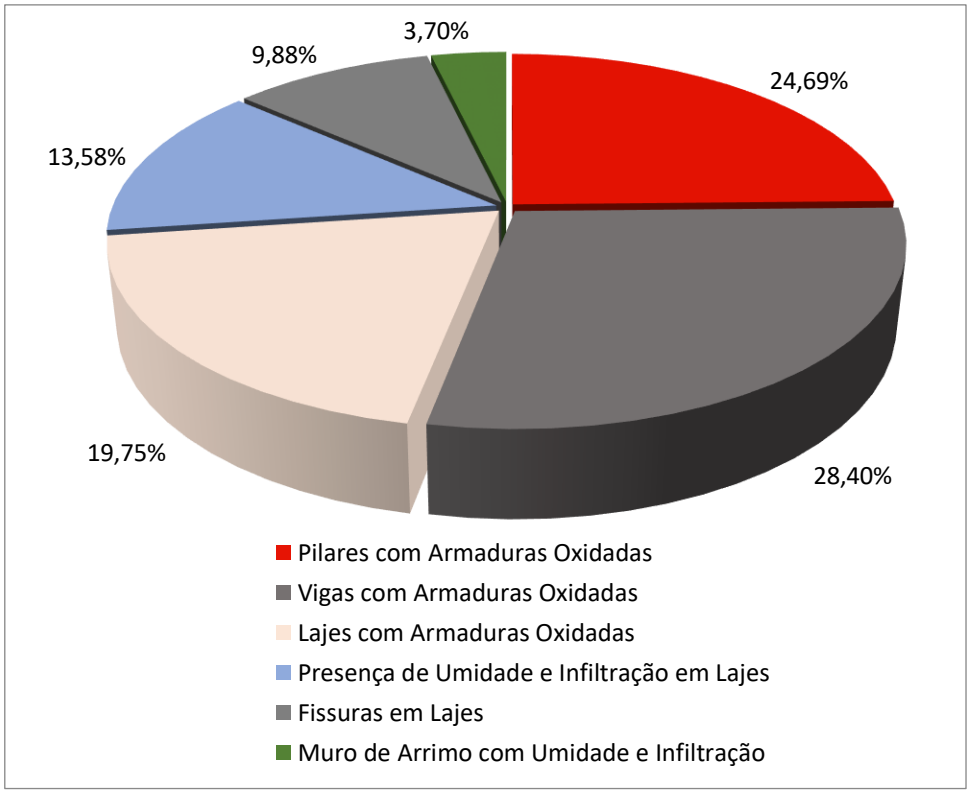


Figura 14 – Porcentagem das manifestações patológicas estruturais verificadas na garagem
Fonte - O Autor, 2017.

Nota-se que a corrosão das armaduras abrange 73% das manifestações patológicas estruturais da garagem, evidenciando o quão danoso está sendo a drenagem praticamente desabilitada deste ambiente.

Sabendo que a garagem do ambiente é um local fechado e com atmosfera viciada em CO_2, é possível afirmar que a corrosão das armaduras foi desencadeada pelo processo de carbonatação e também pela grande presença de umidade decorrente da drenagem falha do local. Outro fator que certamente colaborou à corrosão das armaduras é o fato de que o concreto elaborado na época da construção deva ter em torno de 15 a 20 *MPa* (comum na época) e, consequentemente, elevada porosidade, favorecendo a entrada de CO_2, a despassivação das armaduras e a exposição das mesmas à umidade.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Conclusões

Embora a edificação analisada tenha sido projetada e executada há aproximadamente 50 anos, época em que os procedimentos quanto à segurança estrutural e a garantia de qualidade ao longo da vida útil diferiam drasticamente das metodologias atuais, este estudo de caso permite concluir o quão danosas são as consequências que a não consideração das atuais exigências, aliada à falhas nos demais projetos, falta de qualidade dos processos construtivos e negligência quanto às manutenções periódicas acarretam sobre uma estrutura típica de um pequeno edifício em concreto armado.

Nota-se que a corrosão generalizada das armaduras dos elementos estruturais da garagem decorre de uma série de fatores, tais como a elevada porosidade do concreto (consequência do baixo *fck*), a atmosfera rica em CO_2 (decorrente dos veículos e do ambiente ser fechado), a espessura de cobrimento insuficiente (embora de acordo com a normativa vigente na época), a elevada presença de umidade (fruto da drenagem falha da garagem) e também da falta de manutenção preventiva, sendo realizadas apenas improvisações para esconder as armaduras visivelmente deterioradas.

A partir do registro de cada manifestação patológica e da investigação de suas origens, é possível concluir que houve descaso em pelo menos três fases da concepção desta edificação: planejamento, execução e uso.

A negligência relacionada ao planejamento pode ser exemplificada pela falta de frisos e ressaltos em algumas fachadas, falta de placas pingadeiras nas platibandas, sacadas e soleiras de janelas, especificação de fundo de madeira ao quadro geral de medição, assim como da falta de um sistema de drenagem ao longo da face interna do muro de arrimo.

Nota-se que, embora o planejamento da estrutura aparente ter sido bem realizado quanto à normativa vigente da época, o descaso no projeto de outros componentes acarretou não só na própria degradação destes, como também de diversos elementos estruturais, principalmente no subsolo. Sabendo que estes, logo após as fundações, são a base de todo o edifício residencial, é notório os riscos que a degradação generalizada dos mesmos geram sobre a edificação como um todo.

Quanto às falhas de execução, estas são as menos relevantes neste estudo de caso, sendo restringidas à obstrução de calhas na cobertura, encaixes inadequados constatados em algumas tubulações de esgoto no subsolo e, com certa probabilidade, pela retirada precoce do escoramento de algumas lajes. No caso dos elementos estruturais, não foram constatados demais problemas relacionados à execução dos mesmos, tais como nichos de concretagem, falhas relacionadas às juntas de concretagem, desaprumos visíveis e exagerados, segregação, entre outros. Embora seja muito provável que não tenha sido executada a drenagem na face interna do muro de arrimo, esta é uma falha decorrente do projeto.

Embora as anomalias relacionadas à execução não tenham sido diretamente danosos aos elementos estruturais, elas foram capazes de agravar a deterioração dos mesmos por meio da maior incidência de umidade aos mesmos.

No que diz respeito à negligência devido ao uso, esta é a geradora de grande quantidade das manifestações patológicas observadas. Segundo o síndico, além de nunca ter sido

ISBN: 978-85-65425-32-2

realizada a manutenção preventiva ou corretiva dos componentes diversos da edificação, uma série de decisões inapropriadas durante o uso acarretou em uma queda ainda maior do desempenho da mesma. Alguns exemplos são os depósitos irregulares realizados em boxes da garagem, deterioração dos rejuntes do corredor externo, oxidação generalizada das telhas e notáveis irregularidades relacionadas ao Projeto de Prevenção e Combate à Incêndio.

Embora o ELU não tenha sido atingido, assim como o ELS sequer foi constatado, a possibilidade de um futuro colapso total ou parcial em decorrência da deterioração dos elementos estruturais é considerável caso não seja realizada a imediata recuperação dos mesmos.

Percebe-se que a fase de uso de uma edificação é tão importante quanto às fases de projeto e de execução, pois é esta a etapa que permite assegurar o máximo da qualidade dos componentes diversos durante sua vida útil, garantindo-se a durabilidade dos elementos estruturais e, principalmente, a integridade física dos moradores da edificação.

Referências Bibliográficas

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1960). NB1: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado. Rio de Janeiro.

_____. (2008). NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro.

_____. (2014). NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro

Botelho, M. H. C., Marchetti, O. (2011). Concreto Armado: Eu te Amo, Vol. 2. 3 ed. São Paulo.

Carmona, T. G. (2005). Modelos de Previsão da Despassivação das Armaduras em Estruturas de Concreto Sujeitas a Carbonatação. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil.

Carvalho, R. C., Filho, J.R. F. (2014). Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Segundo a ABNT NBR 6118: 2014. 4 ed. São Carlos.

Kimura, A. (2007). Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado: Cálculo de Edifícios com o Uso de Sistemas Computacionais. São Paulo.

Liberati, E. A. P; Leonel, E. D.; Nogueira, C. G. (2014). Influência da Corrosão da Armadura na Capacidade Resistente à Flexão de Vigas em Concreto Armado: Uma Abordagem Via Teoria da Confiabilidade Estrutural. *Rev. IBRACON Estrut. Mater*. 7 (3), 379-413.

Mehta, P.; Monteiro, P.J. (2006). Concrete: Microstructure, Properties and Materials, 3 ed. Berkeley.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Moraes, A. C. L. (2012). Recorrência de Patologias em Processos de Ataque Via Cloreto em Concreto Armado. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Sampaio, F. M. A. S. (2015). Laudo Técnico de Inspeção Predial. Santa Maria.

Santos, B. O. C., Interlandi, C. (2016). Estruturas de Concreto Armado - Patologias e suas Consequências – Estudo de Caso. Engenharia Estudo e Pesquisa. ABPE, 16 (2), 40-47.

Souza, V. C. M., Ripper, T. (1998). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo.

Vitório, A. (2003). Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

GUIA DE IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PARA INSPEÇÃO PREDIAL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Guide For Identification Of Pathological Manifestations For Concrete Structures Inspection

Stefanie Almeida CAMPOS[1], Antônio Eduardo Bezerra CABRAL[2]
[1] Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, stefaniealmeidac@gmail.com
[2] Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, eduardo.cabral@ufc.br

Resumo: A execução de manutenção é atividade necessária para que as estruturas de concreto mantenham um desempenho satisfatório e atinjam a vida útil para qual foram calculadas, porém a manutenção da maior parte das edificações é relegada por seus administradores. Isso é comprovado pela série de acidentes que ocorreram em Fortaleza com exemplos noticiados em jornais locais. Devido a isso, foi criada a Lei nº 9913 de 16 de julho de 2012 em Fortaleza, tornando obrigatória a vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica nas edificações e equipamentos públicos ou privados no município. Com o crescimento da importância do tema, esta monografia investiga a "Inspeção predial nas estruturas de concreto armado", com o objetivo de desenvolver um manual de inspeção da estrutura de concreto predial, que possibilite a identificação e classificação das anomalias e falhas encontradas nas estruturas dos edifícios, além de fornecer orientações para que os profissionais possam analisar os riscos oferecidos aos usuários, especificar os pontos sujeitos a manutenção e avaliar a estrutura das edificações quanto a estabilidade, segurança estrutural e segurança contra incêndios. Para a sua elaboração, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental em livros e normas e documentos relacionados ao tema e os dados foram analisados por meio de uma análise qualitativa. O resultado deste trabalho é um manual para inspeção de estruturas de concreto, no qual as possíveis manifestações patológicas foram descritas e divididas conforme suas causas, sendo elas causas físicas ou químicas. Conclui-se que o manual apresentado permite ao engenheiro realizar uma análise visual das manifestações patológicas, com identificação de suas causas, tendo grande importância no meio técnico por facilitar a execução do trabalho de vistoria técnica.

Palavras-chave: Inspeção. Estrutura de Concreto. Edificação.

Abstract: Maintenance execution is a necessary activity in order that concrete structures maintain satisfactory performance and reach useful life which they were calculated. Even with all importance, the maintenance of most buildings is despised by managers. This fact is proven by the series of accidents that occurred in Fortaleza with examples reported in local newspapers. Due to this, Law No. 9913 on July 16, 2012 was created in Fortaleza, making mandatory a technical survey, preventive and periodic maintenance on buildings and public or private facilities in Fortaleza. Due to the popularity of this theme, this

ISBN: 978-85-65425-32-2

monograph investigates the "Inspection of buildings in reinforced concrete structures", with the objective of developing a manual of inspection in building concrete structure, which will allow identification and classification of anomalies and defects found in structures of buildings. Furthermore, it will provide a guidance in order that professionals can analyze risks offered to users, specify main points subject to maintenance and evaluate in buildings structure regarding stability, structural safety and fire safety. In the elaboration, a bibliographical and documentary research was realized in books, norms and documents related to the theme and data were analyzed through a qualitative analysis. The result of this work is a manual for inspection of concrete structures, in which possible pathological manifestations are described and divided according to their causes, being physical or chemical. Therefore, this manual will allow that engineers perform a visual analysis of the pathological manifestations, with identification of their causes, having thus a great importance in the technical environment for facilitating the execution of technical survey work.

Keywords: Inspection. Concrete structure. Building.

1. Introdução

As estruturas e componentes de uma edificação estão sujeitos ao desgaste natural com tempo conforme a sua curva característica de deterioração e o grau de agressividade ambiental a que ela está submetida. Para que seja atingida a vida útil com custos compensadores é necessário que seja garantido a execução do plano de manutenção, assim como as inspeções por profissional capacitado, visando garantir o desempenho satisfatório e a durabilidade dos componentes.

Conforme Cunha *et al.* (1996), projetar uma estrutura significa resolver seu trinômio fundamental: segurança, funcionalidade e durabilidade, onde todos os termos são igualmente prioritários. Todos são importantes para assegurar a qualidade final da obra e negligenciar um deles significa comprometer a sua qualidade.

É sabido que a prática comum da sociedade brasileira e dos órgãos públicos é relegar a gestão de manutenção das edificações públicas e privadas. Apesar da exigência de referências normativas tais como a NBR 5674:1977 – Manutenção de Edificações e a NBR 14037:2011 Versão Corrigida:2014 Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos, a maior parte das edificações construídas até hoje não possuem um plano de manutenção com medidas preventivas que possibilitem a sua conservação.

Isso é comprovado pela série de acidentes que vêm ocorrendo em Fortaleza, provavelmente pela falta de manutenções preventivas, ou por edificações que simplesmente deixam de ser utilizadas antes do fim da sua vida útil pois o acúmulo de manifestações patológicas tornou inviável o seu uso e muito cara a sua recuperação.

Como exemplos pode-se citar alguns fatos que ocorreram e foram registrados por jornais locais. Em janeiro de 2016, uma marquise em balanço da cobertura das rampas de acesso de um dos blocos de uma faculdade da capital desabou após uma noite chuvosa (O POVO, 2016a). Já em fevereiro do mesmo ano, parte da laje do banheiro de um prédio cedeu (O

ISBN: 978-85-65425-32-2

POVO, 2016b). Em março, um incêndio atingiu uma churrascaria da capital e destruiu os equipamentos presentes nesta, além de ter ocasionado a queda de um muro. (O POVO, 2016c).

Nos acidentes citados acima, felizmente não houve óbitos, pois no momento do sinistro os ambientes encontravam-se desocupados, o que gerou apenas danos materiais aos seus proprietários.

Esses ocorridos poderiam ter sido evitados com uma inspeção predial que apontaria o desgaste da estrutura e a necessidade de manutenção dos equipamentos e instalações e assim evitaria um futuro problema. Corroborando com isso, Pujadas e Kalil (2009), constataram que 66% dos acidentes em edificações ocorrem devido a problemas de manutenção.

Com o objetivo de fiscalizar e conscientizar a sociedade fortalezense quanto a importância do cumprimento do plano de manutenção das edificações foi criada a Lei nº 9913 de 16 de julho de 2012, onde fica estabelecida a obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos e privados no âmbito do Município de Fortaleza. São abrangidas pela obrigatoriedade desta Lei as edificações multirresidenciais com três ou mais pavimentos, as de uso comercial, industrial, institucional, educacional, recreativo, religioso e de uso misto e as de uso coletivo, públicas ou privadas.

Visando-se o atendimento à lei, é necessário que sejam estabelecidos critérios a serem seguidos e observados nas edificações para que seja feita uma vistoria que abranja detalhadamente as condições da estrutura, instalações e equipamentos presentes. Em 2012, o IBAPE lançou a Norma de Inspeção Predial com o objetivo de fornecer aos profissionais habilitados diretrizes sobre a realização da inspeção predial. Porém, esta norma não abriga os quesitos técnicos que o engenheiro deve ter conhecimento para a identificação dos problemas, de suas causas e análise da estabilidade e segurança estrutural da edificação.

A inspeção predial compreende todos os equipamentos e instalações das edificações, porém a elaboração de um manual que abranja todos esses equipamentos se tornaria exaustiva, sendo foco desse trabalho somente a vistoria técnica em estrutura de concreto, seja ela armada ou protendida. Por isso, esse trabalho tem como objetivo geral estabelecer uma metodologia de inspeção da estrutura de concreto predial que possibilite avaliar a estabilidade e segurança estrutural das edificações. E como objetivos específicos, desenvolver um guia prático de inspeção da estrutura de concreto predial, que possibilite a identificação das anomalias e falhas encontradas na estrutura dos edifícios e com orientações para que os profissionais possam: analisar os riscos oferecidos aos usuários, especificar os pontos sujeitos à manutenção e os seus respectivos prazos de execução, bem como avaliar a estrutura das edificações quanto a estabilidade e segurança estrutural.

Quanto à sua metodologia, pode ser classificada como pesquisa exploratória que assume a forma de pesquisa bibliográfica e de pesquisa documental com a utilização de método indutivo. Nos resultados, é apresentado o manual de inspeção obtido pela pesquisa realizada, aonde são relatadas as manifestações patológicas possíveis de serem

ISBN: 978-85-65425-32-2

encontradas nas estruturas de concreto das edificações, com suas respectivas causas e imagens características de alguns casos.

2. Metodologia

Este estudo pode ser classificado como pesquisa exploratória que assume a forma de pesquisa bibliográfica e de pesquisa documental. As duas pesquisas são semelhantes, porém, algumas diferenças podem ser assinaladas: a pesquisa bibliográfica, realiza-se, quase exclusivamente, com material disponível em bibliotecas, já a pesquisa documental pode exigir a consulta aos mais diversos tipos de arquivos públicos e particulares; o material utilizado para o fornecimento de dados nas pesquisas bibliográficas é constituído basicamente por livros e revistas impressos em papel ou veiculados por meio eletrônico, já o material utilizado nas pesquisas documentais pode aparecer sob os mais diversos formatos, tais como fichas, mapas, formulários [...] (GIL, 2002).

Na pesquisa bibliográfica foram utilizados livros, normas técnicas, manuais técnicos, sites, artigos científicos e teses de pós-graduação relativos ao tema de manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto de edificações prediais. Ela traz a contribuição de diversos autores acerca da literatura relativa ao tema em questão, possibilitando a coleta de dados gerais que servirão de base para a obtenção dos resultados desejados.

Na pesquisa documental, foram feitas pesquisa a alguns laudos técnicos realizados por profissionais do setor, possibilitando a análise de documentos que não receberam tratamento analítico. Esses laudos contêm algumas manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto de edificações de Fortaleza, permitindo a obtenção de registros fotográficos sobre as manifestações encontradas.

A coleta dos dados necessários foi feita durante a elaboração deste trabalho e pelos dois tipos de pesquisa citados anteriormente. Devido a isso, ele tem como opção metodológica a indutiva, pois serão utilizados dados particulares para a compreensão e elaboração de um manual geral de inspeção predial de estruturas de concreto.

Durante o procedimento desta pesquisa qualitativa foram levantadas as principais manifestações patológicas que podem ocorrer em estruturas de concreto armado de edificações prediais e analisadas para elaboração do manual, que é o resultado da pesquisa.

A análise dos dados foi feita por meio de análise qualitativa, ou seja, análise do conteúdo das pesquisas. Os respectivos resultados foram organizados em manual componente deste estudo monográfico.

O “Guia Prático de Identificação de Manifestações Patológicas para Inspeção Predial de Estruturas de Concreto” tem por objetivo servir de guia aos engenheiros que forem realizar a inspeção predial, para que eles possam identificar as manifestações patológicas da estrutura e suas respectivas causas. Ele deve ser didático e facilmente compreensível para os profissionais da área.

O manual foi dividido inicialmente em duas partes. A primeira parte aborda os problemas ocasionados por causas físicas e a segunda parte fala das causas químicas de deterioração do concreto. Dentro de cada item, são citadas uma a uma as causas mais frequentes de

ISBN: 978-85-65425-32-2

ocorrência de patologia nos elementos estruturais. Para cada uma, há luma breve explicação sobre o que é a causa e também o uso de figuras para ilustrar manifestações, facilitando a realização de uma análise visual.

3. Resultados e discussão

Para a elaboração do laudo de inspeção predial, o Engenheiro precisa analisar a estrutura de concreto para a identificação correta da manifestação patológica. Numa estrutura de concreto podem acontecer diferentes manifestações patológicas, como: fissuras, manchas, desagregação do concreto e perda da aderência entre o concreto e a armadura. Esses problemas podem ocorrer sozinhos ou em conjunto, e variam conforme a causa do aparecimento da manifestação.

As causas de deterioração do concreto podem ser divididas em físicas e químicas. Segundo Mehta e Gerwick (1982 *apud* MEHTA, MONTEIRO, 2014), as causas físicas podem agrupar-se em duas categorias: desgaste superficial ou perda de massa devido à abrasão, erosão e cavitação, e fissuração devida a gradientes normais de temperatura e umidade, cristalização de sais nos poros, carregamento estrutural e exposição a temperaturas extremas, como congelamento ou fogo, conforme apresentado na Figura 1.

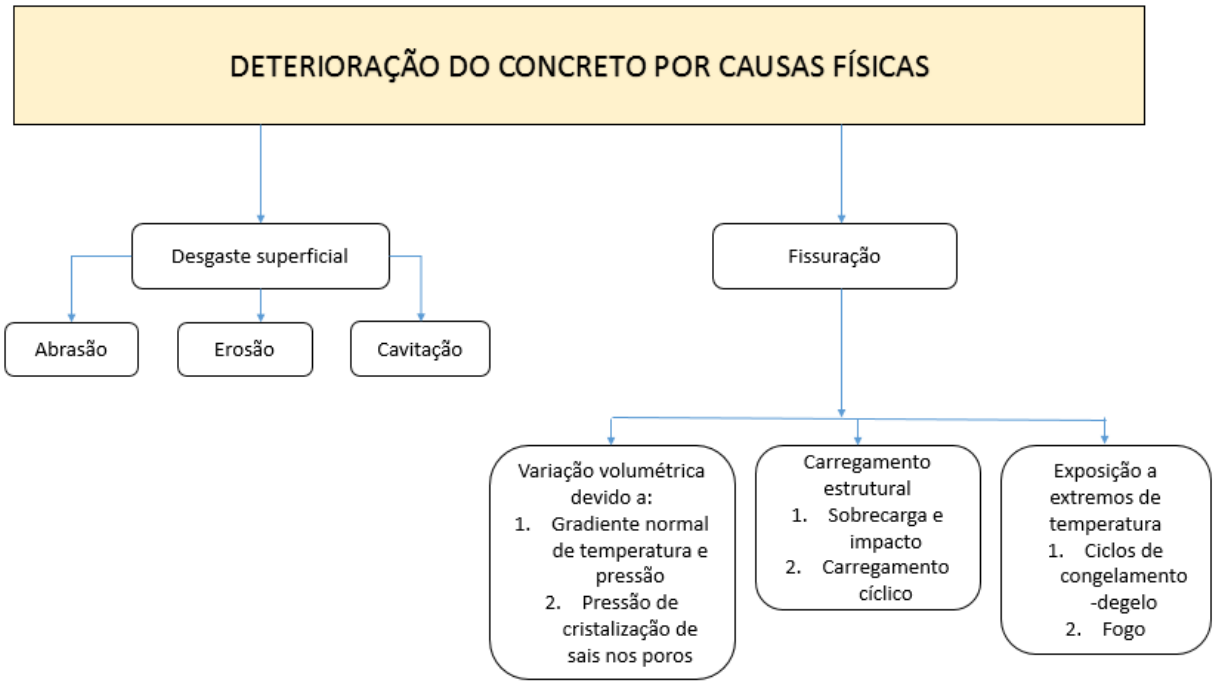


Figura 9 - Causas físicas da deterioração do concreto. Fonte: Mehta e Monteiro, 2014

Já as causas químicas foram agrupadas em três categorias: hidrólise de componentes da pasta por água mole, reações de troca catiônica entre fluidos agressivos e a pasta de cimento e reações químicas levando à formação de produtos expansivos, conforme a Figura 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

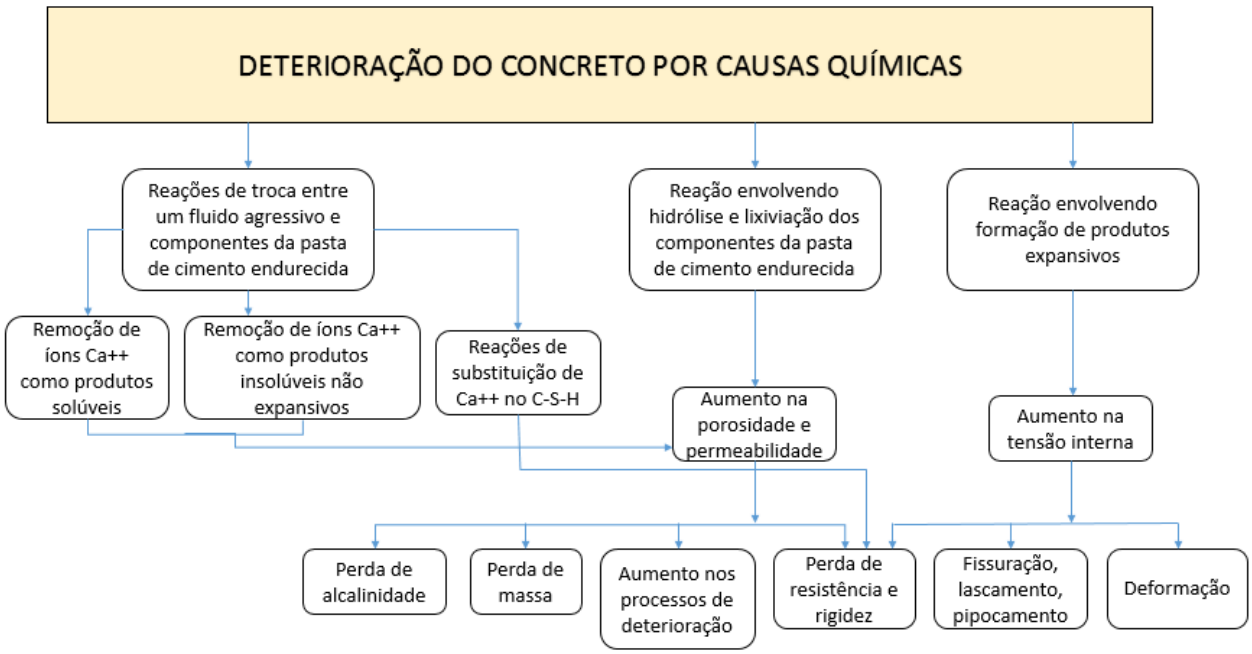


Figura 10 - Causas químicas da deterioração do concreto. Fonte: Mehta e Monteiro, 2014

A deterioração do concreto por reações químicas ocorre em ambientes altamente agressivos, excetuando-se as reações envolvendo formação de produtos expansivos, onde os agentes deterioradores estão presentes dentro da pasta de cimento. Segundo Mehta e Monteiro (2014), “qualquer ambiente com pH menor que 12,5 pode ser considerado agressivo, porque uma redução da alcalinidade da solução dos poros poderá levar à desestabilização dos produtos de hidratação dos materiais cimentícios”.

Ambientes agressivos são caracterizados pela presença de íons de gás carbônico, sulfatos e cloretos. Estes íons têm a capacidade de neutralizar a alcalinidade do concreto, gerando danos que podem ser identificados pelo ataque dos sulfatos, ataque dos cloretos e carbonatação. Quanto as reações envolvendo hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento, destaca-se a eflorescência e quanto as reações envolvendo formação de produtos expansivos, serão expostas a corrosão de armaduras, hidratação da cal livre e reação álcali-agregado, além do ataque por sulfatos já citado anteriormente.

3.1 Deterioração do concreto por causas físicas

3.1.1 - Desgaste superficial

Uma das causas físicas de deterioração do concreto é o desgaste superficial. Ele pode ocorrer por abrasão, erosão ou cavitação. O desgaste abrasivo é a perda de massa devido ao atrito ocasionado pela passagem de corpos rígidos sobre a superfície de concreto, como em estacionamentos de piso de concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O desgaste erosivo é caracterizado pela ação de água corrente, chuvas, ventos e outros agentes geológicos. Ele é frequentemente observado em vigas de platibanda, laje de coberta e outros elementos com superfícies expostas às intempéries. Já a deterioração por cavitação é menos observada em edificações, exceto na existência de tubulação de esgoto em concreto pré-moldado, pois a cavitação é um fenômeno de implosão de bolhas de vapor formadas num líquido pela redução da pressão total durante seu movimento.

3.1.2 - Variação de temperatura e umidade

A variação de temperatura é uma ação física que atua sobre a estrutura provocando um gradiente térmico que gera tensões internas de dilatação, para aumento de temperatura, ou contração, para redução da temperatura. Essas tensões internas provocam fissuras na estrutura, facilitando a entrada de agentes externos (THOMAZ, 1989). Um dos exemplos disso, ocorre quando vigas de concreto se dilatam, provocando fissuras nos pilares a que são ligadas, conforme mostrado na Figura 3.

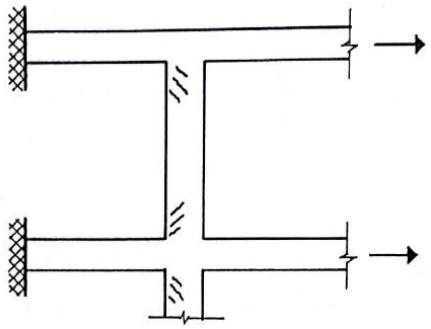


Figura 11 - Pilar fissurado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado. Fonte: Thomaz, 1989

Os materiais reagem de formas diferentes à movimentação térmica dependendo do seu coeficiente de dilatação linear, apresentados na Tabela 1. Para materiais com diferentes coeficientes, deve-se atentar a sua junção para garantir que sua deformabilidade não afete aos outros elementos estruturais. Sabe-se que aço e concreto tem coeficientes semelhantes, permitindo a existência do concreto armado como um só elemento que se deforma igualmente. Porém, a diferença do coeficiente desses materiais com o do tijolo cerâmico revela a necessidade de uma junta de dilatação nas interfaces entre os dois.

Tabela 1 – Coeficientes de dilatação térmica de materiais de construção civil. Fonte: Thomaz, 1989

Material	Coeficiente de dilatação térmica (10^{-6} ºC)
Aço	10 – 13
Concreto	10 – 13
Madeira (direção das fibras)	4 – 6
Tijolo cerâmico	5 – 8

ISBN: 978-85-65425-32-2

Por exemplo, em edificações é comum a junção da estrutura de concreto com elementos de vedação de tijolo cerâmico. Na região de Fortaleza, as edificações são submetidas a temperaturas altas que provocam uma maior dilatação da estrutura em comparação a alvenaria. Para que a deformação da estrutura não a afete, geralmente é utilizada uma argamassa flexível na junção entre os dois componentes.

Assim como a variação da temperatura, a da umidade tem impacto sobre as estruturas de concreto. O inchamento de componentes conectados rigidamente a estrutura e consequente aumento de volume pode resultar em esforços solicitantes nos elementos maiores que os resistentes, gerando fissuras ou trincas (THOMAZ, 1989). A deficiência na impermeabilização também pode ser um meio para entrada de umidade nas estruturas, ocasionando danos ao elemento de concreto.

3.1.3 - Carregamento estrutural

As fissuras também podem ser ocasionadas pelo carregamento estrutural, sendo decorrentes da atuação de sobrecargas, impacto ou carregamento cíclico. Esse fenômeno pode ser decorrente da não consideração da ação de alguma carga no cálculo estrutural, a má utilização da estrutura com o acréscimo de cargas atuando sobre ela ou o detalhamento insuficiente de armaduras.

A atuação de sobrecargas solicita a estrutura gerando esforços mecânicos que dependerão do ponto de atuação da força. Numa laje solicitada à flexão, podem existir fissuras tanto na face superior quanto na face inferior. Quando as fissuras aparecem paralelamente aos lados e na face superior da laje, indica a insuficiência de armadura para combater os momentos negativos. Quando há insuficiência de armaduras para combater os momentos positivos, surgem fissuras na face inferior da laje, como exemplificado na Figura 4. (SOUZA; RIPPER, 1998).

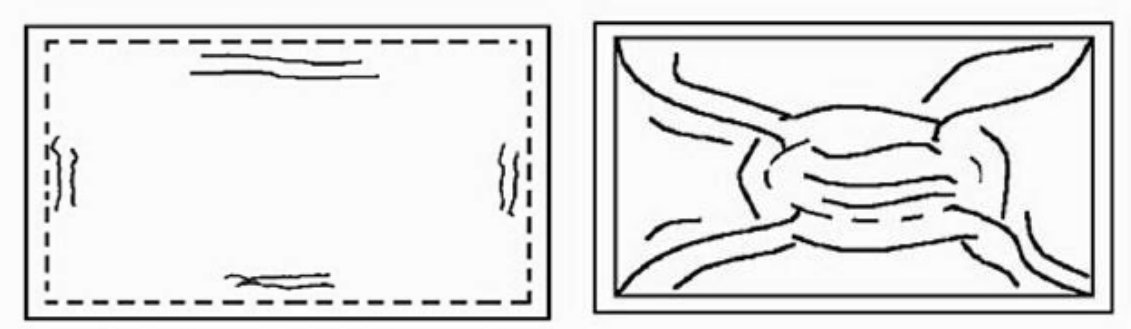


Figura 12 - Fissuras na face superior e inferior de laje solicitada a flexão. Fonte: Souza e Ripper, 1998

Em vigas submetidas à tração, as fissuras caracterizam-se por serem verticais e perpendiculares a atuação do esforço (Figura 5a). Quando a viga está submetida ao esforço cortante e tem insuficiência de armaduras para combatê-lo, diz que a configuração das fissuras é inclinada a aproximadamente 45º e geralmente próximas às regiões de apoio (Figura 5b). A atuação da torção na viga é caracterizada pelo aparecimento de fissuras inclinadas a aproximadamente 45º e que aparecem nas duas superfícies laterais da viga,

ISBN: 978-85-65425-32-2

como apresentado na Figura 5c. (SOUZA; RIPPER, 1998). Esse tipo de fissura raramente aparece, mas pode aparecer principalmente em vigas de borda. As fissuras em vigas devido a insuficiência de armaduras para combate à flexão são os tipos de fissuras mais recorrentes em estruturas de concreto armado. Segundo Thomaz (1989), são praticamente verticais no terço médio do vão e apresentam aberturas maiores em direção à face inferior da viga onde estão as fibras mais tracionadas. Junto aos apoios as fissuras inclinam-se aproximadamente a 45º com a horizontal, devido à influência dos esforços cortantes. (Figura 5d).

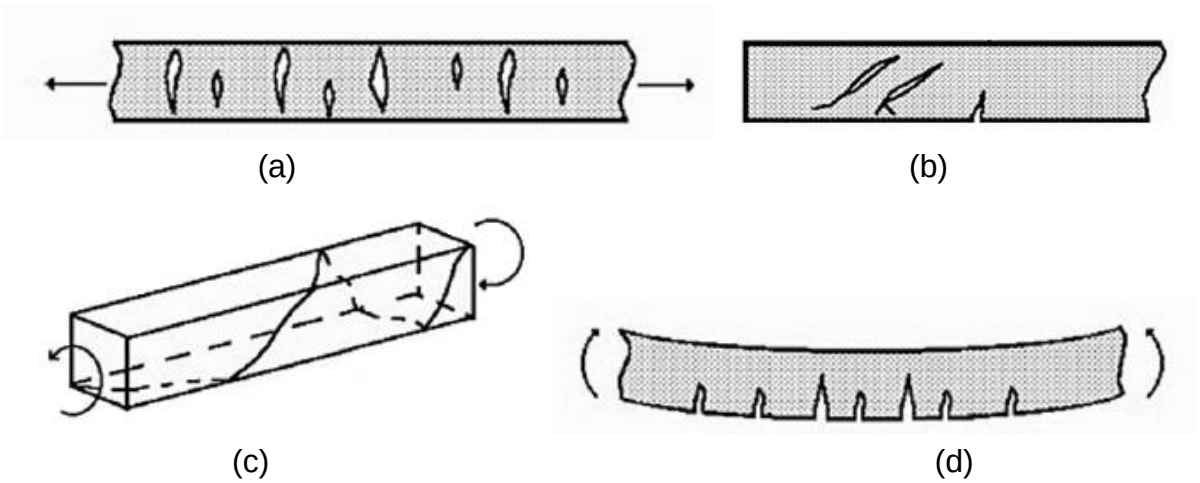


Figura 13 – Diferentes tipos de fissuras em vigas conforme a solicitação mecânica: (a) Esforço de tração. (b) Esforço de cisalhamento. (c) Esforço de torção. (d) Esforço de flexão. Fonte: Souza e Ripper, 1998

Nos pilares, podem ocorrer fissuras devido a insuficiência de armaduras de punção e também de estribos, ocasionando fissuras características a cada tipo de solicitação mecânica. Na punção, as fissuras aparecem em forma de “mapa” e localizam-se na laje, ao redor do pilar (Figura 6a). Já na falta de resistência ao esforço cortante, aparecem fissuras verticais nos pontos críticos, fenômeno mostrado na Figura 6b. (SOUZA; RIPPER, 1998).

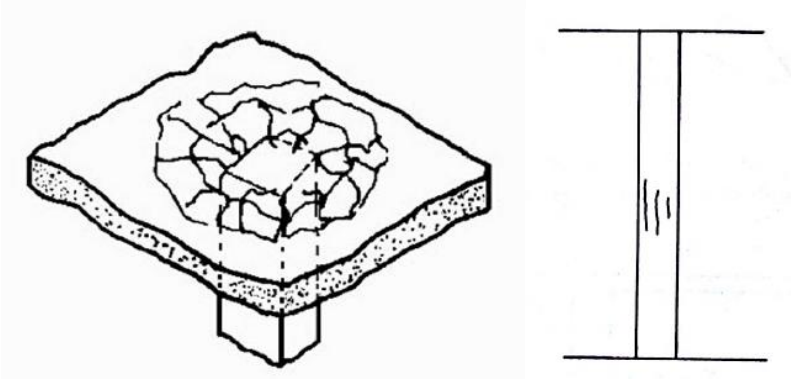


Figura 14 - Fissuras ocasionadas por sobrecarga estrutural no pilar: (a) Puncionamento do pilar. Fonte: Souza e Ripper, 1998. (b) Efeito do cisalhamento. Fonte: Thomaz, 1989

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.1.4 - Exposição ao fogo

O engenheiro também deve analisar se a causa da fissuração foi decorrente de exposição a um extremo de temperatura, sendo congelamento ou fogo. Na nossa região, é improvável que ocorra congelamento do elemento estrutural devido ao clima tipicamente tropical de Fortaleza. Contudo, há casos de concreto exposto ao frio extremo, como no piso de câmara frigorífica. Para identificação de danos decorrentes de exposição ao fogo, deve-se analisar se houve algum incêndio na edificação, que possa ter gerado fissuras ou desplacamento. A figura 7 mostra o surgimento de grandes flechas ocasionadas pelo incêndio numa laje.

Figura 15 - Surgimento de grande flecha na laje devido a ação do fogo. Fonte: Cabral, 2016

O fogo age no concreto diminuindo a sua resistência e a do aço. A perda da resistência se dá pela perda de água da pasta de cimento do concreto e também pela decomposição do agregado, mas conforme Mehta e Monteiro (2014), diferentemente do aço, quando submetido a altas temperaturas, o concreto é capaz de conservar resistência suficiente por períodos razoáveis, permitindo operações de resgate com redução de risco de colapso estrutural.

3.2 Deterioração do concreto por causas químicas

3.2.1 - Eflorescência

A eflorescência é um fenômeno ocasionado pela hidrólise do hidróxido de cálcio presente na pasta de cimento. A hidrólise ocorre devido ao contato de água com o elemento estrutural, seja água corrente ou por pressão, gerando a dissolução do cálcio presente e posterior eliminação por lixiviação. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Ela é caracterizada por uma camada esbranquiçada sobre a superfície de concreto, que é composta de carbonato de cálcio gerado pela reação dos íons cálcio com o gás carbônico presente no ar. Essa reação está mostrada na Equação 1.

$$CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)} \quad (1)$$

ISBN: 978-85-65425-32-2

A Figura 8 mostra um exemplo de ocorrência de eflorescência em lajes de concreto armado.

Figura 16 - Vista de laje térrea com eflorescência devido ao processo de lixiviação ocasionado por falha de impermeabilização. Fonte: Alves, 2009

3.2.2 - Carbonatação

A carbonatação é um processo químico que neutraliza a alcalinidade do concreto. Este processo reduz o pH do concreto e é perigoso, pois a alcalinidade é responsável pela proteção das armaduras do concreto armado contra a corrosão, logo esta modificação propicia o início da oxidação das armaduras.

Ambientes como as grandes cidades são facilitadores do processo de carbonatação por conterem grande concentração de gás carbônico no seu meio. A existência de fissuras e desagregação do concreto também facilita esse processo por aumentar a permeabilidade do elemento estrutural e permitir a entrada de mais gás carbônico.

A carbonatação pode ser medida com o uso de indicadores de pH. Os mais utilizados são fenolftaleína, timolftaleína e amarelo de alizarina. Esses indicadores mudam de cor em determinada faixa de pH e com isso, pode-se identificar pela cor se o meio é ácido ou básico. A faixa de pH para mudança de cor da fenolftaleína é de 8,3 – 10, da timolftaleína é 9,3 – 10,5 e do amarelo de alizarina é de 10,1 – 12. (CABRAL, 2016).

Para a medida da profundidade de carbonatação, deve-se quebrar o elemento estrutural e aplicar um dos indicadores de pH. Após a reação, mede-se a profundidade de carbonatação com o uso de um paquímetro para analisar se ela já está afetando as armaduras. No caso da fenolftaleína, solução comumente usada, a mudança de cor da solução rosada para transparente indica a mudança do pH alcalino. (Figura 9).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 17 – Demonstração da carbonatação num corpo-de-prova de concreto com fenolftaleína. Fonte: Cabral, 2016

3.2.3 - Ataque por cloretos

Os cloretos podem entrar em contato com as estruturas de concreto pela impureza de agregados e da água, pelo ambiente marítimo e em processos industriais. O contato de íons cloreto com os elementos estruturais é altamente prejudicial, pois eles atacam o aço das armaduras, dando início ao processo de corrosão e esse processo continua até que todo o ferro do aço seja consumido e transformado em ferrugem. As equações 2 e 3 mostram as reações químicas que acontecem no processo de corrosão do aço.

$$Fe^{3+} + 3Cl^{-} \rightarrow FeCl_3 \quad (2)$$

$$FeCl_3 + 3OH^{-} \rightarrow 3Cl^{-} + Fe(OH)_3 \quad (3)$$

A NBR 12655:2015 *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento* determina o teor máximo de íons cloreto sobre a massa de cimento dependendo da classe de agressividade ambiental. Deve-se também controlar a temperatura a qual o concreto é submetido e a umidade, pois ambos são agravantes das reações do Cl^-.

Segundo Canovas (1988), para determinar a presença de íons cloro na superfície de concreto, basta passar solução de nitrato de prata a 1% sobre um pedaço de concreto recém extraído. Caso a superfície torne-se branca, é indício de que há presença de cloro na estrutura, como mostrado na Figura 10.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 18 - Aspersão de nitrato de prata sobre elemento de concreto com indicativo de presença de íons cloro. Fonte: Obra em Fortaleza, 2016

3.2.4 - Ataque por sulfatos

O ataque por sulfato nas estruturas de concreto ocorre por alterações na composição dos materiais componentes e pelo contato das estruturas com ambientes ricos em sulfatos, como a água de esgoto e o mangue que tem grande quantidade de matéria orgânica. Nesses ambientes, acontece a liberação de gás sulfídrico (H_2S) que se modifica e libera o íon sulfato pela ação bacteriana. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Ele pode se manifestar com fissuração, expansão, diminuição de resistência e perda de massa devido à perda de coesão dos produtos da pasta de cimento. A intensidade de manifestação dessas características depende da concentração de sulfato que aja na estrutura e também da composição da pasta de cimento.

O sulfato diminui a alcalinidade do concreto devido a sua natureza ácida, possibilitando a corrosão das armaduras inseridas no concreto armado. Ele está presente na constituição do cimento por meio da decomposição da gipsita, matéria-prima do gesso, utilizada na composição do cimento principalmente para regular o tempo de pega do concreto. A reação química que representa essa decomposição está apresentada na Equação 4.

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \underset{\Delta}{\rightarrow} CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O \quad (4)$$

Para impedir a alteração química dos materiais componentes tornou-se necessário limitar a quantidade de sulfatos presentes na mistura. A NBR 11578:1991 *Cimento Portland Composto* estabelece as exigências químicas para evitar a redução do pH básico do concreto e limita o valor da porcentagem em massa do trióxido de enxofre (SO_3) em 4,0 % para todos os tipos de cimentos compostos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quando a fonte de íons sulfatos é interna e o elemento estrutural atinge uma alta temperatura no seu processo de cura, pode ocorrer um tipo de ataque químico específico devido a formação de etringita tardia. No estágio de hidratação do cimento, o aluminato tricálcico, um constituinte normal dos cimentos, pode reagir com sulfatos em solução formando um composto denominado sulfoaluminato tricálcico ou etringita, sendo que essa reação é acompanhada de grande expansão, conformo apresentado na Equação 5. (THOMAZ, 1989).

$$SO_4^{2-} + 3CaO \cdot Al_2O_3 \rightarrow C_6A\bar{S}H_{32} \quad (5)$$

Esses cristais formados são posteriormente transformados por monossulfatos, o problema é quando eles ocorrem tardiamente por erro na composição do cimento, pois eles aumentam o seu volume, causando tensões internas que geram fissuras e facilitam a entrada de agentes externos. (Figura 11).

Figura 19 - Fissuras em elemento estrutural atingido por etringita tardia. Fonte: Torres, 2010

Outro problema causado por esse tipo de ataque é a reação do sulfato com o silicato de cálcio hidratado, cristal responsável pela resistência do concreto, resultando em outro cristal chamado de taumasite, mas que não tem resistência estrutural. (CABRAL, 2016).

Além de obedecer ao teor máximo de sulfatos estabelecido em norma citado anteriormente e evitar o ataque por agentes externos, deve-se controlar a temperatura do concreto na execução de um elemento estrutural, pois o aumento da temperatura atua como catalisador das reações com o sulfato, acelerando o seu processo de degradação. Segundo Mehta e Monteiro (2014), a temperatura máxima que a massa de concreto pode atingir para evitar a formação da etringita tardia é de 65ºC.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2.5 Corrosão da armadura

A corrosão de armaduras é um processo crítico para a estrutura de concreto armado, pois envolve a perda de sua capacidade resistente. Ela consiste na transformação do ferro presente no aço em ferrugem, composto com volume maior que o original, pela reação com oxigênio, como exposto na Equação 6. Segundo Mehta e Monteiro (2014), o aumento de volume pode ser da ordem de 600% em relação ao metal original.

$$Fe + \frac{1}{2}O_2 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 \quad (6)$$

O cobrimento das armaduras no concreto armado existe para evitar o contato do aço com o oxigênio presente no ar e também para que a alcalinidade do concreto forme uma camada de proteção para o aço. Isso evita as reações que desencadeiam a corrosão. Porém, quando o concreto tem fissuras que possibilitem a entrada de agentes externos, o aço perde a sua superfície protetora, sendo iniciado o processo de corrosão. Em elementos estruturais com alto grau de carbonatação e umidade relativa em torno de 85% (caso de Fortaleza) o risco de corrosão é agravado. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A presença de íons cloreto na pasta de cimento também propicia o risco de corrosão da armadura, pois ela diminui o pH do concreto e destrói a passividade do aço. Isto pode ocorrer pela adição de cloreto de cálcio como aditivo acelerador de pega, prática hoje proibida pela NBR 12655:2015. A presença de água na estrutura de concreto é outro fator que pode provocar a corrosão de armaduras. O concreto úmido gera uma célula galvânica caracterizada por um processo eletrolítico. De acordo com Canovas (1988),

> "A corrosão de armaduras nas estruturas de concreto é decorrente, preponderantemente, de processos eletroquímicos, característicos de corrosão em meio úmido, intensificando-se com a presença de elementos agressivos e com o aumento das heterogeneidades da estrutura, tais como: aeração diferencial da peça, variações na espessura do cobrimento do concreto e heterogeneidades do aço ou mesmo das tensões a que está submetido. "

A corrosão é maior em ambientes agressivos, como os marinhos, rico em íons cloro, e também meios com grande quantidade de gás carbônico e enxofre, que propiciam o início da corrosão da armadura, tendo sua maior propagação com o aumento do contato com o oxigênio, a temperatura e a umidade relativa.

Essa anomalia pode se manifestar por manchas, expansão do aço, fissuras características ao longo da barra de aço corroída e lascamento do concreto de cobrimento. Além disso, o elemento estrutural sofre danos devido a perda da aderência do aço com o concreto e perda de área de seção transversal da barra. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O dano causado pela corrosão deve ser avaliado pelo engenheiro, considerando-se que toda a ferrugem deverá ser eliminada e observando a área de seção transversal de aço que

ISBN: 978-85-65425-32-2

ainda tenha sua capacidade resistente preservada para que possa ser feito o diagnóstico e recomendação de reparo, visando recuperar o elemento estrutural. Na Figura 12 é apresentado um exemplo de corrosão de armadura.

Figura 20 - Viga com corrosão da armadura. Fonte: Autor do texto, 2016

3.2.6 - Hidratação da cal livre

A hidratação da cal livre é causada por alteração química do material e gera fissuras por retração nas estruturas de concreto. A cal livre encontra-se presente na composição do concreto por meio da decomposição do carbonato de cálcio, conforme apresentado na Equação 7.

$$CaCO_3 \underset{\Delta}{\rightarrow} CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)} \quad (7)$$

$$CaO_{(s)} + H_2O \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} \quad (8)$$

O óxido de cálcio absorve a água presente para hidratar-se, formando o hidróxido de cálcio, $Ca(OH)_2$, mais conhecido como cal hidratada, como mostrado na Equação 8. Essa reação aumenta em quase o dobro o seu volume. (THOMAZ, 1989).

Para evitar o excesso de cal livre no cimento, a NBR 11578:1991 *Cimento Portland composto* estabelece as exigências físicas com o valor em mm da expansibilidade a quente e a frio da pasta de cimento.

A NBR 11582:2016 *Cimento Portland – Determinação da expansibilidade de Le Chatelier* estabelece o procedimento de ensaio para averiguação da expansibilidade a quente e a frio da pasta de cimento em relação aos teores de óxido, estabelecendo o valor limite para a expansibilidade tanto a quente quanto a frio de 5 mm para todas as classes de cimento e também para os tipos de cimentos compostos.

3.2.7 - Reação álcali-agregado

As reações álcali-agregados acontecem entre os componentes alcalinos típicos do concreto e componentes mineralógicos presentes nos agregados, como a sílica, presente em opala e trimidita, o silicato, presente em feldspato, quartzito e gnaisse, e também o carbonato

ISBN: 978-85-65425-32-2

presente no agregado calcário-dolomítico, quando há alterações químicas nos materiais componentes.

Elas são interações químicas que formam um gel expansivo. Essa reação expansiva provoca tensões internas na estrutura e consequente fissuração do elemento. Outras manifestações do fenômeno são lascamento e exsudação de um fluido viscoso sílico-alcalino. No concreto massa, a RAA gera fissuras em forma de “mapa”, de acordo com a Figura 13. Já no concreto armado, observa-se a formação de fissuras paralelas as barras da armadura. (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Figura 21 - Fissuras ocasionadas pela reação álcali-agregado em laje de concreto. Fonte: Mehta e Monteiro, 2014

A NBR 15577-1:2008 Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto traz os requisitos necessários para o uso de agregados, visando evitar reações expansivas deletérias, assim como os ensaios para verificação dos requisitos. Esta norma não contempla as reações álcali-carbonato, sendo aplicável somente as reações álcali-sílica e álcali-silicato.

Para analisar o acontecimento de RAA na estrutura, o Engenheiro pode investigar a conformidade de execução em relação a NBR 15577-1:2008, verificando o risco do agregado utilizado na mistura do concreto e levando em consideração a condição de exposição do elemento de concreto ao ambiente e suas dimensões. Caso seja possível, também deve-se avaliar o histórico do agregado para verificar se ele já provocou RAA em situações anteriores e a sua reatividade. Após essa análise é possível verificar se houve a execução de ação preventiva no caso de agregados potencialmente reativos, que são as medidas de mitigação recomendadas em norma. Não havendo condições de realização de ensaios, o profissional pode basear o seu diagnóstico apenas na análise visual da manifestação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2.8 - Ataque em ambientes marítimos

Fortaleza é uma cidade predominantemente litorânea. Como o turismo é uma das atividades econômicas fortes na capital, a maior parte dos seus edifícios encontram-se próximos à praia. Devido a isso, o ataque no ambiente marítimo é uma das causas correntes de aparecimento de manifestações patológicas nas estruturas de concreto da capital.

O ar próximo ao mar é composto de grande quantidade de sais e uma umidade relativa alta. Ele penetra na estrutura de concreto destruindo o cimento e pode-se observar esse efeito em elementos estruturais distantes até 5 km da água do mar. (CANOVAS, 1988)

Segundo Canovas (1988), as águas salinas destroem a estrutura de concreto por dissolução ou por transformação dos componentes de cimento em sais solúveis que são eliminados por lixiviação. O efeito da água do mar e da maresia levada pelo vento provoca vários processos químicos de deterioração simultaneamente. Podem ocorrer fissuração devido aos gradientes de umidade e temperatura, reações álcali-agregado, ataques por sulfato, cloretos, íons de magnésio e gás carbônico, além de corrosão das armaduras, fenômenos já explicados anteriormente.

Para substâncias expostas a maré, ainda ocorre a abrasão física devido a ação das ondas. A oscilação da altura da maré também provoca danos, pois quando a maré está alta, a estrutura de concreto fica saturada, aumentando a concentração de sais nos poros, e quando a maré baixa, ocorre cristalização de sais nos poros da superfície. Esse ciclo de saturação e ressecamento provoca uma série de aumentos de volume e retrações, originando tensões internas no concreto que podem levar a sua destruição.

Além das manifestações patológicas provocadas pelos fenômenos químicos citados, uma das principais manifestações do elemento de concreto que sofreu ataque da maresia é a sua desagregação, onde o concreto perde seu aglomerante, deixando os agregados a mostra e sem a coesão que a pasta de cimento proporciona. A Figura 14 apresenta uma estrutura de concreto danificada pelo ambiente agressivo e pelas marés.

Figura 22 - Estrutura de concreto danificada devido ao ataque em ambiente marítimo. Fonte: Módulo Engenharia, 2004

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Conclusão

O trabalho apresentado possibilita a identificação e classificação das anomalias ou falhas encontradas no edifício e fornece o conhecimento básico que o engenheiro precisa ter de quais os sintomas e causas possíveis de ocorrer, para que ele possa analisar o risco oferecido aos usuários como mínimo, médio ou crítico.

Junto com a documentação da edificação, para que se tenha conhecimento da arquitetura, estrutura e instalações utilizadas na construção do edifício, e obedecendo a legislação vigente recomendada pela Norma de Inspeção Predial do IBAPE, será possível a análise do estado geral da edificação.

Após a análise, o profissional estará apto a especificar os pontos sujeitos à manutenção preventiva ou corretiva e os seus prazos de execução, considerando que problemas na estrutura geralmente são críticos e merecem atenção especial com correção em tempo curto, visto que fissuras, trincas e desplacamentos deixam o concreto suscetível ao aparecimento de novas manifestações patológicas ocasionadas por outros fatores físicos ou químicos, que só agravam o problema, tornando a solução mais cara.

O guia também oferece suporte aos engenheiros para a avaliação da estrutura das edificações quanto à estabilidade e segurança estrutural por meio de descrição dos sintomas de uma estrutura doente e da sua caracterização por meio de imagens que exemplificam as possíveis manifestações patológicas. Com ele, o engenheiro pode realizar uma análise visual que possibilitará a correta identificação do problema, e caso seja necessário, ele também pode se utilizar de equipamentos para a realização de ensaios para medir a resistência e a dureza superficial do concreto, como o ultrassom e o ensaio de esclerometria, elaborando assim o laudo de vistoria técnica.

Este trabalho tem grande importância no meio técnico, visto que traz uma análise qualitativa decorrente de pesquisas bibliográficas e documentais, facilitando o trabalho dos engenheiros na execução de vistorias técnicas nas edificações, porém uma edificação não é composta só de estruturas de concreto, tendo em sua composição também outros equipamentos e instalações. Por isso, recomenda-se como trabalho futuro a continuação deste guia, incluindo manuais de inspeção predial aplicados às fundações, aos revestimentos, instalações elétricas e hidrossanitárias, instalações de gás e de combate ao incêndio e aos demais equipamentos componentes das edificações, para que os engenheiros habilitados a executar esse serviço possam ter mais guias para a melhor execução da vistoria.

Referências Bibliográficas

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

_____. NBR 11578: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

_____. NBR 11582: Cimento Portland — Determinação da expansibilidade de Le Chatelier. Rio de Janeiro, 2016. 4 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015. 23 p.

_____. NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014. 16 p.

_____. NBR 15577-1: Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro, 2018. 11 p.

ALVES, J. R. Levantamento das manifestações patológicas em estruturas e fundações nas edificações, com até dez anos de idade, executadas no estado de Goiás. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

CABRAL, A. E. B. Notas de aula da disciplina Patologia e Recuperação de Estruturas de Concreto. Universidade Federal do Ceará. Curso de Engenharia Civil. 2016.

CANOVAS, M. F. Patologia e terapia do concreto armado. 1 ed. São Paulo: Pini, 1988.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M.; LIMA, N. A. Acidentes estruturais na construção civil. vol 1. 1 ed. São Paulo: Pini, 1996.

FORTALEZA. Lei nº 9.913 de 16 de julho de 2012. Dispõe sobre a obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados no âmbito do Município de Fortaleza e dá outras providências. Diário Oficial do Município.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Incêndio atinge churrascaria no bairro Edson Queiroz. O Povo, Fortaleza, 24 março 2016c. Disponível em: <http://www.opovo.com.br/app/fortaleza/2016/03/24/noticiafortaleza, 3593391/incendio-atinge-churrascaria-no-bairro-edson-queiroz.shtml>. Acesso em: 06 julho 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. Norma de inspeção predial nacional. São Paulo, 2012. 17 p.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2.ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MÓDULO ENGENHARIA LTDA. Relatório técnico de estrutura de concreto. Fortaleza, 2004.

Parte do prédio de faculdade desaba em Fortaleza. O Povo, Fortaleza, 21 janeiro 2016a. Disponível em: <http://www.opovo.com.br/app/fortaleza/2016/01/21/noticiafortaleza, 3564747/parte-do-predio-de-faculdade-desaba-em-fortaleza.shtml>. Acesso em: 06 julho 2017.

Parte de banheiro de um prédio no bairro Guararapes desaba. O Povo, Fortaleza, 20 fevereiro 2016b. Disponível em: <http://www.opovo.com.br/app/fortaleza/2016/02/20/ noticiafortaleza,3577908/parte-de-banheiro-de-um-predio-no-bairro-guararapes-desaba.shtml>. Acesso em: 06 julho 2017.

PUJADAS, F. Z. A.; KALIL, M. L. Maioria de acidentes prediais é causada por falha de manutenção. Construção Mercado, São Paulo, ed. 96, jul. 2009. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/96/artigo281840-1.aspx.>. Acesso em: 07 agosto 2017.

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

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. 1 ed. São Paulo: Pini, 1989.

TORRES, J. R. Relatório técnico de estrutura de concreto. Fortaleza, 2010.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIAS EM BLOCOS CERÂMICOS

Evaluation Of The Formation Of Efflorescence In Ceramic Blocks

Raquel IBIAPINO[1], **Walter** BRITO[2], **Iracira** RIBEIRO[3]
[1] IFPB, Monteiro, Brasil, raquel.ssu@gmail.com
[2] IFPB, Monteiro, Brasil, walterneves07@gmail.com
[3] IFPB, Monteiro, Brasil, iracira@hotmail.com

Resumo: Os sais existentes no solo e nas águas e, consequentemente nos blocos cerâmicos podem afetar as alvenarias e concretos, surgindo na região interior ou exterior das edificações, o que se denomina, eflorescências, ocasionando problemas estéticos e até estruturais, dependendo da intensidade de ocorrência e localização. Este estudo objetiva analisar a presença de sais em alguns blocos cerâmicos recolhidos na região em torno da cidade de Monteiro – PB, através da realização em laboratório do ensaio de eflorescência seguindo a norma da ASTM C 67 (2013). Como também investigar os tipos de sais por meio de análise de alguns parâmetros físico-químicos. Com base nas análises realizadas identificou-se a existência de manchas consideráveis de eflorescências em todas as amostras, bem como a presença de cloretos, magnésio, cálcio, potássio, bicarbonatos e sulfatos que podem agredir os blocos cerâmicos, contribuindo com a formação de eflorescências.

Palavras-chave: Patologia, umidade, sais, tijolos.

Abstract: The salts present in the soil and water, and consequently in the ceramic blocks can affect the masonry and concrete, appearing in the interior or exterior of the buildings, which is called, efflorescences, causing aesthetic and even structural problems depending on the intensity of occurrence and location. This study aims to analyze the presence of salts in some ceramic blocks collected in the region around the city of Monteiro - PB, through the laboratory test of the efflorescence test of ASTM C 67 (2013). As also investigate the types of salts through analysis of some physicochemical parameters. Based on the analyzes carried out, it was possible to identify the presence of significant bloom spots in all samples, as well as the presence of chlorides, magnesium, calcium, potassium, bicarbonates and sulfates that can attack the ceramic blocks, contributing to the formation of efflorescence.

Keywords: Pathology, humidity, salts, bricks.

1. Introdução

A construção civil a cada dia aperfeiçoa os seus métodos construtivos e materiais utilizados, levando em consideração a viabilidade econômica e ambiental e priorizando a durabilidade e desempenho das edificações. Mas mesmo assim ainda surgem as manifestações patológicas, em especial, as eflorescências, que dependendo do local onde ocorram não

ISBN: 978-85-65425-32-2

afetam a estrutura da edificação, mas podem ocasionar condições de insalubridade e consequente desconforto. É considerada também, como um problema estético e que, além disso, pode acelerar a deterioração dos materiais constituintes do sistema construtivo e afetar a estrutura da edificação, acarretando sérios problemas.

As eflorescências são formações de depósitos salinos na superfície dos revestimentos, alvenarias, concretos e argamassas, como resultado da sua exposição à água. Há casos em que os sais constituintes podem ser agressivos e causar degradação profunda. A modificação no aspecto visual pode ser intensa, onde há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre as quais se deposita. Para a ocorrência da eflorescência devem existir, concomitantemente, sais solúveis nos materiais ou componentes; presença de água; pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície e possibilidade de evaporação (FERNANDES, 2010).

Segundo Ferreira e Bergmann (2011), evitar as eflorescências esbarra na impossibilidade física de realizar a total eliminação de sais solúveis quando presentes no corpo cerâmico, mesmo tendo conhecimento que os danos causados pelos sais solúveis venham sendo investigados há muito tempo, os mecanismos e fatores que controlam a formação de cristais em meios porosos e o desenvolvimento do dano não são ainda compreendidos em sua totalidade.

Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água), sendo que pela ação da água de chuva ou do solo estes sais são dissolvidos e migram para a superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos (GRANATO, 2002).

Os blocos cerâmicos são amplamente utilizados na construção civil, apresentando vulnerabilidade às ações de agentes internos e externos, como por exemplo, os sais presentes no solo e na água, que podem ocasionar o surgimento de manchas esbranquiçadas, chamadas de eflorescências. Caracteriza-se pelo surgimento de formações salinas sobre algumas superfícies, podendo ter caráter empoeirado ou ter forma de crostas duras e insolúveis em água, sendo que na maioria dos casos, o fenômeno é visível com aspecto desagrável, mas pode ocorrer também no interior dos corpos, imediatamente abaixo da superfíciel (GONZAGA *et al*, 2016).

As eflorescências são depósitos salinos que se formam nas argilas e tijolos crus, as quais se formam em cru pela intervenção da água como agente mobilizador dos sais e podem se consolidar e se tornarem permanente por cozimento a temperaturas elevadas. São defeitos dos tijolos que se originam durante a sua fabricação e que permanecem depois praticamente inalterados durante toda sua vida, sendo, portanto caracterizadas como anomalias permanentes da constituição superficial dos tijolos (VERDUCH e SOLANA, 2000).

De acordo com Souza (2008) a eflorescência é originada por três fatores, que possuem o mesmo grau de importância, que são o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática, que fazem com que a migração da solução ocorra, indo para a superfície, sendo necessária a coexistência dos três fatores para que ocorra a eflorescência. Alguns fatores externos também poderão ajudar na

ISBN: 978-85-65425-32-2

ocorrência deste tipo de manifestação patológica, são eles: a quantidade de solução que irá aflorar; o aumento do tempo de contato que atua na solubilização de maior teor de sais, a elevação de temperatura, a qual aumenta a velocidade de evaporação e gera um favorecimento na solubilização dos sais e fechando, a porosidade dos elementos, permitindo que esta migração da solução para a superfície ocorra.

Segundo Menezes *et al* (2006) as eflorescências podem ser divididas em dois grandes grupos: subflorescências (criptoflorescências) e eflorescências. As subflorescências não são visíveis, pois os depósitos salinos se formaram sob a superfície da peça, sendo que não produz esforços mecânicos importantes. Já nas eflorescências os depósitos salinos se formam na superfície dos produtos cerâmicos, paredes, pisos e tetos e, quando a cristalização de sais ocorre no interior do material, nos poros e rede capilar, podem ser produzidos esforços mecânicos consideráveis.

A água é o fator primordial para que ocorra a eflorescência, considerada como o agente mobilizador dos sais. Em uma edificação, logo que a umidade relativa aumenta os sais dissolvem-se, já quando a umidade relativa baixa os sais cristalizam (GONZAGA *et al*, 2016). As eflorescências causam degradação microestrutural apenas nas zonas próximas a superfície, bem como degradação estética no produto cerâmico, mas os danos na superfície se intensificam quando há um contraste de cor entre os depósitos de sais e a alvenaria, enquanto que as subflorescências podem causar sérios danos à durabilidade e resistência das peças (MENEZES *et al*, 2006).

De acordo com Suassuna (1996), dentre todos os fatores e variáveis responsáveis pela contaminação dos blocos cerâmicos, a qualidade da água utilizada fica em primeiro lugar, como sendo a mais prejudicial, pois há a adição, de forma involuntária do sal, sendo necessária a análise da água utilizada na manufatura do tijolo por meio de ensaios. Pois como afirma Ferreira e Bergmann (2011), à prevenção da ocorrência de eflorescências nos produtos cerâmicos deve começar nos processos de produção, pois é nesse momento que se inicia o aparecimento de sais.

Segundo Hussein (2013), onde há umidade e circulação de água no interior de uma alvenaria, há uma grande probabilidade de aparecimento de salitre, e dependendo do local, o processo pode ser acelerado, provocando fissuras, principalmente nas bases das paredes, sendo que a eflorescência poderá aparecer em qualquer lugar do imóvel que esteja sob a presença de umidade, porém, sua visualização é fácil e seu diagnóstico será mais preciso, devido a suas manchas esbranquiçadas.

Para minimizar a ocorrência de eflorescências, Roscoe (2008) aponta alguns cuidados como: não utilizar materiais e/ou componentes com alto teor de sais solúveis; evitar tijolos com altos teores de sulfatos; molhar os blocos cerâmicos demasiadamente secos, minimizando a absorção da água de amassamento e a reação com o cimento; sempre proteger da chuva a alvenaria recém acabada; evitar entrada de umidade com a ajuda de boa impermeabilização e vedação; usar argamassa mista (cimento:cal:areia) para minimizar a reação com os componentes cerâmicos; usar cimento pozolânico ou de alto forno, que liberam menor teor de cal na hidratação.

A região do Cariri Paraibano apresenta altas concentrações de sais solúveis, o que está relacionado à demanda evaporativa de água característica do semiárido, local de onde são

ISBN: 978-85-65425-32-2

retirados ou fabricados os materiais utilizados na construção civil. É perceptível nas regiões semiáridas, como é o caso do município de Monteiro – PB, a presença de condições climáticas favoráveis a uma elevada salinização do solo, pois o conjunto sais solúveis e ventos contínuos fazem do Nordeste a região com maiores condições para o surgimento de eflorescências e subeflorescências (SILVA, 2011).

Devido às edificações localizadas no município de Monteiro e nas cidades circunvizinhas apresentarem problemas com o aparecimento de eflorescências nas alvenarias então este estudo objetiva avaliar a formação destas em alguns blocos cerâmicos produzidos na região de Monteiro-PB. Através do ensaio de eflorescência será mostrado qualitativamente as manchas de sais e, por meio de análise química será quantificado os sais que eflorescem nos blocos.

2. Materiais e Métodos

Serão realizados o ensaio qualitativo de eflorescência, o ensaio de condutividade elétrica, e análise química, visando identificar o tipo de sal existente no bloco cerâmico.

Para o ensaio de eflorescência foram utilizados dois pares de blocos cerâmicos de oito furos, cada par com características semelhantes, coletados na região adjacente ao município de Monteiro-PB. Um dos blocos de cada par foi submetido ao ensaio e o outro ficou em repouso para posterior comparação, conforme a ASTM C 67 (2013), que permite a visualização de manchas de sais.

O ensaio de eflorescência foi realizado no Laboratório de Construção do próprio *Campus* Monteiro, cujo ambiente estava com temperatura em torno de 28ºC e umidade do ar entre 30% e 70%, livre de correntes de ar, conforme determina a ASTM C 67 (2013).

Inicialmente, os tijolos foram escovados, para retirada de sujeiras e nomeados como 1A e 1B; 2A e 2B. Em seguida um dos blocos de cada par foi colocado na estufa a uma temperatura de 110ºC +- 5ºC por 24h (Figura 1) e, em seguida foram resfriados no próprio laboratório por um período de aproximadamente 4 horas. Posteriormente, foram imersos em água destilada (Figura 2) em um recipiente impermeável e resistente a corrosão até a altura de 2,54 cm. Vale salientar que como as duas amostras foram colocadas no mesmo recipiente, deve existir entre elas uma distância de aproximadamente cinco centímetros.

Figura 1 – Blocos em estufa a 110ºC.

Figura 2 – Blocos imersos em água destilada

(Fonte: Autores, 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para o procedimento do ensaio de condutividade elétrica e análise química foram coletadas amostras nos blocos cerâmicos após passarem pelo ensaio de eflorescência (amostras 1A e 2A) através de raspagem e quebra da parte que tinha manchas de sais. O material foi triturado em almofariz até obter um pó fino. Foram obtidos 100 gramas de material e diluído em 500 ml de água destilada para filtragem e obtenção do extrato solúvel (Figura 3).

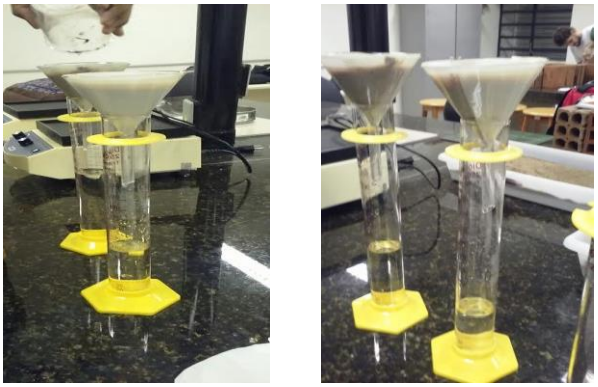


Figura 3 – Filtragem para obtenção do extrato
(Fonte: Autores, 2017)

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde foram terceirizados os ensaios de análise química.

3. Resultados e Discussões

Após a realização do ensaio de eflorescência, os dois pares de blocos, o ensaiado e o que ficou em repouso, foram comparados, visando identificar a existência de depósitos salinos através de exame visual e fotografias. Através dessa análise, identificou-se a presença de manchas esbranquiçadas de sais nas duas amostras 1A e 2A, classificando-as como “eflorescentes”.

No bloco 1A existem manchas de sais na cor branca, em forma de pó fino em todas as faces, sendo que em uma das faces se apresenta mais intensa, até mais ou menos a metade do bloco, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Eflorescência de cor branca no bloco 1A em comparação ao bloco 1B
(Fonte: Autores, 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

O bloco 2A também apresenta manchas de sais na cor branca em todas as faces, sendo que em maior intensidade em relação ao 1A, chegando até a mais da metade do bloco em algumas faces. Outra característica observada foi que a mancha apresenta interrupção em uma parte do bloco, ou seja, ela não atinge todas as faces de forma contínua. Isso pode ocorrer devido a distribuição da porosidade também não ser contínua, ou seja, a parte sem manchas pode ter um índice de absorção menor. Ver Figura 5. Esse tipo de comportamento também é percebido nas edificações, pois na mesma parede há diferentes níveis de degradação.

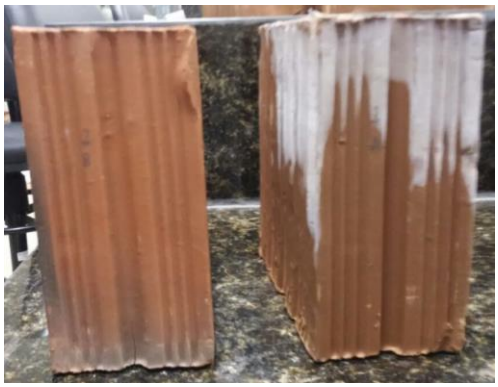


Figura 5 – Eflorescência de cor branca no bloco 2A em comparação ao bloco 2B
(Fonte: Autores, 2017)

Foi verificado que as amostras dos blocos cerâmicos 1A e 2A antes do ensaio não apresentavam nenhum tipo de manchas, tendo aparência limpa semelhante aos blocos de comparação. O resultado é apenas visual (qualitativo), mas já mostra a existência das eflorescências.

Os resultados de condutividade elétrica podem ser convertidos em porcentagem de sais totais. A porcentagem de sais foi determinada pela equação (1), com dados oriundos de Richards (1954:69) e adaptado por Ribeiro (1996).

$$\%Sais = \frac{CE.640.V_A.100}{10^3.P} \quad (1)$$

Na qual, a %Sais é a quantidade de sais presentes nas amostras, CE é a condutividade elétrica (mS/cm), V_A é o volume de água destilada (0,50 litros), P é a massa da amostra (100 gramas) e 640 é o fator de correção de mS/cm para mg/l (Richards,1954 p.69).

Para confirmar os tipos de sais foi feita a análise química dos blocos 1A e 2A, mostrado no Quadro 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1 – Resultados do ensaio de salinidade

Análise do extrato solúvel		
Parâmetros	**Amostra 1**	**Amostra 2**
Condutividade elétrica (µS. cm^{-1})	2.415	2.129
Sais totais (%)	0,77	0,68
Cálcio (meq. L^{-1})	8,00	8,89
Magnésio (meq L^{-1})	7,18	7,15
Sódio (meq L^{-1})	5,23	4,03
Carbonatos (meq L^{-1})	0,00	0,00
Bicarbonatos (meq L^{-1})	0,28	0,56
Cloretos (meq L^{-1})	6,65	2,98
Sulfatos (meq L^{-1})	Presença	Presença

(Fonte: LIS – UFCG, 2017)

3.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é uma medida da habilidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons, indicando a presença de sais. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon (PINTO, 2007).

Verifica-se que a amostra 1A apresenta uma maior quantidade de sais do que a amostra 2A, conduzindo mais corrente elétrica, o que se justifica também pela maior presença de cloretos, sódio e magnésio na Amostra 1.

3.2 Cálcio

Na produção dos blocos cerâmicos a utilização do óxido de cálcio devidamente controlado, pode servir para reduzir a temperatura de sinterização ou aumentar a resistência à compressão dos tijolos, minimizando, de forma indireta, os efeitos da expansão por umidade (OLIVEIRA *et al*, 2011). A amostra 1 apresenta menor teor de cálcio do que a amostra 2, mas ambos estão vulneráveis aos efeitos da expansão por umidade e com risco de redução da resistência à compressão, pois de todos os íons foi o maior valor observado.

3.3 Magnésio

Segundo Bahuer (S.D) a presença de óxido de magnésio não hidratado pode ocasionar instabilidade de volume, pois a hidratação deste óxido é muito lenta e se não forem tomados os devidos cuidados poderá ocorrer meses após a execução da argamassa, produzindo expansão e empolamento no revestimento, contribuindo com o surgimento das eflorescências. A amostra 1 apresenta um teor maior de magnésio do que amostra 2, mas

ISBN: 978-85-65425-32-2

a diferença é mínima, o que indica que ambas estão suscetíveis a produzir expansão e empolamento nos revestimentos.

3.4 Sódio

O sódio em alta concentração no solo pode causar um relativo aumento na condutividade elétrica, podendo provocar distúrbios que podem comprometer o solo e suas características (SILVA *et al*, 2010). Vale destacar que a amostra 1, apresenta maior concentração de sódio, que justifica a maior condutividade elétrica desta amostra com relação a amostra 2.

3.5 Carbonatos

A carbonatação ocorre nas estruturas de concreto e consiste na diminuição da alcalinidade do concreto com o tempo, sendo que à reação ocorre devido ao contato entre o componente de caráter básico em maior quantidade ($Ca(OH)_2$) do concreto com o CO_2 e eventuais gases ácidos (SO_2 e H_2S) presentes na atmosfera, cujo hidróxido de cálcio ao reagir com o gás carbônico, na presença de água, forma o carbonato de cálcio (CaCO3), que possui pH baixo, favorecendo a corrosão da armadura (MOREIRA, 2016). As amostras 1 e 2 não apresentam carbonatos, o que indica que as eflorescências presentes nos blocos analisados não são provenientes de carbonatação, visto que a análise ocorre nos blocos cerâmicos sem argamassa ou concreto.

3.6 Bicarbonatos

O bicarbonato é extremamente solúvel em água, resultando em decomposição química do concreto, dissolução e lixiviação da pasta de cimento, facilitando ainda a entrada de outros agentes agressivos, devido ao aumento da porosidade e permeabilidade da citada pasta (POGGIALI, 2009 *apud* SANTOS, 2012). As amostras apresentam bicarbonato, sendo que a amostra 2, apresenta o dobro da concentração existente na amostra 1, o que indica a maior chance de contaminação da alvenaria uma vez que os blocos cerâmicos são unidos com argamassa que também contém este tipo de sal pelas reações do cimento e agregados.

3.7 Cloretos

Os cloretos podem estar presentes na água de amassamento ou agregados, ambos contaminados, intencionalmente através de aditivos aceleradores de pega ou por infiltrações na própria estrutura (MOREIRA, 2016). A amostra 1 apresenta maior quantidade de cloretos que a amostra 2 e esses valores se somam aos cloretos advindos das reações entre componentes da argamassa. Conforme a NBR 15900 (2009) o teor máximo de cloreto em água para emassamento de concretos, no caso, de concreto armado e simples, não deve ser superior a 1000 mg/L e 4500 mg/L, respectivamente. Nas amostras 1 e 2 analisadas se encontra 235,41 mg/L e 105 mg/L, o que indica que os teores estão abaixo dos valores adotados para água de amassamento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.8 Sulfatos

O ataque por sulfatos é ocasionado devido às reações que ocorrem entre íons sulfato e os componentes do cimento hidratado no concreto, formando, em sua essência, a etringita que é uma substancia extremamente expansiva, gerando tensões internas e fissuração. Após o concreto lascado, a água penetra mais facilmente ao seu interior, acelerando o processo de degradação (MOREIRA, 2016). Tanto a amostra 1, quanto a amostra 2 têm presença de sulfatos, o que indica a possibilidade de ataque as estruturas do sistema de concreto armado adjacente a alvenaria.

Observa-se que a amostra 1, coletada do bloco cerâmico 1A, apresenta maior quantidade de sais do que a amostra 2, sendo que dos parâmetros analisados apenas o cálcio e o bicarbonato apresentam-se em proporções inferiores aos contidos na amostra 2.

Então pode-se afirmar que os sais presentes nos blocos cerâmicos migram para a alvenaria e a superfície e até mesmo para as estruturas de concreto, justificando a presença das eflorescências em grande quantidade nas alvenarias das edificações localizadas na região, especificamente no município de Monteiro, o que coloca o bloco cerâmico como uma das principais fontes de sais.

4. Conclusões

O estudo dos sais presentes nos blocos cerâmicos possibilita para a comunidade acadêmica maior conhecimento sobre a causa dos problemas que surgem nas alvenarias das residências.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que os blocos analisados apresentam eflorescências consideráveis, além de apresentar diversos íons como sulfatos, cloretos, bicarbonatos, sódio, potássio, cálcio e magnésio que podem agredir os blocos cerâmicos, contribuindo com a formação de eflorescências.

As edificações do município de Monteiro sofrem com a presença de eflorescências há muitos anos, pois a região do cariri apresentam altos índices de salinidade no solo, nas águas e também nos blocos, sendo necessário o monitoramento desses parâmetros antes da execução das edificações, além de ser indispensável à realização da impermeabilização nas fundações, para evitar a percolação da água e, consequentemente o transporte de sais.

Os ensaios realizados mostraram-se ótimos instrumentos para análise da presença de eflorescências nos blocos cerâmicos, permitindo identificar os sais existentes e assim tomar decisões, visando prevenir e corrigir essas manifestações patológicas.

Referências Bibliográficas

American Society Testing and Materials - ASTM C-67- 13. Standard test methods of sampling and testing brick and structural clay tile. Philadelphy, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Bauer, R. J. F. Falhas em revestimentos. Companhia Estadual de Habilitação e Obras Públicas, [S.D]. Disponível em: < http://187.17.2.135/orse/esp/ES00134.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.

Fernandes, P. H. C. (2010). *Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina – PI*. Dissertação de Mestrado, UFRN, Natal, 2010.

Ferreira, C. C. e Bergmann, C. P. (2011). Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons SO42- e Ca2+. Cerâmica, v. 57, n. 343, p. 356-363, São Paulo.

Gonzaga, L. B. T; Costa E SIlva, J; Paiva, L. B. C; Pereira, D. D. (2016). Análise das composições dos blocos cerâmicos influentes na eflorescência. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Natal-RN, pág. 1382- 1393. Disponível em: <http://www.cbecimat.com.br/anais/PDF/106-003.pdf>. Acesso em 13 de jun. 2017.

Granato, J. E. Patologia das construções. [S.l], 2012. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>. Acesso em: 17 de jun. 2017.

Hussein, J.S.M. (2013). Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falhas ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão - PR. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão – PR, 2013. Disponível em:< http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1873/1/CM_COECI_2012_2_03.pdf >. Acesso em: 13 de jun. 2017.

Menezes, R. R; Ferreira, H. S; Neves, G. A.; Ferreira, H.C. (2006). Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção - revisão. Cerâmica, v.52, n.321. São Paulo, pág. 37-49. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v52n321/05.pdf>. Acesso em: 13 de jun. 2017.

Moreira, J. D. (2016). Verificação de profundidade de carbonatação em estruturas de concreto – estudo de caso. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil)- Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa – PB. Disponível em: <security.ufpb.br/...profundidade-de-carbonatacao-em-estruturas-de-concreto...estudo. Acesso em: 28 jun. 2017.

Oliveira, J. C. S; Lira, B. B; Yadava, Y. P; Muniz e Silva, C. M; Santos, T. W. G. Importância do carbonato de cálcio na fabricação de tijolos. (2011). Revista Cerâmica Industrial. V. 16. [S.l],. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v16n5-6/v16n5-6a07.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Pinto, M. C. F. (2007). Manual Medição *in loco*: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio dissolvido. CPRM, Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/pgagem/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2017.

Ribeiro, I. J. C. (1996). Os sais solúveis na construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Ciências e Tecnologia. UFPB, Campina Grande-PB.

Roscoe, M. T. Patologias em revestimento cerâmico de fachada. (2008). 80f. Monografia (Título de Especialista em Construção Civil)- Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20Marcia.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2017.

Santos, M. R. G. (2012). Deterioração das estruturas de concreto armado – estudo de caso. 109f. Monografia (Especialista em Construção Civil)- Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/88.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2017.

Silva, D. F; Matos, A. T; Pereira, O. G; Cecon, P. R; Moreira, D. A. (2010). Disponibilidade de sódio em solo com capim tifon e aplicação de percolato de resíduo sólido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.10, p.1094-1100, Campina Grande – PB.

Silva, I. T. S. (2011). Identificação dos fatores que comprovam nas construções em Angicos - RN. 50f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia)-Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Angicos - RN. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/arquivos/Identifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Fatores%20que%20provocam%20Efloresc%C3%AAncia%20nas%20Constru%C3%A7%C3%B5es%20em%20Angicos-RN.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017.

Souza, M. F. (2008). Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. 54f. Monografia (Especialista em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - MG, 2008. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>. Acesso em: 14 de jun. 2017.

Suassuna, J. O Processo de Salinização das Águas Superficiais e Subterrâneas no Nordeste Brasileiro. Workshop “Impactos Ambientais Associados a Utilização de Águas Dessalinizadas no Semi-árido”. Fortaleza – CE, 1996. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=772&Itemid=376>. Acesso em: 23 jun. 2017.

Verduch, A. G; Solana, V. S. Formação de Eflorescências na Superfície dos Tijolos. Cerâmica Industrial v. 5. n. 5. Espanha, 2000. pág. 38-46. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n05/v5n5_6.pdf>. Acesso em: 10 de jun. 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

Pathological Manifestations Due To Failures In The Productive Process Of Prefabricated Reinforced Concrete Elements

Pablo AGUIAR[1], **Gabriel** AGUIAR[2], **Danilo** ANDRADE[3].

[1] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, pluiz_07@hotmail.com
[2] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, gdaguiar05@gmail.com
[3] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, danilotma@msn.com

Resumo: o estudo relaciona as falhas no processo de produção de pré-fabricados com as manifestações patológicas presentes nas peças após a desforma, demostrando, em alguns casos, a baixa qualidade do material que vem sendo comercializado em Teresina e regiões vizinhas no estado do Piauí. O trabalha identifica e investiga o surgimento de patologias decorrente do processo de produção, além de apresentar medidas que venham a sanar os problemas apresentados. Fundamentado em visitas técnicas, englobando itens que abrangem desde o recebimento e estocagem da matéria prima, preparação do concreto, formas, armaduras, logística, até a expedição do produto acabado para o consumidor, foi observado como ocorre a produção das peças, e atestado que os tipos de patologias se repetem com frequência parecida para todas as empresas. O estudo se mostrou satisfatório determinando as principais manifestações patológicas que se apresentaram nos elementos pré-fabricados de concreto armado, tendo como principais sugestões de melhorias a utilização de concreto autoadensável, trocar o desmoldante utilizado, mineral por orgânico, além de mudar a forma de aplicação do desmoldante, abandonando as broxas e utilizando o pulverizador manual.

Palavras-chave: pré-fabricado, concreto armado, manifestações patológicas.

Abstract: the study relates the failures in the production process of prefabricated products with the pathological manifestations present in the pieces after the deformation, demonstrating, in some cases, the poor quality of the material that has been commercialized in Teresina and neighboring regions in the state of Piauí. The work identifies and investigates the appearance of pathologies arising from the production process, besides presenting measures that will cure the problems presented. Based on technical visits, encompassing items ranging from the receipt and storage of the raw material, preparation of concrete, shapes, armor, logistics, to the dispatch of the finished product to the consumer, it was observed how the production of the pieces occurs, and attested that The types of pathologies are repeated with similar frequency for all the companies. The study was satisfactory determining the main pathological manifestations that appeared in the

ISBN: 978-85-65425-32-2

prefabricated elements of reinforced concrete, having as main suggestions of improvements the use of autoadensible concrete, to change the used demolding agent, mineral by organic, besides changing the form of application Of the mold release, leaving the brush and using the hand sprayer.

Keywords: prefabricated, reinforced concrete, pathological manifestations.

1. Introdução

A indústria da construção civil, em especial o subsetor edificações, é frequentemente citada como exemplo de setor atrasado, com baixos índices de produtividade e elevados desperdícios de recursos, apresentando, em geral, desempenho inferior à indústria de transformação. Um dos principais reflexos desta situação são os altos índices de perdas de materiais, conforme constatado em estudos como os realizados por Soibelman (1993) e Pinto (1989). (SAURIN E FORMOSO, 2006).

Devido a esses fatores acima citados e a forte concorrência sofrida, as empresas tem cada vez mais necessidade de se tornarem competitivas. Com isso vem a necessidade de redução de custos de produção, tempo de execução, diminuição de perda de material além da otimização da mão-de-obra, ou seja, a industrialização da construção civil. Esse objetivo pode ser alcançado com uso de novas metodologias que venham suprir as demandas, como elementos pré-fabricados de concreto armado.

Pederiva (2009) aponta que os elementos pré-fabricados representam uma opção válida para racionalizar o processo de produção. Essas peças apresentam algumas características significativas, são elas: rapidez de execução, controle de qualidade, projetos de modulação e relativo nível organizacional de produção.

Em Teresina há uma crescente no número de obras que utilizam elementos pré-fabricados, com isso, para a garantia de um produto de qualidade para o consumidor há a necessidade de conhecer o processo de produção, identificando as falhas que podem ocorrer durante a fabricação, de modo que se possa ter uma indústria que utilize seus recursos de forma consciente.

O objetivo do presente trabalho foi levantar os tipos de falhas no processo de produção de elementos pré-fabricados de concreto armado e a influência dessas falhas na geração de manifestações patológicas, mais especificamente em vigas, pilares e postes, das empresas na Região Metropolitana de Teresina, por meio de visitas técnicas, apresentando sugestões de melhorias para as patologias identificadas.

2. Justificativa

O crescimento da população aliado ao desenvolvimento econômico, a busca da qualidade de vida e o sonho da casa própria, implica diretamente no crescente desenvolvimento da construção civil. Que busca uma industrialização, e devido há uma carência de mão de obra qualificada, a busca por processos construtivos mais eficientes tornou-se uma questão primordial.

ISBN: 978-85-65425-32-2

CAMPOS (2006) aponta que a industrialização progressiva do pré-fabricado no Brasil, vem vivenciando uma série de transformações, visando atender as exigências do mercado atual, promovendo qualificação no processo construtivo. Atendendo a demanda de projetos com racionalidade, estética, eficácia e otimizando desta forma, a pré-fabricação no país.

Mesmo com o crescente desenvolvimento e transformações que o mercado vem sofrendo, o processo de produção ainda é falho, comumente veem-se peças de concreto pré-fabricado com qualidade duvidosa sendo empregado, o que justifica a relevância deste trabalho.

Com o intuito de se atingir um padrão de qualidade, é importante a realização do controle de qualidade da produção, monitoramento das manifestações patológicas, determinando e resolvendo falhas que culminam no surgimento das mesmas, de modo a comprovar a funcionalidade das peças.

3. Materiais e Metodos

Com base no que já foi exposto, o trabalho é uma pesquisa descritiva fundamentada em visitas técnicas realizadas às empresas produtoras de elementos pré-fabricados de contreco armado. O estudo se desenvolveu com base na produção de três empresas de Teresina.

A identificação das manifestações patologicas foi por meio de observação visual, fundamentada com fotografias e com auxílio de checklist para a coleta de dados. Para conseguir cumprir o objetivo do trabalho, que é correlacionar falhas do processo produtivo com manifetações patologicas na pós-produção, o trabalho foi dividido em cinco fases:

1° Fase

Identificação das empresas que produzem vigas, lajes, pilares e postes de concreto armado, através da identificação de obras que se utilizavam desses elementos e de pesquisa nos meios de informação.

2° Fase

Confecção de checklist para analisar os seguintes itens: local de depósito de agregados, cimento, tipos de formas empregadas, aplicação de desmoldante, produção de concreto, dosagem, cura, desforma das peças, cura, tipos de aditivos e controle tecnológico.

3° Fase

Visita às empresas dispostas a participar da pesquisa, para verificar o processo produtivo e colher dados.

4° Fase

Análise do material colhido, quantificando os dados encontrados e identificando manifestações patológicas das peças.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5° Fase

Elaboração de relatório com base na análise do processo produtivo e dos dados colhidos além de apresentação de sugestão de melhorias no processo produtivo com o intuito de minimizar as patologias identificadas.

4. Resultados e Discussões

O trabalho foi feito com base em visitas técnicas realizadas em três empresas do ramo de elementos pré-fabricados de concreto armado, ao longo do trabalho as empresas foram denominadas de P1, P2 e P3, onde P1 e P2 são produtoras de vigas, pilares e postes; e a empresa P3 é produtora só de postes. Todas as empresas possuiam engenheiros civis como responsável pela produção das peças.

4.1 Manifestações Patológicas e Tipos Observados

Após a realização das visitas, coleta de dados e registros fotográficos, foi observado que os tipos de patologias se repetem com frequência parecida para todas as empresas, são elas: manchas, fissuras, peças quebradas, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem). Foi feito uma amostragem, com 50 peças observadas de cada empresa, com o intuito de averiguar como as patologias se manifestam.

4.1.1 – Manchas

Foi constatada a presença de mancha em 100% das peças observadas, ou seja, todas as empresas apresentam o problema no mesmo grau. Conforme mostra a Figura 1.

Esse tipo de patologia pode ser relacionado com a mistura do concreto, a forma que o desmoldante é aplicado, o fator água/cimento do concreto e com a limpeza das formas. No caso das empresas P1 e P3 o desmoldante era aplicado com broxa, o que pode acarretar uma distribuição heterogênea ao longo da peça.

Além disso, ao final do processo de desfôma, deve ser feito a limpeza das fôrmas para retirada dos restos de concreto, e antes da concretagem a limpeza para retirada dos excessos de óleo e/ou graxas.

Na empresa P1 não é feito o controle de umidade da areia, logo pode apresentar variação na quantidade da mesma e na quantidade de água, distorcendo o traço, o que também pode acarretar no surgimento de manchas.

Sugestão de melhorias:

- Utilizar desmoldantes de baixa viscosidade e aplicá-los com pulverizadores manuais.
- Realizar limpeza das formas antes de cada concretagem.
- Misturar por tempo adequado o concreto e não exceder a capacidade da betoneira.
- Evitar excesso de água (fazer o controle de umidade da areia).

ISBN: 978-85-65425-32-2

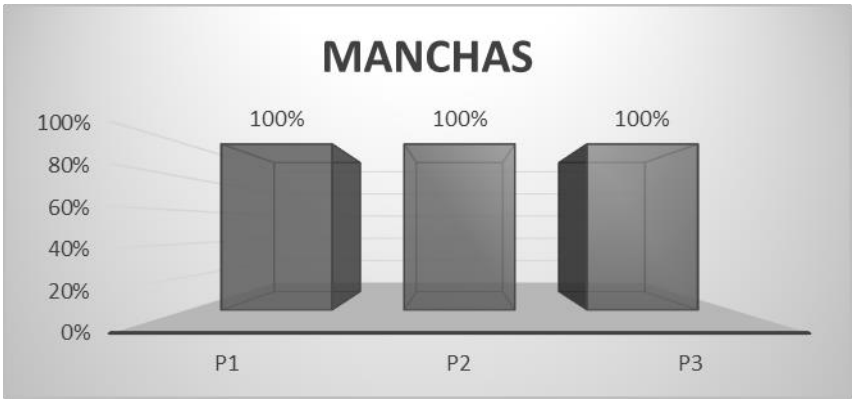


Figura 1 – Ocorrência de manchas

Figura 2 – Manchas

4.1.2 – Fissuras

Os elementos de todas as empresas apresentaram fissuras, com mais incidência na empres P3, conforme a Figura 3.

Nenhuma empresa apresentou trincas em seus elementos, o baixo número de fissuras pode ser relacionado com o tipo de cimento usado, que é o mesmo pra todas as empresas, CP IV 32 RS que previne fissuras devidas as reações álcalis-agregado, tem em sua composição de 15% a 50% de material pozolânico. Por isso, proporciona estabilidade no uso com agregados reativos e em ambientes de ataque ácido, em especial de ataque por sulfatos. Possui baixo calor de hidratação, o que o torna bastante recomendável na concretagem de grandes volumes e sob temperaturas elevadas. É pouco poroso, sendo resistente à ação da água do mar e de esgotos.

Algo que pode ter atrapalhado nos resultados desse tópico é o período, como a pesquisa foi realizada entre o mês de maio a junho de 2017, ainda era período chuvoso, o que pode ter interferido no resultado da amostragem. Esse ponto deve ser observado, pois todas as

ISBN: 978-85-65425-32-2

empresas deixam as peças secarem ao sol, e como em Teresina se tem altas temperaturas, peças com poucas fissuras abre espaço pra questionamento, ainda mais no caso da empresa P1, que não faz nenhum tipo de cura. A empresa P2 faz cura química e a empresa P3 realiza cura úmida, além da utilização de mantas após a concretagem, no intuito de reduzir a perda de água das peças. Como essa patologia se manifestou de forma suave a previsão é para um possível aumento no número de caso, em virtude da mudança climatica sofrida ao logo do ano.

Sugestão de melhorias:

- Realizar cura úmida constante, da concretagem até a expedição das peças para a obra.
- Com o concreto ainda estado fresco, aplicar manta de cura sobre as peças concretadas.

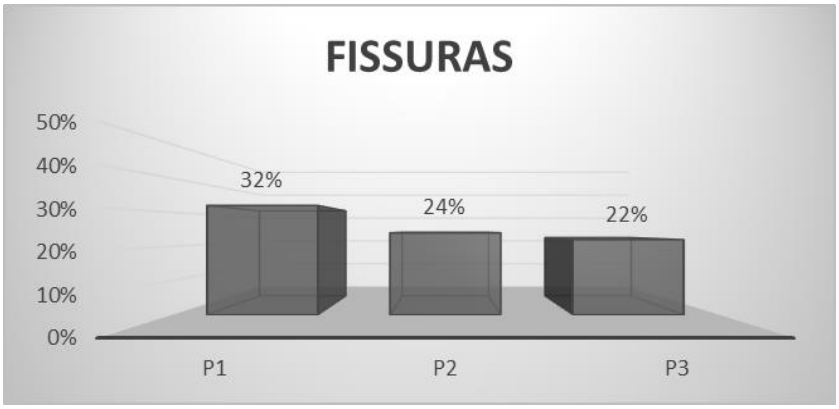


Figura 3 – Ocorrência de Fissuras

Figura 4 – Fissuras

4.1.3 – Bolhas Superficiais

As bolhas tiveram incidência parecida com as manchas, onde foi constatado bolhas em quase 100% das peças observadas na amostragem, como demonstra Figura 5. As possíveis causas para o surgimento de bolhas é o tipo de vibração, todas as empreas usam vibrador de imersão (mangote), no caso da empresa P1, também era feito a vibração da forma. No que foi observado nas visitas a vibração era feita de forma incompleta, pois as

ISBN: 978-85-65425-32-2

peças apresentam muitos ninhos, e a vibração excessiva proximo as faces pode ter acarretado a formação de bolhas.

Além da vibração, uma das causas para formação de bolha é o tipo de desmoldante utilizado, a base de óleo mineral. Segundo Milani *et al*. (2012) o surgimento dessa patologia pode estar correlacionada ao tipo de desmoldante empregado nas formas [...] segundo a literatura, esse tipo de desmoldante pode propiciar o surgimento de bolhas de superfície.

Os desmoldantes são à base de óleos minerais, vegetais e emulsões de ácidos graxos, e tem uma diferença distinta entre eles, que são as bases químicas, os tipos de fôrmas que melhor performam e o tipo de acabamento que terá sobre esta estrutura.

Os desmoldantes de óleo mineral tem um uso para formas de madeiras e para um acabamento do concreto de forma aparente, ou seja, o desmoldante deixa mais resíduos de oleosidade sobre a superfície. Já os desmoldantes de óleos vegetal tem um maior desempenho em fôrmas metálicas. O que reduz a manifestação de bolhas superficiais.

Os desmoldantes de emulsão de ácidos graxos tem um uso preferencial a fôrmas de madeira e serve para um acabamento superficial do concreto para ser revestido.

Sobre as bolhas, não é só o desmoldante que pode trazer este malefício, tem outras variáveis que deverão ser administradas para evitar ou reduzir o aparecimento, como, por exemplo: limpeza da fôrma, adensamento do concreto, teor de ar incorporado no concreto, tempo em aberto da aplicação do desmoldante até o preenchimento com o concreto.

As empresas P1 e P2 usam uma mistura feita de óleo mineral e sebo de gado, e a empresa P3 usa apenas o óleo mineral.

Sugestões de melhoria:

- Não utilizar desmoldantes a base de óleos minerais
- Concretar as peças com concreto autoadensável.
- Não vibrar excessivamente o concreto nas proximidades das faces.

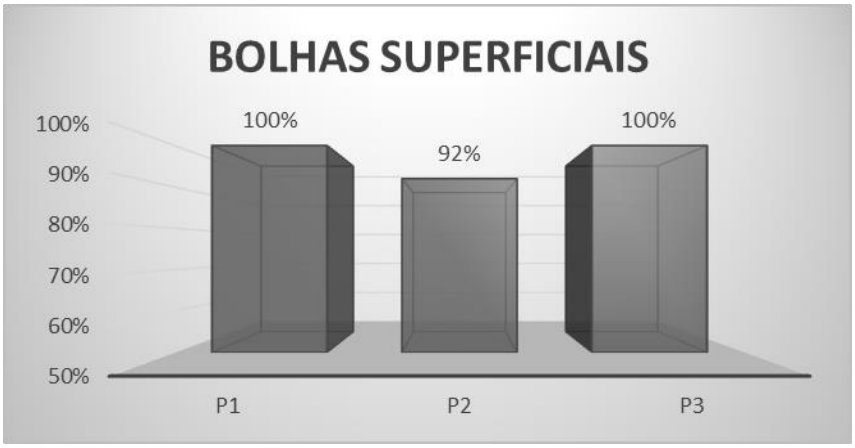


Figura 5 – Ocorrência de Bolhas

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Bolhas Superficiais

4.1.4 – Peças Quebradas

Não teve grande incidência de peças quebradas, apenas a empresa P3 apresentou esse problema, devido à movimentação de peças. Como a empresa produz em larga escala e necessita-se de um grande espaço para armazenagem das peças. A movimentação é feita por caminhões, devido a isso as peças estão propicias a choques que podem levar a quebra. A Figura 6 demostra como esse tipo de patologia não tem grande relevância.

Sugestões de melhorias:

- Proteger as extremidades das peças durante a movimentação.

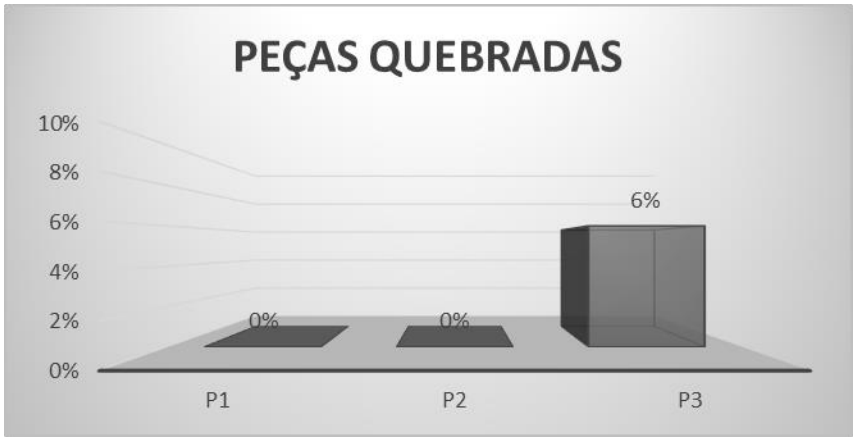


Figura 6 – Ocorrência de Peças Quebradas

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7 – Peças Quebradas a choques que sofrem no transporte.

4.1.5 – Falhas de Adensamento/ Acabamento

A empresa P2 apresentou falhas em 100% das peças, os postes tinham mais problemas nas extremidades. As piores peças são os pilares que apresentam muita falha na região que vai receber a viga, consolo, onde se é necessário à realização de retoques. O consolo é uma das partes mais importantes do pilar, pois esta sujeita aos efeitos de impacto, choques e vibrações, além de receber um excessivo esforço cortante, por isso ter uma maior densidade de armadura, necessitando de um adensamento adequado, pois uma vibração incorreta em uma região que possui um grande volume de armadura pode gerar segregação do concreto, como também pode ficar inviável vibrar a peça, tornando essencial o uso do concreto autoadensável para combater fissuras e nichos prejudicando a resistência da peça. Isso demonstra o quão crítico é a situação das peças que estam sujeitas a essa patologia no consolo.

As empresas P1 e P3 tiveram empenho parecido, como mostra a Figura 8. As falhas são frequentes nas extremidades de postes de concreto armado.

Nas três empresas, a concretagem é feita por etapas, o que pode acabar deixando falhas na emenda. De acordo com a NBR 9062/2006 em seu item 9.4.2.2 caso haja interrupção da concretagem, o concreto, cuja consistência não mais permita o adensamento, deve ser removido das formas e substituído oportunamente por concreto fresco, tomando-se as precauções necessárias para garantir, ao reiniciar-se o lançamento, a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho.

Sugestões de melhorias:

- Utilizar o concreto autoadensável.
- Utilizar vibrador adequado às dimensões da peça.
- Regular superfície com régua.

ISBN: 978-85-65425-32-2

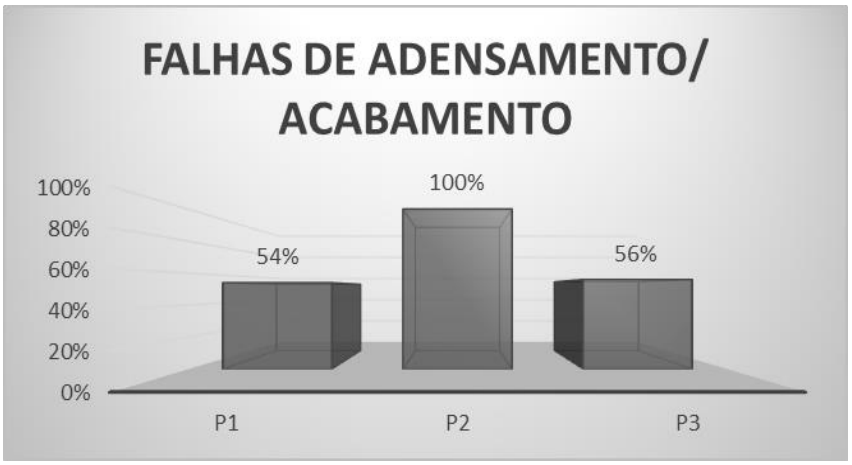


Figura 8 – Gráfico com a ocorrência de Falhas de Adensamento/ Acabamento

Figura 9 – Ocorrência de Falhas de Adensamento/ Acabamento

4.2 Generalidades

Para garantia de uma maior qualidade das peças, outro fator também influencia no resultado final do processo. Um ponto inicial é o local de depósito dos agregados e do cimento. O cimento é armazenado de forma correta, em local coberto e sem estar em contato direto com o chão e com as paredes. Já no que diz respeito aos agregados, as três empresas mantém os agregados a céu aberto e nenhuma mantém em contato direto com o solo, sendo que apenas a empresa P3 cobre os agregados com lona, conforme Figura 10.

Os locais de depósito estão organizados corretamente conforme a NBR 12655/2006 em seu item 5.3.2 o depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser construído de maneira tal que evite o contato com o solo e impeça a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A dosagem do concreto não foi foco da pesquisa, mas no que diz respeito ao que foi pesquisado, notou-se que havia impurezas nos agregados, conforme Figura 11, e que a mistura não era homogenea, nas empresas P1 e P2, tinha desplacamento das bordas e presença de areia, caracterizando uma falta de homogeneização da mistura. Quanto ao uso de aditivos, todas as empresas usam acelerador de pega. No que diz respeito ao controle tecnológico, a empresa P1 só efetua o ensaio a compressão, enquanto as empresas P2 e P3 realizam o ensaio a compressão, *slump test* e controle da umidade da areia.

Figura 10 – Agregado graudo coberto com lona

Figura 11 – Nota-se uma linha na base do monte de agregado, impurezas presesnte no material

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 12 – Peça com fissura, na fase de execução da estrutura.

Figura 13 – Execução da montagem da estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

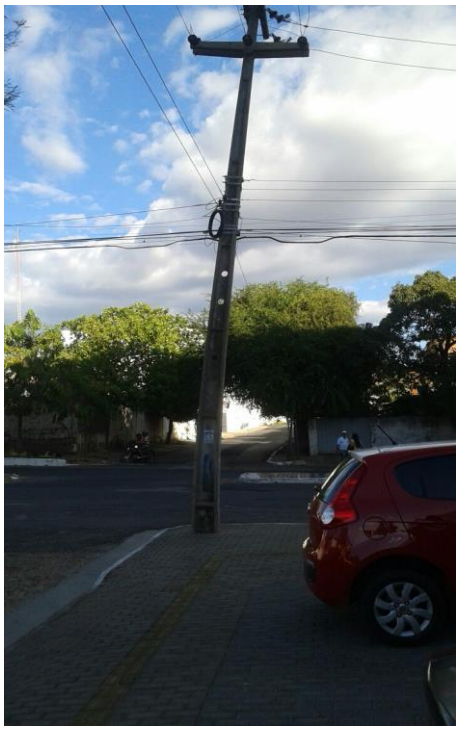


Figura 14 – Poste deformado após carga excessiva

Figura 15 – Poste apresentando fissuras

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Conclusão

O estudo se mostrou satisfatório determinando as principais manifestações patológicas que se apresentaram nos elementos pré-fabricados de concreto armado, são elas: manchas, fissuras, peças quebras, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem).

As principais sugestões de melhorias foram a utilização de concreto autoadensável, no intuito de corrigir a aparição de fissuras, bolhas e ter um melhor acabamento, evitando a presença de nichos conforme demostrado na Figura 9. Caso não haja a mudança no tipo de concreto para o autoadensável, deve haver uma melhor vibração das peças.

Viu-se a necessidade de trocar os tipos de desmoldantes, utilizando um que não seja a base de óleos minerais. Além do cuidado que deve ter na aplicação, trocando as broxas por pulverizador manual, medida essa que pode evitar a presença de manchas na peça.

A importância de um correto uso de materiais e uma organização no processo produtivo obedecendo às normas se mostra ainda mais necessária na presença de peças que apresentam falhas grotescar como na Figura 11 que apresenta uma viga com falhas de adensamento, onde é possível observar que ta surgindo trinca na peça e na Figura 14, que demonstra um poste subdimencionado e a Figura 15 que demostra várias fissuras na mesma peça.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

____. NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 1985.

CAMPOS, P. E. F. de. *Sem restrições tecnológicas os pré-fabricados devem romper obstáculos culturais.* Texto extraído da página da ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2006. Disponível em: http://site.abcic.org.br/index.php/sem-restricoes-tecnologicas-os-pre-fabricados-precisam-romper-obstaculos-culturais

Milani, C.J., BOESING, R., PHILIPPSEN, R. A.,MIOTTI, L. A. *Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas.* São Paulo, RISCO, 15, 2012.

PEDERIVA, P. F. *Comparação de custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco.* Monografia [Graduação em Engenharia Civil] - Ijuí, RS: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.

SAURIN, T. A., FORMOSO, C.T. *Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos.* Porto Alegre : ANTAC, 2006. — (Recomendações Técnicas HABITARE, v. 3)

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS: FABRICAÇÃO E ASSENTAMENTO

Pathology In Interlocked Pavements: Fabrication And Laying

Gabriel AGUIAR[1], **Pablo** AGUIAR[2], **Danilo** ANDRADE[3]

[1] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, gdaguiar05@gmail.com

[2] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, pluiz_07@hotmail.com

[3] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, danilotma@msn.com

Resumo: Baseado em uma pesquisa de campo, o estudo explana as irregularidades no processo de fabricação e execução do pavimento intertravado, justificando as imperfeições que surgem aos mesmos e o motivo de não cumprir sua função de ser durável e resistente. O trabalho mostra e explica o porquê da aparição de patologias no pavimento intertravado, definindo ações que sejam capazes de diminuir ou resolver os problemas encontrados. Nas visitas técnicas realizadas para respaldar o trabalho, que compreende da estocagem da matéria-prima até a fabricação do produto final aplicado, que é o pavimento assentado pronto para o uso, constatou-se que as patologias ocorrem por suscetíveis erros em todas as etapas da confecção desse tipo de pavimento. O trabalho apresenta as principais patologias que acometem tanto as unidades dos blocos como o pavimento de uma forma geral, de cunho estrutural e estético, e sugere para essas manifestações patológicas suas respectivas soluções, tendo como principais sugestões o controle de água na mistura do concreto, o emprego de uma matéria-prima livre de impurezas, método de cura mais eficaz, respeitar as alturas de aterro e tipo de areia estabelecido por norma no assentamento e rejuntamento dos blocos.

Palavras-chave: patologias, pavimentos intertravados, *pavers*, concreto.

Abstract: Based on a field research, the study explains the irregularities in the process of fabrication and execution of the interlocked pavement, justifying the imperfections that appear to the same and the reason of not fulfilling its function of being durable and resistant.

The work shows and explains the reason for the appearance of pathologies in the interlocked pavement, defining actions that are capable of reducing or solving the problems encountered. In the technical visits carried out to support the work, which comprises from the storage of the material for the manufacture to the final product that is the pavement set up ready for the use, it was verified the pathologies occur for susceptible errors that occur in all the steps of the making of this type Of pavement.

The work presents the main pathologies that affect both the units of the blocks and the pavement in a general way, structure and aesthetic, and suggests for these pathological manifestations their respective solutions, having as main suggestions the control of water in the mixture of concrete, Have a raw material free of impurities, more effective curing method,

ISBN: 978-85-65425-32-2

respect the scratches and sand typing established by standard in the laying and grouting of blocks.

Keywords: pathologies, interlocking pavements, pavers, concrete.

1. Introdução

A origem do pavimento feito a partir de pedras justapostas foi iniciado pelos habitantes da ilha de Creta, na Grécia, cerca de 3.000 a.C. Já, naquela época, se utilizavam pedras justapostas apoiadas sobre camada de areia, para facilitar a fixação e acomodação dos elementos na construção de caminhos, segundo Fernandes (2015, p.18). Naquele tempo utilizavam-se apenas pedras e logo depois pedras talhadas, atualmente são utilizados blocos pré-moldados de concreto.

De acordo com a NBR 9781(2013), o pavimento intertravado é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base, seguido por camada de revestimento, constituída por peças de concreto justapostas, sem uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento. O intertravamento do sistema é proporcionado pela transmissão da carga ou parte dela para a peça vizinha através do atrito lateral entre as peças e também pela contenção.

Na cidade de Teresina-PI podem ser observadas ao longo da cidade várias obras de requalificação urbana e ambiental de espaços que estavam em mau estado de conservação, onde nessas requalificações está sendo feito o uso de pavimentos intertravados, por uma mais fácil execução e manutenção, contendo assim um maior custo/benefício.

Assim como toda estrutura de concreto, o pavimento intertravado está sujeito ao acometimento de patologias. De acordo com a etimologia da palavra, patologia vem do grego (*pathos* – doença e *logia* – ciência, estudo) e significa “estudo da doença”. Ao levar esse conceito à construção civil temos o estudo dos danos que são causados às estruturas, aos quais podem se manifestar de diversas formas e ter causas variadas.

O objetivo deste trabalho é apontar as patologias e as possíveis soluções que afetam o pavimento intertravado, sejam elas oriundas de materiais de baixa qualidade utilizados na fabricação, falta de controle tecnológico durante a fabricação ou uma má execução.

2. Justificativa

Para Fernandes (2015, p.27), existem no mundo mais de 100 modelos de pavers, com diversas finalidades e aplicações. Além de ser utilizado como calçamento, pode também ser aplicado a pisos ecológicos que possibilitam a utilização em consórcio com a grama, e os pisos com finalidades específicas como os permeáveis, drenantes, segregadores de tráfego, orientação para deficientes visuais, entre outros. A necessidade de pavimentos mais duráveis e resistentes, com uso diversificado, e que fossem de fácil aplicação e manutenção impulsionaram a produção em massa de blocos de pavimentos intertravados.

T&A BLOCOS E PISOS (2004) afirma que a busca pela racionalização dos processos construtivos, visando redução de custos e garantia da qualidade, tem sido uma constante

ISBN: 978-85-65425-32-2

entre as empresas construtoras brasileiras. Essa redução de custo é bem visível quando se fala que o pavimento pode ser desmontado e remontado a custo baixíssimo e tendo o reaproveitamento dos blocos na escala de 95% a 100%.

A produção em massa dos blocos se dá por suas várias vantagens e por ter vários processos de fabricação. Dentre esses processos, o mais utilizado a nível mundial e que tem melhor desempenho estético que se aplica a esse produto é o processo de vibro prensamento, no entanto, em contra partida é o que apresenta a maior possibilidade de patologias, sendo necessários maiores cuidados.

A fim de diminuir as patologias deve haver, de forma criteriosa, avaliações de cada etapa do processo, que vai da escolha do material dos blocos utilizados nesse tipo de pavimento ao produto final que é o pavimento intertravado.

3. Materiais e Métodos

Como exposto acima, o pavimento intertravado está suscetível ao aparecimento de patologias, as quais podem interferir em características desejáveis desse tipo de pavimentação, como a durabilidade, resistência, estética, dentre outras. Sabendo-se disso, para a identificação dessas características indesejadas, foi feito um estudo de campo em três fábricas de pavers, em três obras de requalificação urbana em que se encontrava a aplicação dos pavers e em uma calçada que apresentava as patologias depois de curto período de tempo após o assentamento.

A identificação das patologias foi realizada através da observação das peças e condições de assentamento, propiciada pelo estudo de campo, bem como o uso de fotografias e amostragem de peças, para melhor avaliação e com a ajuda de explanações feitas por engenheiros que se faziam presentes nos lugares visitados no estudo de campo.

Com a finalidade de chegar à ideia central deste trabalho, que é a identificação das causas e as possíveis soluções, a execução do estudo de campo fundamentou-se em 3 etapas e cada uma com seus respectivos passos:

3.1 Fase: de Fabricação

1° passo: verificar as condições de estocagem dos constituintes do concreto;

2° passo: observar se há a presença ou não do controle de água utilizada na mistura do concreto quanto na prensa;

3° passo: coletar informações sobre a estocagem das peças prontas e seu processo de cura;

4° passo: observar o bloco e verificar se há presença de fissuras, matéria orgânica na peça, se há falhas no adensamento com presença de ninhos e vazios;

3.2 Fase: de Aplicação dos Pavers

1° passo: verificar se a espessura da camada de assentamento atende a NBR 15953:2011, com a dimensão de 5 cm com tolerância de ± 2cm.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2° passo: verificar se o espaçamento de juntas atende a NBR 15953:2011, com espaçamento que varias de 2 mm a 5 mm.

3° passo: observar se o rejuntamento e compactação são feitos de maneira correta, obedecendo a NBR 15953:2011.

3.3 Fase: Pós-Aplicação (considerar o curto período após a aplicação completa dos pavers)

1° passo: atentar se as juntas estão preenchidas com areia, com a profundidade aceitável estabelecida por norma e verificar se há outros materiais que não seja areia nas juntas.

2° passo: verificar se não há nenhum vazamento da areia de assentamento através de furos na contenção do pavimento.

3° passo: observar se os blocos mantêm o alinhamento e se há a presença de afundamento.

4. Resultados e Discussão

O presente trabalho foi realizado a partir de visitas realizadas em 3 fábricas de pré-moldados, em 3 obras de aplicação do pavimento intertravado e em passeios públicos e estacionamentos que apresentavam patologias. As fábricas e as obras visitadas possuíam engenheiros responsáveis pela produção e aplicação, respectivamente.

4.1 Patologias encontradas

Com os resultados obtidos a partir das análises das visitas e fotografias realizadas, foi possível notar variados tipos de manifestações patológicas, com casos em que dificultava o passeio público. As patologias identificadas se apresentaram em diferentes momentos do processo produtivo, umas, logo após a fabricação e outras após o assentamento, são elas: fissuras, bolhas, ninhos ou vazios, eflorescência, afundamento do pavimento, rejuntamento desgastado, contenção quebrada ou mal feita.

4.1.1 Fissuras

As fissuras encontradas no pavers podem acontecer em dois momentos, o primeiro é logo em seguida à desforma, que segundo Fernandes (2015, p.176) é causada geralmente por sobras de material que ficam da prensagem anterior (Figura 1), pois ao ficar no fundo da forma, o novo molde se apoia sobre esse resto de concreto gerando uma rebarba e no momento da desforma essa rebarba sobe raspando a parede do bloco, causando uma tração que é responsável por esse tipo de fissuração (Figura 2).

No segundo momento a fissura pode ocorrer por uma cura mal feita, onde a cura utilizada na fábrica é através da molhagem com mangueira, que é realizada por um período menor que o indicado, assim gerando um esfriamento do bloco e consequentemente uma retração que supera a resistência mecânica, gerando a fissura (Figura 3).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Como esta fábrica é situada em Teresina, tem-se mais um agravante, as altas temperaturas, que provocam uma maior dilatação na peça, com isso uma maior retração e uma maior tração.

Possíveis soluções:

- Limpar a superfície da forma a cada ciclo de prensagem;

- Uso de lonas durante a cura, para diminuir influência da temperatura e perda de água excessiva;

-Ter o controle de água durante a mistura;

Figura 1 – Mostra as sobras de material de um ciclo para o outro

Figura 2 – Fissura logo após o desmolde

Figura 3 – Fissura provocado pelo processo de cura

4.1.2 Bolhas

Seguindo Bauer (2013, p.267) o ar pode ser encontrado envolvido pela pasta, sob a forma de bolhas ou em espaços interligados. As bolhas são oriundas do excesso ou insuficiência de vibração, onde o excesso faz com que migre uma camada de argamassa à superfície e

ISBN: 978-85-65425-32-2

a insuficiência impede que o ar preso saia. Uma possível causa poderia ser o uso de desmoldante mineral, que o caso da fabrica visitada em questão, pois seu uso pode gerar uma película oleosa na superfície, impedindo que o ar saia e ao secar vai restar uma bolha.

Bauer (2013, p.269) diz que quando o teor de água está acima da quantidade de ar dos vazios, os espaços preenchidos por ar ficam cercados por água, onde há uma tendência de penetração nas cavidades, o que aumenta a pressão do ar, que opõe-se a tensão superficial. Essas duas forças, ao se equilibrarem, a cavidade cheia de ar torna-se esférica.

Possíveis soluções:

- Utilizar o tipo de vibração mais indicado, com o tempo correto;
- Melhorar a dosagem de finos na mistura;
- Adequar o uso de desmoldantes;

Figura 4 – Bolhas na superfície dos pavers.

4.1.3 Ninhos ou vazios

Os ninhos ou vazios são descontinuidades e espaços deixados no concreto, gerando um ponto fraco na estrutura e sendo porta de entrada para agentes agressivos. Ao ser utilizada a quantidade de concreto insuficiente e não preencher por completo a forma, um mal adensamento e espaços deixados pela evaporação da água, são fatores que influenciam a criação desses ninhos.

Possíveis soluções:

- Preenchimento total da forma;
- Adensar de forma correta;
- Controle de água na mistura e cura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Ninhos causados por falha de concreto

4.1.4 Eflorescência

Na maioria das vezes é causada pelo carbonato de cálcio, formado através da reação do dióxido de carbono, presente no ar, com o hidróxido de cálcio liberado na reação de hidratação do cimento. Nessa reação, o cimento libera cal no interior, durante a cura, a qual é feita ao ar livre, as peças ficam expostas à chuva e ao sol e também a vários ciclos de molhagem e secagem, pertinentes ao próprio processo de cura.

Com a porosidade do concreto, a água intrínseca à peça, carreia para a superfície, levando junto a cal liberada na hidratação do cimento. Pelo fato da água evaporar, de forma residual, a cal fica na superfície da peça e reagindo com o oxigênio presente no ar, transforma-se em carbonato de cálcio, aparecendo assim, a eflorescência (Figura 6).

A ocorrência da eflorescência é agravada com o processo de cura, através de molhagem ao ar livre.

Possíveis soluções:

- Utilizar procedimentos de cura que evitem a precoce evaporação de água;
- Usar CPIII (Alto-forno) ou CPIV (Pozolânico);
- Usar adições no concreto com metecaulin ou sílica ativa, por exemplo;
- Evitar contato com a umidade intensa após a cura.

Figura 6 – Eflorescência

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1.5 Afundamento do pavimento

O afundamento desse tipo de pavimento pode surgir de motivos simples, como aterro mal compactado, o solo não suporta a carga aplicada, carreamento da areia de assentamento para fora da contenção, camada de areia menor que a especificada por norma (min. 5 cm).

Existem dois tipos de afundamentos: o afundamento pata de elefante, onde a parte que afunda é em formato circular (Figura 7) ou pode ocorrer o afundamento na trilha de roda, recebe esse nome pelo formato linear e lembra a uma marca de pneu (Figura 8).

A ocorrência desse afundamento pode levar ao desarranjo do pavimento, com o afastamento dos blocos, podendo gerar deslocamentos individuais na horizontal, vertical ou de giração. Em casos mais graves, os blocos ficam soltos da pavimentação (Figura 9).

Possíveis soluções:

- Realizar uma sondagem, para verificar a resistência do solo natural;

- Seguir as cotas e condições da camada de assentamento que a norma estabelece;

-Verificar se as contenções não possuem nenhum tipo de vazamento da camada de assentamento.

Figura 7 – Afundamento pata de elefante

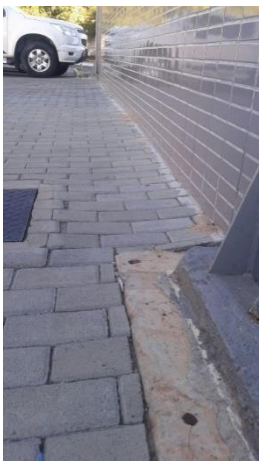


Figura 8 – Afundamento trilha de roda

Figura 9 – Afundamento agravado

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1.6 Rejuntamento desgastado

O rejunte é o espaçamento que fica entre um *paver* e outro, com espaçamento mínimo de 2 a 5 mm, de acordo com a NBR 15953:2011, o qual deve ser preenchido com material de granulometria estabelecida por norma. O rejuntamento é de extrema importância, pois trabalha em conjunto com a contenção, realizando o intertravamento do pavimento, tendo ainda a função de drenagem de água da chuva ou de outras origens, para que não haja o seu empoçamento. Faz-se necessário sempre passar por manutenção, pois a areia de rejuntamento sai com facilidade, ficando assim suscetível a ser preenchido por outros materiais que venham a obstruir a passagem da água, e impedir a drenagem do pavimento, fazendo surgir poças d'água que podem contribuir com o surgimento de outras patologias.

Possíveis soluções:

- Realizar manutenções periodicamente, para recolocar a areia de rejuntamento que se perde, seja pelo vento, chuva, calçado de pedestres ou pela ação do tráfego;
- Indicar a espessura do rejuntamento de acordo com a norma;
- Indicar materiais com granulometria de acordo com a norma;

Figura 10 – Mostrando o rejuntamento bastante espaçado (referência a partir da caneta) e sem areia.

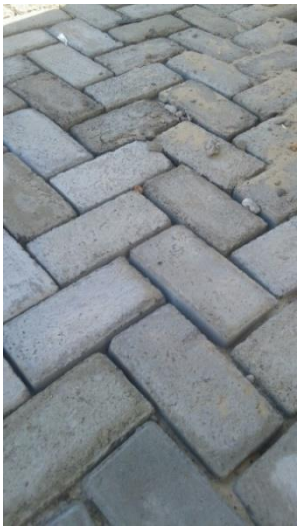


Figura 11 – Mostrando o rejuntamento bastante espaçado e sem areia.

Figura 12 – Espaçamento mal feito. (com base na bitola do ferro – 8 mm)

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1.7 Contenção lateral quebrada ou mal feita

A contenção lateral é uma das principais estruturas que compõe o pavimento intertravado, pois é responsável pelo intertravamento das peças. Ao haver a quebra ou desafixação desta contenção, pode ocorrer o carreamento da areia de assentamento, levando ao deslocamento das peças, abertura das juntas, fazendo com que a areia de rejuntamento saia, tirando a capacidade de intertravamento. Patologias que venham a acometer a contenção lateral, prejudicam toda a estrutura do pavimento, logo se houver o rompimento dessa estrutura, o problema deve ser resolvido o quanto antes.

Possíveis soluções:

- Colocar peças que resistam aos esforços solicitados;
- Vedar totalmente a conteção para que não haja fuga da areia;

Figura 13 – Contenção lateral quebrada

4.2 Generalidades

Além dos vários fatores mostrados, há outros que podem influenciar na qualidade do pavimento intertravado, e prejudicar o seu desempenho, como por exemplo, as condições em que se encontra estocada a matéria-prima para a confecção do concreto. Em uma das fábricas visitadas, o cimento não estava acomodado da maneira correta, pois encontrava-se em contato direto com o solo e com a parede. Já os agregados, estavam armazenados a céu aberto, em contato direto com o solo e misturados com outros materiais. (Figura 14, 15 e 16)

Conhecido também como baias, os locais destinados à estocagem do material, devem estar regularizados conforme a NBR 12655:2006, no item 5.3.2, onde o depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser feito de tal maneira que seja evitado o contato com o solo e que não ocorra a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 – Mistura entre areia fina e seixo

Figura 15 – Mistura entre seixo e areia grossa

Figura 16 – Mistura entre areia grossa e brita

5. Conclusão

Os resultados obtidos através desse estudo se fizeram convincentes, apresentando as patologias que afetam o pavimento intertravado bem como suas possíveis soluções para que o mesmo mantivesse suas características principais.

Para solucionar problemas de mobilidade urbana, revitalização de praças e parques e ter um piso táctil integrado ao pavimento, para facilitar a mobilidade de deficientes visuais,

ISBN: 978-85-65425-32-2

verificou-se os problemas que atingem os *pavers* de forma individual e no conjunto da parte da fabricação, até a aplicação, para obter as melhores soluções, seguindo as normas que regem essa pavimentação.

A possível utilização de um controle de qualidade na fabricação das peças, além de otimizar a produção, teria como resultado *pavers* com melhores características, tanto estéticas quanto de resistência mecânica. A maior frequência de manutenção também é um fator determinante na durabilidade desse tipo de pavimento.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 15953: Pavimento intertravado com Peças de Concreto – Execução. Rio de Janeiro, 2011.

BAUER, L.A.F. *Materiais de Construção*. 5.ed. Rio de Janeiro: LCT, 2015

FERNANDES, I. *Blocos e Pavers: Produçã e Controle de Qualidade.* 6.ed. São Paulo: Treino e Acessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2015

T&A BLOCOS E PISOS. Manual Técnico de Piso Intertravado de Concreto. Fortaleza, 2004

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO

Diagnosis Of Pathological Manifestations Of A Residential building - case study

Ivan A. ALENCAR[1] , **Elivelton** B. SANTOS[2], **Antonio Alex** M. LÊU[3]

[1] IFCE-Instituto Federal do Ceará, Juazeiro do Norte/Ce, Brasil, ivan_alcantara22@hotmail.com

[2] IFCE-Instituto Federal do Ceará, Juazeiro do Norte/Ce, Brasil, eli.legiao@gmail.com

[3] IFCE-Instituto Federal do Ceará, Juazeiro do Norte/Ce, Brasil, alekesleu@hotmail.com

Resumo: Diante do avanço tecnológico na área de construção de edifícios, profissionais capacitados e normas regulamentares, é surpreendente o índice de patologias que surgem nas edificações, sejam elas provenientes da má qualidade dos materiais, falta de projeto ou erro de execução. Com isso, além da perca de credibilidade, danos estéticos e a insegurança estrutural, a falta de um controle tecnológico e o uso incorreto dos materiais, criam despesas extras e um alto custo para a recuperação dos edifícios. Este trabalho tem como finalidade promover uma análise das manifestações patológicas encontradas numa edificação residencial, com foco nas fissuras e trincas ocasionadas devido à sobrecarga da laje. Por fim, mostrar as soluções realizadas para resolver as patologias.

Palavras-chave: Patologias; Fissuras; Manifestações Patológicas; Ausência de Projeto, Diagnóstico.

Abstract*:* Faced with the technological progress in the area of building construction, trained professionals and regulatory standards, it is surprising the index of pathologies that arise in buildings, whether they come from poor quality of materials, lack of design or execution error. Thus, in addition to losing credibility, aesthetic damages and structural insecurity, the lack of technological control and the incorrect use of materials, create extra expenses and a high cost for the recovery of buildings. This work aims to promote an analysis of the pathological manifestations found in a residential building, focusing on the cracks and cracks caused due to the overhead of the slab. Finally, show the solutions made to solve the pathologies.

Keywords*:* Pathologies; Fissures; Pathological manifestations; Absence of Project, Diagnosis.

1. Introdução

As edificações são construídas por materiais que, com o passar do tempo e em contato com o meio ambiente, sofrem um processo de degradação natural na sua estrutura, acontecendo assim a diminuição no seu desempenho, podendo assim futuramente gerar

ISBN: 978-85-65425-32-2

manifestações patológicas, fazendo necessário intervenções para a solução das anomalias.

As manifestações patológicas, anomalias ou “doenças” da construção não são adquiridas apenas pelo fator do tempo, durante a vida útil da edificação. Segundo MESEGUER (1991), cerca de 73% das causas patológicas são geradas devido a falha de projeto e de execução, que muitas vezes ocorrem por falta de observação técnicas, a falta de clareza na representação do projeto, negligência dos profissionais, falta de comunicação, materiais e mão-de-obra desqualificada, e assim gerando futuros problemas construtivos.

As atividades de manutenção executadas ao longo da vida útil de uma edificação são em sua maioria repetitivas e cíclicas, o que justifica o desenvolvimento de sistemas de manutenção, visando otimizar a utilização de recursos. Esta otimização se dar através do conhecimento das curvas de degradação dos elementos da edificação, sendo possível com isto prever custos de manutenção anuais, bem como evitar a propagação de defeitos, corrigindo-os logo que surjam. Infelizmente no Brasil, a maioria dos serviços de manutenção somente são realizados após a constatação da existência de defeitos, quando o estágio de degradação é elevado. É comum serem noticiadas interdições de prédios públicos devido a péssimas condições de manutenção, o que além de ampliar os custos financeiros incide em custos sociais, já que prédios públicos fechados deixam de atender a população (CREMONINI, 1988).

O estudo das patologias da construção civil é uma ferramenta fundamental para que sejam possíveis a identificação e compreensão das falhas de desempenho durante a utilização da edificação. Muitas dessas patologias acontecem repetitivamente nos edifícios, revelando falhas sistemáticas. Daí a importância do estudo dessas patologias, visando possibilitar uma atuação preventiva e melhoria da qualidade, especialmente na fase de projeto e execução. (SILVA; PAIXÃO, 2016).

Assim, vendo em questão o grande número de patologias ocasionadas por falta ou falha de projetos e erro de execuções, este presente artigo tem como objetivo analisar os problemas causados em uma edificação residencial devido à ausência de um projeto.

2. Referencial teórico

2.1 Fissuras e Trincas

As fissuras ou trincas são problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais, devido a aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolação térmica e acústica etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração exerce sobre os usuários da edificação. (CASOTTI, 2007).

MIOTTO (2010), destaca-se que as fissuras são ocorrências muito comuns em qualquer edificação e são, portanto, as manifestações que mais chamam a atenção dos usuários. Elas surgem por diversas causas, e é muito importante que antes de “tampar” uma fissura ou trinca, se descubra à causa do problema para que ela seja eliminada. Já que a fissura ou trinca é apenas uma consequência de algum problema que está ocorrendo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 Fissuras causadas por sobrecargas

As fissuras causadas por sobrecargas originam-se por excessivos carregamentos verticais de compressão nas paredes de alvenaria. Sua configuração é predominantemente vertical, possuindo como mecanismo de ruptura o surgimento de fissuras verticais por tração nos tijolos decorrentes de esforços horizontais induzidos pela argamassa de assentamento submetida à sobrecarga axial. (LIMA, 2015).

A atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como, pilares vigas e paredes. Essas sobrecargas podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode também estar ocorrendo a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista. Vale frisar ainda que não raras vezes pode-se presenciar a atuação de sobrecargas em componentes sem função estrutural, geralmente pela deformação da estrutura residente ou pela má utilização. (CASOTTI, 2007).

Na maioria das estruturas com finalidade habitacional ou comercial a observação precisa das normas que regulam os carregamentos a serem considerados no projeto estrutural é suficiente para garantir que não haverá cargas que, durante a utilização (vida útil) da estrutura, ultrapassem as que foram consideradas quando do desenvolvimento do projeto. (MAZER, 2008).

3. Metodologia da pesquisa

3.1 Caracterização do objeto de estudo

A edificação utilizada para a realização do presente estudo está localizada na cidade de Juazeiro do Norte, no estado do Ceará. A mesma, conta com: pavimento térreo com garagem, uma suíte, dois quartos, um banheiro social, cozinha e sala de jantar e estar; pavimento superior com as mesmas características e mais um escritório e duas varandas. Totalizando a área construída em 401,38 m² num terreno de 280,0 m².

O empreendimento tem 20 anos de idade. Primeiramente foi construído o pavimento térreo, já deixando as estruturas capazes de suportar o pavimento superior para futura ampliação. Foi prevista uma laje em balanço, que comportaria uma varanda.

Após 10 anos de sua construção, o proprietário optou por construir o pavimento superior. A obra foi realizada sem projeto e a devida fiscalização. Portanto, alguns dos elementos construtivos foram executados em local diferente do previsto pelo proprietário e outros foram mal executados.

- Alvenaria de vedação sobre a laje que receberia apenas uma varanda;
- Estrutura mal executada.

Esses fatores contribuíram para o surgimento de trincas e fissuras nas alvenarias de vedação do pavimento térreo.

Aos 15 anos de idade, procedeu-se uma nova reforma com o intuito de atenuar e/ou corrigir os erros constantes na estrutura. Foram executados reforços em alguns pilares, construção de outros com suas respectivas fundações e uma viga para apoio da laje que antes estava em balanço.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2 Estrutura metodológica desenvolvida

De início foi realizado um estudo bibliográfico em artigos científicos, monografias, artigos disponíveis na internet e livros sobre o assunto.

O trabalho foi realizado através do método de abordagem dedutivo e trata-se de um estudo de caso que tem o intuito de relatar as possíveis causas das patologias ocorridas em uma residência unifamiliar.

Para concretização da pesquisa realizou-se visitas ao local registrando fotografias dos problemas encontrados; obtendo informações sobre os elementos estruturais e o histórico da edificação com o proprietário. Obteve-se ainda, fotografias das situações anteriores da mesma. Em seguida, realizou-se a análise das imagens e do ambiente observando situações que pudessem ter passado despercebidas anteriormente. E logo após, levantou-se hipóteses sobre as possíveis causas dos problemas encontrados.

4. Desenvolvimento

4.1 A importância do projeto

O projeto é um dos elementos fundamentais e importante do processo de produção no setor da construção, pois é a partir dele que são feitas todas as execuções da obra. Um Projeto bem realizado, irá gerar uma melhor execução da mão de obra, sem riscos de ocorrer erros e futuros problemas. A falta de cuidado e descuidos dos profissionais, a não observação das Normas Técnicas acabam tendo como consequências falhas no detalhamento de projetos e execução inadequada das construções, assim gerando futuras patologias.

Segundo Silva (2015), essas falhas no projeto executivo, podem acarretar uma má qualidade da edificação, maior índice de retrabalhos, alongamento do prazo de execução, acréscimo no custo da obra. A compatibilização pode representar entre 5% e 8% de economia em uma construção.

4.2 Acompanhamento da obra

O acompanhamento da obra pode impedir ou reduzir futuros problemas, como as falhas de execução. Vale lembrar que, mesmo com o acompanhamento pode ocorrer erros, isso por conta a negligência ou falta de capacitação do instalador, modificação do projeto sem consulta prévia ao autor do mesmo, como também a falta de fiscalização e/ou acompanhamento do engenheiro ou responsável técnico pela obra, durante a etapa de execução das instalações.

Os acompanhamentos das obras devem ser bem rigorosos e organizados, levando em conta todas as etapas construção, passando pelo planejamento, a qualidade dos materiais, qualificação da mão de obra e do processo de construção. Segundo Queiroz (2001), O acompanhamento diário da execução dos serviços visando bons resultados de produtividade e custos, o que proporciona grande ajuda na administração da obra.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.3 Patologias – Conceito

Entende-se por patologia como o estudo da manifestação dos defeitos em peças, equipamentos ou acabamentos constituintes do edifício, ou a ciência da engenharia que estuda as causas, origens e natureza dos defeitos e falhas que surgem na edificação (COSTA, 2009). Essas patologias também chamado de doenças, podendo-se apresentarem de várias maneiras, tais como: fissuras, eflorescência, infiltrações, nichos, trincas, infiltrações, entre outros.

Assim, fazer o estudo das patologias encontradas nos objetos de pesquisas, geram maneiras capazes de proteger as possíveis necessidades que possam ocasionar em de qualquer obra de engenharia, como: resistência, qualidade, durabilidade e estética, assim, podendo também, manter todo o compromisso da empresa. É fundamental ter o pleno conhecimento sobre os aspectos de uma edificação, pois mesmo que as patologias se desenvolvem no decorrer da vida útil de uma edificação, elas podem se inicia bem antes, como na produção do projeto ou no processo de execução e utilização da edificação.

4.4 Manifestações patológicas

Uma degradação de uma edificação seja ela por, corrosão das armaduras, eflorescências, ninhos, machas ou qualquer de falha que cause a deterioração de uma edificação é chamado de manifestações mitológicas.

Essas manifestações podem ser originadas de várias formas, Pedro (2002), as classificavas em: Congênitas, Construtivas, Adquiridas e acidentais.

• Congênitas – São aquelas que surgem ainda na fase de projeto, e ocorrem pela falta de observação das normas técnicas, também por falhas e descuidos dos profissionais, que acabam tendo como consequência falhas no detalhamento e execução inadequada das construções.

• Construtivas – O surgimento dessas patologias está relacionado na etapa de execução da obra, e tem ocorrência no emprego de mão-de-obra desqualificada, materiais não certificados e ausência de metodologia para execução dos serviços.

• Adquiridas – Essas patologias aparecem durante a vida útil da edificação e são causadas pela exposição ao meio em que se inserem.

• Acidentais – São as patologias causadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum.

5. Resultados e Discussões

5.1 Patologias Observadas – Conceitos

5.1.1 – Trincas por sobrecarga da laje

As trincas chegam a ter aberturas de 0,5 a 1,5 mm, essas patologias são causadas quando tem uma maior carga sendo atuada em torno da laje, ou por falta de resistência da laje. Com isso, se ocasiona rupturas, diminuindo assim a segurança dos componentes estruturais do edifício, além dos aspectos estético, observadas na figura 1

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 1 - Trincas ocasionadas devido a sobrecarga da laje nas alvenarias

5.1.2 Fissuras por sobrecarga da laje

Podendo ter também até 0,5 mm de abertura, essas fissuras ocorrem devido a atuação de sobrecargas não previstas em projeto, produzindo fissuração de componentes estruturais em uma edificação. Os aparecimentos das fissuras em torno do componente estrutural ocasiona a redistribuição das tensões exercidas para o longo do componente fissurado.

Figura **2** - Fissuras tambem ocasionadas devido a sobrecarga da laje nas alvenarias.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.2 Soluções para as patologias observadas

As fissuras e trincas foram devidamente recuperadas, conforme foram diagnosticados os motivos das causas, foi feito a quebra das alvenarias e logo após feita as suas amarrações, depois concretagem e por fim o revestimento com massa corrida, fazendo sua correção. Assim, com os agentes causadores das fissuras e trincas, que no caso em questão, foi a sobrecarga estrutural, foram executados reforços também em alguns pilares, a realização de construções outros pilares e de uma viga para apoio da laje, que antes estava em balanço. Com isso, as forças atuantes foram amenizadas.

6. Conclusões

Evidencia-se a importância da elaboração de um projeto na construção de uma obra. A responsabilidade cresce a partir do tamanho da elaboração da estrutura, onde, tanto como o proprietário da edificação, quanto o responsável pela a execução, devem estar cientes nos problemas que podem se ocasionar devido a falta de um projeto ou do acompanhamento durante essa execução. Com isso, o presente estudo revelou que, a falta de um projeto de execução, seja por falta de profissionais desqualificados ou o não comprimento das normas tecnicas, podem gerar manifestações patológias nas edificações, podendo gerar riscos a segurança, retrabalhos, vicios e um maior orçamento do que previsto inicialmente. Vale lembrar que, Materiais desqualificados, e má utilização da edificação poderam gerar futuras patologias, e que, quando ocorrer a fase de recuperação da estrutura, sempre ter o acompanhamento de um profissional qualificado, seguindo as normas, para que assim não ocorra restaurações desnecessárias, ou superdimensionamentos de estruturas que não necessarias, gerando maiores custos do que já previstos.

Referências Bibliográficas

CASOTTI, Denis E. Causas e Recuperação de Fissuras em Alvenaria. 2007. 80f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, USF, Itatiba, 2007.

COSTA, Vitor Coutinho de Camargo. PATOLOGIA EM EDIFICAÇÕES ÊNFASE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO. 2009. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

CREMONINI, Ruy Alberto. Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988.

LIMA, B, S. Principais Manifestações Patológicas Em Edificações Residenciais Multifamiliares. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Santa Maria, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MAZER W. Patologia, Recuperação E Reforço De Estruturas De Concreto. Curso De Engenharia Civil. Curitiba – PR, 2008.

MESEGUER, A. G., Controle e Garantia da Qualidade na Construção. São Paulo: SINDUSCON/SP, 1991.

MIOTTO, D. Estudo De Caso De Patologias Observadas Em Edificação Escolar Estadual No Município De Pato Branco-Pr. Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, 2010.

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C. ; ROCHA, M. O.; CHAVES, M. V. . Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada. Curso de Pós-Graduação do CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte, 2002.

PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL. Falhas em Estruturas Metálicas: Conceitos e Estudo de Casos. Disponível em: <http://wwwo.metalica.com.br/falhas-em-estruturas-metalicas-conceitos-e-estudos-de-caso>. Acesso em 10 junho 2017.

SILVA, C, F. Análise De Falhas Em Projetos De Construção Civil. Instituto de Educação Tecnológica Pós-graduação Gestão de Projetos em Construção e Montagem - Turma nº05 09 de maio de 2015.

SILVA M, H, A.; PAIXÃO T, C, R. Proposição De Ferramenta De Avaliação De Projetos Hidráulicos E Sanitários Prediais. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil. Goiânia, 2016.

QUERIOZ, M, N. Programação e controle de obras. Juiz de Fora. 2001. 95p. Universidade Federal de Juiz de Fora.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DE SOBRAL

Pathological Manifestations: Case Study Of A Sobral Industry

Tarcisio Gleidson ALCÂNTARA COSTA[1], **Gerson Luiz** APOLIANO ALBUQUERQUE[2]

[1] Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, Sobral, Ceará, Brasil, tgac1991@hotmail.com1

[2] Professor, Engenheiro Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, Sobral, Ceará, Brasil, gersonapoliano@hotmail.com

Resumo: O presente estudo objetivou analisar as manifestações patológicas existentes em uma edificação de uma indústria na cidade de Sobral – CE, onde o autor exerce suas atividades laborais. Utilizou-se como metodologia, uma pesquisa exploratória bibliográfica, aliada a uma pesquisa experimental, com uma pesquisa de campo. Quanto à coleta de dados, utilizou uma documentação direta, com observação direta intensiva, com as técnicas de observação de campo, ou seja, *in loco*.

Os resultados obtidos mostram que a maior parte das patologias encontradas foram corrosão em armadura e que os elementos estruturais mais danificados por essa patologia foram as lajes de concreto. Com a obtenção desses dados, foram comentadas as possíveis causas, bem como foram propostas soluções para os problemas encontrados, e sugerido a mais rápida recuperação das estruturas com as manifestações patológicas.

Palavras-chave: Patologias. Corrosão. Estruturas.

Abstract: The present study aimed to analyze the pathological manifestations existing in an industrial building in the city of Sobral - CE, where the author carries out his work activities. The methodology used was an exploratory bibliographical research, combined with an experimental research, with a field research. As for the data collection, he used a direct documentation, with intensive direct observation, with the techniques of field observation, that is, *in loco*. The obtained results show that most of the pathologies found were reinforcement corrosion and that the structural elements more damaged by this pathology were the concrete slabs. With the obtaining of these data, the possible causes were commented, as well as solutions were proposed for the problems encountered, and suggested the faster recovery of the structures with the pathological manifestations.

Keywords: *Pathologies, Corrosion, Structures.*

1. Introdução

Com o avanço tecnológico no setor de técnicas e materiais de construção, observa-se um elevado número de edificações, relativamente novas, apresentando diversos tipos de patologias. Contudo, esta preocupação não se revestia antigamente de caráter sistemático, sendo estudado apenas problemas mais comuns ligados a segurança estrutural.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Com o passar do tempo, modernamente, com a aplicação da engenharia civil, que por sua vez, procurou-se dar mais ênfase as construções, e estas começam a ser analisadas como um todo. Percebendo então a necessidade de organizar, consolidar e ampliar os conhecimentos nesta área, faz-se necessário a participação de organismos internacionais nas pesquisas sobre essas questões voltadas a patologia de edificações de um modo geral. As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. Dentre essas patologias, destacam-se as estruturais, sendo que as mesmas são objetos de estudo da presente pesquisa. Nesse contexto, destaca-se o concreto, que é um dos materiais mais utilizados na construção de estruturas em edifícios, sendo composto por cimento, areia, pedra e água. Quando o concreto recebe uma armadura de aço, é chamado de concreto armado, utilizado na construção de estruturas de concreto. São essas estruturas que através do seu projeto e execução, irão delimitar o possível surgimento de patologias e a intensidade das mesmas.

Com este trabalho, tem-se a finalidade de relatar as principais anomalias relacionadas à edificação em estudo, tais como: fissuras, trincas, rachaduras, infiltrações no concreto e corrosão de armaduras em concreto armado. Com este propósito fez-se um estudo de caso mais aprofundado com o intuito de identificar e quantificar as patologias nas estruturas e identificar qual o tipo de elemento estrutural atingido de uma indústria da cidade de Sobral-CE.

O estudo tem o objetivo geral de analisar as manifestações patológicas existentes em uma edificação de uma indústria na cidade de Sobral - CE.E como objetivos especificos são verificar e quantificar quais os tipos de manifestações patológicas encontradas na unidade industrial; pesquisar as principais incidências dos problemas patológicos; verificar e quantificar em quais elementos estruturais manifestações patológicas foram encontradas na unidade industrial.

2. Patologias da Construção

Patologia pode ser descrita como a parte da engenharia que estuda as origens, os sintomas, as causas e os mecanismos dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo aprofundado das partes que compõem o diagnóstico do problema. A palavra patologia deriva-se do grego, onde pathos significa doença e logia significa ciência, estudo, (SILVA, 2011).

As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. De acordo com o Fórum da Construção,(2016) as patologias mais comumente encontradas nas construções, são decorrentes da fase de projeto e a grande maioria são geradas por falta de cuidado na execução da obra, tais como: fissuras em peças de concreto ou em reboco causadas pela falta de cuidado no processo de cura; infiltração de umidade por incorreção na aplicação dos materiais, por absorção ou capilaridade; vazamentos acidentais de água nas redes de água potável ou de drenagem pluvial; surgimento de eflorescências causadas por formação de depósitos salinos na superfície das alvenarias em função de sua exposição a intempéries; desenvolvimento de mofo ou fungo provocado pela condensação de umidade resultante da insuficiência de ventilação e insolação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Segundo Silva (2011) quando uma estrutura apresenta problemas, é comum fazer uma recuperação por meio de reparos, e isso poderia ser comparado ao remédio receitado na medicina. Neste momento entra-se em um dos pontos fortes de discussão deste assunto, pois o médico não receita um medicamento sem saber a doença e suas causas, além de solicitar alguns exames comprobatórios ao paciente sobre estes tópicos, quando necessário. Por muito tempo, a engenharia civil era como uma medicina que não fazia exame e muito menos procurava a doença. Quando aconteciam os serviços de reparos e até hoje, são feitos por pessoas não especializadas em patologias das edificações.

2.1 Tipos de Patologia

Abaixo são apresentados os diversos tipos de patologia que podem ser encontrados em uma edificação.

2.1.1 – Trincas e fissuras

As trincas e fissuras podem ser definidas como uma fratura linear no concreto, podendo se desenvolver parcialmente ou completamente ao longo de um elemento estrutural. As trincas e fissuras são fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado e podem se manifestar em três fases de sua vida sendo elas: fase plástica, fase de endurecimento e fase de concreto endurecido.

É importante lembrar que inicialmente deve ser realizado o monitoramento das trincas e fissuras para acompanhar a evolução das mesmas e identificar se tratam de trincas ativas ou passivas.Segundo Junior (2006) as trincas ativas são as que ainda se movimentam, alterando assim suas dimensões no decorrer do tempo. Já as trincas passivas são aquelas que podem ficar estabilizadas por anos, sem que ocorra alterações em suas dimensões, tanto na forma, quanto em sua largura e abertura.

As fissuras normalmente apresentam-se como estreitas e alongadas aberturas na superfície de algum material e são menos graves ou superficiais, como, por exemplo, fissuras na pintura, na massa corrida ou no cimento queimado, onde não implica problemas estruturais. Porém, de acordo com Figueiredo *et al* (2012) toda rachadura tem origem a partir de uma fissura, por isso a importância de se ficar atento e observar se há ou não evolução do problema ao longo do tempo, ou se a fissura permanece estável.

Segundo Forum da Construção (2016) no caso de trinca e rachadura, sua patologia tem origem diretamente relacionada com problemas estruturais geralmente graves, devido as fundações mal calculadas ou solo incorreto, cálculo estrutural e dimensionamento errado da ferragem. Segundo Forum da Construção (2016), nestes casos a única solução é a contratação de um engenheiro civil, para realizar a avaliação da estrutura e que métodos podem ser aplicados para poder corrigir o problema.

De acordo com Corsini (2010), as aberturas com até 0,5 mm são chamadas de fissuras, as maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm são chamadas de trincas e por fim as com aberturas maiores de 1,0 mm são denominadas rachaduras.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.1.2 – Rachaduras

É quando determinado objeto ou parte dele apresenta uma abertura com uma tamanho que ocasiona interferências indesejáveis. Através de uma rachadura podem entrar agua, vento e outros. Santos (2013) ressalta que nem todas as rachaduras não proporcionam manifestações do mesmo tipo, devendo serem estudadas e tratadas caso a caso, antes que a mesma seja fechada.

Segundo Lottermann (2013) as rachaduras possuem características que são iguais as das trincas em relação a separação entre as paredes, no entanto elas possuem aberturas maiores, acentuadas, profundas e que podem ser vistas e identificadas facilmente por pessoas que não tenham conhecimento técnico voltado a área.

Possiveis causas das rachaduras para Oliveira (2012) são : deficiência na avaliação da resistência do solo; má definição das cargas atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas; deficiência no cálculo da estrutura; detalhamento insuficiente ou errado dos projetos; falta de compatibilidade entre os projetos, principalmente entre o estrutural e arquitetônico; não capacitação profissional da mão de obra e entre outros.

2.1.3 – Corrosão em Armaduras

Para Lottermann (2013) a corrosão das armaduras de concreto é um fenômeno de natureza eletroquímica, que na presença de agentes químicos internos ou externos ao concreto, tende a acelerar. No concreto armado, o aço encontra-se no interior de um meio altamente alcalino, onde estaria protegido do processo de corrosão devido à presença de uma película protetora de caráter passivo.

As armaduras da estrutura de concreto armado são normalmente colocadas próximas a sua superfície. Uma das grandes vantagens do concreto armado é que ele pode, por natureza e desde que bem executado, proteger a armadura da corrosão. Essa proteção baseia-se no impedimento da formação de células eletroquímicas, através de proteção física e proteção química. Quando a estrutura tem um cobrimento insuficiente ou um concreto mal adensado, as armaduras são mais suscetíveis a presença de corrosão.

Um bom cobrimento das armaduras, com um concreto de alta compacidade, sem "ninhos", com teor de argamassa adequado e homogêneo, garante, por impermeabilidade, a proteção do aço ao ataque de agentes agressivos externos. Esses agentes podem estar contidos na atmosfera, em águas residuais, águas do mar, águas industriais, dejetos orgânicos etc. Não deve, tampouco, conter agentes ou elementos agressivos internos, eventualmente utilizados no seu preparo por absoluto desconhecimento dos responsáveis, sob pena de perder, ou nem mesmo alcançar, essa capacidade física de proteção contra a ação do meio ambiente. Na figura 5 tem-se um exemplo de corrosão em armadura.

2.1.4 – Infiltrações

Para Zamboni (2013) as infiltraçõs podem ser consideradas como os problemas mais graves em uma construção civil. De forma geral a infiltração é a ação de líquidos no interior de estruturas construídas. Podendo causar prejuízos de caráter funcional da edificação; desconforto dos usuários e em casos extremos os mesmos podem afetar a saúde dos

ISBN: 978-85-65425-32-2

moradores; danos em equipamentos e bens presentes nos interiores das edificações; e diversos prejuízos financeiros.

Pode-se considerar dois tipos básicos de infiltração : os que são de causa interna e os de externa. Segundo Zamboni (2013) o primeiro caso são aqueles causados por problemas no próprio apartamento ou no apartamento vizinho, como canos estragados. Já as causas externas são normalmente as ações da chuva e umidade do solo.

Independente das causas de infiltrações, Zamboni (2013) destaca que elas podem causar inúmeros estragos, como por exemplo: as paredes ficarem descascadas, revestimentos de paredes e pisos estourados, degradação em tetos de gesso, gerar mofos em geral e agredir as esquadrias externas.

Para que não ocorram infiltrações pode-se prevenir e resolve-las ao mesmo tempo da construção ou reforma de uma casa ou empreendimento, onde deve ser executado de maneira correta o uso das soluções para condução de água para os devidos locais e de forma segura, sendo executadas com as proteções químicas e físicas nas argamassas do reboco, evitando assim a quebra posterior do reboco.

3. Apresentação e Análise de Resultados

O estudo foi realizado em uma indústria da cidade de Sobral-CE, cujas coordenadas são -3.685801 Sul, -40.372633 Oeste, próxima à serra de Meruoca. Apresenta baixas altitudes, em torno de 70 m, e fica em uma região de altas temperaturas, média de 27oC. A unidade industrial tem uma área total de 1.755.700,00 m², com uma área construída de 60.931,47 m². Foram feitos vários registros fotográficos por toda a fábrica, e dentre mais de 700 fotografias, 206 são de patologias. Com esses registros, foi criada uma tabela mostrando a quantidade por tipo de manifestações patológicas, conforme o Quadro 1, abaixo, mostra:

Quadro 1 – Tipos de patologias encontradas na fábrica

TIPO DE PATOLOGIA	QUANTIDADE	%
CORROSÃO EM ARMADURA	148	72
FISSURA	10	5
INFILTRAÇÃO	3	1
RACHADURA	30	15
TRINCA	15	7
	206	**100**

Fonte: própria, 2017.

Como pode ser observado, foram encontradas 206 manifestações patológicas, sendo que, as de maiores incidências, foram as corrosões em armaduras, com 148 (72%) e, as de menor incidência, foram as infiltrações com apenas 3 registros (1%).

O Quadro 2, abaixo, mostra os elementos estruturais que foram atingidos por patologias.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 – Elementos estruturais atingidos por patologia

LOCAL DA PATOLOGIA	QUANTIDADE	%
LAJE	88	42,7
PAREDE	26	12,6
PILAR	51	24,8
VIGA	41	19,9
	206	**100**

Fonte: própria, 2017.

Como pode ser observado, foram encontradas manifestações patológicas em diversos elementos estruturais como: lajes, paredes, pilares e vigas. Os elementos de maiores incidências das patologias foram as lajes (42,7%); e o elemento estrutural de menor incidência de patologias foram as paredes, com 26 registros (12,6%).

Como possíveis causas desse número elevado de corrosão em armadura, podem ser citados: cobrimento de concreto das armaduras abaixo do ideal, um concreto mal adensado, concreto mal executado ou um concreto mal vibrado. Pode-se observar que a infiltração foi a que apresentou menor índice de incidência. Uma possível justificativa para isso, seria a pouca incidência de chuvas na região e também por ser uma grande indústria, sua estrutura tem poucos pontos de acúmulo d'água.

Possivelmente devido ao elevado peso dos equipamentos dessa indústria, fizeram com que as lajes e pilares apresentassem o maior número de patologias, provavelmente esses elementos não foram projetados de acordo com a solicitação real ou não foram executados da maneira correta ou não foram utilizados os materiais necessários e adequados.

Na Foto 1, abaixo, tem-se um caso de corrosão em armadura encontrado na fábrica.

Foto 1 – Corrosão em armadura

Fonte: própria, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Possíveis soluções para a corrosão em armaduras seriam a remoção do concreto de cobrimento fissurado ou semi-destacado; limpeza das barras de aço da armadura; proteção catódica galvânica das barras de aço da armadura. Um bom cobrimento das armaduras, com um concreto de alta compacidade, sem "ninhos", com teor de argamassa adequado e homogêneo, garantiria, por impermeabilidade, a proteção do aço ao ataque de agentes agressivos externos.

Na Foto 2, abaixo, tem-se a corrosão em armadura em uma laje de concreto.

Foto 2 – Corrosão em Armadura de laje de concreto

Fonte: própria, 2017.

Na Foto 3, a seguir, tem-se outro exemplo de corrosão de armadura, só que em um pilar de concreto.

Foto 3 – Corrosão em Armadura de um pilar de concreto

ISBN: 978-85-65425-32-2

Fonte: própria, 2017.

Na Foto 4, abaixo, tem-se outro exemplo de corrosão em armadura, mas só que agora em uma laje.

Foto 4 – Corrosão em Armaduras

Fonte: própria, 2017.

No caso das fissuras, elas podem ter origem na movimentação dos matérias e componentes da construção, que tendem a sofrer uma acomodação devido às vibrações presentes no processo de produção da indústria estudada e também possivelmente devido às elevadas temperaturas que a estrutura sofre devido do clima da região e operação do maquinário da indústria.

Nesse caso, o tratamento seria a aplicação de fita de poliéster, para uso neste tipo de reparo. A colocação da fita permitirá que a superfície possa dilatar sem que novas fissuras surjam; em seguida, a utilização de massa acrílica para regularizar a superfície e esconder a fita e por fim à pintura da parede.

Na Foto 5, a seguir, tem-se um exemplo de fissuras encontradas por ocasião do levantamento de dados, no caso, em um pilar.

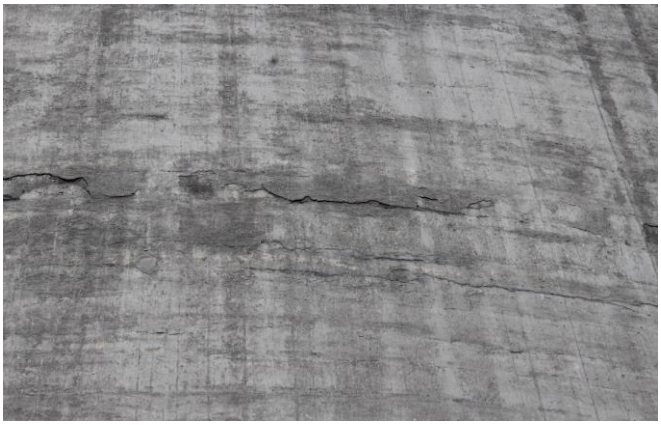
Foto 5 – Fissuras em pilar concreto

ISBN: 978-85-65425-32-2

Fonte: própria, 2017.

Na Foto 6, abaixo, tem-se um exemplo de trincas encontradas no levantamento.

Foto 6 – Trincas em parede (caixa d'água) de concreto



Fonte: própria, 2017.

As trincas e rachaduras têm origem diretamente relacionada com problemas estruturais graves, possivelmente devido às fundações mal calculadas ou solo incorreto, cálculo estrutural e dimensionamento errado da ferragem. No levantamento realizado, uma solução seria a contratação de um engenheiro civil, para realizar a avaliação da estrutura, caso a caso, para que possa aplicar os métodos corretos para poder corrigir os problemas. Para as correções de rachaduras, são necessárias providências estruturais imediatas, exigindo uma análise minuciosa e precisa dos problemas estruturais visíveis e não visíveis antes do seu fechamento, e para isso utilizando-se geralmente técnicas com aplicação e/ou utilização de grampos de ferros para a união da estrutura e o reforço estrutural cabível e apurado durante análise patológica.

Na Foto 7, a seguir, tem-se um exemplo de rachadura encontrado no levantamento.

Foto 7 – Rachadura em pilar de concreto

Fonte: própria, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

No caso das infiltrações encontradas na fábrica, elas podem surgir por diversos motivos, como por exemplo: pisos danificados, estrago nas tubulações, pisos inadequados para área molhada que tem absorção d'agua, rejunte mal executado, telhados danificados, impermeabilizações com danos nas áreas externas e entre outros motivos.

Para resolver problemas de infiltração, geralmente é preciso raspar o reboco na região onde há a infiltração e esperar secar. Em seguida, aplicar algum produto impermeabilizante e fazer o novo reboco com massa de cimento bem forte. O ideal do impermeabilizante é que ele seja passado do lado de fora, para evitar a penetração da água.

Na Foto 8, abaixo, tem-se um exemplo de infiltração em laje.

Foto 08 – Infiltração em laje

Fonte: própria, 2017.

4. Conclusões

Conforme análise dos dados coletados, pode-se concluir que foi encontrado um número significante de patologias, mais precisamente 206 registros, sendo 148 (72%) de corrosão em armadura, 30 (15%) de rachaduras, 15 (7%) de trincas, 10 (5%) de fissuras e 3 (1%) de infiltração. Como foi visto, a corrosão em armadura prevaleceu em maior número de incidência. Verificando os dados, observa-se que as patologias citadas acima foram encontradas em elementos estruturais, sendo que foram verificadas patologias em: 88 (42,7%) lajes, 51 (24,8%) pilares de concreto, 41 (19,9%) vigas de concreto e 26 (12,6%) em paredes. Como pode ser observado, os elementos estruturais mais atingidos foram as lajes.No decorrer do presente trabalho, para todas essas patologias, foram propostas soluções variadas, para cada tipo de manifestação patológica.

A análise das manifestações patológicas é o ponto de partida para a tomada de decisões, em vista da recuperação dos elementos estruturais atingidos. Assim, a administração superior da indústria poderá contratar uma empresa especializada para execução da recuperação de toda estrutura da fábrica. A importância desse levantamento se faz, então,

ISBN: 978-85-65425-32-2

para a identificação dessas patologias para que estes problemas sejam solucionados, evitando assim problemas maiores no futuro.

Após essa análise e estudo, sugere-se que se inicie, o mais rápido possível, a recuperação de toda a estrutura, com o intuito de evitar que esses problemas se agravem.Pelo fato das lajes apresentarem maior número de patologias, sugere-se uma perícia para se identificar melhor as causas.

Espera-se que os resultados obtidos no trabalho realizado possam contribuir, e mesmo se estender a outras unidades fabris do grupo empresarial, enfatizando a importância da integração entre o planejamento adequado, especificação dos materiais, execução, o uso e manutenção da edificação, sempre buscando reduzir o consumo de recursos financeiros, minimizar o comprometimento da qualidade da obra, obter maior durabilidade e vida útil da edificação.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, maior engenheiro de todos os tempos, aos meus pais Tarcisio e Socorro, e ao meu querido professor Gerson Apoliano a que tanto me incentivou e ajudou na a realização desse estudo.

Referências

Corsini, Rodnei.(2010) .Trinca ou fissura? Como se originam, quais os tipos, as causas e as técnicas mais recomendadas de recuperação de fissuras. Disponível em: http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx. Acesso em 01/maio/2017.

Fórum da construção.(2016). Diferença de fissura e trinca de paredes e como tratar. Disponível em: http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1930. Acesso em 01/maio/2017.

Fórum da construção.(2016).O que é Patologia das construções? Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1620>. Acesso em 01/maio/2017.

Figueiredo, Davi Messias Corrêa de *et al*.(2012) PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. Trabalho apresentado à disciplina de MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO-UNIFOR-MG. Formiga/MG, 2012.

Junior, Clémenceau Chiabi Saliba.(2006).TRINCAS NAS EDIFICAÇÕES. Obras On Line, Minas Gerais, 2006.

Lottermann, Fabrício Nunes da. (2013). PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do titulo de Engenheiro Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Oliveira, Alexandre Magno de. (2012). FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES. 2012. Trabalho de final de curso de especialização em Gestão em Avaliações e Perícias da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

Santos, Aldair. Trincas, fissuras, fendas e rachaduras exigem cuidado, 2013.Disponível em http://www.cimentoitambe.com.br/trincas-fissuras-fendas-e-rachaduras-exigem-cuidado/. Acesso em 07/jun/2017.

Silva, Fernando Benigno. (2011)Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. Téchne, edição 174, set. 2011. Disponível em: http://techne.pini.com.br/engenhariacivil/174/patologia-das-construcoes-uma especialidade-na-engenharia-civil-285892-1.aspx.Acesso em: 15/maio/2017.

Zamboni. Isabela.(2013) Como Lidar Com Infiltrações. Disponível em: http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=36&Cod=1973. Acesso em 10/maio/2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

INVESTIGAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM GINÁSIO DE ESPORTES CONSTRUÍDO NA DÉCADA DE 1974

Investigation Of Pathological Manifestations In A Sports Gymnasium Built In The 1974s

Ana Raira Gonçalves da SILVA[1], **Bruna Rafaela de Oliveira** SILVA[2], **Jéssica Cavalcante** MONTENEGRO[3]

[1] UFERSA, Mossoró/RN, Brasil, ana.raira@hotmail.com

[2] UFERSA, Mossoró/RN, Brasil, brunarafaela__@hotmail.com

[3] UFERSA, Mossoró/RN, Brasil, jessicacavalcante.m@gmail.com

Resumo: O conhecimento de técnicas construtivas e a qualidade dos materiais utilizados na execução de uma construção, como também a manutenção periódica da mesma, aumenta sua vida útil e reduz gastos futuros com reparos e recuperações de estruturas, pisos e fachadas, proporcionando a edificação melhor desempenho e menor chance de aparecimento de manifestações patológicas. Portanto, este trabalho propõe o levantamento e estudo das patologias presentes em uma edificação de uso específico construída na década de 1974, como também propor medidas mitigadoras para as patologias encontradas. A construção estudada trata-se um um ginásio de esportes, que além das atividades esportivas possui também atendimento odontológico. Após visitas registradas em fotografias, as principais patologias encontradas na construção foram identificadas e estão relacionadas à parte estrutural, pintura e desplacamento, que para tratamento foram propostas medidas mitigadoras e reparo.

Palavras-chave: Ginásio; Patologias; Tratamento.

Abstract: The knowledge of constructive techniques and the quality of the materials used in the execution of a construction, as well as the periodic maintenance of the same, increases its useful life and reduces future expenses with repairs and recoveries of structures, floors and facades, providing the building better performance and Less chance of onset of pathological manifestations. Therefore, this work proposes the survey and study of the pathologies present in a building of specific use built in the decade of 1974, as well as propose mitigating measures for the pathologies found. The construction studied is a gymnasium of sports, which besides sports activities also has dental care. After visits recorded in photographs, the main pathologies found in the construction were identified and are related to the structural part, painting and displacement, which for treatment were proposed mitigating measures and repair.

Keywords: Gymnasium; Pathologies; Treatment.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Técnicas de construção civil vem a cada dia sendo aperfeiçoada com o objetivo de proporcionar às edificações melhores resultados em sua vida últil e seu desempenho, estudos mostram que as manifestações patológicas em construções são decorrentes da má execução do procedimento ou utilização de materiais não adequados. Sendo necessário que toda e qualquer edificação esteja sempre passando por manutenção periódica, com objetivo de prevenir manifestações patológicas e evitar possíveis custos extras. Assim, esta pesquisa é caracterizada por estudar as manifestações patológicas de um ginásio esportivo construido no ano de 1974.

O ginásio de esportes estudado nesta pesquisa é de uma universidade publica da cidade de Mossoró, sendo um espaço voltado para atividades esportivas de alunos, professores e de toda comunidade, atualmente são desenvolvidas atividades de capoeira, boxe chinês, jiu-jítsu, vôlei, futsal e basquete. No ambiente também é realizado atendimento médico e odontológico. Para todas as atividades o ginásio conta com: uma sala para atendimento médico, uma para perícia médica, uma para o consultório odontológico, uma sala para guardar materiais esportivos, a sala de capoeira, a sala de boxe chinês, a sala para jiu-jítsu, banheiros e vestiários, masculino e feminino, e a quadra de esportes com arquibancadas.

Percebe-se que para sua construção a concretagem das vigas, pilares e cintas foi realizada usando concreto armado com seixo rolado como agregado, o reboco em massa única com uso da cal, e sua pintura bastante antiga, infere que as principais manistações patológicas apresentadas na edificação estão relacionadas à falta de manutenção da mesma, principalmente em paredes e pisos, para as quais foram propostas medidas mitigadoras conforme as possíves causas das manifestações.

2. Metodologia

Este trabalho foi dividido em três etapas, a saber:

Visita à edificação: Foram realizadas visitas técnicas ao ginásio de esportes, com o intuito de conhecer o ambiente, levantar as principais atividades lá desenvolvidas, conhecer sobre a história da construção, tempo de duração da obra, ano de fundação, materiais que foram utilizados em sua construção, e registrar imagens das manifestações patológicas presentes.

Análise das patologias: Após as visitas e coleta das informações, os registros fotografádos foram e estudados e as patologias identificadas e estudadas separadamente uma a uma, para então propor medidas mitigadoras.

Solução para as patologias: a partir da identificação das causas que proporcionaram o aparecimento das patologias existentes, discutiu-se as possíveis soluções e medidas mitigadoras para o problema.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Manifestações Patológicas

3.1 Parte Externa da Edificação

3.1.1 Bolor e Mofo:

Possíveis causas: Segundo Granato (2002), o bolor e o mofo estão relacionados com a absorção ou presença de umidade, com expressivo aparecimento em pinturas do tipo PVA, em função das resinas e aditivos da formulação.

Figura 1 – Bolor e Mofo
Fonte: Autoria Própria; 2016.

Medidas mitigadoras: Eliminar o vazamento de água da torneira fixada na viga, eliminar o mofo e bolor, e refazer a pintura, limpando toda a superfície adequadamente.

3.1.2 Descascamento de pintura

Possíveis causas: normalmente ocorre quando a superfície estava suja ou empoeirada e a tinta foi aplicada sobre a mesma.

Figura 2 – Descascamento em pintura
Fonte: Autoria Própria; 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Medidas mitigadoras: Retirar a pintura existente, raspar e escovar toda a superfície para que haja a remoção de partículas soltas, e em seguida aplicar fundo preparador de paredes e repintar toda superfície.

3.1.3 Desgaste superficial do concreto

Possíveis causas: reações químicas entre agentes agressivos presentes no meio ambiente externo e os constituintes da pasta de cimento.

Figura 3 – Desgaste em concreto
Fonte: Autoria Própria; 2016.

Medidas mitigadoras: Realizar ensaios no concreto para então executar recuperação em estrutura, limpando toda armadura que está exposta às intempéries do ambiente, ao sol e a chuva.

3.2 Parte Interna da Edificação

3.2.1Destacamento de piso

Possíveis causas: Desgaste devido à abrasão e falta de manutenção nos pisos.

Figura 4 – Desplacamento de Piso: A) Piso da entrada B) Piso do vestiário
Fonte: Autoria Própria; 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Medidas mitigadoras: Realizar manutenção em todo piso do ginásio, com argamassa de assento adequada.

3.2.2 Desplacamento de reboco

Possíveis causas: Reboco em massa única com espessura muito grande, ocasionando o desplacamento.

Figura 5 – Desplacamento em reboco
Fonte: Autoria Própria; 2016.

Medidas mitigadoras: refazer reboco utilizando técnicas adequadas para reboco muito espesso.

3.2.3 Descascamento de pintura

Possíveis causas: Segundo Ambrozewicz (2012) ocorre quando se utiliza látex sobre caiação, que é uma camada em pó.

Figura 6 – Descascamento em pintura
Fonte: Autoria Própria; 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Medidas mitigadoras: Retirar a pintura existente, raspar e escovar toda a superfície para que haja a remoção de partículas soltas, e em seguida aplicar fundo preparador de paredes e repintar toda superfície.

4. Conclusões

A execução de técnicas construtivas com materiais de qualidades e que sigam as especificações de projetos, é de fundamental importância para a vida últil de uma edificação, como também para o seu desempenho. Proporcionando ao usuário que tão cedo não tenha gastos extras realizando reparos ou recuperação de alguma parte danificada. No entanto medidas que proporcionem a manutenção periódica da edificação é primordial para integridade da construção.

Para a edificação em estudo as patologias encontradas são decorrentes de falta de manutenção no prédio, uma vez que a construção é do ano de 1974 e nunca foi realizado estudos em sua estrutura; algumas de suas vigas estão com a armadura exposta e a pintura do prédio está precisando de manutenção, concluindo assim, que muitas das manifestações patológicas presente neste ginásio é decorrente da falta de manutenção preventiva e periódica no mesmo.

Referências Bibliográficas

Ambrozewicz, Paulo Henrique Laporte. Materiais de Construção. Paulo Henrique Laporte Ambrozewicz . Sâo Paulo: Pini, 2012.

Granato, José Eduardo. Patologia das construções. Sâo Paulo. 2002

Manual técnico de Recuperação de Estruturas. Vedacit impermeabilizantes. 3ª Ed.

Souza, Vicente Custódio de. Patologia, recuperação e reforço dc estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper. - São Paulo : Pini, 1998.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: RUFOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ARMADO E PLATIBANDAS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Analysis Of Pathological Manifestations: Pre-Cast Reinforced Concrete Casings And Platbands In Residential Buildings.

Pablo AGUIAR[1], **Aluizio** RIBEIRO[2], **Danilo** ANDRADE[3].
[1] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, pluiz_07@hotmail.com
[2] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, souzaribeiro1991@gmail.com
[3] Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI, Brasil, danilotma@msn.com

Resumo: o presente trabalho tem como objetivo analisar as patologias decorrentes de infiltrações ocasionadas por falhas executivas de rufos e platibandas de edificações residenciais, apresentando suas possíveis causas e como elas podem ser corrigidas e prevenidas. Na cidade de Teresina foram analisadas edificações em fase de utilização como amostra, observando o comportamento da cobertura em relação aos rufos e platibandas frente às consequências provocadas pela umidade. Através da análise destas amostras, foi possível observar que as falhas executivas somadas à inexistência de normas e falta de detalhamento de projeto é uma das grandes responsáveis pela infiltração através da ligação rufo platibanda nas edificações residenciais.

Palavras-chave: patologia; umidade; infiltração; telhado; rufo; platibanda.

Abstract: the present work aims to analyze the pathologies resulting from infiltrations caused by executive failures of ruffles and platbands of residential buildings, presenting their possible causes and how they can be corrected and prevented. In the city of Teresina, buildings were analyzed in phase of use as a sample, observing the behavior of the cover in relation to the ruffles and plates in front of the consequences caused by the humidity. Through the analysis of these samples, it was possible to observe that the executive faults added to the lack of norms and lack of detail of design is one of the great ones responsible for the infiltration through the rufo connection platband in the residential buildings.

Keywords: pathology; humidity; infiltration; roof; Ruffle; platband

1. Introdução

Várias etapas são desenvolvidas até se chegar ao produto final de uma edificação residencial. Em todas elas deve existir uma preocupação com o comportamento da água em relação à estrutura, sejam nas fundações, alvenaria, concreto e o ponto em questão, os elementos do telhado tais como platibanda, rufos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Como em todo empreendimento, as intenções do investidor estão voltadas para o lucro, na construção civil não é diferente. Essa é uma das causas que deixam a impermeabilização para segundo plano, pois é um produto que não salta aos olhos do consumidor na compra de um imóvel.

A utilização desorientada com mão de obra desqualificada é também, sem sombra de dúvida, a predecessora de futuras patologias, em que as edificações residenciais são uma das grandes prejudicadas, onde os habitantes sofrem transtornos que poderiam ser evitados caso houvesse mais orientação e planejamento.

Outro problema é a falta de difusão da ideia. Grandes obras operadas por construtoras já melhoraram muito nesse aspecto, no entanto, a concepção da estanqueidade ainda não está no cerne do construtor, pois o pedreiro que executa uma pequena obra residencial ainda enxerga esse pensamento como algo desnecessário ou inapropriado. Esse é um grande erro que precisa ser observado com atenção, já que toda edificação, cedo ou tarde, sofrerá com os prejuízos gerados pela falta ou má execução da impermeabilização.

O mercado vem apresentando produtos eficientes nesse setor, porém, as inovações ainda deixam a desejar. Existe em vigência no mercado e regularizado por norma, dois tipos de impermeabilização a rígida e a flexível.

A etapa de impermeabilização é uma fase importante para tornar a construção protegida, evitar comprometimento e preservar sua vida útil. Desta forma, conhecer os tipos, como aplica - la e qual o melhor material a ser especificado são itens que devem ser observados e analisados durante a concepção do projeto.

Com tudo isso surge o questionamento, como prevenir e tratar as patologias decorrentes da umidade que penetra através de rufos e platibandas, de edificações residenciais?

Esse trabalho tem a finalidade de analisar as formas de prevenir e tratar os incômodos gerados pelas infiltrações que ocorrem corriqueiramente em alguns elementos de coberturas de edificações residenciais.

Por se tratar de problemas que permeiam o dia a dia da engenharia civil, várias técnicas são empregadas para solucionar tais questões. A maioria desses métodos envolvem ajustes operados por pedreiros que corrigem a falha, atacando a consequência de um erro de execução na fase de construção. As análises dessas correções são necessárias e serão esplanadas para promover a melhor eficácia dessas intervenções.

Por fim, pretende-se mostrar, através de acertos e erros, avaliados e descritos, a maneira mais eficiente de prevenir e corrigir tais patologias.

2. Justificativa

Segundo Vieira (2010) entre os elementos que melhor caracteriza as casas residenciais, a cobertura representa uma parte da edificação que atende aos vários aspectos funcionais, formais e simbólicos, percebidos no ambiente externo que a envolve. Elemento de proteção (horizontal) superior, a cobertura permite variações na combinação entre estruturas e materiais que definem diferentes formas e especificações construtivas (HERTZ, 1998).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Os elementos da cobertura devem ser estanques, porém a maioria dos telhados falham nessa propriedade, apresentando vazamentos. Segundo Verçoza (1991), existem vazamentos que acontecem em determinados tipos de cobertura e outros comuns a todos os tipos.

A água proveniente da chuva é a responsável mais comum na geração de umidade. Sua direção, velocidade do vento e intensidade da precipitação influenciam diretamente sobre o comportamento do telhado. Fatores da própria construção também estão relacionados às infiltrações, como exemplo pode-se citar a impermeabilização, porosidade dos elementos de revestimento, e os sistemas de escoamento, como rincões, algerozes e rufos. No entanto, esses fatos não implicam dizer que a infiltração seja resultado da penetração de águas pluviais, sem no mínimo uma avaliação visual, pois existem outras fontes de umidade (RIGHI, 2009).

Vazamentos nos condutores pluviais como calhas, rincões, tubulações, algerozes, rufos etc. Se apresentam, às vezes por erros executivos, outras vezes por desgaste e idade avançada. Os primeiros sintomas das infiltrações surgem na forma de manchas no forro, bolores, mofo e goteiras.

No caso desses vazamentos e infiltrações, de certa forma, a localização do problema é simples, podendo ser feita de forma visual após ou durante uma chuva. Ou através de testes, que consistem em simular o resultado de uma precipitação pluvial, colocando água nos elementos do telhado em que se tem suspeita.

Solda entre passagens de calha, emendas entre peças de concreto de rufos e algerozes, material poroso não impermeabilizado, pregos enferrujados. São algumas das causas que levam ao surgimento de infiltrações e posteriores patologias em um telhado.

Em calhas, um problema comum é a seção insuficiente ou a irregularidade no sentido longitudinal. Por conta disso, em períodos de grande precipitação a água pode transbordar, permitindo a passagem indesejada da água. Esses casos são mais difíceis de identificar uma vez que só ocorre com um volume de água extraordinário.

Nas tubulações que transportam a água das calhas para baixo, o problema mais corriqueiro é o entupimento da passagem. Uma vez entupida, a água tem seu percurso impedido e transborda. Outro problema é a solda da ligação entre a calha e a tubulação, que se mal executada também gera vazamentos, além de ser uma região que sofre grande desgaste (ARANTES, 2007).

Para o caso dos algerozes, rufos e similares alguns erros se apresentam com mais frequência. São eles, a falta de embutimento na alvenaria, quebra da argamassa de fixação, inclinação insuficiente ou para o lado errado, peça curta demais PEREZ (1988).

O madeiramento do telhado também é um fator preponderante. A utilização de madeira de má qualidade pode gerar o arqueamento da trama, fazendo surgir flechas indesejadas que consequentemente desloca os materiais apoiados sobre ela. Principalmente as telhas, gerando goteiras.

Como se pode notar um telhado é composto por vários materiais com comportamentos diferentes, portanto é uma local suscetível ao surgimento de patologias influenciadas pela água.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A pesquisa tem a finalidade de indicar e avaliar patologias geradas pelas infiltrações, surgidas a partir de erros e falhas na execução de rufos e platibandas de edificações residenciais, uma vez que esse é um problema corriqueiro no dia a dia da engenharia e da sociedade. Portanto relacionar tais patologias aos vícios construtivos é fundamental para facilitar a correção de problemas.

3. Metodologia

Esta pesquisa é qualitativa, pois não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão dos engenheiros, construtores, clientes, pessoas do ramo da construção civil sobre as patologias que são causadas através das falhas construtivas na cobertura das edificações. Possui natureza aplicada, pois tem objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos que acontecem nos telhados especificamente em rufos e platibandas de edificações residenciais, envolvendo verdades e interesses que atendem a cidade de Teresina. Sendo uma pesquisa exploratória, tendo como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, procurando deixá-los mais explícitos. Esta pesquisa envolve levantamento bibliográfico, e análise de casos que estimulam a compreensão do leitor sobre o problema que envolve o assunto (GIL, 2007).

Dadas as condições descritas anteriormente, serão realizados estudos bibliográficos e acompanhamentos em obras na cidade de Teresina, para complementar as pesquisas relacionadas a esse assunto, a fim de detectar as principais patologias e falhas nos processos e utilização de rufos que ocorrem na cobertura das edificações. Segue assim os procedimentos a serem seguidos.

Análise de campo, onde serão escolhidas algumas obras na cidade de Teresina no bairro Nova Teresina, com patologias resultantes das falhas construtivas, e identificar qual a causa desses problemas. As verificações ocorrerão através de relatórios fotográficos das patologias causadas. Além de pesquisas sobre os tipos de patologias, para que se possa identificar e escolher o melhor método para correção da patologia e da falha construtiva.

Seguindo a ideia de Severino, 1980 a pesquisa realizada em base de estudo observacional, onde o pesquisador atua apenas como expectador dos fenômenos ou fatos, sem qualquer intervenção que possa alterar o curso natural ou desfecho dos fatos, podendo realizar medições, análises e outros procedimentos para coleta de dados. E em base do estudo transversal, que é quando a pesquisa é realizada em um 42 curto período de tempo, em um determinado momento, ou seja, os dados serão coletados em uma data específica da visita da edificação ou obra.

4. Resultados e Discussões

4.1 Causas

4.1.1 Inclinação invertida ou insuficiente

Uma das causas avaliadas foi à inclinação inadequada conforme a Figura 1 e a Figura 2. Essa é uma falha construtiva, pois as águas pluviais vão ser direcionadas, erroneamente, para a junção da platibanda com o rufo. Nessa situação a umidade gerada poderá penetrar

ISBN: 978-85-65425-32-2

por percolação, uma vez que a força gravitacional direcionará a umidade para dentro, podendo vir a gerar infiltrações, principalmente em períodos de grande precipitação pluviométrica que deixam a platibanda e o rufo em estado de saturação.

Figura 1 – Rufo com erro de inclinação

Figura 2 – Visão longitudinal, rufo com erro de inclinação

Outra forma da água penetrar será por baixo, principalmente quando a chuva vier acompanhada de vento. Além disso, a água poderá penetrar pela ação de força cinética, escoando pela parte inferior do rufo, acompanhando a inclinação.

Veja que a extremidade do rufo que deveria apresentar caimento para baixo, em direção às telhas, está perceptivelmente com certa inclinação para cima, desfavorecendo o percurso da água até o telhado.

4.1.2 Peça com pequena largura e distância exagerada em relação à telha

É uma falha comum, a utilização de peça de rufo com largura pequena. Essa dimensão insuficiente irá possibilitar e facilitar a chegada indesejada da água até o encontro da telha com a platibanda. Somando-se a isso, também ocorre de a distância entre o rufo e o telhado ser exagerada, o que agrava ainda mais a situação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Devido à inclinação desfavorável da chuva em relação ao conjunto telhado, platibanda e rufo, ocorre a entrada de gotículas de água que conseguem adentrar no espaço entre o rufo e o telhado, por causa da largura e distancia inadequadas, acumulam-se até saturar a argamassa, posteriormente provocando a infiltração. Acontece em períodos de chuvas constantes com a presença de ventos fortes.

4.1.3 Rompimento da argamassa de fixação

Verificou-se em alguns casos que existe um desgaste do encontro do rufo com a platibanda, no embutimento que relaciona os dois elementos. O desgaste em questão é causado pela ação das intempéries sofridas pela estrutura ao longo de sua vida útil. Os elementos de cobertura são especialmente afetados pela ação da chuva, vento e sol forte, característico da cidade de Teresina – PI.

Tais intempéries provocam um efeito de dilatação e retração do concreto do rufo e argamassa de rejuntamento da platibanda, essa variação de tamanho, somada ao desgaste gerado pelo sol, chuva e vento, ao longo dos anos, promovem a quebra e fissuração da argamassa.

Outro ponto a ser observado, é a ocorrência de cargas acidentais sobre os elementos do telhado. O rufo é especialmente afetado caso receba uma carga que ultrapasse sua capacidade de suporte, uma vez que geralmente permanece em balanço sobre o telhado, tendo como único apoio o embutimento na alvenaria da platibanda. Uma carga acidental grande romperá a argamassa de suporte até danificar gravemente o sistema.

Esses pontos fragilizados pela quebra e rompimento, são certamente lugares passíveis de futuras infiltrações no período chuvoso.

É importante ressaltar que o rufo pré-moldado de concreto armado, está sujeito aos mesmos cuidados descritos na norma ABNT NBR 6118/2014. Um dos cuidados a ser lembrado é o cobrimento mínimo, de acordo com a agressividade, e para ambientes urbanos recomenda - se um mínimo de 2,5cm.

4.1.4 Falta de embutimento na alvenaria e falhas construtivas

Outra causa observada é a falta de embutimento do rufo na alvenaria da platibanda. Além disso, ocorrem também falhas construtivas corriqueiras no canteiro de obra, por exemplo, durante a instalação do rufo o pedreiro pode deixar a argamassa insuficiente à vedação necessária ou, por falta de atenção, produzir um vazio na argamassa de fixação.

Falhas dessa natureza facilitam a entrada da água por percolação para dentro da parede, principalmente em pontos onde a platibanda possui grandes alturas, pois permitem que quantidades maiores de água escoem e atinjam a face superior do rufo exatamente nos pontos fragilizados tanto pela falta de embutimento como pelas falhas exemplificadas.

Portanto trata-se de uma falha exclusivamente construtiva. Geralmente ocorre pela não assistência do engenheiro durante o processo de construção. Soma-se a isso a falta de detalhamento do projeto do telhado, que raramente especifica a profundidade de embutimento e a dimensão do rufo a ser utilizado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1.5 Juntas de dilatação

Na aplicação dos rufos pré-moldados de concreto armado, que geralmente possuem um metro de comprimento, é preciso que se unam várias peças para suprir a platibanda e o telhado que se deseja proteger. Essa junta entre as peças é um ponto a ser observado, pois é um lugar passível de infiltrações. A junta em questão é necessária para possibilitar as movimentações térmicas e higroscópicas naturais do concreto.

Com o aumento da idade da estrutura pode ocorrer o rompimento da junta, fragilizando o sistema, podendo ocorrer infiltração por percolação através das juntas entre as peças dos rufos.

Figura 3 – Juntas de dilatação entre peças de rufo

Com a ação das intempéries e aumento de idade, essa argamassa de rejuntamento sofre desgaste, e será um ponto passível de infiltração condorme demonstra a Figura 3.

4.2 Consequências

4.2.1 Infiltrações

A infiltração por si só já é um incomodo para o morador da residência, uma vez que tira seu conforto e bem-estar. Apresenta-se na forma de umidade que surge na parede e/ou forro, geralmente na direção da falha do elemento de cobertura.

A Figura 4 mostra um forro que sofre com infiltrações por goteiras através de telhas desprotegidas por rufo.

Figura 4 – Umidade no forro resultante de infiltração

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2.2 Fungos e bolores

A umidade resultante das infiltrações somada a uma ventilação deficiente, se torna um ambiente favorável ao surgimento do bolor. Tal patologia modifica a superfície do material, exigindo uma recuperação ou até mesmo a substituição do elemento, o que gera gastos onerosos no reparo. É terminantemente necessária a presença de umidade para a geração dessa patologia provocada por microrganismos, e uma vez que se desenvolve pode ser constatada macroscopicamente.

Nesse contexto, verificou-se que infiltrações através de falhas nos rufos e platibandas culminam, muitas vezes no aparecimento de mofo, geralmente nas paredes afetadas por um período prolongado à ação da umidade.

Além do prejuízo estético, o ambiente pode tornar-se insalubre para a convivência do morador da residência, que poderá ter sua saúde prejudicada por manifestações alérgicas de pele, irritação do aparelho respiratório, entre outros.

A Figura 5 mostra uma parede com bolor em estágio avançado, consequência de falha no rufo lateral de uma edificação residencial.

Figura 5 – Bolor em parede

4.2.3 Patologias na pintura

O revestimento de paredes por uma camada de tinta, além de melhorar visualmente o ambiente, proporciona higiene, valorização e durabilidade da edificação. A presença indesejada de umidade nas paredes gera patologias que danificam a pintura.

Avaliando essa afirmação constatou-se que as infiltrações provenientes dos rufos e platibandas geram prejuízo nesse sentido e quase em todos os casos a pintura é danificada.

O mofo e o bolor, discutidos no tópico anterior atingem diretamente a pintura, uma vez que se manifesta na superfície da parede.

ISBN: 978-85-65425-32-2

As manchas são outra consequência da umidade e surgem pela ação sazonal da infiltração. Geralmente se manifestam com colorações amareladas, pretas e algumas vezes esverdeadas. A Figura 6 mostra uma parede manchada, observa-se que é possível visualizar o caminho percorrido pela água através da parede.

Figura 6 – Parede manchada pela ação da umidade

4.3 Prevenção

Como nota-se ao longo desse trabalho a fonte causadora das patologias, citadas nos tópicos anteriores, estão diretamente ou indiretamente ligadas às infiltrações que ocorrem através do sistema rufo platibanda.

Portanto, a prevenção repousa em evitar a presença indesejada da umidade, através da promoção da estanqueidade da estrutura.

Para tal, é preciso um conjunto de cuidados a ser observados, a começar pela concepção dos projetos que devem olhar com mais atenção os elementos do telhado, mostrando com riqueza de detalhes medidas e formas a que serão dispostos o rufo e a platibanda. Outro ponto está relacionado às boas práticas que devem ser inerentes ao ramo da construção civil, que é o acompanhamento assistido por engenheiro, utilização de mão de obra qualificada e compatibilização de projetos. As Figuras 7 e 8 demostram desenhos feito em programa computacional Revit sugerindo uma esquematização do conjunto rufo, platibanda.

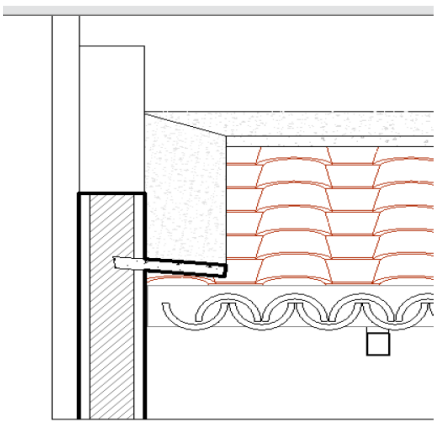


Figura 7 – Visão de projeto longitudinal do rufo e platibanda

ISBN: 978-85-65425-32-2

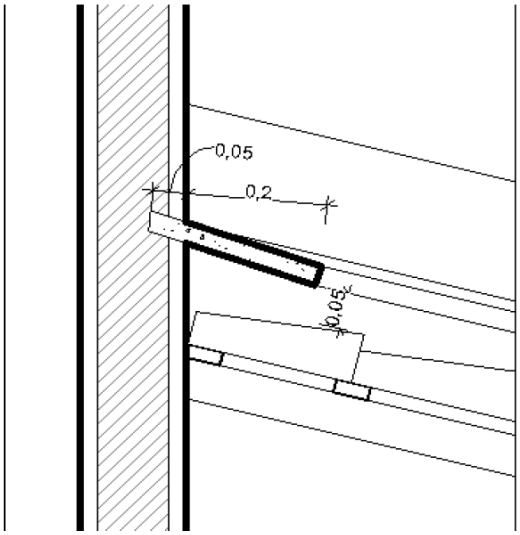


Figura 8 – Visão de projeto transversal do rufo com medidas pré-estabelecidas

Uma prática observada foi o total preenchimento com argamassa do espaço entre o telhado e a platibanda, o que já evita por si só a penetração da umidade. Esse é um método preventivo.

A impermeabilização do conjunto rufo platibanda, entra como uma forma de garantia da estanqueidade, devendo ser prevista em projeto.

4.4 Correção

Caso a infiltração já esteja acontecendo algumas medidas de intervenção direta devem ser executadas para correção do problema. De certa forma, tais ações corretivas são simples, porém trabalhosas, por serem em lugar de difícil acesso necessitando de escadas, andaimes e equipamentos de proteção.

Para as falhas de inclinação invertida ou insuficiente, peça com pequena largura e distancia exagerada entre telhado e rufo, e falta de embutimento, o método corretivo se dá pela retirada da peça mal assentada e substituição. Raramente se reutiliza uma peça, pois no ato da correção ela é danificada pelas ferramentas e forças atuantes durante o serviço, que podem envolver a utilização de marretas, pontaletes e serra-mármore.

Nos casos de rompimento de argamassa e desgastes de juntas de dilatação, entra a impermeabilização como meio de corrigir tal falha.

Na obra visitada utilizou-se um produto impermeabilizante da marca Vedacit, chamado Vedapren. Trata-se de uma manta líquida, de base asfalto elastomérico é aplicada a frio, (ao contrário da manta asfáltica que é queimada durante a sua aplicação), chamada popularmente entre os colaboradores de “asfalto frio”. O produto vem pronto para ser aplicado, não a necessidade de emendas. O produto cobre a estrutura com uma proteção impermeável apresentando bom desempenho em relação a elasticidade, flexibilidade e aderência. Possui duas cores branco e preto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Conforme Figura 9 o Vedapren é aplicado com broxa no decorrer do rufo, subindo uma faixa de 15cm na platibanda. Uma prática observada é a aplicação em toda face da platibanda, o que garante ainda mais a impermeabilização, além disso mantem a argamassa protegida da ação das intempéries.

Foi observado que o mesmo produto é utilizado para impermeabilização das cintas de concreto armado das fundações, para evitar a entrada da umidade por capilaridade através da parede.

Também é aplicado o produto impermeabilizante nas juntas entre as peças que compõem o algeroz, para garantir a proteção da platibanda conforme Figura 10.

Figura 9 – Rufo impermeabilizado com Vedapren **Figura 10** – Juntas de dilatação impermeabilizadas

Em uma das obras visitadas foi observado uma situação peculiar. A face interna da platibanda encontra-se sem reboco. Exatamente nessa parede ocorreu a impermeabilização em toda área possível. Nesse caso o Vedapren deverá suprir toda demanda contra a umidade na ausência da argamassa conforme Figura 11.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 11 – Platibanda sem reboco totalmente impermeabilizada

5. Conclusão

A ação da umidade está presente em todas as fases da vida de uma edificação residencial, desde o projeto até a manutenção da mesma. Portanto pode-se concluir que prevenir é a melhor solução quando se trata de infiltrações, e principalmente fazer previsões do comportamento da água em relação à estrutura.

As infiltrações que ocorrem provenientes de falhas executivas nos elementos de cobertura são identificadas através de danos encontrados nas estruturas, causados pela presença indesejada da água de várias formas, o que justifica os diferentes modos e particularidades de executar cada elemento. Esses procedimentos devem ser orientados e feitos à risca, com mão de obra qualificada, de modo a garantir o desempenho esperado pelo cliente e pelo executor.

Escolher os materiais a serem empregados e qual sistema construtivo será adequado podem evitar o surgimento de patologias geradas por infiltrações, assim como uma boa impermeabilização.

A impermeabilização é um item fundamental e a escolha do tipo a ser usado deve ser muito bem assistida por profissional qualificado. O erro de não dar atenção a esse sistema provoca retrabalhos muito mais onerosos através de ações corretivas e substituições.

Para os casos de patologias causadas por infiltração no telhado, conclui-se que o melhor a ser feito é atacar a origem do problema e não apenas a consequência. Para tal, sugere-se o maior detalhamento nos projetos de cobertura, detalhando inclinações e embutimento, muitas vezes negligenciados na execução como ocorre com os rufos.

Por fim, é necessário que haja uma norma que regularize o rufo e a platibanda como elementos essenciais a cobertura, mostrando as diretrizes a serem seguidas, assim como já ocorre com as calhas e telhas. Também uma atualização das normas existentes referentes a cobertura que já se encontram bem defasadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referência

ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto — Procedimentos Rio de Janeiro 2014

ARANTES, Y.K. Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil. 2007. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HERTZ, John B. Ecotécnicas em Arquitetura: Como Projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil. São Paulo, SP: Pioneira, 1998.

PEREZ, A. R. Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

RIGHI, Geovane. V. Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: Patologias, Prevenções e Correções – Análise de Casos. 2009. 94 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria, 2009.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico: diretrizes para o trabalho científico didático na universidade. 5.ed. São Paulo: Cortez & Moraes, 1980.

VERÇOZA, E. J. Patologia das Edificações. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991.

VIEIRA, Marcos S. Avaliação de Qualidade pelas Coberturas Residenciais - Iniciação Científica CESUMAR - v. 12, n. 2, p. 167-174 - ISSN 1518-1243, jul./dez. 2010.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS NOS PRIMEIROS ANOS DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIOS DE FORTALEZA- CE

Pathological Manifestations In Ceramic Facade Coatings First Years Of A Building - Case Study In Fortaleza-CE Buildings

Paulo Bruno SILVA[1], **Nágela** LOPES[1], **Ícaro** MARTINS[3]

[1] Instituto Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, Brasil, paulobruno@outlook.com

[1] Instituto Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, Brasil, nagelarodrigues@outlook.com

[3] Instituto Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, Brasil, icaromartins13@gmail.com

Resumo: O revestimento cerâmico em fachadas de edifícios verticais, além de função estética, protege-o de intempéries que diminuem a vida útil do empreendimento. Para tal objetivo é preciso que a instalação seja feita de acordo com os procedimentos descritos nas normas, além de produtos de qualidade e inspeção do serviço. Em alguns casos, um desses critérios não é obedecido e mastifestam-se patologias no local, como desplacamento da cerâmica, ocasionando assim outras patologias nos apartamentos advindos da fachada. O presente estudo, realizado por meio de visitas e inspeções em oito edifícios verticais residenciais na cidade de Fortaleza-CE, executados pela mesma construtora, acesso aos laudos de ensaios não destrutivos fornecidos pela mesma e pesquisa bibliográfica, visa identificar as possíveis causas dessas patologias.

Palavras-chave: Revestimento Cerâmico; Patologia em Fachadas; Desplacamento da Cerâmica.

Abstract: The ceramic coating on facades of vertical buildings, in addition to aesthetic function, protects it from weathering that diminishes the useful life of the enterprise. For this purpose it is necessary that the installation be made according to the procedures described in the standards, in addition to quality products and inspection of the service. In some cases, one of these criteria is not obeyed and mastifest pathologies in the place, like displacement of the ceramic, thus causing other pathologies in the apartments coming from the facade. The present study, carried out by means of visits and inspections in eight residential vertical buildings in the city of Fortaleza-CE, executed by the same construction company, access to reports of non-destructive tests provided by the same and bibliographic research, aims to identify the possible causes of these pathologies.

Keywords: Ceramic Coating; Pathology in Facades; Displacement of Ceramics.

.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

De acordo com Gastaldini e Sichieri (2007), a cerâmica, mistura de argila e outras matérias-primas inorgânicas queimadas em altas temperaturas, vem sendo produzida à séculos. É destinada para as mais variadas aplicações, seja para fins utilitários ou para fins estéticos. Inicialmente, as fachadas eram revestidas com cerâmica por motivos climáticos devido as suas qualidades antitérmicas, impermeabilizantes e de durabilidade. Por conta desses fatores, juntamente com a beleza do material, o seu uso difundiu-se pelo país.

Segundo a Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER, 2015), a produção de placas cerâmicas para revestimentos no Brasil atingiu a marca de 1069 milhões de metros quadrados produzidos em 2015, patamar que mantém o Brasil como um dos maiores produtores e consumidores do mundo. Atualmente é o segundo maior produtor e consumidor, superado, em termos de volume, apenas pelo imenso mercado chinês (CABRAL JUNIOR *et al.*, 2010).

Hoje, o uso de revestimento cerâmico externo em edificações residenciais é quase um consenso entre os construtores por ser um material de excelente qualidade, pela sua facilidade de limpeza, tornando simples a manutenção, inertes, não inflamáveis, relativamente barato em comparação a outros revestimentos e por manter suas características visuais por mais tempo, neste ponto, principalmente comparado à pintura externa.

A utilização de placas cerâmicas em revestimentos externos teve seu uso fortemente difundido na década de 1990 a 2000, experimentando um crescimento exponencial nos anos seguintes e se mantém amplamente utilizada até os dias atuais. Em contrapartida, um grande número de edificações, hoje, vem apresentando patologias, como desplacamento e eflorescência. Tais problemas vinham sendo relacionados às edificações mais antigas, porém cada vez mais os problemas vêm acontecendo em edificações mais novas.

Essas patologias ocorrem inclusive em obras recém entregues. As causas podem ser em razão de problemas de projeto ou de planejamento, qualidade dos materiais empregados e mão de obra com pouco ou mesmo sem treinamento (RHOD, 2011).

Na mesma obra Rhod ainda complementa:

> O aparecimento de patologias exige que sejam feitos serviços de manutenção, gerando custos não previstos pelas empresas construtoras e insatisfação por parte dos usuários, ou até mesmo acidentes envolvento estes como, por exemplo, em alguns casos de destacamentos de paredes. Assim, é importante prevenir o aparecimento de patologias e, quando estas ocorrem, os tratamentos devem ser eficazes, para que não haja retrabalho (RHOD, 2011)

ISBN: 978-85-65425-32-2

A normalização referente às características e especificações para o revestimento cerâmico entrou em vigor em 1997 com a NBR 13818 (Placas cerâmicas para revestimento – Especificações e métodos de ensaio) que apresenta as especificações que o material deve possuir ao ser produzido, bem como os ensaios para verificações destas características. A norma possui um texto bastante atual e ainda encontra-se em vigor no país, por isso a partir de 1997 os produtores tiveram que se adequar a normalização para produzir um material com melhores características.

A padronização dos métodos de ensaios vieram com as normas NBR 13755 – 1996 (Revestimentos de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento) e NBR 13528 – 2010 (Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração) que apresentaram os parâmetros que o material cerâmico, o emboço que o precede e o substrato, devem possuir quando for realizada sua respectiva execução.

Além dessas normas, o Brasil possui mais recentemente uma normalização para o desempenho de edificações residenciais, a NBR 15575 – 2013 (Edificações habitacionais – Desempenho) que indica em seu texto, entre outros fatores, as garantias de tempo de durabilidade que o construtor deve dar nos componentes da edificação, entre estes componentes, o revestimento externo.

Neste panorama apresentado, o revestimento cerâmico das fachadas, por muitas vezes considerado o cartão de visita de uma edificação por suas características de beleza, também se transforma em um das fases que causa mais preocupação ao construtor durante a execução e inclusive no pós entrega, principalmente devido às perigosas patologias de destacamento das cerâmicas.

No presente estudo foram acompanhadas oito edificações verticais construídas pela mesma empresa em Fortaleza-CE. Algumas dessas edificações apresentam patologias, enquanto outras não, embora todos os serviços de revestimento tenham sido realizados nas mesmas condições. Para tal verificação, foram analisados a data de entrega do serviço de revestimento das fachadas, além dos ensaios não destrutivos que foram realizados, buscando desse modo entender a causa do problema.

2. Metodologia da pesquisa

Para a realização do estudo foram visitados oito edifícios verticais residenciais, executados pela mesma construtora. Os edificios possuem as mesmas características básicas, são empreendimentos com mais de 05 pavimentos, em torno de 20 andares, possuem alvenaria de vedação composta por tijolos cerâmicos, as dimensões das cerâmicas assentadas na fachada variam de 10x10cm, 20x20cm e 30x30cm, o chapisco e o emboço/reboco da fachada foram executados de acordo com o traço abaixo, descrito no Tabela 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 1 – O Traço do revestimento argamassado (Fornecido pela Construtora)

Argamassa	**Materiais**				
	Cimento	Cal	Areia Grossa	Areia Vermelha	Aditivo
Chapisco	1	-	3	-	-
Reboco/ Emboço	1	-	4	1	200 ml de Alvenarit

Fonte – Elaborado pelo autor, 2017.

Os empreendimentos foram executados em datas diferentes, consequentemente, as fachadas foram executadas em periodos distintos, de acordo com o Tabela 2:

Tabela 2 – O Ano de execução das Fachadas dos Empreendimentos

Empreendimento	**Ano**
Edifícios 1 e 2	2009
Edifícios 3 e 4	2010
Edifícios 5 e 6	2015
Edifícios 7 e 8	2016

Fonte – Elaborado pelo autor, 2017.

Segundo Carasek (2007), nos revestimentos argamassados a aderência possui grande importância, pois, se ela falhar, podem ocorrer danos às vidas humanas pelo deslocamento e pela queda de revestimento. No Brasil, a norma ABNT NBR 13528 (1995) trata da avaliação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa. Conforme esta norma, foram disponibilizados para o presente artigo pela construtora dos empreendimentos, os ensaios realizados para determinação da resistência de aderência à tração do emboço externo dos empreendimentos de acordo com as Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3 – Resultados do ensaio no Emboço Externo aos 28 dias no Edifício 5

Nº DO CP	**LOCAL DO ENSAIO**	**RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA Ra (Mpa)**	**FORMA DE RUPTURA (%)**						**DIMENSÃO DO CORPO EXTRAÍDO APÓS A RUPTURA(mm)**
			A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
11	Painel Térro/Pilar	0,43	-	-	-	-	100	-	35
12		0,18	-	-	-	-	100	-	35
13		0,48	-	100	-	-	-	-	28

ISBN: 978-85-65425-32-2

14		0,32	-	50	-	-	50	-	36
15	Painel Térro/Alvenaria cerâmica	0,5	-	40	60	-	-	-	33
16		0,44	-	50	50	-	-	-	39
17		0,23	-	-	-	-	35	40	43
18	Painel Térro/Bloco de concreto	0,37	-	-	-	30	-	70	35
19		0,31	-	-	-	-	-	75	36
20		0,36	-	20	-	10	70	-	34

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

Tabela 4 – Resultados do ensaio no Emboço Externo no Edifício 6

Nº DO CP	LOCAL DO ENSAIO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA Ra (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)						DIMENSÃO DO CORPO EXTRAÍDO APÓS A RUPTURA(mm)
			A	B	C	D	E	F	
1	01ª Pav -Ap 101-Laje técnica	0,17	-	-	100	-	-	-	64
2	Painel Térro-Pilar lixado	1,34	-	100	-	-	-	-	20
3	Painel Térro-Pilar apicoado	0,76	100	-	-	-	-	-	1
4	Coberta-Viga 04	0,32	-	100	-	-	-	-	5
5	Terraço-Pilar 06	0,03	-	100	-	-	-	-	7
6	22º Pav-Pilar 06	0,19	-	-	100	-	-	-	55
7	05º Pav.-Viga-Ap 501	0,05	-	100	-	-	-	-	33

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 5 – Resultados do ensaio no Emboço Externo no Edifício 7.

Nº DO CP	LOCAL DO ENSAIO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA Ra (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)						DIMENSÃO DO CORPO EXTRAÍDO APÓS A RUPTURA(mm)
			A	B	C	D	E	F	
1	20º Pav. Fachada leste Apto 2001	0,18	-	100	-	-	-	-	1
2	20º Pav. Fachada leste Apto 2002	0,08	-	-	-	15	85	-	29
3	20º Pav. Fachada leste Apto 2003	0,26	-	100	-	-	-	-	43
4	20º Pav. Fachada leste Apto 2004	0,23	-	-	20	-	80	-	31
5	10º Pav. Fachada leste Apto 1001	0,23	-	100	-	-	-	-	24
6	10º Pav. Fachada leste Apto 1002	0,03	-	-	100	-	-	-	33
7	10º Pav. Fachada leste Apto 1003	0,13	-	100	-	-	-	-	21
8	10º Pav. Fachada leste Apto 1004	0,25	-	100	-	-	-	-	7
9	01º Pav. Fachada	0,02	-	-	-	-	-	100	75

ISBN: 978-85-65425-32-2

	leste Apto 101								
10	01º Pav. Fachada leste Apto 102	0,36	-	-	-	-	-	100	67
11	01º Pav. Fachada leste Apto 103	0,11	-	-	-	-	-	100	67
12	01º Pav. Fachada leste Apto 104	0,11	-	-	60	10	40	-	39

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

Tabela 6 – Descrição das Formas de Ruptura especificadas no Ensaio

DESCRIÇÃO DAS FORMAS DE RUPTURA DO EMBOÇO			
A	Na interface cola/camada do emboço	D	Na camada de chapisco
B	Na camada do emboço	E	Na interface chapisco/substrato
C	Na camada do emboço/chapisco	F	No substrato

Fonte – Elaborado pelo autor, 2017.

Além da resistência do revestimento de argamassa é necessário também verificar a a resistência de aderência à tração do revestimento cerâmico. A empresa responsável pela construção dos edifícios contratou um laboratório para a relização do ensaio de acordo com a NBR 13755/1996 – Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com a utilização de argamassa colante.

Os resultados dos ensaios estão especificados nas Tabelas 7, 8, 9 e 10.

Tabela 7 – Resultados do ensaio no Revestimento Cerâmico no Edifício 5

Nº DO CP	LOCAL DO ENSAIO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA(Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
			A	B	C	D
1	Térreo-Bloco A-Fachada Norte	0,57	-	100	-	-
2	Pilar térreo-Bloco A-Fachada Norte	0,97	90	10	-	-

ISBN: 978-85-65425-32-2

3	Pilar térreo-Bloco A-Fachada Oeste	0,3	95	5	-	-
4	Apto 503-Fachada Leste-Varanda	1,16	-	-	20	80
5	Apto 1303-Fachada Leste-Varanda	0,26	-	-	-	100
6	Apto 1903-Fachada Leste-Varanda	1,79	80	20	-	-
7	Bloco B-Fachada Norte	0,89	100	-	-	-
8	Bloco B-Fachada Sul	0,02	100	-	-	-
9	Bloco B-Mezanino-Fachada Sul	0,88	-	-	-	100
10	Apto 303-Fachada Leste-Varanda	1,22	-	-	-	100
11	Apto 903-Fachada Leste-Varanda	1,68	-	-	-	100
12	Apto 1403-Fachada Leste-Varanda	1	-	-	-	100

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

Tabela 8 – Resultados do ensaio no Revestimento Cerâmico no Edifício 6

Nº DO CP	**LOCAL DO ENSAIO**	**RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA(Mpa)**	**FORMA DE RUPTURA (%)**			
			A	**B**	**C**	**D**
1	12º Pav.-Ap 1204-Varanda Norte	0,89	-	-	-	100
2	10º Pav.-Ap 1001-Varanda Norte	0,02	100	-	-	-
3	08º Pav.-Ap 805-Varanda Norte	0,35	80	20	-	-
4	01º Pav.-Ap 101-Lateral Oeste	0,1	100	-	-	-
5	Painel do Pilar-Térreo-Lixado	0,24	-	-	100	-

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 9 – Resultados do ensaio no Revestimento Cerâmico no Edifício 7

Nº DO CP	LOCAL DO ENSAIO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA (Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
			A	B	C	D
1	20º Pav. Fachada norte Apto 2001	0,52	80	20	-	-
2	20º Pav. Fachada oeste Apto 2002	0,43	-	-	-	100
3	20º Pav. Fachada sul Apto 2003	0,79	-	-	-	100
4	14º Pav. Fachada norte Apto 1401	0,39	-	-	-	100
5	14º Pav. Fachada leste Apto 1401	0,01	-	-	-	100
6	14º Pav. Fachada oeste Apto 1404	0	-	-	-	100
7	7º Pav. Fachada norte Apto 701	0,39	15	-	-	85
8	7º Pav. Fachada oeste Apto 704	0,47	-	-	-	100
9	7º Pav. Fachada sul Apto 703	0,09	30	70	-	-
10	01º Pav. Fachada norte Apto 102	0,2	20	80	-	-
11	01º Pav. Fachada leste Apto 101	0,53	-	100	-	-
12	01º Pav. Fachada 0este Apto 104	0,7	-	-	-	100

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

Tabela 10 – Resultados do ensaio no Revestimento Cerâmico no Edifício 8

Nº DO CP	LOCAL DO ENSAIO			RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA(Mpa)	FORMA DE RUPTURA (%)			
					A	B	C	D
1	Torre A	08º Pav.	Balança 5	0,61	-	100	-	-
2			Balança 9	0,29	100	90	-	-

ISBN: 978-85-65425-32-2

3			Balança 15	0,35	-	60	-	-
4		15º Pav.	Balança 5	1,25	-	100	-	-
5			Balança 7	0,96	-	70	20	-
6			Balança 17	0,92	-	-	-	100
7			Balança 15	1,41	-	100	-	-
8	Torre B	09º Pav.	Balança 25	1,23	-	30	-	70
9			Balança 08	1,59	-	100	-	-
10			Balança 05	1,34	-	70	-	30
11		16º Pav.	Balança 09	0,75	-	100	-	-
12			Balança 03	0,97	-	100	-	-
13			Balança 12	0,84	-	70	-	-
14	Torre C	05º Pav.	Balança 10	0,01	5	85	-	-
15			Balança 03	1,36	-	20	-	80
16			Balança 21	1,32	-	-	-	100
17		10º Pav.	Balança 10	0,77	45	45	-	-
18			Balança 03	1,74	-	-	-	100
19			Balança 21	0,41	-	-	-	-
20	Torre D	11º Pav.	Balança 04	1,13	-	-	-	100
21			Balança 08	0,71	-	-	-	100

ISBN: 978-85-65425-32-2

22			Balança 25	0,24	-	100	-	-
23		17º Pav.	Balança 26	0	-	80	-	-
24			Balança 22	0,72	-	100	-	-
25			Balança 05	0,63	-	30	-	60

Fonte – Fornecido pela Construtora, 2017.

Tabela 11 – Descrição das Formas de Ruptura especificadas no Ensaio

DESCRIÇÃO DAS FORMAS DE RUPTURA NAS CERÂMICAS			
A	Na interface cerâmica/argamassa colante	C	Na interface argamassa colante/emboço
B	Na camada de argamassa colante	D	No substrato(emboço)

Fonte – Elaborado pelo autor, 2017.

De acordo com Gastaldini e Sichieri (2007), placas cerâmicas que apresentam elevada absorção de água e que não foram adequadamente queimadas, podem apresentar expansão por umidade alta, alterando consequentemente as suas dimensões. Desse modo, uma expansão por umidade alta pode causar o destacamento da placa devido ao estufamento, podendo causar assim inúmeros acidentes. Foram realizados os ensaios para determinação da expansão por umidade em 2 tipos de placas cerâmicas esmaltadas, conforme o Tabela 12, de acordo com a NBR 13818 (1997).

Tabela 12 – Determinação da expansão por umidade (ABNT NBR 13818/97)

Dimensões	Valor Médio(mm/m)	Valor Máximo(mm/m)
10x10	0,12	0,20
20x20	0,30	0,31
20x20	0,17	0,26
20x20	0,21	0,31

Fonte – Elaborado pelo autor, 2017.

3. Resultados e Discussões

Analisando os resultados dos Edfícios 5, 6 e 7, expressos nas Tabelas 3, 4 e 5, foi verificado que não houve arrancamanento na interface da cola, exceto por um arrancamento, indicando boa aderência do emboço, a menor resistência de arrancamento do ensaio foi de 0,02 MPa e 0,03MPa, respectivamente no subtrato e na camada de emboço, a análise dessa amostras indica falha de execução, com o emboço contendo má formação na cheia.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Os ensaios de arrancamento na cerâmica indicados nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 demonstra que diversos pontos em que houve arrancamento na argamassa colante o resultado da resistência de arrancamento ficou abaixo de 0,70 MPa que é a resistência mínima da Argamassa Colante AC-III garantida pelo fabricante, indicando assim uma possível falha na mistura do produto, uma possível dosagem inadequada, ou uma falha de execução como o não rompimento dos cordões da argamassa no momento do assentamento.

A partir dos ensaios realizados no Tabela 12, verificou-se que as placas cerâmicas estavam de acordo com o estabelecido na NBR 13818 (1997), que especifica como valor máximo de expansão por umidade 0,6mm/m. Desse modo, foi evidenciado que a ocorrência do destacamento das cerâmicas não foi causado pela expansão por umidade.

Com relação ao tempo de entrega do empreendimento, o maior tempo de entrega é o edifício 1, com sete anos. Entretanto, em conversa com o engenheiro responsável pela construção do empreendimento e com os moradores, as placas ceramicas começaram a destacar no ano de 2014.

Desse modo, foram descartados como causas do destacamento a expansão por umidade e a idade do serviços, pois os destacamentos das cerâmicas ocorreram com menos 5 anos após a entrega. Assim, de acordo com observações nos locais, verificou-se que a principal causa deve-se ao mau assentamento das placas cerâmicas, seja pelo pouco uso de argamassa, pela demora do assentamento e provável secagem da argamassa ou até mesmo pela falta de instrução do operário quanto à forma correta da realização do serviço. Além disso, foi verificado tambem que as cerâmicas destacadas eram assentadas no lado do edifício onde ocorria mais incidência do sol, evidenciando assim a influência do clima no revestimento cerâmico.

Diante disso, alguns apartamentos também apresentaram infiltrações decorrentes da fachada, demostrando desse modo que, além da estética, o revestimento cerâmico, quando executado corretamente, tambem protege o empreendimento de outras possiveis patologias, como as infiltrações.

O destacamento das placas ceramicas é uma patologia que pode causar graves ferimentos, pois dependendo da altura da queda da cerâmica, ela pode atingir e machucar alguem que esteja proximo.

4. Conclusões

Por meio do presente estudo foi verificado que apesar da construtora dos edifícios realizar os ensaios pertinentes para a previsão da atuação do revestimento cerâmico e estarem de acordo com as normas uma alta porcentagem dos resultados, ainda assim ocorreu patologias inesperadas antes dos cinco anos de entrega do empreendimento.

Desse modo, observase-se que é fundamental verificar todas as etapas do processo de execução do revestimento cerâmico da fachada, pois os problemas podem advir do mau assentamento do material pela mão de obra, isso justifica-se pela falta de treinamento dos funcionários pela empresa ou, até mesmo, pela falta de acompanhamento do serviço.

Outro ponto verificado é que grande parte das placas cerâmicas descoladas estavam assentadas em locais da fachada onde ocorriam mais incidência solar, colocando em

ISBN: 978-85-65425-32-2

questionamento a necessidade de outros tipos de ensaios para previsão desses acontecimentos.

Diante disso, constata-se que influem na ocorrência de patologias, além dos materiais utilizados, a dosagem e qualidade dos mesmos, a mão de obra que executará o serviço. Assim, é fundamental que toda a equipe de execução seja treinada e que todas as etapas da execução do revestimento seja acompanhada por profissional habilitado, desso modo a ocorrência de patologias é minimizada.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15575. Edificações habitacionais – Desempenho. ed. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR13818. Placas cerâmicas para revestimento – especificações e métodos de ensaio. ed. Rio de Janeiro, 1997.

_____. NBR13755. Revestimentos de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. ed. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR13528. Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. ed. Rio de Janeiro, 2010.

Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneres. Perfil da Produção. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br/produo> Acesso em 30 de Julho de 2017.

_____. História da Cerâmica. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br/historia-ceramica> Acesso em 30 de Julho de 2017.

CABRAL JUNIOR, M.; BOSCHI, A. O.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; SINTINI, A.; COELHO, J. M.; CARIDADE, M. (2010). Panorama e Perspectivas da Indústira de Revestimentos Cerâmicos no Brasil. Cerâmica Industrial, 2010

CARASEK, H. (2007). Argamassas. In: ISAIA, G. C. (editor) Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. V.2, cap 26, p.863-904 São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.

GASTALDINI, A. L. Guerra; SICHIERI, E. Paulo (2007). Materiais Cerâmicos para Acabamentos e Aparelhos. In: ISAIA, G. C. (editor) Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. V.1, cap 19, p.587-616 São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.

RHOD, A. B. (2011). Manifestações Patológicas em revestimentos cerâmicos: Análise da frequencia de ocorrencia em áreas internas de edifícios em Porto Alegre, UFRGS, 2011.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AÇÃO DE CLORETOS SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM AMBIENTE MARINHO – AVALIAÇÃO DA 3ª PONTE EM VITÓRIA, ES

Action Of Chlorides On Concrete Structures In The Marine Environment – Evaluation Of Third Bridge In Vitória, ES

Taíssa G. CANDIDO[1], **Mariane R.** CARVALHO[2], Adrianne L. R. MOREIRA[3], Wagner K. DOMINICINI[4], Gibson R. MEIRA[5]

[1] Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, taissaguedes1@hotmail.com
[2] Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, marianekrvalho@hotmail.com
[3] Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Brasil, drimoreira@gmail.com
[4] Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Brasil
[5] Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, gibsonmeira@yahoo.com

Resumo: A corrosão desencadeada por cloretos é a principal causa da deterioração de estruturas submetidas ao ambiente marinho. Quando a concentração de cloretos atinge um valor suficiente para despassivar a armadura, chama-se essa concentração de limite crítico de cloretos. Para previnir esse tipo de corrosão, é necessário monitoramento e manutenção permanente da estrutura. Nesse trabalho, foram traçados perfis de cloretos de diferentes partes da estrutura de uma ponte localizada no Espírito Santo, para servir de indicativo quanto à sua situação em relação à iniciação da corrosão de armaduras. Os resultados mostraram que o teor de cloretos no pilar estudado se encontra um pouco acima do valor crítico, na profundidade de cobrimento da armadura, sendo um indício de que medidas corretivas devem ser tomadas nessa parte da estrutura. Para o bloco, foi verificado que os teores estão bem abaixo do limite crítico, não havendo necessidade de intervenções.

Palavras-chave: Cloretos, corrosão, concreto, ambiente marinho.

Abstract: Corrosion triggered by chlorides is the main deterioration cause of structures submitted to the marine environment. When the chloride concentration reaches a value sufficient to depassivate the reinforcement, it is called that critical chloride content. To prevent this type of corrosion, permanent monitoring and maintenance of the structure is required. In this work, chloride profiles of different parts of the structure of a bridge located in Espírito Santo were obtained to serve as an indication of its condition concerning reinforcement corrosion initiation. The results show that the chloride content in the studied pillar slightly above the critical value at the depth of reinforcement cover, indicating that corrective procedures must be taken in this part of the structure. For the block, it was verified that the contents are significantly below the critical content, and there is no need of interventions.

Keywords: Chlorides, corrosion, concrete, marine environment.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Há pouco tempo atrás, a preocupação com a qualidade do concreto se concentrava apenas na obtenção de resistência mecânica adequada. Atualmente, sabe-se que ambientes agressivos como garagem de edifícios, cidades com alto índice de poluição e regiões marinhas, acabam sendo propícios para iniciarem e acelerarem diversos processos de deterioração de estrururas de concreto armado. Nesse contexto se insere a corrosão de armaduras desencadeada pela ação dos íons cloreto, carbonatação do concreto etc. (OLIVEIRA, 2007). Sendo assim, além de satisfazer as exigências de resistência mecânica, o concreto também deve ter propriedades capazes de dificultar a penetração de agentes agressivos, principalmente, os responsáveis por desencandear a corrosão de sua armadura.

A deterioração das estruturas em concreto armado submetidas ao ambiente marinho tem despertado bastante atenção. Pois, uma das principais causas da deterioração nesses ambientes, é a corrosão causada pela ação dos íons cloretos. Estes são capazes de penetrar no concreto e despassivar a armadura mesmo em condições de pH extremamente elevado (HELENE,1993). Tal penetração ocorre devido à interação com a névoa salina na atmosfera e por contato direto do concreto com a água do mar e suas ondas e respingos (ARAÚJO e PANOSSIAN, 2010).

O mecanismo de penetração de cloretos no concreto depende de diferentes fatores, como a qualidade e dimensões dos poros, capacidade de fixação desses íons na pasta hidratada, presença de água, bem como a localização da estrutura e o seu microclima.

A corrosão das armaduras induzidas por íons cloretos leva a formação de pites, que aceleram a perda de seção do aço, sendo, portanto, de grande gravidade. Fica evidente a ação deletéria dos íons cloretos que vão desde a despassivação das armaduras até a participação no fenômeno corrosivo (CASCUDO, 1997).

O processo corrosivo ocorre com a combinação de cloretos com íons Fe^{2+}, formando $FeCl_2$, que sofrem hidrólise e libera os íons de Cl^- para novas reações e íons H^+. A liberação do H^+ faz com que a área anódica tenha sua acidez aumentada e o potencial se torne mais negativo. Já na área catódica, ocorrem reações que formam OH^- que aumenta o pH dessa área (TREADAWAY, 1988 *apud* MEIRA, 2002; CASCUDO, 1997). A Figura 1 ilustra o processo de corrosão devido à ação dos cloretos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

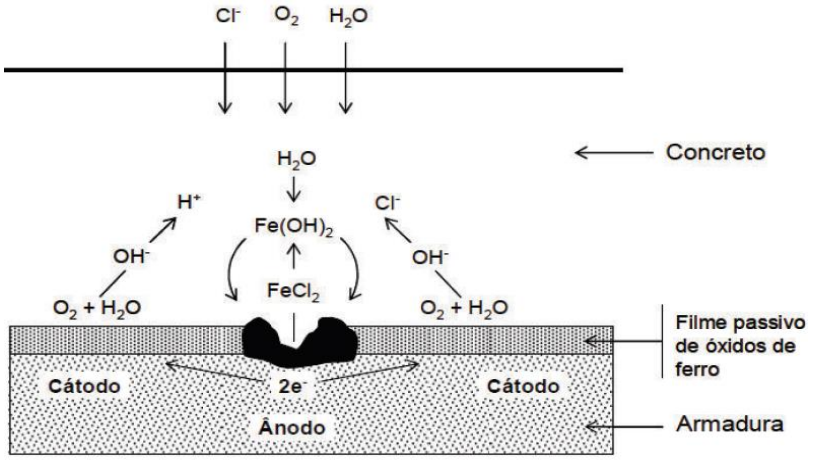


Figura 1 - Mecanismo de corrosão pela ação dos cloretos (TREADAWAY,1988)

Não há um consenso sobre o valor, mas sabe-se que existe um limite de concentração a partir do qual os íons cloreto alteram a película passivante de óxidos da armadura, iniciando o processo da corrosão (OLIVEIRA, 2007). Um valor clássico para esse limite é de 0.4% de cloretos totais em relação à massa do cimento, porém, a literatura indica que esse teor crítico pode chegar até 0.8% em relação à massa de cimento para estruturas ou concretos submetidos à exposição natural (MEIRA *et al*., 2014).

Desta forma, é necessário monitorar os teores de cloretos no interior das estruturas de concreto armado em zonas costeiras para prevenir que atinjam valores elevados, nos quais ocorre a despassivação da armadura e se inicia o processo corrosivo. Quando o processo de corrosão já estiver instalado, as medidas corretivas devem ser realizadas o quanto antes.

A falta de monitoramento e manutenção na estrutura leva a redução da sua vida útil e consequentemente, é retirada de serviço antes do tempo planejado.

2. Metodologia

2.1 Características da Ponte analisada

A 3ª Ponte de Vitória começou a ser construída em 1978, mas só foi inaugurada em 1989. A ponte foi construída com vigas pré-fabricadas na sua extensão sobre a terra, e em caixão com balanços sucessivos na parte sobre o mar, possuindo uma extensão total de 3.339 metros. Possui 54 pilares em terra e 7 sobre o mar. É uma das maiores pontes do Brasil, e utilizou em sua construção 94.000 m³ de concreto e 11.440 t de aço (AGUIAR e DADALTO, 2008). A Figura 2 ilustra a ponte em estudo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 - 3ª Ponte de Vitória - ES

Por meio de inspeções em alguns elementos estruturais da ponte, é possível traçar prognósticos sobre a vida útil desses elementos e, por conseguinte, de partes da ponte. O presente trabalho analisou o bloco (BS19), localizado em terra, e o pilar (N2), localizado sobre o mar, próximo ao vão central, com seção transversal retangular de 4.00 m x 11.00 m, altura 50.55 m e cobrimento de 3.75 cm.

2.2 Procedimento Experimental

Com o objetivo de avaliar o transporte de cloretos nos elementos estruturais identificados na seção anterior, foram obtidos perfis de cloretos livres e totais em duas faces do pilar N2 e em uma face do bloco BS19. Para tal, foram retiradas amostras em pó dos elementos estruturais analisados, empregando-se, para tal, uma furadeira, com controle de profundidade. As amostras foram extraídas em profundidades pré-definidas, variando de 1.0 cm até aproximadamente 6.0 cm. A altura média dos pontos de retiradas no pilar foi de 8.20 m em relação ao nível do mar. A Figura 3 ilustra a retirada das amostras do pilar.

Figura 3 - Retirada das amostras em pó

ISBN: 978-85-65425-32-2

Como método para determinação dos teores livres e totais de cloretos, foi utilizada a titulação potenciométrica com solução de nitrato de prata.

Para determinação do teor de cloretos livres, seguindo o procedimento recomendado pelo RILEM TC 178 – TMC (2012) a amostra de concreto em pó foi agitada em água deionizada por três minutos, e em seguida filtrada. No líquido filtrado, foi acrescentado ácido nítrico (HNO_3). Para os cloretos totais serem determinados, foi adicionado HNO_3 na amostra de concreto em pó, e em seguida adicionou-se água deionizada. A mistura foi aquecida até o ponto de fervura e posteriormente filtrada. Em ambos os casos, foi adicionada uma quantidade conhecida de solução de NaCl ao líquido filtrado para facilitar a determinação de teores eventualmente baixos.

Para a realização das titulações, foi utilizado um titulador automático modelo Titrino da Metrohm para titulação potenciométrica, onde, inicialmente, foram realizados três testes em branco acrescidas da mesma quantidade de solução de NaCl em água deionizada, visando a calibração do equipamento. Em seguida as amostras foram tituladas, obtendo-se os valores livres e totais de cloretos.

3. Resultados e análise

As Figuras 4 e 5 apresentam os valores obtidos para os teores de cloretos livres e totais em relação a massa de cimento nas faces norte e oeste do pilar, respectivamente.

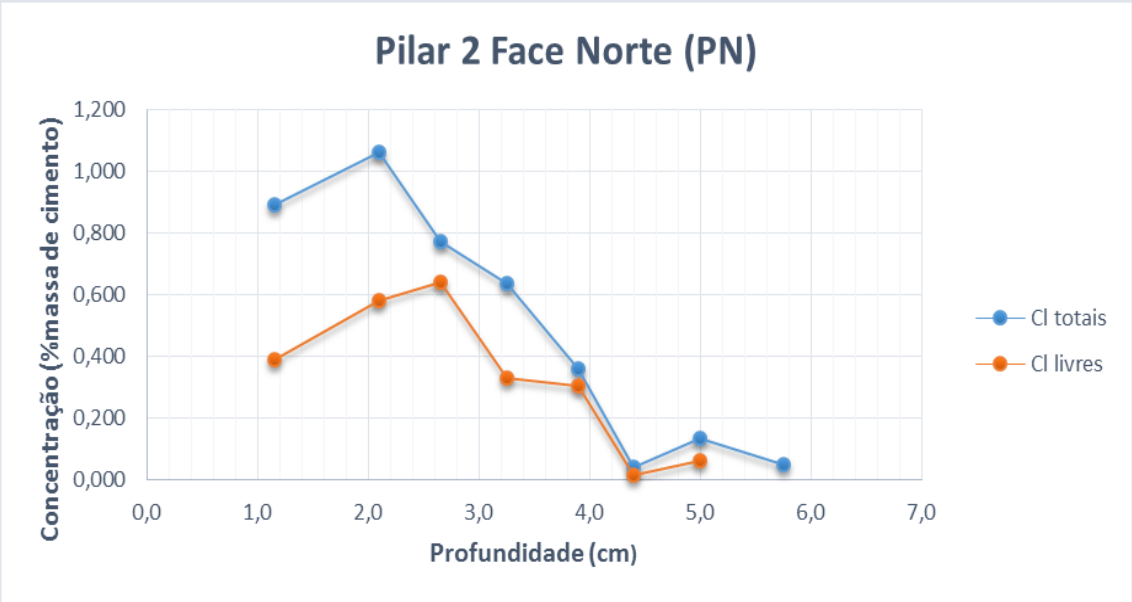


Figura 4 - Concentração de cloretos em relação a massa do cimento na face norte do pilar

ISBN: 978-85-65425-32-2

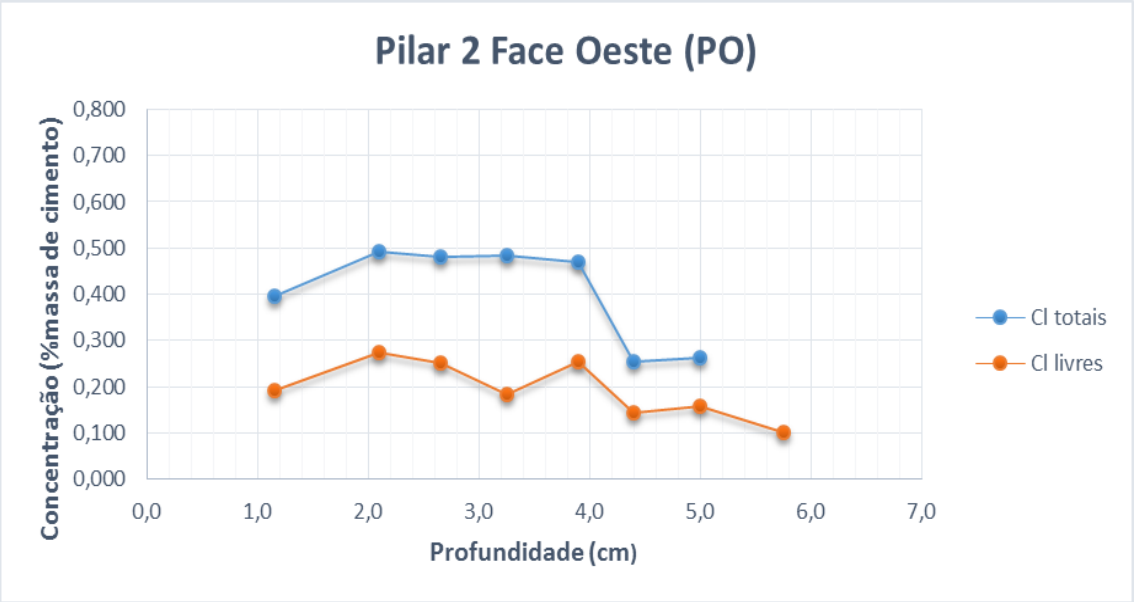


Figura 5 - Concentração de cloretos em relação a massa do cimento na face oeste do pilar

É possível perceber que o teor de cloretos tende a reduzir com o aumento da profundidade, o que já é um comportamento esperado, já que o transporte ocorre da face

externa para o interior do concreto. Essa redução é mais acentuada na face norte do pilar, que apresenta maiores teores de cloretos em suas camadas mais externas.

Em uma profundidade próxima à de cobrimento, ou seja, em torno de 3.75 cm, a face norte do pilar apresenta os valores de cloretos totais em relação a massa do cimento ligeiramente superior a 0.4%, que é um valor clássico para indicar o teor crítico de cloretos. Na face oeste, o teor de cloretos totais também está um pouco acima do valor de 0.4%. Por outro lado, é importante acrescentar que a literatura indica teores críticos que podem flutuar de 0.2% a 0.8% em relação à massa de cimento (MEIRA *et al*., 2014) para estruturas ou concretos submetidos à exposição natural.

Utilizando a relação $X_{0,4} = K_{cl}.\sqrt{t}$, onde $X_{0,4}$ representa a profundidade na qual se atinge o teor de cloretos de 0.4%, em mm e K_{cl}, constante de velocidade de penetração dos cloretos em mm/√anos e t, o tempo de exposição em anos, pode-se verificar que esse teor foi alcançado há aproximadamente 1 ano, na face norte, e 7 anos, na face oeste.

Realizando um ajuste do perfil de concetração de cloretos à curva baseada na solução da lei de Fick (Equação 1), o coeficiente de difusão obtido foi de $1{,}44.10^{-8}$ cm^2 /s, para a face oeste, e $0{,}27.10^{-8}$ cm^2/s, para a face norte. Por outro lado, de acordo com os dados de vento atuando sobre a ponte apresentados por Aguiar *et al*. (2002), pode-se perceber que a face oeste é a que mais sofre incidência dos ventos. Portanto, esse é o possível motivo da maior quantidade de cloretos que entrou por essa face, bem como da maior concentração de cloretos próximo à armadura apresentada por essa face do pilar.

ISBN: 978-85-65425-32-2

$$C_{(x,t)} = C_0 + (C_s - C_0)\left[1 - erf\left(\frac{x}{2.\sqrt{D.t}}\right)\right] \quad (1)$$

Onde:

$C_{(x,t)}$ = concentração de cloretos na profundidade *x* e no tempo *t*

C_0 = concentração inicial de cloretos no concreto

C_s = concentração cloretos na superfície do concreto

erf = função de erro de *Gauss*

A Figura 6 ilustra os perfis de cloretos para a face sul do bloco 19.

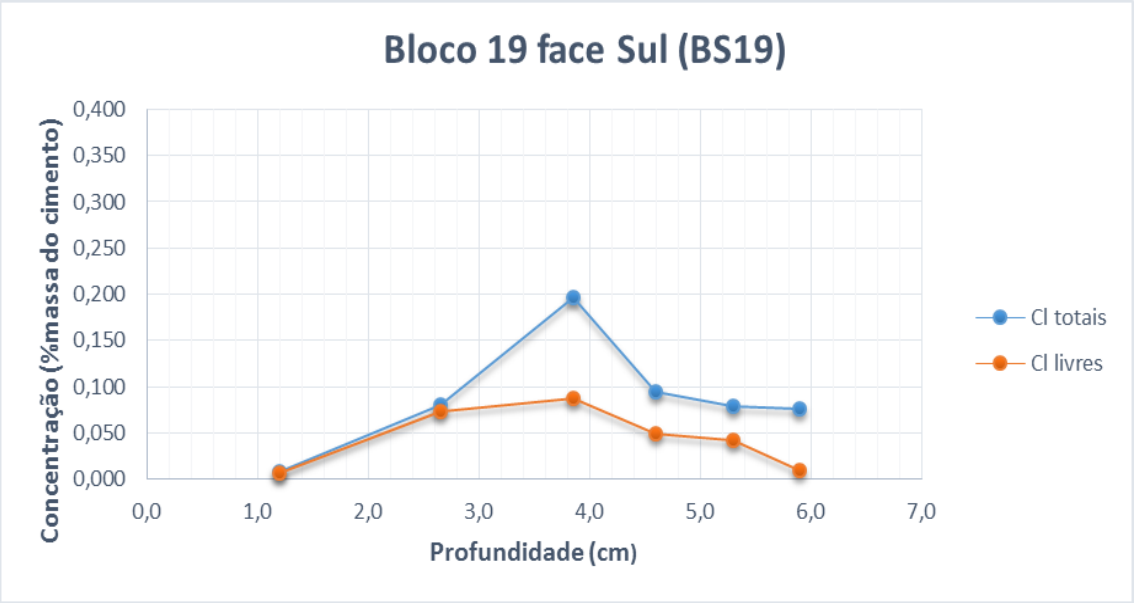


Figura 6 - Concentração de cloretos na face sul do bloco

O bloco apresenta baixas concentrações de cloretos, próximas a 0.1% (massa de cimento). Pode-se assegurar que as concetrações de cloretos estão abaixo do limite a partir do qual pode desencandear a corrosão, não havendo necessidade, por enquanto, de interveções quanto à ação de cloretos.

Os cloretos livres são os que participam efetivamente do processo corrosivo, porém o teor crítico comumente utilizado tem como referência os cloretos totais, pois os cloretos combinados podem voltar a sua forma livre devido a processos como a carbonatação. De acordo com Meira (2004), alguns autores estabeleceram relações lineares entre os cloretos combinados e cloretos livres ou totais. Essa relação linear é limitada, pois para teores de

ISBN: 978-85-65425-32-2

cloretos muito elevados, há uma diminuição na taxa de crescimento de cloretos combinados. A Figura 7 ilustra o comportamento da relação entre os cloretos livres e totais do concreto ensaiado, e as curvas ajustadas das Isotermas de Langmuir (Equação 2) e Freundlich (Equação 3). Fica evidente que para baixas concentrações é possível obter uma relação linear, mas para teores mais elevados, essa não se aplica. Além disso, para teores mais elevados de cloretos, as isotermas tendem a se diferenciar, com um ligeiro aumento dos cloretos livres para a isoterma de Langmuir.

$$Cl_{comb} = \frac{\alpha . Cl_{liv}}{1+\beta . Cl_{liv}} \quad (2)$$

$$Cl_{comb} = \alpha . Cl_{liv}{}^{\beta} \quad (3)$$

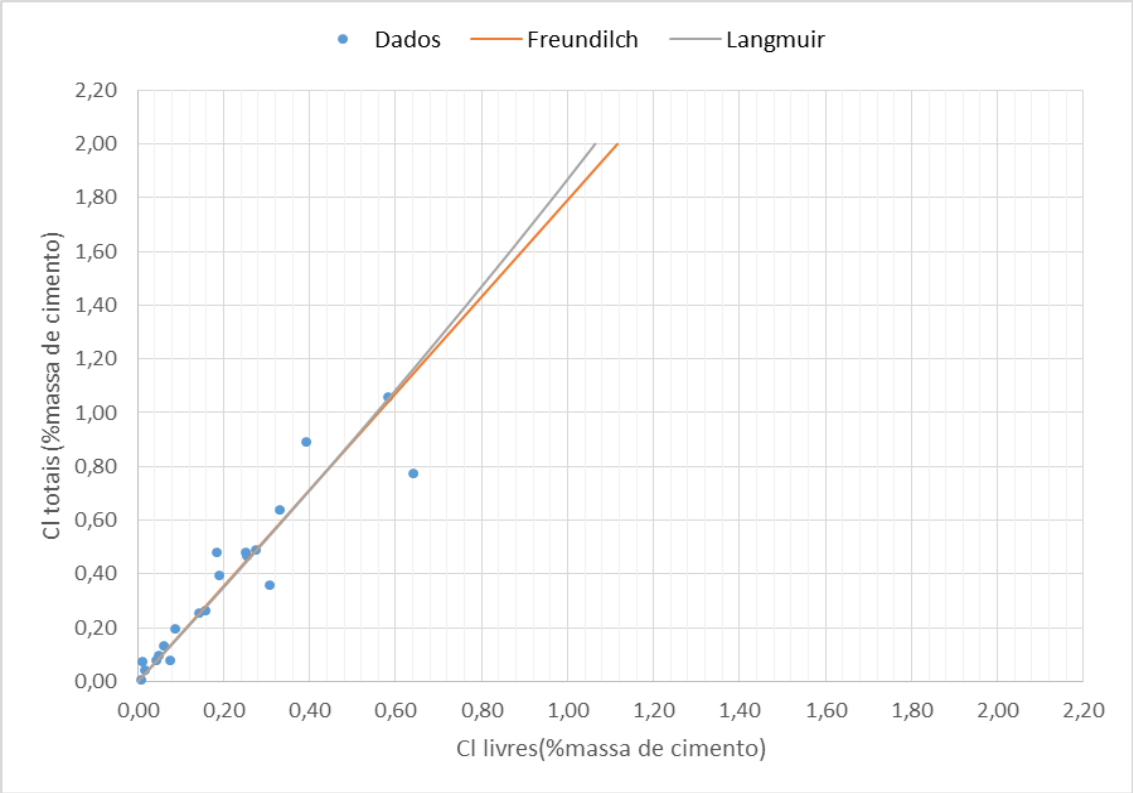


Figura 7 – Relação entre as concetrações de cloretos livres e totais

4. Conclusões

O monitoramento das estruturas de concreto é de extrema importância, pois a partir dela, sabe-se da necessidade de realizar intervenções de reparo e manutenção na estrutura, a fim de prevenir que ocorram danos mais severos e que possam causar grandes prejuízos e comprometer a segurança da estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foi verificado que o pilar (P2) ensaiado já atingiu concentrações críticas de cloretos, indicando que medidas corretivas devem ser realizadas o quanto antes.

O bloco (19) apresenta baixos teores de cloretos no concreto, o que assegura a passividade de armadura quanto à ações de cloretos, não havendo necessidade de intervenções neste momento. Essa diferença de comportamento se explica pelo posicionamento de cada elemento estrutural em relação à proximidades com o mar, bem como em relação à predominância dos ventos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Eng. Dr. José Eduardo Aguiar e Eng. Jiancarlos Pagotto Coutinho da Recuperação Serviços Especiais de Engenharia Ltda.

Referências Bibliográficas

Aguiar, J. E.; Dadalto, G. C. (2008) Recuperação de placas de concreto de praça de pedágio e revestimento de obras-de-arte com liberação do tráfego após 12 horas. Anais do 50º Congresso Brasileiro de Concreto.

Aguiar, J. E.; Dalvi, D.; Gomes, A. M. (2003) 3ª ponte de Vitória – Monitoramento e manutenção permanente. 45º Congresso Brasileiro de Concreto.

Aguiar, J. E.; Gomes A. M.; Da Silva, T. J. (2002) A previsão da vida útil da 3ª ponte de Vitória. 44º Congresso Brasileiro de Concreto.

Andrade, C.; Alonso, M. C. (1997) Modelling of skin effects on diffusion process in concrete. In International RILEM Workshop – chloride penetration into concrete.

Araujo, A.; Panossian, Z. (2010) Durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho: estudo de caso. Congresso Brasileiro De Corrosão, INTERCORR 2010.

Cascudo, O. (1997) O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas. Editora PINI.

Helene, P. R. L. (1993) Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, 231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Meira, G. R.; Padaratz, I. J. (2002) Efeito do distanciamento em relação ao mar na agressividade por cloretos. Instituto Brasileiro de Concreto. 44º Congresso Brasileiro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Meira, G. R. (2004) Agressividade por cloretos em zona de atmosfera marinha frente ao problema da corrosão em estruturas de concreto armado. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

Oliveira, A. M. (2007) Avaliação do desempenho de concretos com adições minerais quanto à corrosão nas armaduras induzida por cloretos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás. Goiânia –GO.

RILEM Recommendations. TC 178 TMC (2002) Analysis of total chloride content in concrete. Paris, RILEM, 2002, V.35; p. 583-585.

RILEM Recommendations . TC 178 TMC (2002) Analysis of water soluble chloride content in concrete. Paris, RILEM, 2002, V.35; p. 586-588.

Treadaway, K. (1988) Corrosion period. In: Schiessl , P. (Ed.) Corrosion of steel in concrete. New York: RILEM / Chapman and Hall, p. 56-69.