

RESTAURAÇÃO E RECUPERAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO

RESTORATION AND RECOVERY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE

SILVA, José Henrique Orlando¹

LIMA, Diego Santos²

JUNIOR, Adilson Corte Souza³

CAMARGO, Bruna de Souza⁴

Recebido: dez. 2020; Aceito: 08 mar. 2021.

Resumo: As edificações de concreto armado representam empreendimentos fundamentais para o desenvolvimento econômico e social do país. Estas, encontram-se inseridas, geralmente, em ambientes agressivos, sob a ação de agentes biológicos, físicos e químicos, resultantes da interação com o meio ou ainda, do descaso, falta de informação ou falta de práticas de manutenção. Estes fatores são responsáveis por afetar a qualidade, a resistência e capacidade de suporte do material, favorecendo o surgimento de manifestações patológicas, que tendem a comprometer o desempenho da edificação, em termos de segurança, saúde e bem-estar. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo geral identificar, analisar e recuperar as manifestações patológicas de uma das edificações da Faculdade de Direito de Alta Floresta, com a finalidade de propor medidas de restauração e recuperação. A metodologia utilizada consistiu na revisão bibliográfica e realização de visitas de campo na unidade. Os principais resultados demonstraram a existência de duas trincas ativas na edificação, provenientes da má execução e de carregamentos excessivos. Concluindo que, torna-se fundamental a aplicação de métodos de restauração, que possam garantir segurança e durabilidade, sendo os principais: a substituição dos elementos degradados e fechamento das juntas; e argamassa armada e reboco armado.

Palavras-chave: Patologias construtivas. Fissuras. Trincas. Restauração. Recuperação.

Abstract: Armed concrete buildings represent fundamental ventures for the economic and social development of the country. However, they are generally inserted in aggressive environments, under the action of biological, physical and chemical agents, resulting from interaction with the medium or, neglect, lack of information or maintenance practices. These factors are responsible for affecting the quality, resistance and support capacity of the material, favoring the emergence of pathological manifestations, which tend to compromise the performance of the building, in terms of safety, health and well-being. Thus, the present work has as general objective to identify, analyze and recover the pathological manifestations of one of the buildings of the High Forest Law School, with the purpose of proposing restoration and recovery measures. The methodology used consisted of the bibliographic review and field visits in the unit. The main results demonstrated the existence

¹ Estudante do curso Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF).

² Engenheiro Civil pela Faculdade Anhanguera (2014) e Engenheiro de segurança do trabalho pelo Instituto Prominas Serviços Educacionais (2018).

³ Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL (2017), Especialista em MBA em Gestão de Projetos pela Universidade Anhanguera – UNIDERP (2018).

⁴ Engenheira Civil pela Universidade Paulista (2016), Mestranda no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade pela EACH-USP. Especialista em cidades e construções sustentáveis pela Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT, MBA em administração, contabilidade e finanças pela UniBf (2018).

of two active cracks in the building, resulting from poor execution and excessive loading. In conclusion, it is essential to apply restoration methods, which can guarantee safety and durability, being the main ones: the replacement of degraded elements and closure of joints; and armed mortar and reinforced plaster.

Keywords: Constructive pathologies. Fissures. Cracks. Restoration. Recovery.

1 INTRODUÇÃO

O crescente processo de urbanização, ao longo dos anos, foi responsável por impulsionar e intensificar o ciclo produtivo do setor da construção civil, ocasionando a concepção excessiva e mal planejada de obras, devido a elevada e constante demanda por edificações que representam os principais elementos de expansão urbana e desenvolvimento da vida (ARIVABENE, 2015).

De acordo com Terra (2001), os processos construtivos ao longo dos anos, passaram a sofrer modificações, que estabeleceram uma nova política e finalidade na construção civil. As empresas e profissionais do setor, segundo o mesmo autor, passaram a priorizar o uso de materiais, mão de obra e serviços mais acessíveis, que pudessem proporcionar qualidade e, principalmente, economia, de modo, assim, a apresentar rendimentos maiores e custos inferiores, comparados as outras alternativas.

Entretanto, a busca por esse aumento de produtividade no setor civil contribuiu, também, para uma maior probabilidade de defeitos, ocasionando o surgimento de inúmeras manifestações patológicas (físicas, químicas e biológicas), que representam um dos mais graves problemas relacionados a construção e operação de edificações, uma vez que são capazes de afetar a segurança e a qualidade da estrutura, bem como prejudicar o bem-estar de seus usuários.

Segundo Rodrigues (2013), estas manifestações patológicas, responsáveis por promover o desempenho insatisfatório de uma edificação, podem ocorrer em qualquer fase de vida útil da estrutura e serem resultantes de falhas e erros de projeto, assim como da má utilização de materiais, do mal uso da estrutura, da ausência de planos de manutenção e do envelhecimento natural, os quais favorecem a deterioração do material construtivo e, conseqüentemente, a perda da qualidade estrutural do empreendimento. Tendem assim, a comprometer a vida útil das construções, afetando suas propriedades de resistência, durabilidade e rigidez, de forma a reduzir o conforto, o bem-estar e a segurança de seus usuários (ARIVABENE, 2015).

Como ressalta Rodrigues (2013), o concreto armado representa o principal material empregado na construção de edificações, sendo o mais utilizado dentro do setor da construção civil, seja para fins residenciais (edifícios e casas), comerciais (lojas e shoppings) e/ou educacionais (escolas e universidades), uma vez que constitui um material com propriedades únicas e vantajosas em termos de qualidade e segurança estrutural, em razão de suas propriedades de durabilidade e resistência.

Levando em consideração que as manifestações patológicas são altamente prejudiciais para a estrutura construída, é possível notar a necessidade da implantação de ferramentas ou planos que possam atuar na identificação de possíveis anomalias e riscos, de modo a determinar as origens, causas e futuras consequências. Além disso, é fundamental a aplicação de práticas de restauração e recuperação dos materiais, uma vez que podem corrigir os pequenos danos da estrutura, bem como devolver o seu desempenho original perdido (VIEIRA, 2016).

A restauração e recuperação de manifestações permitem a correção de possíveis falhas

estruturais e contribuem para o aumento da vida útil das edificações, assim como da satisfação e segurança dos usuários (TRINDADE, 2015). Constituem um forte segmento de mercado, que visa atender a necessidade de reestabelecer as condições originais das estruturas danificadas ou promover adequações da capacidade resistente destas, em função do seu uso (REIS, 2001).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo geral identificar, analisar e recuperar as manifestações patológicas de uma das edificações de concreto armado da Faculdade de Direito de Alta Floresta, com a finalidade de propor medidas de restauração e recuperação, que possam contribuir para a conservação, segurança e qualidade da estrutura educacional. Com os objetivos específicos de: i) apresentar a definição e os conceitos que envolvem as manifestações patológicas construtivas; ii) descrever as principais patologias encontradas em estruturas de concreto armado; iii) identificar os principais métodos de restauração e recuperação de edificações de alvenaria; iv) levantar e analisar as manifestações patológicas presentes no bloco D, da Faculdade de Direito de Alta Floresta; v) propor medidas de restauração e recuperação para as manifestações patológicas encontradas.

Este estudo justifica-se pela necessidade de identificar e avaliar quais os tipos de fissuras e trincas que podem ocorrer em estruturas de concreto armado, em especial, no período de pós-ocupação, ou seja, após a utilização do mesmo, de modo a propor medidas de restauração e recuperação adequadas as patológicas encontradas. Além disso, demonstrará como estas anomalias podem afetar a segurança e durabilidade dos elementos estruturais, bem como o bem-estar dos usuários, uma vez que, tendem a ser frequentemente ignoradas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Considera-se que nenhum material possui duração eterna, de forma que, em algum momento de sua vida útil, as edificações tendem a perder suas propriedades e características iniciais. E ficam assim, submetidas a alterações em sua composição estrutural ou química, ocasionando o surgimento de patologias (REIS, 2011). Que, também, podem ser originadas pela ausência de programas adequados de manutenção, gerados, normalmente, pela falta de desconhecimento técnico, incompetência e/ou problemas econômicos (ARIVABENE, 2015). Ou ainda, por projetos falhos, dotados de erros técnicos e construtivos, que tendem a atuar no planejamento e construção de edificações frágeis (REIS, 2011).

As patologias estruturais representam as anomalias originadas em uma edificação, gerada por meio de um conjunto de processos de deterioração. Este conjunto pode ter diferentes causas como, por exemplo, acidentes, erros de projeto, falhas de execução, má utilização de materiais, uso inadequado por parte do usuário, entre outras (VIEIRA, 2016).

Estas anomalias afetam e comprometem diretamente a vida útil das construções e podem se manifestar de diversas formas, como em trincas, rachaduras, fissuras, corrosão de armaduras, carbonatação, desagregação e desgaste do concreto, infiltrações, manchas, bolor ou mofo, e eflorescência que, em casos graves, podem ser responsáveis por comprometer a qualidade estrutural da edificação e, conseqüentemente, provocar desabamentos ou acidentes (ARIVABENE, 2015). Além disso, podem variar em intensidade e incidência, acarretando, muitas vezes, custos elevados de correção, visto que, ocorre o comprometimento da estética e a redução da capacidade resistente da estrutura, contribuindo para o seu colapso parcial ou total (SARTORTI, 2008).

2.2 MECANISMO DE DETERIORAÇÃO DO CONCRETO ARMADO

O concreto armado, pelas suas vantagens, tem sido utilizado em larga escala pela indústria da construção civil (CLÍMACO, 2005). O qual é definido como uma ligação solidária de concreto com uma estrutura resistente a tração, que corresponde, usualmente, ao aço (LEONHARDT, 1979).

As estruturas de concreto armado, portanto, são aquelas compostas pela associação do concreto a barras de aço, responsável por estabelecer um sólido único, cujo comportamento estrutural depende da aderência entre o concreto e a armadura, onde não se aplicam alongamentos iniciais. Esta associação é responsável por aproveitar as principais vantagens de ambos os materiais, principalmente, relacionadas a resistência, a durabilidade e ao custo (SILVA, 2011).

Porém, este tipo de material está sujeito a alterações, ao longo do tempo, devido as interações entre seus elementos construtivos (cimento, brita, areia, água e aço) com agentes externos (ácidos, bases, sais e gases), bem como com os materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais) (SILVA, 2011).

Os mecanismos que ocorrem por ações químicas ou físicas e assim, resultam na deterioração da massa resistente do concreto, podem comprometer uma peça ou toda a sua estrutura, fator que dependerá da intensidade de sua ação. De acordo com Clímaco (2005) os principais mecanismos de deterioração de estruturas de concreto armado se resumem em: fissuras e trincas.

Estes fenômenos podem ser fruto de causas naturais, humanas ou acidentais. As causas humanas envolvem as fases de projeto, execução e utilização, sendo diretamente relacionadas com as ações danosas como, por exemplo: projeto incompleto, má concepção estrutural do projeto, erros de cálculo e detalhamento, adoção de materiais inadequados ou de baixa qualidade, despreparo técnico para construção, execução em desacordo com o projeto, sobrecargas excessivas e falta de programas de manutenção (LAPA, 2008).

Enquanto que as causas naturais estão relacionadas a degradação física, química e biológica dos materiais. A degradação física corresponde as ações da temperatura, do vento, da chuva, da abrasão e da vibração. A degradação física reflete a presença de águas puras ou agressivas, sulfatos, sais e oxigênio. Já a degradação biológica diz respeito as ações de agentes vegetais (fungos e raízes) e de esgotos, bem como dejetos animais (LAPA, 2008).

Sendo assim, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas, que ocorrem basicamente nas três principais etapas do ciclo de vida da construção, resumidas em: concepção, execução e utilização. Por esta questão, as causas podem ainda ser classificadas também, entre as categorias de “causas intrínsecas” e “causas extrínsecas” (CARMO, 2009).

As causas intrínsecas representam aquelas que têm sua origem nos materiais e peças estruturais, durante a fase de execução e/ou utilização dos edifícios construídos, seja por falha humana, por questões específicas do material concreto ou por ações externas. Dentre estas, tem-se: deficiências de concretagem (transporte, lançamento, juntas, adensamento e cura), nas armaduras (má interpretação de projetos, mau posicionamento de armaduras, cobrimento insuficiente, defeito nas ancoragens e emendas, má utilização de corrosivos), inadequação de escoramentos e fôrmas, uso inadequado de materiais de construção e inexistência de controle de qualidade (CARMO, 2009).

Enquanto que as causas extrínsecas constituem aquelas que não dependem diretamente da composição interna do concreto ou de falhas inerentes ao processo de execução, ou seja, representam os fatores responsáveis por atacar a estrutura pela parte externa de seu corpo estrutural.

Tais causas resumem-se a: falhas humanas (projeto incorreto, alterações estruturais, sobrecargas exageradas, entre outras), ações mecânicas (choques de veículos, recalque de fundações e acidentes) e físicas (temperatura, insolação e efeito da água) (CARMO, 2009).

Desta forma, considera-se que as manifestações patológicas mais frequentes e comuns nas estruturas de concreto, são as fissuras e trincas (SILVA, 2011). Que se destacam como a mais importante patologia, devido a três aspectos: permitir o aviso de algum problema sério na estrutura, evidenciar o comprometimento do desempenho da obra em serviço e por promover constrangimento psicológico aos seus usuários (SILVA, 2007).

2.3 TRINCAS E FISSURAS

As fissuras e as trincas podem ser consideradas a manifestações patológicas mais comuns e características das estruturas de concreto, principalmente, quando este material apresenta baixa resistência a tração (SOUZA; RIPPER, 1998). Sua gravidade e origem estão diretamente relacionadas à configuração que a patologia se apresenta, ou seja, a extensão e a profundidade de abertura (CARMO, 2009).

Sendo assim, as fissuras são classificadas de acordo com a sua configuração, que poderá determinar a origem de sua causa, bem como estabelecer os procedimentos necessários para a recuperação ou reforço da estrutura de concreto armado (CARMO, 2009). A análise da configuração proporciona dados fundamentais como: a posição da patologia nos elementos estruturais, sua abertura, sua trajetória, seu espaçamento e entre outros, que possibilitam ter a real avaliação desta manifestação (CLÍMACO, 2005).

Pode-se definir como “fissuras”, as aberturas que possuem menos de 0,6 mm de espessura e como “trincas”, aquelas com medidas iguais ou superiores a 0,6 mm. De acordo com NBR 15575-2: Parte 2 – Requisitos para os sistemas estruturais, referente ao desempenho de edificações, as fissuras constituem o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, resultante de tensões consideradas normais ou tangenciais. Já que as trincas, apesar de apresentar de se manifestarem em forma de fissuras, contam com uma abertura maior ou igual a 0,6 mm (ABNT, 2013).

As fissuras podem se manifestar após anos, semanas, dias ou até mesmo, horas, sendo ocasionadas por múltiplos fatores (LAPA, 2008). Desta forma, a fissuração no concreto pode ter diferentes origens que, geralmente, são resumidas em: assentamento do concreto, perda de aderência da armadura, movimentação de fôrmas e escoramentos, sobrecargas, retração do concreto e a variação de temperatura (SOUZA; RIPPER, 1998).

De acordo com Clímaco (2005), as fissuras constituem patologias perigosas, uma vez que, sua abertura pode vir a contribuir e facilitar a corrosão de armaduras. Além disso, segundo Lapa (2008), afetam esteticamente as estruturas e oferecem a sensação de insegurança aos seus usuários, contribuindo para o ingresso de agentes químicos, responsáveis pelo processo de degradação do concreto

2.3.1 Trincas e Fissuras por Movimentação Térmica

Os elementos de concreto armado de uma edificação, quando submetidos às variações de temperatura diárias e sazonais, estão sujeitos a sofrer o movimento de dilatação e contração. Desta forma, a variação de temperatura pode provocar variações dimensionais no concreto, de modo que,

se a estrutura for impedida de se movimentar, essa variação térmica passa a ser responsável por gerar trincas, em razão das tensões elevadas ocasionadas (ASSIS; RABELO, 2013).

Os elementos de concreto armado, portanto, quando submetidos a variação térmica, sofrem redução dos elementos estruturais gerando tensões de tração, que contribuem diretamente para o aparecimento de trincas e fissuras. Normalmente, esta fissuração ocorre em elementos maciços, em que a taxa de calor de hidratação é maior que a capacidade de dissipação para uma dada seção (SANTOS, 2014). Além disso, é capaz de provocar deformação em diversas amplitudes, visto que os materiais empregados na execução da obra da edificação possuem diferentes coeficientes de dilatação térmica (ASSIS; RABELO, 2013).

No concreto armado, geralmente, a fissuração térmica se dá pelas grandes variações de temperatura diárias e anuais, e a falta de ventilação (SANTOS, 2014). Sendo comum em apartamentos localizados na cobertura, que possuem sua laje superior exposta ao calor, durante o dia, e por chuvas e queda de temperatura, durante a noite (GONÇALVES, 2015).

Acredita-se que a melhor solução para este tipo de patologia está na concepção do projeto, uma vez que, o calculista estrutural deve levar em conta a variação térmica entre os seus cálculos, principalmente, de acordo com as normas vigentes. Outra solução, sugere a proteção térmica nos primeiros dias, após a aplicação do concreto, com o objetivo de impedir o resfriamento rápido do material e consequentemente, reduzindo as tensões sofridas (GONÇALVES, 2015).

2.3.2 Trincas e Fissuras por Recalques de Fundação

As trincas e fissuras provenientes dos recalques de fundações constituem uma das manifestações patológicas mais preocupantes, uma vez que indicam problemas nas fundações das edificações. Sua configuração, normalmente, apresenta uma inclinação próxima a 45° (SARTORI, 2008).

Sendo assim, as fissuras, neste caso, ocorrem quando as fundações sofrem deformações diferenciais ao longo de sua estrutura de sustentação, por adensamento ou recalques imediatos das camadas do solo, ou ainda, por alteração e ruptura de elementos de concreto da própria fundação. Tais problemas são resultantes de erros de projetos, da construção de fundações em solos compressíveis, expansivos ou aterros, da interferência no bulbo de tensões, provocada por construções vizinhas, rebaixamento do lençol freático, sobrecargas ou falhas em elementos de fundação (SANTOS, 2014).

Desta forma, de acordo com Helene (1992), os recalques podem ocorrer devido a vários fatores, que podem ser resumidos em: o tipo e estado do solo, a disposição do lençol freático, a intensidade da carga, o tipo de fundação e as interferências das fundações vizinhas.

2.3.3 Trincas e Fissuras por Corrosão de Armaduras

A corrosão de armaduras constitui o tipo de patologia mais frequente em estruturas de concreto, atingindo, em alguns casos, índices preocupantes. Acredita-se que pelo menos 45% destas estruturas se encontram submetidas a corrosão de armaduras (LAPA, 2008). Desta forma, a corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado vem sendo alvo de diversos estudos, uma vez que reduz a vida útil do edifício, ocasionando consequências graves (SILVA, 2007).

De acordo com Helene (1993), existem casos que os problemas originados pela corrosão se

encontram em estado grave, de modo que é preferível demolir a estrutura a realizar os reparos necessários que, conseqüentemente, exigem custos muito elevados.

A camada de concreto deve apresentar pouca porosidade e não fissurar, dificultando o ingresso de agentes agressivos, desencadeadores da corrosão (íons cloreto, dióxido de carbono e o oxigênio). Entretanto, geralmente, o concreto possui uma estrutura porosa, de modo a não funcionar como uma barreira eficiente contra a penetração destes agentes (SILVA, 2007).

Os produtos finais da corrosão apresentam um volume maior que o do aço original, o que promove o aumento do diâmetro da seção da armadura e ocasiona tensões internas elevadas, contribuindo para o aparecimento de fissuras e trincas. Estas fissuras, decorrentes da corrosão, frequentemente, acompanham o alinhamento da armadura corroída (SILVA, 2007). O processo de corrosão da armadura, responsável por provocar fissuras, ocorre por meio de um processo eletroquímico (CARMO, 2009).

No concreto armado, o aço se encontra no interior de um meio altamente alcalino, o que proporciona a criação de uma película protetora de caráter passivo ao aço, que se encontra ao redor de toda superfície das barras (CASCUDO, 1997). A corrosão de armaduras é caracterizada pela destruição desta película passiva existente (CARMO, 2009).

A ocorrência deste tipo de fenômeno depende diretamente do meio em que a estrutura é exposta, normalmente, está relacionada a uma atmosfera úmida contaminada por gases ácidos e fuligem (CLÍMACO, 2005). Por seu mecanismo de corrosão ser um processo eletroquímico, a maioria das reações corrosivas ocorrem na presença de água ou de um ambiente úmido (HELENE, 1986).

Os mecanismos responsáveis por comprometer a película passiva do aço são definidos como a carbonatação e a introdução de cloretos do ambiente (CLÍMACO, 2005). Além disso, é possível definir a ocorrência de dois períodos na corrosão de armaduras, no primeiro período ocorre a penetração do agente agressivo, ocasionando a despassivação da armadura. Já o segundo período constitui a fase de propagação, onde o processo de corrosão consolidado, passa a aumentar gradualmente, em escala exponencial, dando origem ao aparecimento de danos severos nas armaduras (ARIVABENE, 2015).

Há fatores que influenciam a criação da corrosão da armadura como, por exemplo: ambientes agressivos, alta capilaridade, materiais de construção com problemas, porosidade elevada e deficiência no cobrimento (SARTORI, 2008).

Sendo assim, para ocorrer a corrosão é preciso de dois elementos, a presença de oxigênio e umidade, e o estabelecimento de uma célula eletroquímica (TRINDADE, 2015). A película protetora é desfeita, uma vez que, não possui elevada resistência, podendo ser ocasionado por agentes agressivos que depois da despassivação, serão responsáveis por desencadear o processo corrosivo (SARTORI, 2008).

Os agentes agressivos são considerados os ácidos e águas puras. Os ácidos são considerados, de forma geral, qualquer substância que apresente o pH inferior a 6 e que atue sobre o concreto de alta permeabilidade. Visto que a agressividade do agente está diretamente relacionada ao pH do fluido e da permeabilidade do material (CARMO, 2009).

Nos centros urbanos, a chuva ácida, também, consiste em um dos principais processos de deterioração do concreto. A chuva caracterizada como ácida possui poluentes em sua composição, os quais são produzidos pela combustão do carvão mineral, petróleo e seus derivados. Estes poluentes em contato com o valor d'água da atmosfera podem produzir outros tipos de substâncias, por meio de reações químicas, dando origem a produtos como o ácido sulfúrico ou o ácido nítrico

(REIS, 2001).

O pH da chuva ácida está entre os valores de 4,0 e 4,5, mas em casos extremos, pode chegar a alcançar 2,5. Os principais tipos de poluentes presentes nesta chuva, são o dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio (REIS, 2001). A corrosão ainda pode ser acelerada por agentes agressores presentes no material de concreto como os sulfetos, nitritos, cloretos, dióxido de carbono, gás sulfídrico, cátion amônio, os óxidos de enxofre e fuligem (SARTORI, 2008).

O produto resultante deste processo de corrosão é denominado como ferrugem, o qual consistiu um material não resistente e expansivo, ocupando um volume maior que o da armadura original (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Esta variação do volume pode vir a provocar tensões de tração, responsáveis por ocasionar fissuras no material, podendo até desintegrá-lo, expondo as armaduras por destacamento do concreto (SARTORI, 2008).

Sendo assim, os danos resultantes da corrosão da armadura, costumam, surgir em forma, principalmente, de fissuras, promovendo a perda de aderência entre o aço e o concreto, redução de área da seção transversal da armadura e fatores que poderão proporcionar o colapso da estrutura (LAPA, 2008).

2.3.4 Trincas e Fissuras de Tração pelo Esforço de Flexão

Este tipo de fissura ocorre quando a rigidez da peça ou a área de aço são insuficientes ou, ainda, se o carregamento for elevado, o que provoca uma deformação excessiva a peça, gerando fissuras, que tendem a se alastrar pela estrutura (SARTORI, 2008). De acordo com Souza e Ripper (1998), estendem-se da borda mais tradicional, se elevando e ramificando até a altura da linha neutra para as vigas.

Geralmente, este tipo de patologia tem sua ocorrência quando o projeto da edificação não é executado de forma eficiente, principalmente, sem a avaliação correta da sobrecarga que irá atuar sobre a estrutura (GONÇALVES, 2015). Estas fissuras, também, podem ser resultantes da deficiência dos materiais empregados na execução ou por mudança no tipo de utilização da estrutura, que proporcione cargas maiores que as previstas em projeto (HELENE, 1992). Tais erros, normalmente, são frutos tanto da negligência, como falta de conhecimento (TRINDADE, 2015).

No caso das trincas, esta manifestação patológica costuma apresentar uma configuração variada, que depende diretamente de fatores como: comprimento e largura da peça, configuração da armadura e natureza da solicitação (GONÇALVES, 2015). Entretanto, as fissuras em vigas de concreto armado, se apresentam perpendiculares à linha de tração da estrutura, que podem ser maiores ou mais acentuadas de acordo com o nível de esforço de tração e da insuficiência da armadura. Nos apoios, as fissuras constituem uma inclinação próxima a 45° com a horizontal, devido a existência do esforço cortante. Já em vigas altas, a inclinação tende a ser 60° (TRINDADE, 2015).

2.3.5 Trincas e Fissuras Provocadas pelo Movimento de Torção

A torção representa o movimento em que a peça de concreto é submetida à uma rotação em relação à sua seção transversal, tal esforço que, geralmente, ocorre em grande escala nas sacadas dos edifícios (GONÇALVES, 2015). Este movimento provoca uma rotação no plano da seção transversal do elemento estrutural que, em alguns casos, gera deformações acima da capacidade de

suporte da peça, o que dá origem as fissuras (MARCELLI, 2007).

Sendo assim, o esforço de tensão pode promover o surgimento de fissuras e trincas com uma inclinação de aproximadamente 45° (TRINDADE, 2015). Que costumam aparecer nas duas faces laterais da viga, na forma de segmentos de retas reversas (MARCELLI, 2007). Acredita-se que uma das principais causas das fissuras neste caso, seja falhas no projeto da edificação e ausência dos cálculos relacionados ao movimento de torção que a mesma possa estar submetida. Uma vez que na etapa de cálculo, deve-se considerar os esforços gerados pela protensão (GONÇALVES, 2015).

2.3.6 Trincas e Fissuras de Retração

O concreto, de maneira geral, retrai em dois momentos distintos. A retração plástica, ocorre quando o concreto ainda se encontra em sua fase plástica, logo após o lançamento deste material nas formas e, apresenta como fator principal, a rápida perda de água (TRINDADE, 2015). Desta forma, as fissuras, neste caso, ocorrem pela perda excessiva de água de amassamento do concreto em estado fresco, seja por evaporação, por absorção dos agregados ou pelas formas (SANTOS, 2014), ou seja, na etapa de secagem rápida do concreto fresco, a retração surge quando a taxa de perda de água da superfície, excede a taxa disponível de água de exsudação. Devido, nesta fase, o concreto apresentar baixa resistência à tração, o que facilita o surgimento as fissuras (SARTORI, 2008). Que, geralmente, são contínuas e paralelas entre si (TRINDADE, 2015). Além de apresentarem uma morfologia em forma de mapa ou “pele de crocodilo”, que se cortam formando ângulos retos (SANTOS, 2014).

Sendo assim, na retração plástica, segundo Trindade (2015), com a maior densidade dos agregados, a água tende a subir para a superfície, passando a ser evaporada, de acordo com a temperatura, umidade e ação do vento do local em que a edificação está instalada. A perda de água pode ainda ocorrer, na absorção das formas, por esta questão, devem estar sempre molhadas antes da concretagem.

A retração por secagem constitui uma retração significativa, sendo responsável por um índice maior de fissuras, em relação ao primeiro tipo apresentado. Uma vez que, mesmo em estado quase endurecido, o concreto continua a perder água para o ambiente. A quantidade de água, anteriormente perdida, não se encontra associada a estrutura dos produtos hidratados por ligações físico-químicas e, portanto, constitui uma retração menos significativa. Entretanto, quando se observa uma perda de água adicional no processo de secagem, o concreto tende a permitir o aparecimento de fissuras (TRINDADE, 2015).

As fissuras, de acordo com Santos (2014), podem aparecer entre o período de trinta minutos à seis horas, após o endurecimento do concreto. E acredita-se que para minimizar estes casos, por dessecação superficial, seja necessário estabelecer a proteção da superfície do elemento da radiação solar e da ação do vento. Além disso, deve-se iniciar a cura logo após o adensamento do concreto (SANTOS, 2014).

2.2.7 Trincas e Fissuras Devido à Compressão

As fissuras e trincas provocadas pelo fenômeno de compressão constituem as mais graves e que, portanto, exigem uma maior atenção e providências rápidas. O concreto é responsável por absorver a maior parcela dos esforços de compressão, desta forma, o aparecimento de uma fissura, neste caso, pode significar o colapso da estrutura, ou, que a peça não apresenta mais sua capacidade de carga original, bem como suas características iniciais, necessárias para sua função na estrutura do

edifício. Sendo assim, devido à falta de capacidade, a peça redistribui os esforços para os pilares vizinhos que, também, passam a ser comprometidos (GONÇALVES, 2015). Segundo Araújo (2017), este tipo de fissura ocorre quando as paredes são submetidas a carregamentos excessivos ou por possíveis solicitações de flexocompressão. Que, de acordo com Trindade (2015), promovem o esmagamento do concreto.

Sendo assim, em alguns casos, é possível constatar que vigas e pilares, dependendo da atuação dos esforços, podem estar sujeitas a um sistema duplo de solicitação, no caso, de flexão e compressão. O que pode ocasionar o acúmulo de tensões na região comprimida, dando origem a trincas características no corpo estrutural do elemento (GONÇALVES, 2015).

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho consistiu, do ponto de vista inicial, na revisão bibliográfica de artigos, dissertações, monografias e teses, disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e no Google Acadêmico. Esta revisão teve como objetivo apresentar os conceitos e as informações direcionadas ao tema, de modo a fornecer conhecimento a respeito e assim, possibilitar o entendimento do estudo.

Além disso, foram realizadas visitas de campo, durante o mês de outubro de 2019, em uma das edificações de alvenaria da Faculdade de Direito de Alta Floresta (Figura 1), localizada no estado do Mato Grosso, com a finalidade de identificar e documentar possíveis manifestações patológicas da estrutura, voltadas, em especial, a ocorrência de fissuras e trincas, suas causas e consequências. Para assim, posteriormente, sugerir a medida mais adequada a restauração e recuperação do material estrutural.

A Faculdade de Direito da Alta Floresta possui uma área construída de 3.865 m² e foi, do ponto de vista inicial, credenciada pelo MEC, em 06 de julho de 2007. Fornece, atualmente, a formação de estudantes nos cursos de Graduação de Direito, Engenharia Civil, Ciências Contábeis, Arquitetura e Urbanismo, Agronegócio e Enfermagem (FADAF, 2019).

Figura 1 - Edificação de concreto armado da Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF)



Fonte: Autor

Após a identificação das trincas na unidade educacional, estas foram submetidas a um procedimento específico, destinado a verificar se eram ativas ou passivas. O procedimento contou

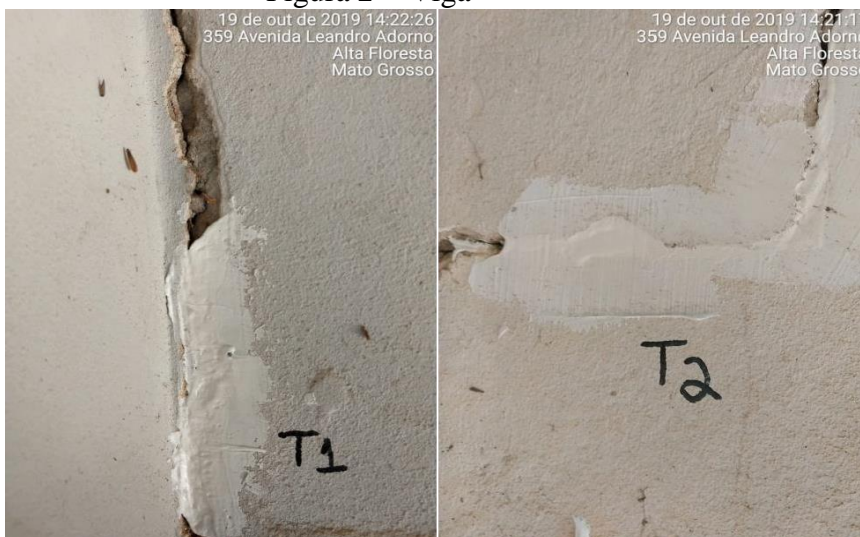
com a aplicação de massa corrida, nas trincas identificadas, com a finalidade de obter essa resposta, onde o resultado foi verificado após 24 horas. Além disso, no caso das trincas ativas, esperou-se 15 dias para que fosse possível avaliar o seu desenvolvimento, ou seja, o quanto estas estão abrindo e, conseqüentemente, sua gravidade. A medição da abertura da trinca foi realizada por meio de um fissuômetro.

A escolha do método de restauração e recuperação de tais manifestações patológicas levou em consideração estes dados, desta forma, buscou-se a técnica mais adequada, que possa gerar resultados favoráveis e, assim, propor a neutralização de seus efeitos. Além da descrição da técnica mais adequada a ser empregada, foi levantado, também, qual custo sua implantação geraria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a inspeção e análise da edificação de concreto armado da Faculdade de Direito de Alta Floresta foram identificadas duas trincas ativas, que foram nomeadas como T1 e T2, como demonstra a Figura 2, apresentada a seguir. De acordo com o presente artigo, tais trincas podem ser classificadas como trincas de tração (pelo esforço de flexão) ou trincas devido à compressão, em razão do carregamento elevado da estrutura e de uso indevido e mal planejado do material construtivo.

Figura 2 - Viga



Fonte: Autor

Com base na análise destas trincas foi possível observar que as principais causas, que levaram a sua ocorrência, estão associadas a má execução (técnicas ou ações falhas de construção) e ao excesso de peso na estrutura educacional. Uma vez que, foram encontrados, também, erros de execução em outras regiões da obra, como é possível observar na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de erros na estrutura



Fonte: Autor

Através da presente Figura, é possível notar a presença de um tubo pluvial em meio a um pilar, que constitui um elemento estrutural importante, que deve ser dimensionado para receber cargas e, portanto, atuar no suporte. A existência desse tubo, favorece a perda de resistência no pilar e, conseqüentemente, afeta e reduz a capacidade carga da estrutura, uma vez que, o pilar, como foi executado, não atende sua real função na edificação.

Levando em consideração a identificação das trincas e que estas, se encontram ativas na estrutura, torna-se fundamental a busca, bem como a implantação de técnicas de restauração e recuperação que, como ressalta Vieira (2017), tem por função evitar sua expansão na estrutura.

O tratamento de uma trinca depende, diretamente, de sua profundidade, de modo que, quando esta é superficial, há possibilidade da aplicação de técnicas mais simplificadas e menos onerosas (VIEIRA, 2017). Entretanto, as trincas identificadas e analisadas, na presente unidade educacional, são profundas e, por esta questão, requerem um tratamento mais elaborado.

Há diversos métodos que podem ser utilizados para a recuperação e restauração de trincas, porém, os mais empregados e adequados, podem ser observados no estudo de Zanzarini (2016) e referem-se: substituição dos elementos degradados e fechamento das juntas; e argamassa armada e reboco armado.

A substituição dos elementos degradados e fechamento de juntas, prevê o desmonte e reconstrução do elemento construtivo afetado, assim como a substituição da argamassa danificada das juntas, por outra, com melhores propriedades mecânicas. Esta técnica é mais recomendada para quando a edificação está suscetível a elevadas tensões de compressão ou carregamentos diferenciais, uma vez que, tem por finalidade controlar o fendilhamento (ZANZARINI, 2016).

Enquanto que o método direcionado a aplicação de argamassa armada e reboco armado, é responsável por efetuar o preenchimento das trincas com pasta de cimento (argamassa de propriedades resistentes e fortes), instalar e posicionar uma tela de aço (nas duas faces da parede), para posterior cobrimento. A aplicação do comprimento deve ser efetuada com 3 cm, com a finalidade de evitar a ocorrência de fenômenos de corrosão (da armadura).

Com base nestas informações e o conhecimento de tais técnicas é possível sugerir a melhor alternativa para a correção das trincas, encontradas na unidade educacional, tendo em vista os materiais e equipamentos disponíveis no mercado e na região, para esta finalidade. Desta forma, o tratamento a ser executado deveria contar com o emprego de uma maquina com disco de corte (alvenaria) para efetuar, primeiramente, o corte da trinca e assim, gerar uma abertura de 3 cm de largura.

Em seguida, propor a limpeza da abertura, com o objetivo de retirar os materiais que possuam estado de degradação (perda das propriedades de resistência), para a aplicação de argamassa. Após tal aplicação, o método pode contar com a instalação uma tela tapa trincas, a qual é capaz de suportar a movimentação e dilatação da estrutura, juntamente com sistema de bandagem central, anti-mofo, de alta resistência.

Após este processo e da espera de um período de 24 horas, torna-se necessário a aplicação de uma camada de massa corrida, por cima da tela. Após novamente 24 horas, poderia ser executada a ultima etapa do método de restauração, a pintura do bloco. Interessante ressaltar que as trincas se encontram em locais secos, caso estivessem localizadas em ambientes de exposição a água, deveria ser aplicada, em vez da massa corrida, a massa acrílica.

Levando em consideração esta sugestão, foi possível estimar o custo do método, caso fosse implantado na correção do bloco “D”, como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 – Orçamento do método sugerido

PRODUTO	VALOR UNIT.	QUANTIDADE	UNID. MED	TOTAL	VALOR TOTAL
Massa Corrida	R\$3,50	2	Kg	R\$7,00	
Tela tapa trinca	R\$3,79	5	M	R\$18,95	
Argamassa Pronta	R\$0,54	20	Kg	R\$10,80	
Disco de corte	R\$29,95	2	Un.	R\$59,90	
Construtor	R\$250,00	1	Un.	R\$250,00	
					R\$ 346,65

Para estimar o valor, levou-se em consideração os valores: Massa corrida, R\$7,00/Kg (2Kg por bloco de edificação); Tela tapa trinca, R\$18,99/unidade (5 telas para restaurar um bloco); Argamassa pronta, R\$10,99 por 20 Kg (suficiente para realizar a restauração de um bloco); Diária de um pedreiro, R\$250,00.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de todos os dados e informações levantadas, bem como apresentadas no presente trabalho, é possível concluir que as edificações estão sujeitas a uma série de patologias, decorrentes das etapas de concepção, execução e uso da edificação, que podem vir a reduzir sua vida útil, bem como a qualidade de vida de seus usuários. Uma vez que, na presença de manifestações patológicas, o edifício perde suas propriedades e características iniciais, principalmente, de conforto, bem-estar e segurança. Conclui-se ainda, que as fissuras e trincas constituem as principais patologias encontradas em edificações de concreto armado, seja por se encontrarem em ambientes agressivos, em locais que exijam grandes esforços (maiores que os previstos em projeto) ou apenas, pela questão do envelhecimento da estrutura, o qual tende a reduzir a resistência do material empregado.

As fissuras e trincas, apesar de serem encaradas por muitos como uma manifestação

patológica “superficial”, é responsável por atestar o “colapso” estrutural da edificação, que se não remediado, poderá vir a se intensificar, provocando quebras, desabamentos e, conseqüentemente, acidentes. Ocasionalmente riscos à saúde dos seus usuários, danos materiais e custos elevados de reparação ou substituição de material (LAPA, 2008).

Além disso, conclui-se que a falta do uso adequado da estrutura, bem como de um programa de manutenção preventiva, sem dúvidas, contribui consideravelmente para o aparecimento destas patologias e da intensidade da deterioração. Além disso, estes danos poderiam ser facilmente minimizados caso existisse um efetivo controle de qualidade durante o processo construtivo, aliado a um constante programa de manutenção.

Concluindo que, a unidade educacional da Faculdade de Direito de Alta Floresta, apesar de só apresentar duas trincas ativas, possui sérios problemas de execução, que tendem a se agravar com o decorrer dos anos, promovendo o aparecimento de novas patologias e, principalmente, de trincas e fissuras. A negligência a respeito do tratamento destas, poderá ocasionar o agravamento do quadro e favorecer, conseqüentemente, a perda do material e acidentes. Nota-se, portanto, que é fundamental a aplicação de técnicas de restauração e recuperação e que, neste caso, as melhores alternativas seriam: a substituição dos elementos degradados e fechamento das juntas; e argamassa armada e reboco armado.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15575-2: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.** Rio de Janeiro, 2013, 32p.

ASSIS, F. F.; RABELO, G. Q. **Fissuras por movimentação térmica em estruturas de concreto armado.** 2013. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013.

ARAÚJO, M. E. S. O. **Análise das manifestações patológicas em edificações escolares pré-fabricadas na cidade de Campinas/SP.** 2017. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2017.

ARIVABENE, A. C. Patologias em Estruturas de Concreto Armado - Estudo de Caso. **Revista Especialize Online:** Goiânia, v. 10, p. 1 – 22, 2015.

CARMO, M. A. **Estudo da deterioração de Marquises de Concreto Armado nas cidades de Uberlândia e Bambuí.** 2009. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia – Faculdade de Engenharia Civil. Uberlândia, 2009.

CASCUDO, O. **O controle de corrosão de armaduras de concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas.** 2 ed. Goiânia: Editora Pini, 1997.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação.** Brasília: Editora Universidade de Brasília/Finatec, 2005.

FADAF. **Histórico.** Disponível em:

<http://ienomat.com.br/ienomat_old/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=59>. Acesso em: 01 dez. 2019.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. 174f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992, 119p.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 2008. 56p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2008.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto**. 6. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 1994.

REIS, L. S. N. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2001. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2001.

RODRIGUES, A. C. **Levantamento das principais manifestações patológicas em edificações residenciais de uma construtora de Porto Alegre**. 2013. 102f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

SANTOS, C. F. **Patologia de estruturas de concreto armado**. 2014. 91f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

SARTORI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas**. 2008. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2008.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas**. 2007. 197f. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

SILVA, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no Estado do Ceará**. 2011. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará – Centro de Tecnologia. Fortaleza, 2011.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 1998.

TERRA, R. C. **Levantamento de manifestações patológica em revestimentos de fachadas das edificações da cidade de Pelotas**. 2001. 95f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado**. 2015. 88f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Tecnologia. Santa Maria, 2015.

VIEIRA, M. A. Patologias construtivas: conceito, origens e método de tratamento. **Revista Especialize Online**: Goiânia, v. 1, p. 1 – 15, 2016.

VIEIRA, T. L. **Fissuras em concreto**: estudos de caso em Florianópolis. 2017. 111f. Monografia (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

ZANZARINI, J. C. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificações em alvenaria estrutural**: estudo de caso. 2016. 83f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.