FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

WELLINGTON OLIVEIRA DE CASTRO

PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

UBÁ
2018

WELLINGTON OLIVEIRA DE CASTRO

PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Dr.ª Suymara Toledo Miranda.

UBÁ

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me sustentou e permitiu que eu chegasse até aqui, não somente como universitário, mas em toda a minha vida, sendo sempre o maior mestre de todos, me dando sempre uma fé maior para enfrentar o dia seguinte.

Aos meus pais e irmãos, que estiveram ao meu lado e comigo travaram uma batalha incansável em todos estes cinco anos. Agradeço, pela paciência e compreensão quando me faltava, principalmente diante do meu cansaço.

Agradeço as noites mal dormidas, que me fizeram perceber que eu precisava ir além para conseguir meu sonho, me tornando cada vez mais forte e determinado, mesmo em meio ao caos, pois, é certo que sem as dificuldades eu não iria lutar como lutei e o gosto da vitória não seria o mesmo.

Aos amigos e companheiros de sala, por representarem para mim apoio e mostrarem que nunca estamos sozinhos, por enfrentarmos, juntos, as batalhas e saber tirar sempre um aprendizado de todas as vezes que pensamos estar perdidos. O meu grande agradecimento a vocês que ajudaram durante estes cinco anos a ter uma caminhada mais tranquila, cada um tem sua importância nesta etapa da minha vida.

À instituição, pelo ambiente que nos proporciona viver e pelo simples fato de nela eu estar realizando um grande sonho.

Agradeço a todos os professores, mestres e doutores que passaram por mim durante a formação acadêmica, deixo aqui registrado a minha admiração e gratidão por vocês. Em especial, a minha orientadora Dr.(a) Suymara Toledo Miranda, que durante este trabalho teve paciência e uma enorme dedicação para que tudo fosse realizado da melhor maneira.

Por fim, a todos que fizeram parte direta ou indiretamente da minha formação, o meu muito obrigado.

“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas”.

- Romanos 11:36

Resumo

Na construção civil o concreto armado é um elemento imprescindível para estruturas de edificações de alvenaria. Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de descrever as principais manifestações patológicas que são encontradas em estrutura de concreto armado, podendo-se destacar as fissuras, trincas, rachaduras, corrosão da armadura, infiltração e esmagamento do concreto, visando o propósito de identificar as causas e obter as possíveis medidas de prevenção que podem vir a impedir ou diminuir os defeitos na estrutura. Quando as manifestações patológicas ocorrem podem reduzir a vida útil da edificação, afetar a segurança da construção e aumentar os custos para que seja recuperada a estrutura. As mesmas podem originar em qualquer etapa construtiva, observando-se assim a necessidade de manutenções preventivas, o controle tecnológico dos materiais que são empregados, padronização, qualidade na execução dos projetos e mão de obra qualificada. Conclui-se por meio de pesquisa a necessidade pela busca da qualidade na construção civil, uma vez que para evitar o surgimento de patologias em concreto armado é imprescindível que todas as etapas, desde o projeto até a execução, sejam realizadas de maneira adequada.

Palavras-chave: Concreto armado. Patologia. Estrutura. Prevenção. Construção civil. Edificações.

Abstract

In the civil construction the reinforced concrete is an essential element for structures of masonry buildings. Thus, the present work was carried out with the purpose of describing the main pathological manifestations that are found in reinforced concrete structure, being it possible to highlight cracks, cracks, cracks, corrosion of the reinforcement, infiltration and crushing of the concrete, aiming the identify the causes and obtain possible prevention measures that may prevent or reduce defects in the structure. When pathological manifestations occur they can reduce the useful life of the building, affect the safety of the building and increase the costs for the structure to be recovered. They can originate at any construction stage, thus observing the need for preventive maintenance, the technological control of the materials that are employed, standardization, quality in the execution of the projects and qualified labor. We conclude by means of research the need for the search for quality in civil construction, since to avoid the emergence of pathologies in reinforced concrete it is imperative that all stages, from the project to the execution, are carried out in an appropriate manner.

Keywords: Reinforced concrete. Pathology. Structure. Prevention. Construction. Buildings.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de materiais naturais como a madeira e a pedra, faz parte de elementos constituintes da construção civil desde a antiguidade, pois trazem maior comodidade e facilidade para a vida. O homem utilizava destes materiais como parâmetro e limite para projetos arquitetônicos. Com isso, o dimensionamento de estruturas ficou por muito tempo estagnado e limitado devido às características destes materiais.

Com o passar do tempo, percebeu-se a importância em obter técnicas e métodos que proporcione melhorias em estruturas de concreto, trazendo maior estabilidade e segurança nas edificações, consolidando cada vez mais a tecnologia das construções. Em meados da década XIX, iniciou-se o aperfeiçoamento das técnicas para produção de materiais que possuíssem resistência, durabilidade e versatilidade, tornando-se possível assim, uma maior possibilidade de estruturas com formas arquitetônicas diferentes e mais esbeltas, maiores vãos livres e novas soluções para a engenharia.

Em algumas regiões do mundo ocorreu o crescimento rápido e acelerado na construção civil, com algumas inovações na parte de projetos, execução e de materiais utilizados, apesar de haver riscos por falta de conhecimentos técnicos. Diante disto surgiu o concreto armado, com o intuito de resolver problemas na época, quando a solução fosse financeiramente inviável ou até mesmo de ser executada.

Com a inovação e os riscos perante a nova modalidade de estruturas, surgiram inúmeras manifestações patológicas podendo causar diminuição de sua vida útil. “Designa-se genericamente por Patologia das estruturas esse novo campo da engenharia das construções que se ocupa das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas” (SOUZA E RIPPER, 1998, p. 14).

Diversos são os motivos que causam danos em uma estrutura, por isso a importância do estudo desse ramo da engenharia, de forma que se torne possível evitar manifestações patológicas que possam vir a interferir na durabilidade das estruturas, além do conhecimento de como solucionar e recuperar as que apresentam problemas.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão bibliográfica sobre o tema patologia das estruturas de concreto armado, analisar as manifestações, suas causas, prevenções.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Patologias em estruturas de concreto armado

Com o grande crescimento do setor da construção civil, surgiu como consequência a necessidade de inovações, o que implicou no aumento dos riscos nas estruturas, segundo Penna (2015). Um dos fatores que favoreceu para que ocorresse a diminuição da qualidade na construção civil e também do crescimento das patologias foi à evolução tecnológica dos materiais usados para a construção e das técnicas de projeto e execução (ANDRADE, 2016).

Patologia, conforme o dicionário Aurélio[1] é a parte da Medicina que estuda as doenças. Assim como na Medicina, as edificações também podem apresentar "doenças", como trincas, manchas, rupturas, corrosões, fissuras, entre outras (IANTAS, 2010).

Na construção civil pode relacionar patologia aos estudos das falhas ocorridas em edificações. Segundo Helene (1992), a patologia conceitua-se como a parte da Engenharia que estuda e identifica os motivos e as implicações dos problemas encontrados em uma edificação, elaborando seu diagnóstico e a reparação, ou seja, é o estudo de todos os componentes que formam o diagnóstico do problema.

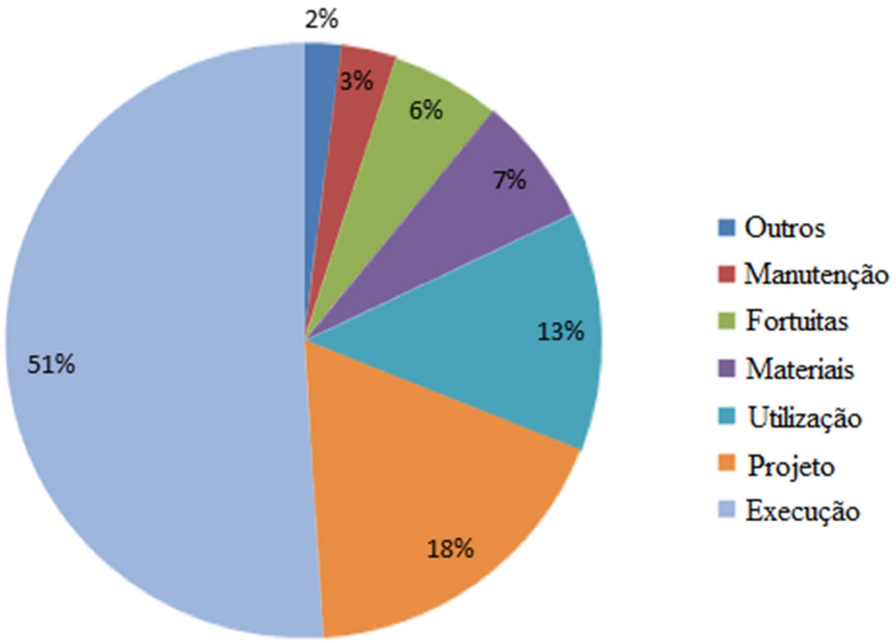
De acordo com Vieira (2016), o conjunto de degradação ao qual está exposta uma edificação gera diferentes tipos de anomalias. Essas anomalias podem ter diversas causas, como o envelhecimento natural da edificação, acidentes e irresponsabilidades profissionais.

Um diagnóstico correto de uma patologia deve indicar em qual etapa do processo construtivo se deu o início do fenômeno que surgiu o problema, podendo constar os possíveis reparos, assim como medidas de prevenção que servem tanto para evitar o seu aparecimento quanto ao seu crescimento (ANDRADE, 2016).

Ripper e Souza (1998), afirmam que, por haver normas regulamentadoras, os riscos existentes nas estruturas podem ser diminuídos. A Norma Brasileira (NBR) 15575, em vigor desde julho de 2013 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), – "Edificações habitacionais – Desempenho", estabelece importantes critérios para uma edificação, como desempenho acústico, térmico, durabilidade, garantia e vida útil. Segundo esta norma as obras têm que possuir vida útil de no mínimo 50 anos. Regularmente as edificações apontam problemas muito antes deste prazo devido a vários fatores, como se pode observar na FIG. 1 que apresenta as principais origens de incidências de patologia no Brasil.

[1]DICIONÁRIO DO AURÉLIO. Disponível em: <https://dicionariodoaurelio.com/patologia>. Acesso em: 21 de setembro de 2018.

FIGURA 1- Gráfico com as principais origens de patologias no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011), adaptado pelo autor.

As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. Nesse contexto, destaca-se o concreto, que é dos materiais mais utilizados na construção de estruturas de edifícios, sendo composto de cimento, areia, pedra e água, de acordo com Arivabene (2015).

Por muito tempo o concreto chegou a ser considerado um material eterno. Com o passar dos anos as estruturas começaram a apresentar diversas manifestações patológicas, gerando trabalho e custo elevado da recuperação. Estes problemas podem ser ligados ao fato das estruturas serem cada vez mais esbeltas, o que favorece a formação de fissuras. Pode ser levado também em consideração o aumento da agressividade do meio ambiente causado pela industrialização (POLITO, 2006, apud MEDEIRO, 2015).

Quando é colocado armadura de aço no concreto, o mesmo é chamado de concreto armado, o qual é utilizado na construção de estruturas de concreto. Estas, que através de seus projetos e execução, irão delimitar o possível surgimento de patologias. Na época em que surgiu o concreto armado, existia grande facilidade em adquirir materiais básicos necessários e consequentemente seu uso ocorreu em larga escala. Logo, com o aumento de utilização deste material vieram as manifestações patológicas que eram causadas, principalmente, pela mão de obra desqualificada e pela falta de conhecimento de como empregá-lo (TRINDADE, 2015). Sendo assim, pode-se observar que existe grande preocupação com a qualidade do

concreto, para que possa obter durabilidade necessária, fator importante para diminuir o risco de possíveis patologias (ARIVABENE, 2015).

É primordial que as patologias sejam determinadas em um tempo mais hábil possível, pois quanto antes forem tratadas, menor será o dano à estrutura e consequentemente o custo de recuperação (MIOTTO, 2010).

2.2 Principais patologias nas edificações

A realização de uma edificação é baseada em três fases: projeto juntamente com o planejamento, execução e utilização. Caso obtenha falhas em uma dessas fases geram patologias que prejudicam a estética, a durabilidade e a segurança do local (PENNA, 2015).

Segundo Ripper e Souza (1998), o surgimento de problemas patológicos em uma estrutura indica a existência de uma ou mais falhas durante as etapas de construção ou de falhas no controle de qualidade das atividades.

Após o aparecimento de manifestações patológicas em uma edificação, o problema se torna propício a se agravar rapidamente, acarretando em problemas secundários (HIRT, 2014, apud BRITO, 2017). Portanto, é necessário o conhecimento de cada parte do problema para que o diagnóstico e o tratamento possam ser realizados de maneira rápida e adequada.

Para obtenção de um diagnóstico correto de uma manifestação patológica, é fundamental uma coleta de dados completa, sendo realizada inicialmente por inspeção visual, de forma a identificar os problemas observados, sua localização e a intensidade (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

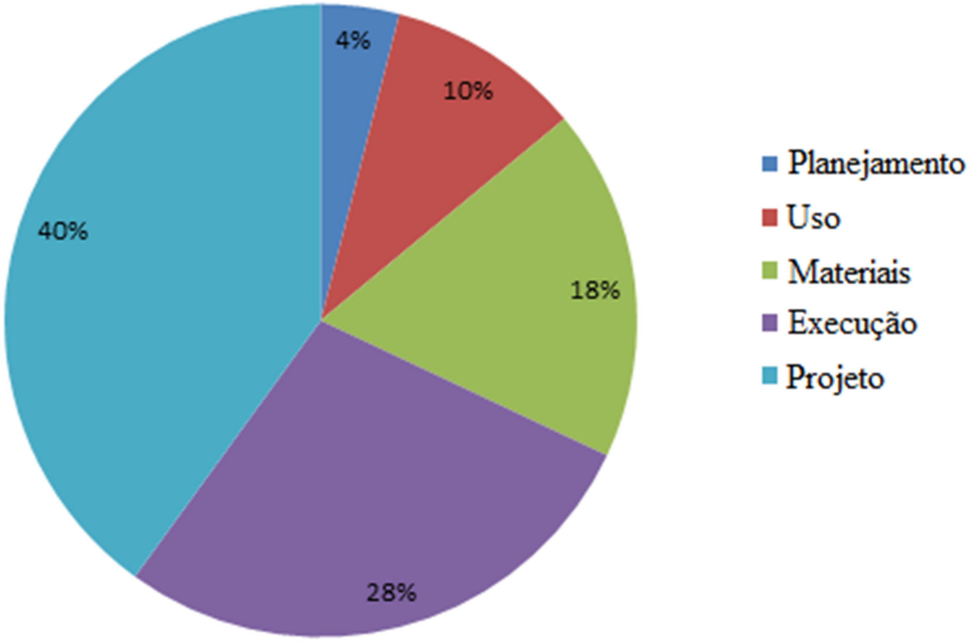
De forma geral, as patologias não são originadas por fatores isolados, mas por influência de um conjunto de variáveis que podem se classificar segundo o seu processo patológico, seus sintomas, a causa geradora do problema e a etapa do processo produtivo em que ocorrem (OLIVEIRA, 2013).

Como se pode observar na FIG. 2, a grande maioria das origens das manifestações patológicas ocorre nas primeiras etapas da obra, referentes às fases de projeto e planejamento.

Segundo Oliveira (2013), para diminuir ou eliminar os problemas patológicos em uma construção, é necessário desenvolver um maior controle de qualidade nas etapas do processo. Não somente identificar as origens do problema patológico, mas também é necessário conhecer a sua causa. De acordo com Iantas (2010), os principais agentes causadores são as cargas, a variação de umidade, as variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, a ação de agentes biológicos, a incompatibilidade de materiais, os agentes atmosféricos, entre outros. Já

segundo Martins (2005), as maiores causas de problemas nas edificações ocorrem devido ao acúmulo de erros humanos que surgem com o passar do tempo de utilização.

Figura 2 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Helene (1992), adaptado pelo autor.

Em uma construção as patologias mais comuns são: as fissuras e trincas, movimentação térmica excessiva, os recalques diferenciais de fundação, retração excessiva do concreto, corrosão da armadura, infiltração, esmagamento do concreto (PENNA, 2015).

2.2.1 Fissuras

De acordo com Gonçalves (2015), fissuras se definem como aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural, criando um caminho de forma em que agentes agressivos conseguem entrar rapidamente na estrutura.

Em todas as construções, que possuem estrutura em concreto, fissuras podem aparecer após anos, dias ou mesmo horas. São várias as causas destas fissuras e de diagnóstico difícil. Fissura é um termo utilizado para designar a ruptura ocorrida no concreto sob ações mecânicas ou físico-químicas (FIGUEIREDO, 1989).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003) “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”, as fissuras são consideradas agressivas quando sua abertura na superfície do

concreto armado ultrapassa 0,2 mm para peças que ficam expostas em meio agressivo muito forte como industrial, 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderado e forte como em áreas urbanas e 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco como em áreas rurais.

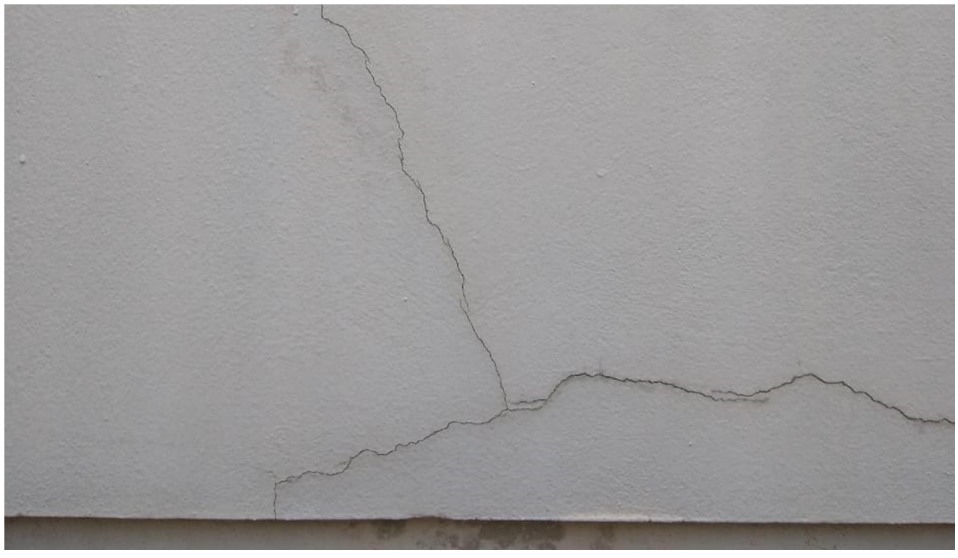
Corsini (2010) afirma que as fissuras podem aparecer de forma moderada, sendo considerado um dos tipos mais comuns de patologia nas edificações. As fissuras interferem na estética, na duração e nas características estruturais da obra, podendo ocasionar algum problema estrutural mais grave.

Existem distintas definições diferentes para as fissuras, trincas e rachaduras, apesar destas patologias serem parecidas visualmente. De acordo com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (IBDA, 201-?) a fissura é a primeira fase de uma possível patologia que pode agravar, tornando-se uma trinca ou rachadura. No entanto não apresenta nenhum problema estrutural grave para a estrutura desde que a espessura não se torne superior a 0,5 mm com o passar do tempo.

As fissuras possuem dois tipos de manifestações em alvenarias, as geométricas e as mapeadas. Ambas, geralmente são aberturas superficiais, e podem ocorrer de forma ativa ou passiva (CORSINI, 2010). Observa-se os acontecimentos nas FIG. 3 e 4 respectivamente.

As fissuras ativas possuem variações vulneráveis de abertura e fechamento e podem ser classificadas em sazonais e progressivas. As sazonais ocorrem devido às variações de temperatura e não apresentam riscos reais à estrutura, enquanto as progressivas aumentam o seu tamanho com o passar do tempo podendo comprometer a vida útil da edificação (ANDRADE, 2016).

FIGURA 3 – Fissura geométrica



Fonte: O autor.

FIGURA 4 – Fissura mapeada causada por retração de secagem

Fonte: Corsini (2010)

2.2.1.1 Principais causas das fissuras

O surgimento de uma fissura pode ocorrer principalmente devido às movimentações térmicas, sobrecargas e recalques de fundação (OLIVEIRA, 2012).

> Uma fissura de deformação da estrutura, por exemplo, pode ser parecida com uma de recalque de fundação. Uma de dilatação térmica pode ser igual a uma de retração de secagem. Por isso, é preciso ter um treinamento e certa experiência para, com uma inspeção visual, chegar à causa (THOMAZ, *apud* CORSINI 2010).

A) Movimentações térmicas

As variações de temperaturas sofridas diariamente pelos componentes de uma edificação provocam alterações em seu volume, resultando em movimentos de dilatação e contração (OLIVARI, 2016). De acordo com Santos (2014), elementos de concreto armado, quando submetidos à retração térmica, sofrem uma redução dos elementos gerando tensões de tração, levando ao aparecimento de trincas e/ou fissuras, dependendo do grau de deformabilidade do elemento. Loturco (2005) diz que retração excessiva e movimentação térmica são os principais fatores que geram movimentação de uma estrutura.

De acordo com Ferreira (2000), se as contrações e dilatações forem limitadas, e a resistência do concreto for menor que as tensões de tração resultantes, poderá surgir fissuras. Isto ocorre, pois, ao sofrerem variações de temperatura, na superfície se ajusta rapidamente, enquanto a do interior lentamente. Os efeitos visuais deste processo são os destacamentos do concreto causado pelos choques térmicos e o levantamento dos cantos dos pavimentos.

Segundo Santos (2014), fissuras por efeito de temperatura acontecem em maiores proporções em peças de grandes dimensões e estruturas de concreto de alto desempenho, podendo acarretar a separação de uma peça estrutural em função do elevado calor de hidratação.

Para Loturco (2005), fissuras de movimentação térmicas são mais comuns no último pavimento de edificações. Normalmente, ocorrem entre a alvenaria e a laje de cobertura e podem ser evitadas através de uma execução cuidadosa dos fatores envolvidos. Quando ocorrem em andares inferiores, ocorrem também desprendimentos do revestimento devido à carga submetida pelo andar superior ajudando em uma maior dilatação da viga.

Merlin e Fronczak (2017) afirmam que uma solução para evitar fissuras, é com a adição de plastificante durante o estado fresco do concreto, com a finalidade de deixar o concreto mais trabalhável podendo, assim, reduzir a quantidade de água. Isso faz com que a resistência mecânica diminua, porém, para obter a resistência inicial, *feature compression knows* (fck), pode-se aumentar a quantidade de cimento.

B) Sobrecargas

De acordo com Thomaz (1989), as fissuras também podem acontecer em vigas solicitadas à flexão quando não estiverem com as ferragens posicionadas corretamente ao cisalhamento, aparecendo inicialmente nas proximidades dos apoios.

Quando ocorrem fissuras em estruturas de concreto armado, há uma redistribuição de esforços ao longo do componente fissurado, como também nos elementos vizinhos, de forma que a solicitação possa ser absorvida por toda a estrutura. Porém, possui baixa incidência em peças de concreto armado, por existir armaduras e pela maneira que é posicionada. A ação de sobrecargas, consideradas ou não em projetos, ou simplesmente por estar ocorrendo uma solicitação maior do que a prevista, pode fazer com que ocorra fissuras nos elementos estruturais e de vedação (OLIVEIRA 2012).

Segundo Santos (2014), os danos ocorridos em vigas, marquises e balanços devido à flexão geralmente manifestam-se através de fissuras localizadas no meio do vão. Tais

problemas geralmente ocorrem em função dos erros de posicionamento das armaduras principais no elemento, deficiência de armaduras, ancoragem insuficiente ou sobrecargas não previstas.

C) Recalques diferenciais em fundação

De acordo com Oliveira (2012), fundação é um elemento estrutural capaz de resistir à carga da edificação, distribuindo para o solo em uma tensão menor que a capacidade de resistência, servindo desta forma de comunicação entre o solo e a edificação, mantendo-a estável.

Recalque pode ser definido como o fenômeno de rebaixamento de uma edificação que ocorre devido ao adensamento do solo. Caso ocorra este recalque sobre uma parte da estrutura e não ocorra na outra, irá provocar o recalque diferencial (OLIVEIRA, 2012).

Santos (2014) afirma que as fissuras podem ser causadas por recalques diferenciais na fundação, ou seja, quando a fundação sofre deformações diferenciais ao longo da estrutura de sustentação por adensamento ou recalques imediatos das camadas do solo, deformação ou ruptura de elementos de concreto da própria fundação. Os recalques podem ocorrer tanto por falhas de projeto, como também por falhas na execução ou utilização.

As fissuras que ocorrem devido ao recalque na fundação são inclinadas, podendo ser confundidas com as que são causadas por deflexão da estrutura. Entretanto, as fissuras que são provocadas por recalque possuem aberturas maiores do que as de deflexão, podendo também ser identificadas por terem inclinação em direção ao pilar que sofreu o recalque, que geralmente possui o ângulo de 45º, afirma Penna (2015).

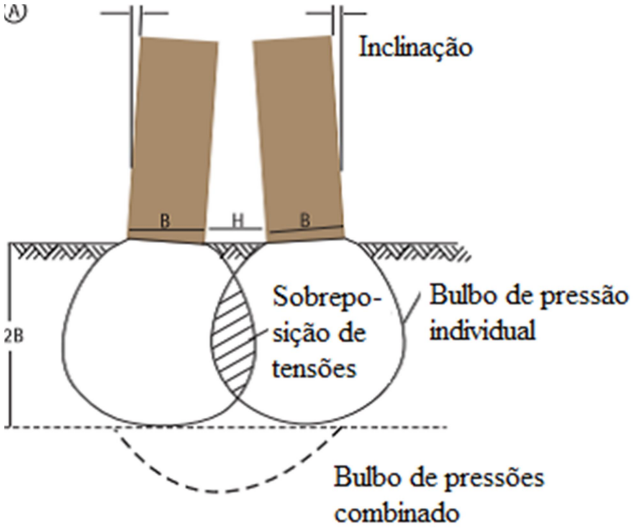
Estes problemas acontecem devido à construção de fundações serem realizadas em solos compressíveis, expansivos ou aterros, interferência no bulbo de tensões provocado por construções vizinhas, rebaixamento do lençol freático, sobrecargas ou falhas de elementos de fundação (SANTOS, 2014). Dentre dos motivos dos recalques, destacam-se:

a) Recalques por superposições de pressão

Os recalques por superposições de pressão (FIG. 5) são muito comuns de ocorrer quando são realizadas construções de grande carga junto às construções com fundações diretas leves, ocasionando superposição de pressões, bulbo de tensão e recalque adicionais especialmente em edificações antigas (ANDRADE, 2016).

A constituição dos solos possui basicamente partículas sólidas, entremeadas por água e não raras vezes por algum material orgânico. Com cargas atuantes externas, todos os solos se deformam independente da proporção. Se as deformações forem diferenciadas ao longo do plano das fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura da mesma, podendo gerar o aparecimento de fissuras ou até mesmo de trincas, afirma Oliveira (2012).

Figura 5 – Recalque por superposição de pressão



Fonte: Mililitsky; Consoli; Schnaid, (2015), adaptado pelo autor.

b) Recalques devido a erros de projetos

Devido à construção de edifícios cada vez mais altos, as cargas atuantes no solo serão maiores e como consequência os recalques também serão maiores. Desta maneira, se torna necessário a previsão de recalques para os edifícios de grande porte (ANDRADE, 2016).

De acordo com Mililitsky, Consoli e Schnaid (2015), o método de investigação conhecido como a sondagem do solo pode mostrar desapropriado à identificação de fatores que comprometem o comportamento da fundação projetada, o que pode acontecer devido ao número insuficientes de sondagens.

Segundo Olivari (2003), erros cometidos nessa fase podem comprometer o desempenho futuro da edificação. Os principais erros cometidos na fase de projeto, responsáveis pelas causas de falhas da edificação, são os erros de dimensionamento, a falta de detalhes, incompatibilidade de projetos, previsão de carregamentos incorretos, não

consideração de efeitos térmicos, especificação errado do traço do concreto, especificação inadequada da classe de agressividade ambiental.

c) Recalques devido a erros de execução

O principal motivo por acontecer erros na execução é por não se ter uma equipe especializada, e, além disso, os erros podem surgir por inúmeros outros fatores, como as armaduras serem montadas de maneira errada, dimensões equivocadas da fundação, impermeabilização realizada de forma incorreta (ANDRADE, 2016).

De acordo com Oliveira (2012), pode ocorrer também em fundação profunda com estacas de grandes diâmetros, em função da presença de terra solta ou lama na base da estaca, devido ao desvio da ponta da estaca metálica ou pré-fabricada de concreto por causa da presença de matacões[2], outro motivo é por causa de vibrações de estacas cravadas nas vizinhanças e assim atingir sapatas assentadas sobre areia.

Se os erros não forem percebidos e corrigidos a tempo, a estrutura pode ficar totalmente comprometida. Olivari (2003) afirma que dentre os erros, alguns que mais se destacam são: falta de controle tecnológico, a utilização de concreto fora das especificações, o uso inadequado de formas, a falta de espaçadores para garantir o cobrimento adequado, cura do concreto mal executada e a falta de controle na elaboração do traço do concreto, incluindo assim, também, a falta de fiscalização.

d) Recalques devido a problemas no solo

Recalque diferencial devido a problemas no solo pode ocorrer entre elementos verticais como os pilares, tubulões e estacas, solicitando às alvenarias com tensões superiores do que a sua capacidade de absorver tais deformações, segundo Oliveira (2012).

Também ocorre por falta de homogeneidade do solo, fundações realizadas entre aterro e corte, podendo provocar fissuras e ou trincas em alvenarias, onde, na maioria das vezes, surgem trincas verticalmente onde a seção muda de aterro para corte. As camadas mais elevadas de aterro vão ter um recalque superior em relação às partes mais baixas, pode acontecer também devido ao rebaixamento do lençol freático ou ascensão do nível do lençol

[2]Matacões: blocos de rocha que podem ser subterrâneos ou superficialmente expostos. Geralmente tem formato arredondado, moldados pela ação de intemperismos - variação de temperatura, ação de ventos e da água de chuva e das águas residuais presentes no solo do entorno (CORSINI, 2012).

freático, sendo este último um caso raro. Ainda pode ocorrer devido ao adensamento de camadas profundas, recalque devido a carregamento desbalanceado com parte da estrutura mais carregada do que outra, e por outros motivos (OLIVEIRA, 2012).

2.2.1.2 Fissuras em elementos estruturais

Segundo Andrade (2016), as fissuras estruturais, ou seja, que aparecem nas vigas, pilares e lajes, geralmente ocorrem apenas em uma única direção e são as que podem apresentar riscos reais à edificação, pois, normalmente, após receberem o concreto, se unem formando um só elemento.

O surgimento de fissuras nos elementos estruturais é um sintoma de que a peça não está reagindo de forma ideal aos esforços que atuam sobre ela. Analisando cada elemento e o desenho de sua fissura é possível identificar prováveis causas.

a) Vigas

De acordo com NBR 6118 (ABNT, 2003), a viga é um elemento estrutural linear, onde os esforços solicitantes são os de flexão. Os elementos lineares são aqueles onde a dimensão longitudinal é maior que três vezes a maior dimensão da seção transversal.

Segundo Santos (2014), os principais fatores que influenciam na fissuração das vigas de concreto armado são o módulo de elasticidade, o carregamento em qual a peça irá suportar e a taxa de armadura à tração. Outros fatores que também devem ser considerados são os da retração, da deformação lenta, as condições de cura do concreto e a desforma.

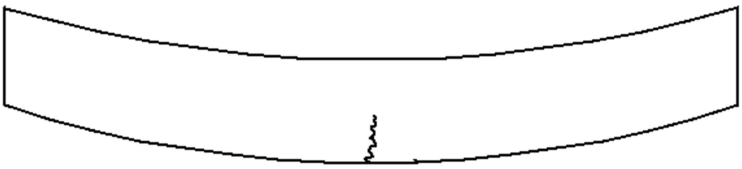
Santos (2014) afirma que os danos que são ocorridos em vigas devido à flexão acontecem através de fissuras localizadas no meio do vão, possuindo a tendência de inclinar-se à medida que se aproxima dos apoios. Pode ocorrer tal situação quando acontecem erros de posicionamento das armaduras principais no elemento, deficiência de armaduras, ancoragem insuficiente ou sobrecargas que não foram previstas.

A FIG.6 demonstra a maneira em que ocorre uma fissura vertical, normalmente no meio da viga. Sua provável causa é a flexão da peça, ou seja, o momento fletor ao qual a peça sofre faz com que ela tende se curvar. Este momento provoca esforços de compressão nas fibras internas e de tração nas externas (ANDRADE, 2016).

Segundo Marcelli (2007), quando não é realizada uma avaliação criteriosa e correta da carga que será aplicada no elemento na execução do projeto estrutural, este tipo de patologia

fica mais suscetível de acontecer. Ocorre também devido a deficiência dos materiais utilizados ou em condições de uso quando se aplica uma carga maior que a prevista em projeto.

Figura 6 – Fissuras inclinadas na viga

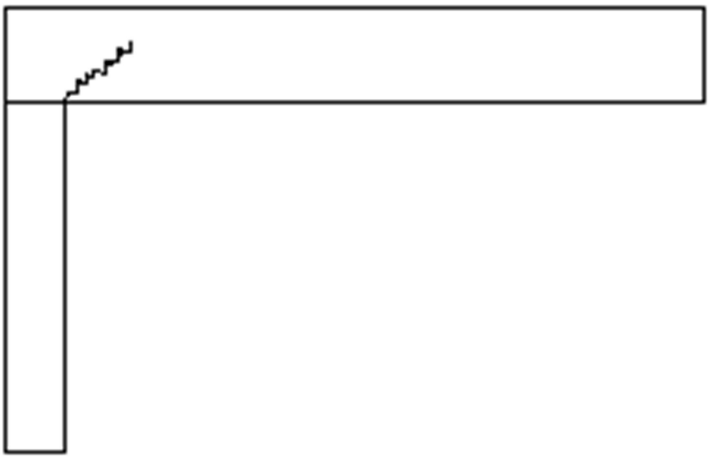


Fonte: O autor.

Segundo Andrade (2016), considera-se uma fissura inclinada quando se apresentam próximas a junção da viga com o pilar, podendo indicar que o vão está se separando do pilar, provavelmente, devido a sobrecargas. Como é demonstrado na FIG. 7.

É necessário que seja realizada uma avaliação criteriosa das condições em que se encontra a viga para que sejam tomadas as medidas necessárias. Inicialmente, pode-se pensar em reduzir a sobrecarga no elemento, porém, quando não se consegue reduzir, utiliza-se técnicas de reforço estrutural. (MARCELLI, 2007)

Figura 7 – Fissuras inclinadas na viga



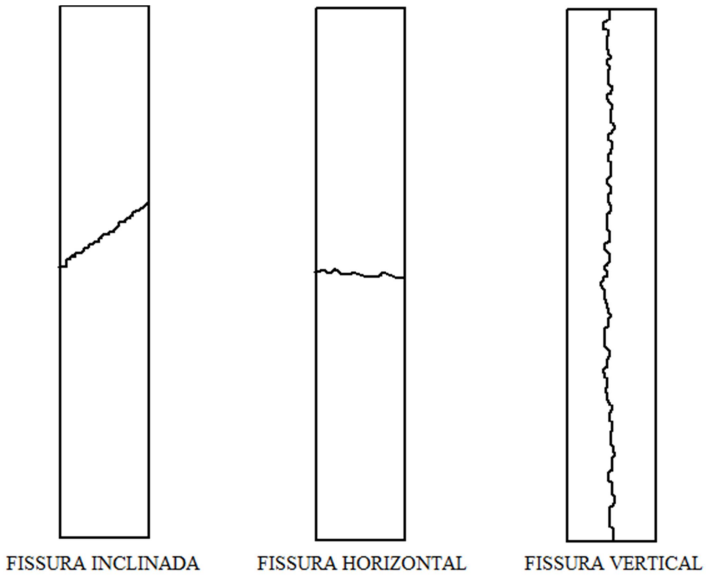
Fonte: O autor.

b) Pilares

De acordo com Andrade (2016), o surgimento de fissuras em pilares pode se manifestar nas direções inclinadas, devido ao afundamento do solo e deformação da fundação

e dos pilares, horizontais, por causa do afundamento do solo ou por ação de carga fora do centro do pilar, e verticais, devido à sobrecarga (FIG. 8).

Figura 8 – Tipos de fissuras em pilares.



Fonte: O autor.

c) Lajes

As fissuras em lajes podem ocorrer devido a efeitos de temperatura, ou seja, dilatação e contração, por flexões ou sobrecargas. É necessário que seja feita uma análise para que se tenha certeza por qual motivo ocorre esta patologia, podendo ser um simples problema devido à retração de secagem ou até uma deformação excessiva que poderá levar a laje em colapso. Os principais motivos para que ocorram fissuras em lajes são: retração plástica, a retração hidráulica e a sobrecarga (ANDRADE, 2016).

Resende (2012), afirma que as fissuras de retração plástica, como pode se ver na FIG 9, são pequenas, estreitas e normalmente menores que um milímetro. Costumam ocorrer nos primeiros minutos após a finalização da concretagem e são características de dias com temperaturas elevadas. De acordo com Thomaz (1989), a dilatação das lajes é provocada pelas grandes temperaturas em que são submetidas.

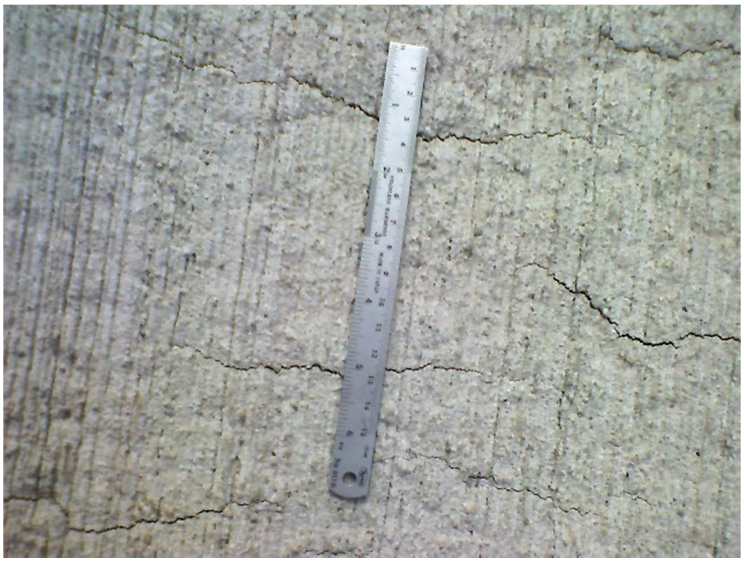
A retração plástica acontece quando há uma rápida evaporação de água. Ao aplicar o concreto, os materiais como pedra e areia tendem a descer na pasta de cimento e uma parte da água, que não está sendo usada na reação de hidratação do cimento, sobe para a superfície e evapora, fazendo com que o concreto se retraia. A taxa de evaporação da água vai depender

de fatores como a temperatura, a umidade e a velocidade do vento, ou seja, quanto maiores forem os itens citados, pior será para o concreto. Além disso, a água pode ser perdida pela parte de baixo do concreto, ou seja, para o solo ou para o material que está apoiando (SANTOS, 2014).

Segundo Montardo (2009), essas fissuras causam de imediato danos a estética, porém, podem se agravar futuramente trazendo para a estrutura danos mais graves. Tais avarias podem ser evitadas utilizando medidas como, realizar a concretagem em período de menor temperatura, realizar a cura corretamente, usar uma armadura correta para combater à retração.

De acordo com o site Engenharia Civil[3], o segredo para controlar a retração plástica é controlar a taxa de evaporação de água. Esta patologia não implica em danos sérios ao concreto, porém, a aparência é muito comprometida e, além disso, fissuras mais profundas podem trazer problemas sérios com infiltração de água.

Figura 9 – Fissura na laje devido a retração plástica



Fonte: O autor.

De acordo com Marcelli (2007), as fissuras que acontecem devido à retração hidráulica, são provenientes de uma cura mal feita do concreto, onde, a perda de água da argamassa causa tensões internas na peça, gerando uma retração que provoca esforços de tração no concreto.

[3]ENG. CIVIL. Disponível em: <https://engciv.wordpress.com/2012/07/06/retracao-plastica-do-concreto-e-as-fissuras/>. Acesso em 22 de set. de 2018.

Penna (2015) defende que uma cura mal realizada gera o aumento das deformações por retração. A deformação ocorre de forma diferente entre as camadas da peça, quanto maior a dimensão mais suscetível à ocorrência de deformações.

Devido à variação de temperatura, ocorre também uma variação dimensional dos elementos componentes do concreto, portanto, se o elemento estiver impedido de se movimentar, irá gerar maiores tensões e, como consequência, o surgimento de fissuras. Cada material que é utilizado para o concreto possui um coeficiente de dilatação diferente, provocando assim tensões na junta dos materiais, fazendo com que ocorram as fissuras e diminua a resistência da junta. Desta maneira, é necessário saber que no caso de variação por umidade ou temperatura, a patologia ocorre somente quando se impede o livre movimento da peça (MARCELLI, 2007)

A abertura das trincas é maior que um milímetro e formam-se polígonos, ocorrendo quando a peça já perdeu muita água por evaporação, e essa perda acontece em razão de, mesmo na fase de hidratação, a água ainda não estar completamente ligada ao concreto, além disso, devido a reações causadas por erros na dosagem do concreto, essa água é liberada em grande quantidade (GONÇALVES, 2015).

A sedimentação pode provocar fissuras nos primeiros momentos após o lançamento do concreto, devido à existência de obstáculos como armaduras ou agregados maiores que impedem a movimentação homogênea das partículas sólidas (LAPA, 2008). Pode-se observar na FIG. 10 a armadura da laje, pela falta de cobrimento suficiente com o concreto.

Figura 10 – Fissura na laje devido à sedimentação natural

Fonte: O autor.

Quando ocorrem fissuras maiores (FIG. 11), é necessário ter uma atenção maior. Alguns motivos mais comuns para que isso ocorra em uma laje são: a sobrecarga, recalques diferenciais, movimentação precoce do escoramento, erros de projeto e/ou de execução, falhas na resistência de materiais. O que irá definir esta gravidade na estrutura ou até mesmo as responsabilidades por isto ocorrer, descobrindo as causas prováveis para que possa ser solucionado o problema, será uma análise técnica, o que envolverá todos os fatores dos processos construtivos do elemento.

Figura 11 – Ocorrência de fissura em laje devido à falhas na estrutura

Fonte: Andrade (2016).

2.2.2 Trincas

De acordo com Gonçalves (2015), as trincas podem ter início de maneira congênita, logo no projeto arquitetônico da construção. Os profissionais relacionados ao assunto devem ter consciência de que muito pode ser feito para que se consiga diminuir o problema, simplesmente pelo fato de reconhecer que as movimentações dos materiais e componentes das edificações são inevitáveis.

Arivabene (2015) afirma que as trincas são muito mais perigosas do que as fissuras, pois apresentam ruptura dos elementos, e assim podem afetar a segurança dos componentes da estrutura das edificações. Segundo Andrade (2016), mesmo com dimensão muito pequena e quase imperceptível deve ter as causas cuidadosamente pesquisadas. Sua espessura pode ser superior a 0.5 mm, podendo chegar a espessura de 3 mm (FIG. 12).

Figura 12– Trinca

Fonte: Andrade 2016

2.2.3 Rachaduras

As rachaduras proporcionam algumas manifestações de diversos tipos de interferências, portanto, devem ser analisadas de forma particular e serem tratadas antes de fechá-las. Define-se como rachadura o elemento que se encontra uma abertura acima de 3 mm, como demonstra na FIG. 13, ocasionando interferências indesejáveis, ocorrido devido à falta de resistência de um determinado material às tensões e influencias internas e externas que estão sendo aplicadas. É o tipo de fissura mais grave, podendo ocasionar a impossibilidade do uso da edificação. Por muitas vezes, é inviável a recuperação devido ao elevado custo necessário (ANDRADE, 2016).

Figura 13– Rachadura

Fonte: O autor.

2.2.4 Corrosão da armadura

De acordo com Ripper e Souza (1998), a corrosão de uma armadura ocorre quando há a troca da seção do aço resistente pela ferrugem, podendo ser de fora para dentro no aço. Este fato contribui para diminuição da resistência da armadura devido à menor seção da área do aço, levando a perda de aderência entre o aço e o concreto, ocasionando sua diminuição da capacidade estrutural da peça.

Segundo Marcelli (2007), devido à armadura possuir um aumento de volume em elementos onde o aço já sofreu a corrosão, ocorre tensões de tração, às quais o concreto não resiste, fazendo com que apareçam pequenas fissuras no concreto, situadas mais próximas da superfície. Isso permite com que ocorra a entrega de agentes agressivos, acelerando o processo de corrosão da armadura, transformando as trincas em rachaduras, colaborando para que, com o passar do tempo, se desprenda do elemento deixando a armadura exposta.

Os principais motivos encontrados para a corrosão da armadura de aço são os erros de lançamentos e adensamento do concreto, que fazem com que surjam brocas, conhecidas como bicheiras no concreto. Este motivo pode afetar a durabilidade e a resistência das estruturas que podem fazer com que sofram deformações e entrem em colapso, ocorrido por falhas no processo de concretagem da estrutura ou por erros no detalhamento da armadura, se não tratada imediatamente o aço ficará exposto, corrompendo a armadura (ANDRADE, 2016).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)[4] diz que umas das patologias que mais ocorrem em edificações é a corrosão nas armaduras de concreto. Elas podem determinar o fissuramento do concreto e até mesmo o desplacamento, podendo fazer com que a armadura fique totalmente exposta ao ambiente.

Segundo com Araújo (2013), a corrosão está relacionada à presença de altos teores de íons de cloreto no concreto ou quando abaixa o seu pH por causa das reações com compostos presentes no ar atmosférico, especialmente o dióxido de carbono. Bertolini (2010) explica que a armadura define-se como material metálico que quando entra em contato com ambientes agressivos, fica sujeito à corrosão, podendo ser ela eletroquímica (aquosa) ou química (seca). A eletroquímica, a qual normalmente ocorre em construções civis, acontece quando as estruturas entram em contato com soluções aquosas, como água doce ou salgada, o solo ou até mesmo a umidade. A corrosão química ocorre de uma maneira mais lenta e não provoca

[4]Disponível em: < http://www.ipt.br/solucoes/272-corrosao_em_construcao_civil.htm>. Acesso em: 01 de outubro de 2018.

deterioração superficial das superfícies metálicas, quando não se trata de gases que são extremamente agressivos.

Outro motivo para corrosão é devido não cobrir suficientemente a armadura com o concreto. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), a durabilidade das estruturas depende das características do concreto e da qualidade e espessura existente no cobrimento da armadura, proporcional à agressividade do ambiente (FIG. 14). Nakamura (2011) diz que o concreto, além de suportar às cargas verticais atuantes, também protege as armaduras, cobrindo o aço de modo a evitar que tenha contato diretamente com o ambiente agressivo, ou seja, quanto maior o cobrimento maior será a proteção do aço.

Segundo Andrade (2016), o destacamento do concreto é outro motivo que comumente facilita o processo de corrosão. Devido a falhas no momento em que se lança o concreto ou de vibração, os agregados graúdos se separam do resto da pasta, fazendo com que o concreto crie vazios, facilitando o destacamento ao decorrer do tempo e ocasionando a exposição da armadura. Outro motivo que pode colaborar para o destacamento do concreto é quando a relação água cimento não é respeitada, ocorrendo assim à diminuição da resistência e, como consequência, a estrutura não atende às forças solicitadas, podendo se romper lentamente ou de uma só vez.

Figura 14 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)				
Tipo de estrutura	Componente ou elemento	I	II	II	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido	Todos	30	35	45	55

1. Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos risco de corrosão fragilizante sob a tensão.

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

3. Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (2014), adaptado pelo autor.

2.2.5 Infiltração

Baseado em Sabino (2014), as infiltrações, além de ser um dos problemas mais comuns encontrados na construção, ocorrem principalmente devido à existência de falhas na execução do projeto devido a profissionais de baixa qualificação. Afirma, ainda, que problemas com infiltração podem afetar a estrutura de uma edificação, pois podem ocasionar corrosão na estrutura de concreto armado.

Na maioria dos casos, as infiltrações acontecem por uma instalação hidráulica mal feita, fazendo com que haja vazamento e permitindo que a água infiltre na estrutura. Também é necessário ficar atento a outros casos como a absorção da umidade do solo pela estrutura, ou até mesmo por outras patologias geradas nas estruturas, como as trincas e fissuras. A melhor maneira de prevenção é executar corretamente a impermeabilização da fundação para proteger a armadura existente no concreto e executar todas as instalações hidráulicas de forma correta (SABINO, 2014).

De acordo com Souza (2008), os problemas da construção civil que são ocasionados por umidade podem estar relacionados em até 60% das patologias que são encontradas em edificações em utilização e operação e podem levar a prejuízos de maneira a impedir a funcionalidade ou até prejudicar a estrutura.

2.2.6 Esmagamento do concreto

Araújo e Lopes (2003) dizem que o esmagamento do concreto é considerado uma patologia da edificação com um alto grau de risco. Pode-se observar tal patologia em pilares de estrutura de concreto armado características como fissuras nas faces do pilar em lados opostos, notando envergamento das armaduras. A função dos pilares é suportar cargas e esforços de compressão, e estão sujeitos a tal situação quando possuem um diâmetro grande e comprimento pequeno, se executado de maneira adversa não previsto em projeto, torna-se suscetível a ruptura por esmagamento (FIG. 15).

Os principais motivos para o esmagamento do concreto são: dimensionamento da estrutura incorreta, carga atuante não prevista no projeto, utilização de concreto de baixa resistência, estribos distribuídos de maneira incorreta, desforma antes do tempo ideal para seja atingido o fck do concreto, cálculo da estrutura errado (HELENE, 1992).

Figura 15 - Esmagamento do pilar causado pelo excesso de carga.

Fonte: Penna (2015).

2.3 Medidas de prevenção para evitar futuras patologias

Devido ao conhecimento de degradação que possa vir ocorrer nas estruturas ao passar do tempo, torna-se necessário que sejam tomadas medidas de prevenção desde o início da obra. Medidas de profilaxia são importantes para que assim seja evitado que as estruturas entrem em colapso, causando vitimas e ou prejuízos financeiros (ANDRADE, 2016)

Para que se possa evitar as patologias nas edificações se faz necessário obter projetos bem elaborados, levando em conta todos os fatores que podem causar danos e degradação a estrutura. Os projetos precisam atender as normas vigentes (NBR's), ser de fácil compreensão para quem executa e possuir todos os detalhes necessários (ANDRADE, 2016). Segundo Silva e Jonov (2011), projetos que são mal elaborados correspondem aproximadamente 18% das origens patológicas nas edificações no Brasil.

É necessário ter controle tecnológico de todos os materiais, está vigente na NBR 12655 (ABNT, 2015), "Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento" que é preciso fazer o controle dos agregados, água e aditivos e não somente do concreto. De acordo com Silva e Jonov (2011), tanto a falta quanto a falha de controle tecnológico dos materiais corresponde a 7% das origens das ocorrências de patologia no Brasil.

As falhas que acontecem durante a execução da construção também é um grande problema, podendo gerar vários custos adicionais à obra, portanto, é preciso que tenha uma fiscalização e equipes bem preparadas, para que se evite erros de execução. Baseado em Silva e Jonov (2011), a mão de obra não qualificada e a falta de fiscalização representa 51% das manifestações patológicas originadas na execução.

Após toda a execução da obra, para que se possa colaborar em sua durabilidade, é preciso que tenha manutenções preventivas e utilização adequada da edificação. Com o passar do tempo à edificação vai ficando mais velha, e para que se tenha maior vida útil e desempenho estrutural deverá ser realizada manutenção preventiva e em certas periodicidades (ANDRADE, 2016). Segundo Silva e Jonov (2011), a ausência de manutenção preventiva corresponde a 3% das origens das patologias no Brasil, enquanto a utilização inadequada da edificação corresponde a 13%, esta última ocorre muitas vezes devido à edificação ser passada para outras pessoas e estas utilizarem para outros fins e/ou realizarem mudanças que não estavam previstas nos projetos, afetando a estrutura.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma construção as patologias mais comuns encontradas no concreto armado são: as fissuras, trincas, rachaduras, corrosão da armadura, infiltração e esmagamento do concreto. Devido a isto, torna-se imprescindível as manutenções preventivas, o controle tecnológico dos materiais que são empregados, a padronização e qualidade na execução dos projetos.

Conclui-se então que para evitar o surgimento de patologias em concreto armado é imprescindível que todas as etapas, desde o projeto até a execução, sejam realizadas de acordo com as normas regulamentadoras. Quando ocorrem patologias, se faz necessário realizar alguma intervenção e ou correção, porém, é importante que sejam feitos estudos para saber a origem, como também a gravidade, uma vez que as patologias podem ter características físicas e visuais parecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. **Principais manifestações patológicas encontradas em edificação.** 2016. 34 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Faculdade Presidente Antônio Carlos, Ubá, 2016.

ARAÚJO, A. *et al.* Monitoramento da corrosão em estruturas de concreto: sensor de umidade, de taxa de corrosão e de fibra óptica**. Revista Téchne,** São Paulo, 195ª ed., p. 62-72, maio de 2013.

ARIVABENE, A. Patologias em Estruturas de Concreto Armado. Especialize, Goiânia, 10ª ed, jan. de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 12655. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 15575. Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção.** São Paulo: Oficina de texto. 2010. 415p.

BRITO, T. **Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método gut:** estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior. 2017. 79 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Centro de tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

CORSINI, R. **Matacões.** Equipe de obra, 2012. Disponível em: <https://www.ft.unicamp.br/~hiroshiy/pub/http___www.equipedeobra.com.br_construcao-reforma_41_matacoes-saiba-como-esses-grandes-blocos-de-rocha-interferem-239476-1.pdf>. Acesso em 06 de out. de 2018.

_____. Trinca ou fissura?. **Revista Téchne,** São Paulo, 160 ed., jul. de 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em 06 de out. de 2018.

FERREIRA, R. M. Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão. Guimarães, 2000. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/40/1/Rui_Miguel_ Ferreira_DECivil.pdf >. Acesso em: 15 de out. de 2018.

FIGUEIREDO, E. **Terapia das Construções de concreto:** Metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto. 1989.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações.** Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015.
HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini: 1992.

IANTAS, L. **Estudo de caso:** análise de patologias estruturais em edificação de gestão pública. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34354/IANTAS,%20LAUREN%20CRISTINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 29 de set. de 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Corrosão em construção civil.** Brasil. Disponível em: <http://www.ipt.br/solucoes/272-corrosao_em_construcao_civil.htm>. Acesso em: 06 nov. 2018.

JÂCOME, C. C.; MARTINS, J. G. **Identificação e tratamento de patologias em edifícios**. 105 p. Monografia. 1 ed. [s.l.], 2005.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparação das estruturas de concreto armado.** 2008. 56f. Monografia (Construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf>. Acesso em: 06 de out. de 2018.

LOTURCO, Bruno. Fissuras no ultimo pavimento. **Revista Téchne**, São Paulo, PINI, n.99, p.32-35, Jun. 2005.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: PINI, 2007. 270 p.

MERLIN, E; FRONCZAK, J. **Fissuras no concreto armado**. UNESC. 2017

MILITITSKY, J.: CONSOLI, C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Patologia-das-fundacoes-2ed-DEG.pdf>. Acesso em: 06 de out. de 2018.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação em edificação escolar estadual no munícipio de Pato Branco-PR.** 2010. 63f. Monografia (Pós Graduação em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.

NAKAMURA, J. **Cobrimento de armaduras.** São Paulo: Equipe de obra. 45, dezembro de 2011. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/45/cobrimento-de-armaduras-espessura-de-camada-de-concreto-sobre-250451-1.aspx>. Acesso em: 19 de set. de 2018.

OLIVEIRA, A. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações.** Defesa de especialização em engenharia civil, monografia, dissertação. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 2012. 96p.

OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10 007893.pdf>. Acesso em: 12 out. de 2018.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2003.

PENNA, R. **Patologias em edificações.** 2015. 25 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Faculdade Presidente Antônio Carlos, Ubá, 2015.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causa, mecanismos, prevenção e recuperação.** 2006. 191f. Monografia (Especialista em Avaliação e Perícia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

RESENDE, C. **Fissuras em Lajes: Sintomas parecidos, doenças diferentes**. Disponível em: <http://propriedadesdoconcreto.blogspot.com/2012/10/fissuras-em-lajes-sintomas-parecidos.html>. Acesso em 12 de out. 2018.

SABINO, R. **Patologias causadas por infiltração em edificações**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1775>. Acesso em: 12 out. 2018.

SACHS, A. Tratamento intensivo. **Revista Téchne,** São Paulo, 220 ed, p. 40-44, julho de 2015.

SANTOS, A. **Trincas, fissuras, fendas e rachaduras exigem cuidado, <**Disponível em: http://www.cimentoitambe.com.br/trincas-fissuras-fendas-e-rachaduras-exigem-cuidado/>. Acesso em 19 de set. de 2018.

SILVA A. P., JONOV C.M.P. **Curso de especialização em construção civil**. Departamento de engenharia de materiais e construção. Minas Gerais, 2011. (Notas de Aula). Disponível em: http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest_%20Pat_2016.pdf>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

SOUZA, M.F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** 2008. 64f. Monografia (Especialista em construção civil) Minas Gerais, 2008, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf>. Acesso em: 12 de out. 2018.

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

TÉCHNE. **As causas de fissuras**. <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/36/artigo287160-1.aspx>. Acesso em: 19 de set. de 2018.

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado.** 2015. 88f. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS,2015. Disponivel em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf>. Acesso em: 19 de set. de 2018.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios:** causas, prevenção e recuperação.São Paulo: Pini; EPUSP;IPT,1989. Disponivel em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhH04AJ/trincas-edificios-causas-prevencao-recuperacao-eng-ercio-thomaz-102>. Acesso em: 06 nov. 2016.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. **Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil.** Merida, 2013. Disponível em: <http://alconpat.org.br/wpcontent/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-ePrognn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf>. Acesso em: 12 de out. de 2018.

VIEIRA, M. Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento. **Revista Especialize**, Goiânia, 12ª ed., jan. de 2016.