

Monografia

PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL CAUSADAS POR INFILTRAÇÕES E PERCOLAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Autor: Mauruzan Anselmo

Orientador: Profº Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte

Julho/2016

Mauruzan Anselmo

PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG**

**Ênfase: Patologias na construção civil causadas por
infiltrações e percolação de águas pluviais**

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ser o provedor de todas as coisas pela sua benção, graça e sabedoria concebida, possibilitando-me tornar capaz de realizar meus sonhos capacitando-me e dando-me a oportunidade de estar realizando mais um trabalho dentro da Engenharia Civil.

A minha família pelo amor, apoio, respeito, dedicação e compreensão.

Ao Professor Adriano de Paula e Silva pela orientação, diretrizes, apoio, compreensão e direção no desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus colegas de classe e professores do programa de pós-graduação da UMFG.

A todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração desse trabalho.

RESUMO

O Presente trabalho apresenta um estudo sobre as patologias na construção civil ocasionadas por infiltrações de água pluviais da parte externa de uma edificação residencial multifamiliar ocasionando a corrosão das armaduras de aço levando a danos na parte estrutural da edificação e seu respectivo comprometimento. Foi feito um estudo de caso mostrando detalhes destas infiltrações bem como os procedimentos para estacar e solucionar o problema. Foi feito também várias pesquisas com o intuito de estar buscando e agregando conhecimentos dentro das áreas de patologias na construção civil.

Palavras-chave: Patologias; Infiltração; Corrosão da armadura de aço.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Origem dos problemas patológicos	10
Imagem 2 - Processo de corrosão eletroquímica do aço	15
Imagem 3 - Tipos de corrosão e fatores que provocam.	16
Imagem 4 - Formação de pilha de corrosão eletroquímica em concreto armado.....	17
Imagem 5 - Avanço do processo de carbonatação, segundo CEB-BI 152 (1984)	18
Imagem 6 - Pilha de corrosão em concreto armado com anodo e catodo em barras distintas	20
Imagem 7 - Piso do playground.....	27
Imagem 8 - Piso do playground.....	27
Imagem 9 - Piso salão de festas	28
Imagem 10 - Área livre	28
Imagem 11 - Piso da quadra	30
Imagem 12 - Piso da quadra	31
Imagem 13 - Garagem	31
Imagem 14 - Laje e viga da garagem.....	32
Imagem 15 - Laje e viga da garagem.....	32
Figura 16 - Pilar da garagem.....	33
Figura 17 - Pilar da garagem.....	33
Figura 18 - Pilar da garagem.....	34
Figura 19 - Pilar da garagem.....	34
Figura 20 - Pilar da garagem.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Modelo de vida útil.....	13
Gráfico 2 - Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de <i>Sitter</i>)	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVO GERAL	10
3	OBJETIVO ESPECÍFICO	10
4	METODOLOGIA.....	11
5	JUSTIFICATIVA	11
6	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
7	HISTÓRICO	21
8	ESTUDO DE CASO.....	23
8.1	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	23
8.1.1	FINALIDADE	23
8.2	CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO OBJETO DO PRESENTE ESTUDO.....	24
8.3	HISTÓRICO APRESENTADO	24
9	PRINCIPAIS FATORES QUE PROVOCAM A EFLORESCÊNCIA	26
10	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
11	PROCEDIMENTO NO PAVIMENTO 2	26
12	PROCEDIMENTO NO PAVIMENTO 1	29
13	CONCLUSÃO.....	36
14	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que ao decorrer dos anos as edificações tendem a sofrer danos e desgastes naturais dos materiais construtivos empregados que juntamente com a bolor ou mofo, eflorescência, fissuras, trincas e corrosão das armaduras de aço. Também no que se diz a respeito especificamente do concreto, podemos fazer a seguinte pergunta: Qual é a vida útil de um concreto? Vários autores dizem que a vida útil de um concreto vai além dos 100 anos, mas, algo vem acontecendo para mudar este conceito, ou desacreditar na capacidade das construtoras em executar uma estrutura de concreto de boa qualidade. Nos últimos anos, vem-se verificando uma forte preocupação com os aspectos relacionados com a durabilidade, vida útil, manutenção das edificações e a adequação das edificações a novos usos, tudo isso tem estimulado alguns especialistas a desenvolverem novas técnicas e tecnologias com o intuito de solucionar problemas sobretudo em materiais danificados e deteriorados. Embora a engenharia vem desenvolvendo várias técnicas no setor da construção civil ainda nos deparamos com muitos profissionais dessa área que utilizam técnicas baseadas na experiência acumulada ao longo dos anos que na maioria das vezes são procedimentos e técnicas inadequadas.

De acordo com PENA e HELENE (2005), no decorrer dos últimos 20 anos, tanto no Brasil como em muitos outros países a sociedade e a engenharia tem percebido que as estruturas de concreto não são consideradas eternas.

Falta de manutenção preventiva podem estar levando as edificações a apresentarem diversos tipos de patologias no decorrer dos anos. Estas patologias podem também surgir devido a falhas nos sistemas construtivos pela empresa responsável pela edificação. A melhor maneira de estar se precavendo do surgimento de futuras patologias na construção civil é a devida manutenção preventiva onde seria possível detectar possíveis falhas construtivas ou desgastes dos materiais pela ação do tempo. As manifestações patológicas podem ser definidas como anomalias ou falhas construtivas que se manifestam nas edificações, elementos ou componentes em função de irregularidades no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso entre várias

outras, ou na manutenção, bem como problemas que não decorrem apenas do envelhecimento natural, ainda podemos dizer também que as patologias prediais são as doenças técnicas representadas pelas anomalias construtivas, falhas de manutenção ou irregularidade de uso das edificações. Dentre as mais variadas patologias de edificações podemos citar como as mais comuns as Infiltrações, manchas,

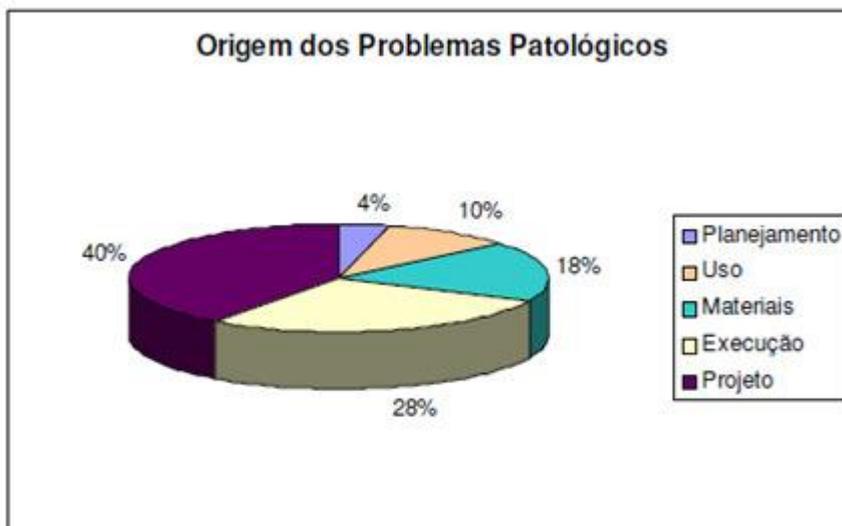
Segundo (MEHTA, 1994), o concreto é durável quando o mesmo desempenha todas as suas funções pretendidas durante um determinado intervalo de tempo.

Segundo (HELENE, 1986), a durabilidade das estruturas de concreto armado é o resultado da dupla natureza que o concreto exerce sobre o aço, por um lado o papel do cobrimento como barreira física, e por outro lado a elevada alcalinidade que o concreto desenvolve sobre o aço, criando uma camada passiva que o mantém inalterado por um determinado tempo.

Na realidade a construção civil do Brasil, vem mostrando um grande número de edificações com patologias. Tais patologias mencionadas anteriormente são devidas, na maioria das vezes, a uma combinação de fatores correlacionados, tendo origem as deficiências nas etapas de planejamento, desenvolvimento de projetos, execução, utilização e manutenção dos edifícios.

A origem dos diversos problemas patológicos podem ser distribuídos da seguinte forma: 40% projeto, 28% execução, 18% materiais, 10% uso e 4% planejamento. Com base nesses dados, verifica-se a necessidade de um estudo mais aprimorado sobre essas causas que são conhecidas, sua terapia será escolhida, com maior precisão e como consequência poderemos fazer uma escolha de maneira mais econômica possível (HELENE, 1992), imagem 1.

Imagem 1 - Origem dos problemas patológicos



Fonte: (adaptado de Helene e Figueiredo, 2003)

2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo, sob o ponto de vista da Construção civil, descrever as causas específicas e a corrosão das armaduras de aço ocorridas no Condomínio do Edifício Francisco Justino dos Santos, contribuindo para uma melhora na qualificação profissional, agregando conhecimento, aperfeiçoamento capacitação e qualidade na Engenharia Civil.

3 OBJETIVO ESPECÍFICO

Como objetivo específico demonstrar detalhadamente as causas da corrosão das armaduras de aço da estrutura na construção civil.

- Identificar os sintomas, as origens e as possíveis causas do aparecimento de patologias nesse edifício - Propor alternativas para sanar a situação;
- Analisar os problemas particulares desse tipo de patologia da corrosão do aço das armaduras e os danos gerados na estrutura da edificação;

- Estudar e demonstrar os controles de qualidade e procedimentos que podem ser adotados para evitar este tipo de patologia;
- Apresentar soluções para restaurar o problema e recuperar as armaduras de aço;
- Identificar os sintomas, as origens e as possíveis causas do aparecimento de patologias nesse edifício, propor medidas alternativas para sanar a situação.

4 METODOLOGIA

Para elaboração do presente trabalho, foram realizadas as seguintes etapas:

- Coleta de dados na literatura nacional, em livros, revistas técnicas, artigos, pesquisas bibliográficas, consultas, definições segundo alguns autores;
- Coleta dos dados no Condomínio do Edifício Francisco Justino dos Santos;
- Entrevistas com moradores do Condomínio do Edifício Residencial Altino dos Santos, com laboratoristas que já haviam vivenciado este tipo de patologia ou alguma semelhante, com engenheiros que já se defrontaram com patologias iguais ou semelhantes e foram responsáveis pela execução e recuperação das mesmas, consultas feitas a engenheiros peritos. Em paralelo foram realizadas reuniões com o professor orientador para discutir informações coletadas nas diferentes fontes e alinhar as etapas de elaboração do trabalho. Posteriormente, foi feita a adequação dos temas abordados no trabalho, que foram devidamente ilustrados com gráfico, fotos, para uma conclusão final a respeito da patologia em questão.

5 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização deste trabalho deve-se exclusivamente ao interesse da capacidade e qualificando dentro da área de patologias e no decorrer do tempo estar atuando na área de construção de edifícios residenciais defrontar com inúmeros tipos de patologias dentre os mais variados tipos e casos

provenientes de desgastes, faltas de manutenção preventiva, falhas e má utilização de técnicas construtivas sobretudo, motivado pelas constantes dúvidas e ênfase no tratamento e recuperação das mesmas. Aliado a este fator, este interesse de ser o responsável técnico pela recuperação da patologia neste edifício que apresentado no estudo de caso, e no futuro contribuir de alguma forma nos mais variados casos de patologias existentes e que se tornam a cada dia mais frequentes.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizado ainda uma revisão da literatura, através de pesquisa bibliográfica, referente a algumas patologias que ocorrem nas estruturas de concreto as quais serão objeto deste artigo, a fim de criar uma base teórica para melhor conhecimento sobre o assunto e desenvolvimento do trabalho.

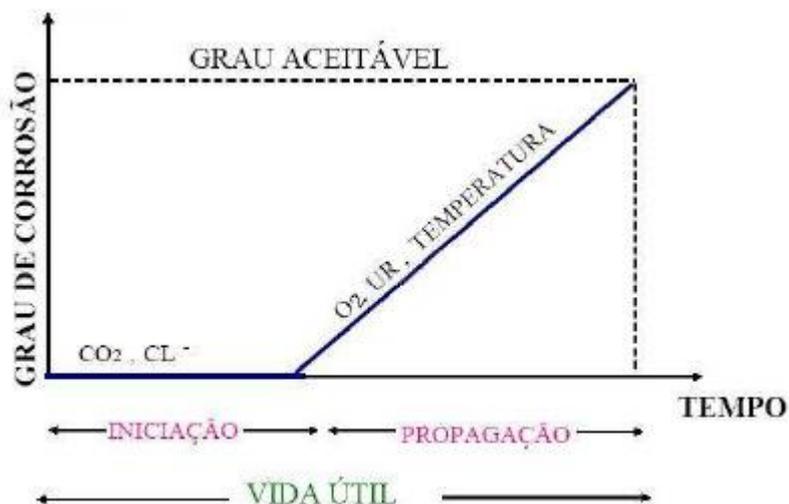
Portanto, abordaremos as principais definições que envolvem a corrosão das Armaduras de aço, desde sua iniciação, propagação até a deterioração da estrutura, mostrando as formas de ocorrência, métodos de prevenção e recuperação, com o objetivo de se ter uma estrutura segura e durável.

SOUZA e RIPPER, (1998) enfatizam que a busca de soluções e o estabelecimento dos métodos a serem adotados para recuperar ou reforçar uma estrutura de concreto só serão bem sucedidos, se forem cuidadosamente analisadas e estudadas, em conjunto, com as condições físicas, químicas, ambientais e mecânicas às quais a estrutura está submetida, com as causas da sua deterioração (que podem ser múltiplas) e com os seus efeitos (sintomas patológicos).

A corrosão e a oxidação nas armaduras do concreto vem sendo muito divulgado em diversas literaturas (CASCUDO,1997); (HELENE,1986); (SILVA,1963), tanto em livros gerais e específicos de corrosão como em revistas, o assunto aqui será

tratado de forma sucinta, apenas para contextualizar o fenômeno da corrosão dentro do universo aqui abordado, ver gráfico 1.

Gráfico 1 - Modelo de vida útil



Fonte: Segundo Tuutti (1982) apud Cascudo (1997, p41)

Em relação a vida útil das estruturas de concreto segundo a metodologia de TUUTTI (1982), com base na corrosão das armaduras está exposto no modelo acima onde foi verificada as fases de iniciação e propagação.

Podemos dizer que o período “iniciação” é o período em que os agentes agressivos, que provocam a corrosão das armaduras, o dióxido de carbono e os íons cloreto, penetram no concreto avançando até a armadura e quando alcançam um teor crítico, provocam a destruição da camada apassivadora do aço. O período de duração da fase de iniciação vai depender da permeabilidade do concreto em relação à entrada dos gases ou líquidos através dos seus poros.

HELENE, (1993) considera que a duração da fase no período de sua iniciação deve corresponder à estimativa da vida útil de projeto da estrutura no que diz respeito a sua corrosão.

Enquanto que o período “propagação” pode se dizer que é o período onde ocorre a intensificação do processo de corrosão principalmente pela presença no meio de oxigênio, umidade relativa no ar e temperatura.

HELENE, (1993) já considera duas situações neste período:

O período que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o deslocamento do concreto de cobrimento. Pode se dizer que este período corresponde à chamada vida útil de serviço ou de utilização.

Enquanto que o período que vai até a ruptura e colapso parcial ou total da estrutura. Pode se dizer que este período corresponde ao período de tempo onde vem ocorrer a redução de seção e resistência da armadura ou ainda a perda da aderência da armadura/concreto, também conhecida de vida útil total.

CÁNOVAS (1998) afirma que a corrosão pode ser considerada sob dois aspectos em função de sua natureza, o químico e o eletroquímico. Podendo dizer que a primeira é também conhecida por corrosão seca, ou oxidação direta, que se dá por uma reação gás metal, com formação de uma película de óxido uniforme em toda a superfície metálica. É um processo lento e não provoca deterioração substancial das superfícies metálicas. Enquanto que a corrosão eletroquímica ou aquosa, é a que efetivamente traz problemas às obras de construção civil.

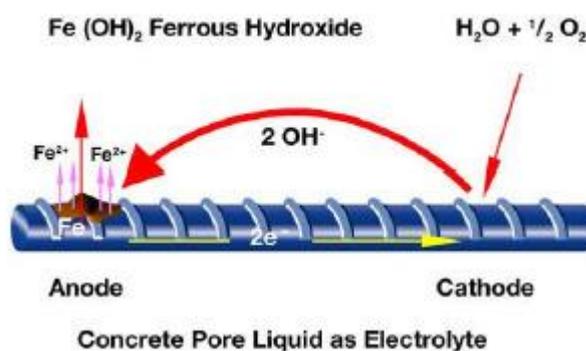
Segundo NEVILLE apud MATTOS (2002), o processo de corrosão eletroquímica basicamente se resume em: existindo uma diferença de potencial entre dois pontos da armadura de aço no concreto, onde gera-se uma célula eletroquímica.

Desta forma temos uma região anódica e uma região catódica, ligadas pelo eletrólito na forma de água (H₂O), nos poros da pasta do cimento endurecida.

Os íons de ferro, Fe^{++} , com cargas elétricas positivas no anodo, passam para a solução (concreto), enquanto os elétrons livres, e , com carga elétrica negativa, passam pelo aço para o catodo.

No catodo, os elétrons são combinados com a água e o oxigênio e formam o íon de hidroxila (OH^-). Estes íons migram para o ânodo, através do eletrólito, onde vão combinar com os íons ferrosos, formando hidróxido ferroso, que por outra oxidação vai se transformar em hidróxido férrico (ferrugem). A imagem 2 demonstra esta reação.

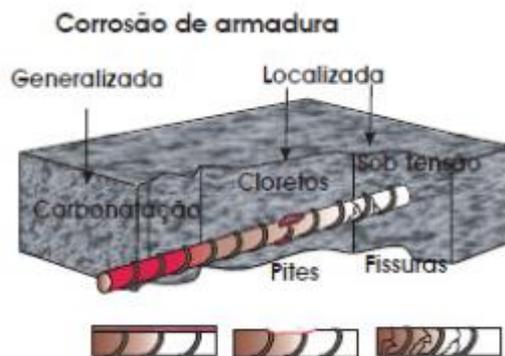
Imagem 2 - Processo de corrosão eletroquímica do aço



Fonte:(catalogos SIKA, 2006)

As armaduras podem sofrer as seguintes formas de corrosão eletrolítica segundo GENTIL (1982), ver imagem 3.

Imagem 3 - Tipos de corrosão e fatores que os provocam



Fonte: Cascudo, 1997, p19

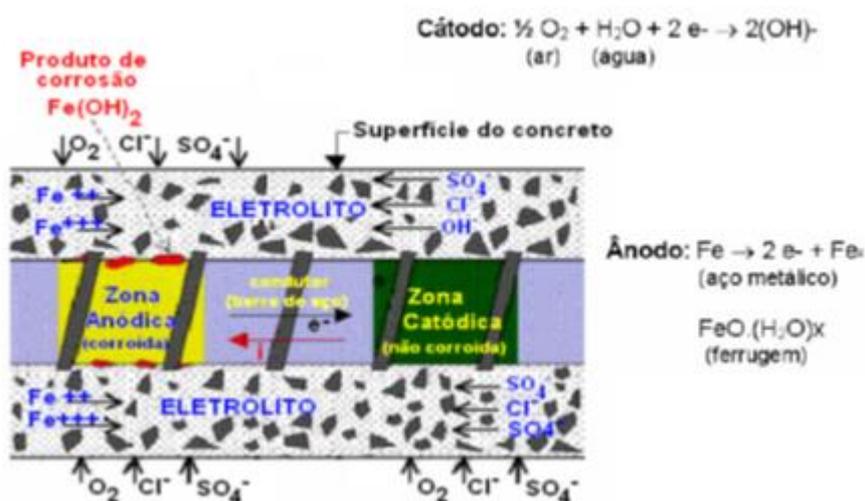
- Corrosão generalizada ou uniforme: corrosão em toda extensão da armadura quando esta fica exposta a um meio corrosivo;
- Corrosão por pite ou puntiforme: é quando os desgastes são localizados sob a forma de pequenas cavidades, também chamados de alvéolos pode ser transgranular e intragranular;
- Corrosão sobtensão fraturante: é quando a corrosão é originada pela ação do hidrogênio atômico na sua difusão pelos vergalhões da armadura, propiciando a sua fragilização e, em consequência, a fratura, que é considerada a mais grave, chegando ao ponto de provocar a ruptura da armadura do concreto, levando ao colapso da estrutura.

CASCUDO (1997, Pag. 61) comenta que os produtos de corrosão, óxidos e hidróxidos de ferro, passam a ocupar no interior do concreto, volumes 3 a 10 vezes superior ao volume original do aço da armadura, podendo causar tensões internas maiores que 15 Mpa. Ao passo que a corrosão vai se processando, estes produtos considerados expansivos vão se acumulando cada vez mais ao redor da ferragem da armadura, criando verdadeiras “crostas” no seu entorno. Este chega a produzir esforços no concreto na direção radial das barras, conforme mostra figura abaixo, os quais geram tensões que culminam com a fissuração das peças de concreto. A evolução das fissuras no decorrer do tempo causam, o lascamento do concreto, comprometendo o monolitismo estrutural (dado pela aderência aço / concreto), e no deslocamento da camada de cobertura, em geral deixando expostas as armaduras.

Para que possamos entender todo o mecanismo onde ocorre a corrosão do concreto de natureza eletroquímica, precisamos primeiro saber como se promove o funcionamento das pilhas eletroquímicas, as quais não necessariamente se estabelecem entre dois metais diferentes em uma mesma solução, mas ocorrem também em regiões diferentes de um mesmo metal, que se caracteriza por uma área catódica, onde ocorre a redução de oxigênio e uma área anódica, onde ocorre o processo de oxidação levando a perda de massa.

CASCUDO (1997, p38) resumindo o mecanismo da corrosão eletroquímica em meio aquoso, pode-se dizer que há a formação de íons metálicos e liberação de elétrons na região anódica, onde ocorre a oxidação do metal (região deteriorada, desgastada), e, simultaneamente, na região catódica, vai haver o consumo de todos os elétrons (que foram produzidos no ânodo) e ocorrendo também a redução dos íons de eletrólito, isto é, a neutralização dos íons de hidrogênio ou a formação de íons carregados negativamente, como é o caso verificado quando da redução do oxigênio. Podemos dizer que a combinação entre os produtos das reações anódicas e catódicas gera os produtos de corrosão finais do processo, ver imagem 4.

Imagem 4 - Formação de pilha de corrosão eletroquímica em concreto armado

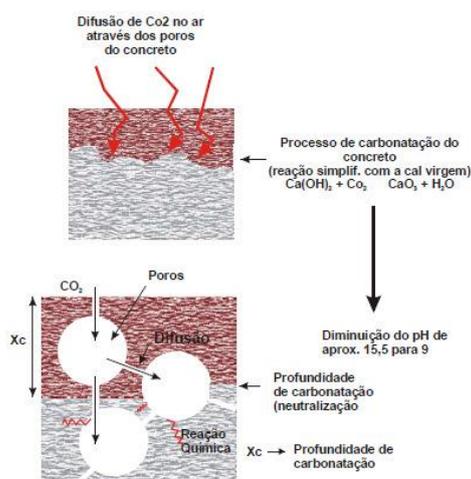


Fonte: (adaptado de Helene, 1986)

Sendo o processo de corrosão eletroquímico, procura-se evitar que haja as condições que viabilizem a formação da pilha. Entre elas estão: a presença de eletrólito (por exemplo, água), a aeração diferencial, contato entre metais diferentes, áreas de diferentes deformações, áreas de diferentes tensões e correntes elétricas (Gentil, 2003).

Segundo (FIGUEIREDO, 2005), A carbonatação é um fenômeno natural que ocorre a partir da reação entre o dióxido de carbono (CO_2), o dióxido de enxofre (SO_2), o gás sulfídrico (H_2S), existentes no meio ambiente e os compostos alcalinos da rede de poros do concreto, ver imagem 5.

Imagem 5 - Avanço do processo de carbonatação, segundo CEB-BI 152 (1984)



Fonte: Figueiredo, 2005, p831

Esse processo é conhecido como carbonatação, dá-se a uma velocidade lenta atenuando-se com o tempo. O CO_2 , penetra da superfície para o interior, de forma lenta e progressiva dependendo das condições do meio ambiente onde está localizada.

Em concreto de mediana qualidade observa-se que a velocidade da carbonatação varia entre 1 e 3 mm por ano de vida útil do concreto (SILVA, 1995).

O processo de carbonatação tem uma característica que é a existência de uma “frente” de avanço do processo, que separa duas zonas com pH muito diferentes; uma com pH menor que 9 (carbonatada) e outra com pH maior que 12 (não carbonatada), comumente conhecida como frente de carbonatação e deve ser mensurada com relação à espessura do concreto de cobrimento da armadura.

Sendo importante que esta não atinja a armadura, sob pena de despassivá-la e iniciar o processo de corrosão, (CASCUDO, 1997, p51).

Quanto maior a concentração de CO₂, maior a velocidade de carbonatação, principalmente em concretos com elevada relação de água/cimento, esta concentração varia de ambiente para ambiente, principalmente em túneis e garagens.

As maiores taxas de carbonatação ocorrem quando a umidade relativa do ar está entre 50% a 60%, na prática, a relação da umidade com a profundidade e o tempo é muito complexa, envolvendo muitos fatores e o ciclo de molhagem e secagem. A umidade influencia diretamente na quantidade de água contida nos poros do concreto e está na difusão do CO₂.

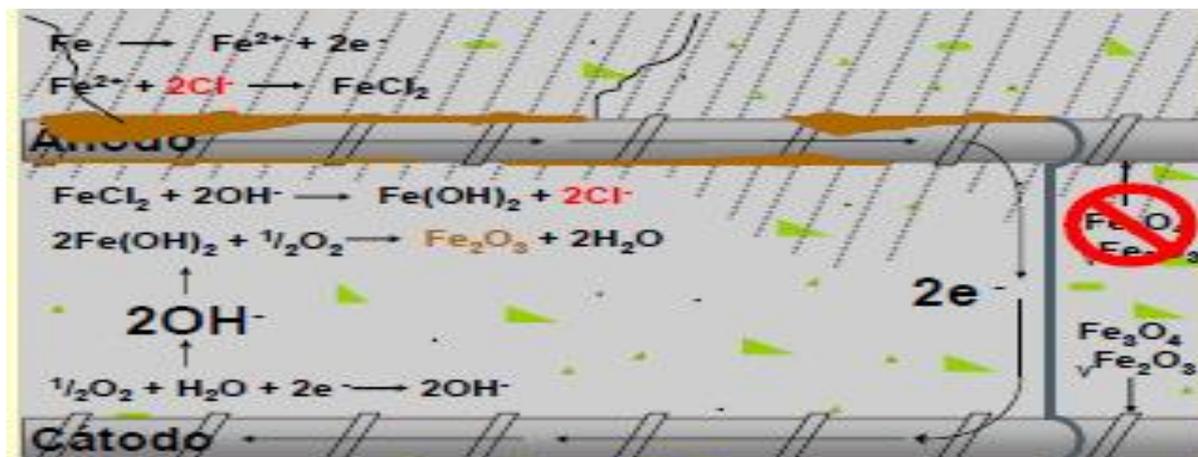
O mecanismo da corrosão do aço, dentro do concreto, só desenvolve-se na presença de água (exceto quando este estiver submerso), ou com umidade relativa do ar elevada (U.R.>60%). Segundo HELENE, 1993 - isto só ocorre nas três condições seguintes: existência de um eletrólito (exemplo água) deve existir uma diferença de potencial de eletrodo e a presença de oxigênio.

Como em qualquer pilha eletroquímica, é um processo que ocorre de forma espontânea, onde existam um anodo, um catodo, um eletrólito e a presença de um condutor elétrico. A falta de um destes elementos impedirá o início da corrosão ou cessará o processo, caso já esteja em andamento.

Não haverá corrosão em concretos secos (falta do eletrólito) e também não ocorrerá em concretos totalmente saturados, devido insuficiência de oxigênio.

Na imagem 6 podemos ver as reações típicas que ocorrem dentro do concreto variando conforme as condições do meio eletrolítico, as reações anódicas ocorrem no aço produzindo sua corrosão (ferrugem) e nas áreas catódicas as reações ocorrem com o meio, não havendo corrosão no aço.

Imagem 6 - Pilha de corrosão em concreto armado com anodo e catodo em barras distintas



Fonte: (Labre e Gomes, 1989)

O início do processo após a película apassivante da armadura ser destruída por ação combinada da umidade do meio, do oxigênio e de agentes agressivos, destacando-se o dióxido de carbono CO₂ e os íons cloretos CL⁻, que penetram no concreto.

A união destes elementos dentro do concreto dá origem da pilha de corrosão, devido à diferença de potencial entre os polos, anodo e catodo. Surgindo uma corrente elétrica, através do fluxo de íons, que sai das áreas anódicas corroendo-as e seguem para as áreas catódicas, protegendo-as e formando um ciclo pelos ferros da armadura fechando o circuito.

Finalizando esta seção com as palavras de CASCUDO, 1997, p67- Pode-se afirmar que a corrosão de armaduras deteriora as estruturas de concreto sob duas óticas, de ação simultânea; uma delas diz respeito à perda de seção das barras e seus efeitos, e a outra se refere ao comportamento mecânico de fissuração do concreto e suas consequências. Ambos os processos ocorrendo sem que haja uma intervenção na estrutura, fatalmente implicarão em um desfecho indesejável que é o colapso dessa estrutura.

7 HISTÓRICO

O pavimento interno da garagem do Condomínio do Edifício Francisco Justino dos Santos, apresenta inúmeras patologias, tais como degradação da camada de concreto de proteção e cobrimento das ferragens das lajes e pilares, oxidação e corrosão das ferragens (armadura de aço), infiltrações, esfarelamento do emboço/reboco e regiões pulverulentas (massa podre) do muro das divisas, o pavimento do play ground apresenta sinais de desgaste do piso, soltura dos rejuntas, soltura das placas de ardósia, infiltrações, fissuras, trincas, rachaduras do piso de concreto da quadra poliesportiva e danificação do sistema de impermeabilização.

De acordo com RIPPER e SOUSA (1998), 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”.

Os problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando do período da aparição e, ou a forma de manifestação. Segundo LICHTENSTEIN (1985), estes problemas patológicos podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparação evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada.

As formas patológicas encontradas com maior frequência são infiltrações, fissuras, corrosão da armadura, movimentações térmicas, descolamentos, entre outros.

Em geral os problemas patológicos são evolutivos e tendem a agravar-se com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial, por exemplo: uma fissura provocada pelo momento flector pode dar origem a corrosão das armaduras; flechas excessivas em vigas e lajes, podem provocar fissuras em paredes e deslocamentos em pisos rígidos apoiados sobre os elementos flectidos.

É de salientar a importância da detecção precoce de manifestações patológicas nas edificações, tendo sempre em vista, que quanto mais cedo forem detectadas e tratadas, menor será o custo para a sua reabilitação. A demonstração mais expressiva desta afirmação é chamada de “LEI de SITTER” relatada por HELENE e FIQUEIREDO (2003), que mostra o custo crescendo segundo uma progressão geométrica de razão 5, conforme demonstrada no gráfico 2.

Gráfico 2 - Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter)



Fonte: Sitter, 1984 apud Helene, 1997

Etapas do processo para construção, de acordo com PICHHI e AGOPYAN, (1993); DÓREA e SILVA, (1999), durante as etapas do processo da construção, vários são os fatores que interferem na qualidade final do produto, dentre eles pode-se citar:

- No planeamento, a definição dos níveis de desempenho desejados;

- No projeto, a programação de todas as etapas da obra, os desenhos, as especificações e as descrições das ações;
- Nos materiais, a qualidade e a conformidade com as especificações;
- Na execução, a qualidade e a conformidade com as especificações;
- No uso o tipo de utilização previsto para o ambiente construído aliado ao programa de manutenção. 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 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.
- Práticas de conservação, segundo LERSCH, (2003) cita o Manual de Conservação Preventiva do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional datado de 2001, afirmando que as práticas de conservação preventiva e de manutenção de um bem edificado não fazem parte da tradição brasileira, e que a regra é recorrer a restauração depois que o edifício chega a um nível avançado de degradação. A mesma autora acrescenta que alguns conceitos da área de conservação e restauração do patrimônio ainda não se incorporaram à cultura nacional, os quais consideram que é de importância fundamental conhecer muito para intervir pouco e prevenir para não intervir.

8 ESTUDO DE CASO

8.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

8.1.1 FINALIDADE

O presente estudo de caso tem a finalidade de relatar as patologias e anomalias relacionadas a infiltrações e corrosão do aço da estrutura das lajes e pilares, e outras análises referentes às áreas comuns e do pavimento da garagem do Edifício residencial é Condomínio do Edifício Francisco Justino dos Santos, localizado a

Rua Jaime Gomes número 75, Bairro Floresta, cep.31015-240 nesta capital, conforme vistoria efetuada in - loco no dia 30 de Outubro de 2015 visando à recuperação das partes danificadas.

8.2 CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO OBJETO DO PRESENTE ESTUDO

Edifício residencial multifamiliar constituído por 08 (oito) pavimentos incluindo garagem, salão festas e playground com 08 (oito) unidades autônomas sendo 02 (duas) unidades por andar, apresentando idade aparente de 18 (dezoito) anos de construção.

8.3 HISTÓRICO APRESENTADO

O pavimento da garagem apresenta inúmeras patologias, tais como degradação da camada de concreto de proteção e cobrimento das ferragens das lajes, oxidação e corrosão das armaduras de aço, infiltrações, deslocamento do emboço/reboco e regiões pulverulentas (massa podre) do muro das divisas, o pavimento do playground apresenta sinais de desgaste do piso, soltura dos rejuntas, soltura das placas de ardósia, infiltrações, fissuras, rachaduras do piso e danificação do sistema de impermeabilização.

A causa preponderante para o surgimento e deslocamento das camadas de concreto, bem como a oxidação e corrosão das armaduras de aço é a percolação continuada de umidade, tais como : infiltrações em rejuntas de pisos externos na área de playground, fissuras e trincas no concreto da quadra poliesportiva e no restante do piso , deslocamento do piso que é feito por placas de ardósia , reparos na impermeabilização, a insuficiência ou falta de impermeabilização da laje, e do piso da área externa que é a cobertura da laje do pilotis das garagens.

A partir do momento em que ocorreu as fissuras, trincas a soltura das placas de ardósia, dos rejuntas a pulverulência do reboco da argamassa do contra piso aflorou (perfurou) o pavimento da área externa do pilotis acima do pavimento da garagem (onde se localiza a quadra, salão de festas, área do gás e áreas livres) comprometendo o revestimento impermeável levando ao surgimento de pontos vulneráveis que permitiram a infiltração de águas pluviais agravando dessa forma

as patologias pré-existentes, bem como os ralos de drenagem das águas pluviais, a tubulação, etc.

O agravamento das demais patologias apresentou-se também devido a falta de manutenção no que diz respeito à impermeabilização externa que sofreu deterioração da camada impermeável, calcinação devido ao tempo excessivo de exposição às intempéries a falta de manutenção dos rejuntas, não descartando também, causas como as de movimentação estrutural devido à dilatação térmica.

É comum encontrar em garagens algumas soluções para o problema das manchas na pintura dos carros onde são instaladas calhas fixadas junto às lajes e vigas para captar a água que desce pelos pontos de infiltração e leva-la através de uma rede de conexões entre calhas até um ralo ou saída mais próxima. Em alguns casos, as calhas são totalmente estanques e quando repletas de água contaminada, são drenadas tendo a sua função renovada.

Como o alerta para os condôminos que as calhas são extremamente prejudiciais à estrutura de concreto e contribuem para a aceleração do processo de corrosão das armaduras. Fica fácil de entender quando se percebe que sempre há uma lâmina de água que fica permanentemente nas calhas devido às irregularidades na fixação, entupimentos na tubulação de drenagem com lascas de concreto, ausência de drenagem etc. Esta água quando evaporada passa a se condensar na superfície do concreto e pingar novamente para a calha formando um ciclo e mantendo a laje constantemente úmida, acelerando o processo de corrosão do aço.

Além de acelerar o processo de corrosão nas armaduras de aço que causa o destacamento de pedaços de concreto devido à expansão do aço, as calhas ainda ocultam estas patologias que, se não tratadas a tempo, podem levar o elemento estrutural a ruína.

Em diversas regiões internas da laje da garagem do respectivo edifício, ocorreu manchas causadas por umidades denominadas eflorescência.

9 PRINCIPAIS FATORES QUE PROVOCAM A EFLORESCÊNCIA

Umidade constante (de dentro para fora, ou através de novas fissuras que poderão surgir no piso devido ao seu atual comprometimento, nas juntas de dilatação, nos rejuntas, etc);

- Sais solúveis presentes nos componentes da alvenaria umidade infiltrada (percolação);
- Cal não totalmente carbonatada (reativa à umidade).

10 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

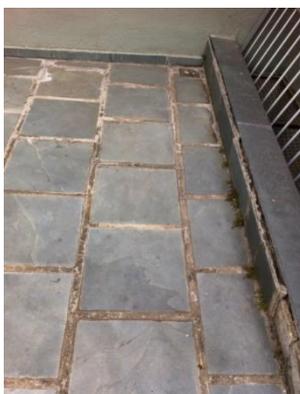
Primeiramente deve ser feito os reparos nos locais onde está a origem dos problemas. O primeiro procedimento a ser adotado é a total revitalização do Pavimento 2 da edificação acima citado onde se localiza a laje do piso play ground, salão de festas, jardineiras, áreas livres, quadra poliesportiva que deve ser totalmente restaurado obedecendo os seguintes critérios e procedimentos.

11 PROCEDIMENTO NO PAVIMENTO 2

- Retirar todo o piso atual existente da área externa (placas de ardósia) e o piso de concreto da quadra poliesportiva;
- Retirar o contra piso e argamassas (onde ocorreu a pulverulência do reboco da argamassa) de toda a área externa que estão danificadas pela ação das infiltrações e refazer novamente todo o contra piso obedecendo o caimento mínimo de 1% para os ralos de drenagem das águas pluviais. Fazer o rebaixamento dos ralos de águas pluviais;

- Vistoriar todo o encanamento que passa por ali responsável pela drenagem das águas pluviais inclusive os ralos e caixas de passagens, refazendo os mesmos onde se encontram danificados;
- Fazer uma nova impermeabilização de toda a área;
- Fazer um novo piso com classificação e resistência apropriada para as áreas externas e internas de acordo com as normas formando uma proteção mecânica para a impermeabilização;
- Fazer o rejuntamento de toda a área com produto qualificado. (Rejunte flexível e impermeável para área externa), ver imagens 7, 8, 9 e 10.

Imagem 7 - Piso do playground



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Figura 8 - Piso do playground



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Figura 9 - Salão de festas



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Figura 10 - Área livre



Fonte: Autor, Outubro / 2015

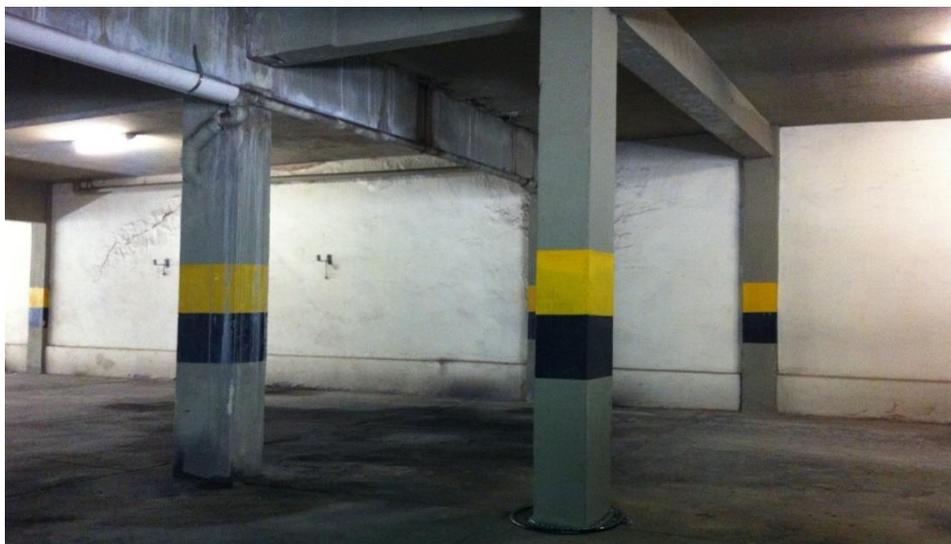
12 PROCEDIMENTO NO PAVIMENTO 1

O pavimento 1 da edificação onde se localiza a garagem deve-se adotar os seguintes procedimentos:

- Remover todas as calhas que foram colocadas servindo como drenagem das águas e proteção para os carros, retirar e refazer toda a tubulação de drenagem das águas pluviais que passam por este pavimento e criar uma proteção mecânica para esta tubulação;
- Vistoriar criteriosamente as armaduras de aço que sofreram oxidação e corrosão de toda a laje de cobertura e pilares in loco visualmente e através de ensaios laboratoriais para verificar se as mesmas ainda atendem as normas sem comprometer as funções para as quais foram designadas;
- Nas lajes de coberturas deve-se fazer o escoramento onde se achar necessário retirar a camada de proteção de concreto das armaduras que foi danificada pela infiltração, caso seja constatado que se faz necessário fazer um reforço das armaduras de aço deverá o mesmo ser feito obedecendo as normas técnicas e as ferragens indicadas nos projetos de cálculo;
- Caso seja constatado que deve somente fazer os reparos nas atuais armaduras de aço deve-se obedecer os seguintes procedimentos;
- Executar cautelosamente o apicoamento e retirada com martetele de todo o concreto danificado(degradado) de cobrimento das armaduras de aço deixando as armaduras totalmente descobertas;
- Fazer a aplicação de hidro jateamento de água à alta pressão (2500 psi) para retirada de partículas soltas após o apicoamento do concreto, nesta oportunidade inspeciona todas as ferragem para verificação se houve perda de seção acima de 20% do diâmetro do ferro, caso positivo, será necessário substituição do mesmo ou reforço na armação;
- Fazer o lixamento mecânico, padrão ST-3, da norma Sueca SIS 05 5900-1967, com escova com cerdas de aço, para retirada da ferrugem instalada na ferragem da armadura da laje de cobertura;

- Fazer a decapagem química com Armatec OX da Vedacit / Otto Baumgart ou similar, para retirada da corrosão incrustada na ferragem da armadura, a qual o processo de lixamento mecânico não foi capaz de remover, conforme padrão SP-8 “Decapagem - Química” da Norma Americana: VIS 1 – SSPC de 89;
- Aplicação de produto zarcão rico em oxido de zinco, Armatec ZN da Vedacit / Otto Baumgart ou similar, para criar uma proteção catódica inibidora da corrosão;
- Após molhagem de saturação do substrato, aplica-se a argamassa polimérica 240 da Vedacit / Otto Baumgart ou similar com colher de pedreiro em camadas para o preenchimento das cavidades da Laje de Cobertura até atingir o nível de acabamento;
- Nos Pilares deve se adotar os mesmos procedimentos utilizados nas lajes, ver imagens 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19.

Imagem 11 - Piso da quadra



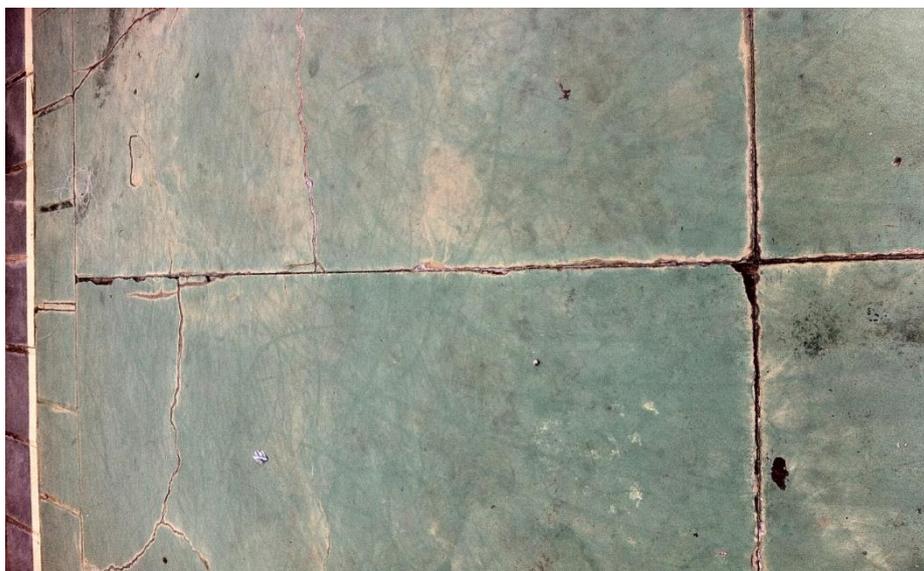
Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 12 - Piso da quadra



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 13 - Garagem



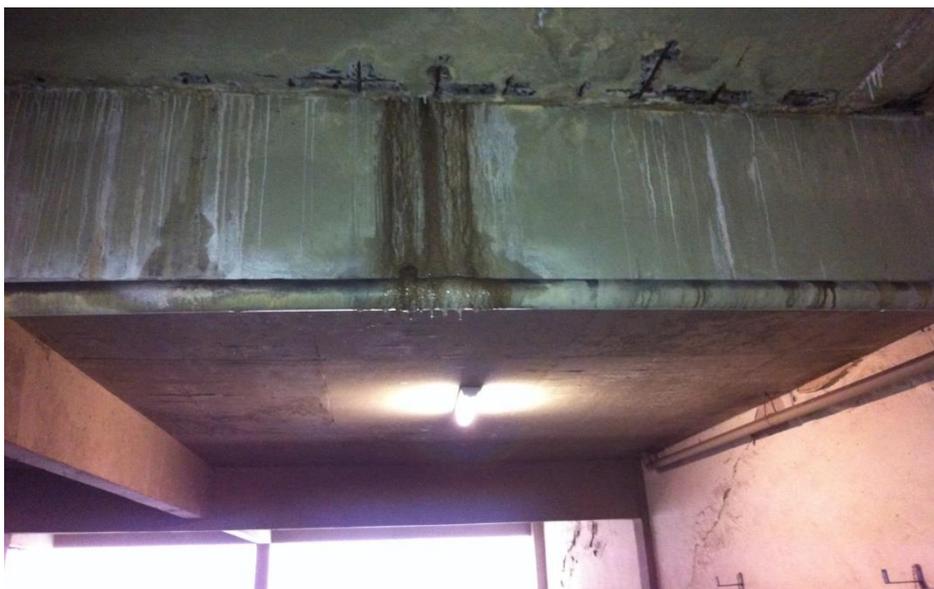
Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 14 - Laje e viga da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 15 - Laje e viga da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 16 - Pilar da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 17 - Pilar da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 18 - Pilar da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 19 - Pilar da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

Imagem 20 - Pilar da garagem



Fonte: Autor, Outubro / 2015

13 CONCLUSÃO

A deterioração do concreto ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. Processos complexos, determinados pelas propriedades físico-químicas do concreto e da forma como está exposto. Estes processos de degradação modificam a capacidade do material desempenhar as suas funções, mas nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais problemas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são a fissuração, o destacamento e a desagregação (AGUIAR, 2006).

Baseando-se na revisão bibliográfica conclui-se que os principais causadores da corrosão das armaduras de concreto por unanimidade dos autores pesquisados, são o CO₂ e os íons cloreto. Sendo o primeiro promove a queda do pH e a despassivação da armadura, dando o início ao processo de corrosão, principalmente quando apresenta-se uma pequena camada de cobrimento de concreto sobre a armadura, como no presente caso, além da influência que é o meio ambiente exerce no sistema.

Apresentadas as inspeções, análises, diagnósticos realizados, foram identificadas as origens do problema, suas causas precisas os agentes que dispararam o fenômeno e o mecanismo de ocorrência. Diante destas questões, entendida a situação definimos a melhor alternativa de conduta e metodologia a ser seguida na recuperação das estruturas afetadas, sempre baseada na relação custo benefício, tempo de interrupção do uso do local onde se manifesta a patologia e insere a peça, urgência na intervenção arquitetônica, de acordo com o quadro patológico deparado no momento. Importante registrar que existe uma infinidade de técnicas e procedimentos de recuperação, e a cada dia surgem novos métodos, materiais e técnicas e que dependendo de cada caso a correta escolha da metodologia a ser utilizada na recuperação, é que vai garantir o sucesso do resultado. Finalizando: a ideia do concreto ser eterno e indestrutível tem que ser modificada. É considerável uma mudança de atitude dos responsáveis públicos e privados na criação de mecanismos a nível nacional que regulamentem as técnicas de uso e manutenção de caráter preventivo ou corretivo para que se maximizem a vida útil

das estruturas de concreto. É de supra importância relevar também a vida útil dos materiais e a devida manutenção preventiva e do próprio desgaste dos materiais construtivos.

14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, José Eduardo de. Avaliação de ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis: Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado), 2006. 173 f. - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Disponível em: < “Avaliação de ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis”>. Acesso em: 25 jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118-2003 (Brasil Minas Gerais) (1ª Ed.). Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 2004.

Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. Patologia e terapia do concreto armado: Tradução de Maria Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988. 522 p. Disponível em: <<http://www.ceci-br.org/ceci/br/component/jcollection/item/820.html>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

CASCUDO, Oswaldo. O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. Goiânia: Ufg, 1997. 237 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?isbn=8572740961>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

Catálogo, VEDACIT - Otto Baumgart, Recuperação de estruturas site: www.vedacit.com.br. Acesso: em 15 jan. 2016.

Corrosão de Armaduras – Apostilas, consulta através do site: apostilas.netsaber.com.br/apostilas/559.doc. Acesso na internet em 10 maio 2016.

FIGUEIREDO, Ênio Pazini. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto.

In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.

São Paulo: IBRACON. Acesso na internet em 10 maio 2016.

HELENE, Paulo R. e FIGUEIREDO, Ênio J. P. Manual de reabilitação, proteção

e reforço de estruturas de concreto armado. Rede Reabilitar. São Paulo -

editores. Acesso na internet em 14 maio 2016.

HELENE, Paulo R. L. (1993). "Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado". 231p. Tese (Livre Docência), Escola Politécnica da USP.

São Paulo. Acesso na internet em 20 maio 2016.

HELENE, Paulo R.L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2ª ed. São Paulo: Editora PINI - Fosroc, 1992. 213p. Acesso na internet em 10 maio 2016.

LABRE, José B.; GOMES, Paulo L. (1989). "Corrosão e Proteção Catódica das

Armaduras de Aço do Concreto". In: 3º. Congresso ibero-americano de Corrosão e Proteção. Congresso Brasileiro de Corrosão. Volumes I e II. Anais.

Rio de Janeiro. Acesso na internet em 10 maio 2016.

MATTOS, Flavio Vassalo. Contribuição ao estudo de Argamassas de Recuperação Superficial em estruturas de Concreto Armado. Vitoria 2002, Dissertação Universidade Federal do Espírito Santo, 201p. Acesso na internet em 10 maio 2016.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, Paulo J. M. (1994). "Estrutura, Propriedades e

Materiais”. Tradução de Paulo Helene et al. 1ª ed. São Paulo PINI, 580p. Acesso na internet em 15 maio 2016.

NEVILLE, Adan M. Propriedades do concreto. 2ª ed. São Paulo: Editora PINI, 1997. Acesso na internet em 17 maio 2016.

NORMA, Americana: VIS 1 SSPC – (1989), Steel Structures Painting Council- Pittsburgh USA. Acesso na internet em 15 maio 2016.

NORMA, Sueca: SIS 05 5900 – (1967), Pictorial Surface Preparation Standard for Painting Steel Surfaces. Acesso na internet em 15 maio 2016.

PENA, Manuel Ramón G. e HELENE, Paulo R. L.; Estudo de Fissuração Associada à Retração em Argamassas para Reparo em Estruturas de QUARTZOLIT. Etapas de recuperação estrutural, consulta no site:

www.quartzolit.com.br em abril de 2006 apud ERICK ALMEIDA da SILVA

Trabalho de final de curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi

Morumbi, São Paulo. Acesso na internet em 15 maio 2016.

SENGE INFORMA – Jornal Informativo do Sindicato dos Engenheiros de Minas Gerais- nº 197. Acesso na internet em 15 maio 2016.

SILVA, Paulo Fernando A. Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1995. 152p. Acesso na internet em 15 maio 2016.

SOUZA, Vicente C. RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998, 255p. Acesso na internet em 15 maio 2016.

TUUTTI, K. Corrosion of Steel in Concrete, Stokholm, 1982. 469p., Swedish Cement and Concrete Research. Acesso na internet em 10 maio 2016.

TULA, L.S. Contribuição ao estudo da resistência à corrosão de armaduras de aço inoxidável. São Paulo, 2000. 259p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Acesso na internet em 17 maio 2016.