UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
ENGENHARIA CIVIL

Sane de Oliveira Martins
Samara de Oliveira Martins

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI -MG

Teófilo Otoni
2018

Sane de Oliveira Martins

Samara de Oliveira Martins

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI -MG

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri como um dos requisitos exigidos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.: Me. Danilo Bento Oliveira
Coorientador: Prof. Breno Alcântara Silva

Teófilo Otoni

2018

Sane de Oliveira Martins

Samara de Oliveira Martins

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI -MG

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri como um dos requisitos exigidos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.: Me. Danilo Bento Oliveira
Coorientador: Prof. Breno Alcântara Silva

Data de aprovação 16 / 08 / 2018.

Prof. Me. Danilo Bento Oliveira – UFVJM/ Teófilo Otoni

Prof. Breno Alcântara Silva – UFVJM/ Teófilo Otoni

Prof. Manoel Otávio Quaresma Salomão – UFVJM/ Teófilo Otoni

Teófilo Otoni
2018

“Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nele, e ele tudo fará” (Salmos, 37:5)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por me proporcionar calmaria nos momentos de turbulência. A minha mãe Marinete e toda minha família, por me ensinar valores essenciais à vida, como o respeito, humildade e educação. Eles foram fundamentais para que eu pudesse chegar aonde cheguei. Obrigada pelo apoio e amor incondicional. A minha avó por todas suas orações e carinho constante.

Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo diário. Ao corpo docente da UFVJM, tanto os do Campus de Diamantina, quanto os do Campus de Teófilo Otoni, pelo conhecimento que me proporcionaram ao longo desses anos. Aos orientadores Breno e Danilo pela atenção e todos os ensinamentos. E por fim a Samara, pela paciência, companhia e compreensão e que me acompanha desde o início dessa jornada. A todos o meu muito obrigada!

Sane de Oliveira Martins

É imensa a felicidade, o sentimento é de dever cumprido. Não seria possível chegar até aqui sozinha. Agradeço primeiramente a Deus por ter traçado meu caminho, me dando força, sabedoria e serenidade permitindo que chegasse até aqui. A minha mãe Marinete, que fez dos meus sonhos e objetivos os dela, estando sempre disposta a me apoiar. Aos meus irmãos Júnior e Pietro por serem tão amigos e companheiros. A minha irmã, amiga e companheira Sane, pela paciência e determinação na realização desse trabalho. Ao meu padrasto Wilson, que sempre esteve a disposto a me ajudar. A minha vó Maria pelas orações, conselhos e mimos me lembrando sempre como é bom estar em casa. Aos nossos orientadores Danilo e Breno, pela atenção e ensinamentos. A UFVJM por me proporcionar chegar mais perto dos meus sonhos e objetivos e a todos professores que contribuíram diariamente para minha formação. E por fim, porém não menos importante agradeço os meus amigos que fizeram com que momentos de desesperos, saudade e desânimo, fossem esquecidos e preenchidos por muitas histórias e alegrias.

Samara de Oliveira Martins

RESUMO

O presente trabalho traz um estudo de caso realizado em uma edificação residencial localizada no município de Teófilo Otoni- MG, revelando as manifestações patológicas na estrutura da edificação e suas causas. Para desenvolvimento deste, embasou-se na metodologia proposta por Souza e Ripper (1998) que consiste basicamente em: levantamento de subsídios, através de visita ao local, identificando a natureza e origem das patologias; diagnóstico da situação, buscando o entendimento dos fenômenos em termos de interpretação das relações de causa e efeito que caracterizaram as manifestações patológicas; e proposta de soluções. Notou-se no decorrer desta pesquisa que as principais manifestações patológicas estão ligadas a projetos deficientes de detalhamento e incompatibilidade entre os mesmos, falhas durante a execução causadas por falta de capacitação dos profissionais e falta de vistoria. Ao final destacou-se a importância do controle dos processos de construção de uma edificação desde a sua concepção, para que o surgimento de patologias seja minimizado. Foram apresentadas ainda algumas soluções para tratamento de patologias em Estruturas de Concreto Armado.

Palavras chave: Manifestações patológicas. Estrutura de Concreto armado. Execução. Tratamento de patologias.

ABSTRACT

This work presents a case study carried out in a residential edition located in the municipality of Teófilo Otoni- MG, revealing itself as pathological manifestations in the structure of the building and its causes. For its development, it was based on the methodology proposed by Souza and Ripper (1998), which basically consists of: capturing subsidies through a local visit, identifying the nature and origin of pathologies; diagnosis of situation, seeking the understanding of the expression formats of cause and effect relations that characterized as pathological manifestations; and proposed solutions. It was noted in the course of this research that as main pathological manifestations are linked to projects of detail and incompatibility between them, with complaints during the execution of the lack of professional capacity and lack of visibility. At the end, the importance of controlling the processes of constructing a building from its conception was emphasized, so that the appearance of pathologies is minimized. Some solutions were also presented for the treatment of pathologies in Armed Concrete Structures.

Keywords: Pathological manifestations. Reinforced concrete structure. Execution. Treatment of pathologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Falhas Humanas Durante a Construção 21
Figura 2: Falhas Durante a Execução 22
Figura 3: Ninhos de concretagem causados pela segregação 23
Figura 4: Falhas no concreto causadas pelo mau adensamento 24
Figura 5: Colapso da estrutura na concretagem em decorrência do mau escoramento da estrutura 25
Figura 6: Degradação da estrutura para abertura de vão. 26
Figura 7: Corte da estrutura para passagem de tubulação 27
Figura 8: Trincas causadas pelo recalque do solo 27
Figura 9: Corrosão de armaduras em subsolo de edifício por infiltração de água 29
Figura 10:Colapso da estrutura devido as solicitações aplicadas 30
Figura 11: Recalque diferencial sofrido pela edificação 31
Figura 12: Fissura na estrutura. 33
Figura 13: Trinca 33
Figura 14: Rachadura 34
Figura 15: Perda de aderência entre aço e concreto 34
Figura 16: Desgaste do concreto por abrasão 35
Figura 17: Desagregação do concreto em viga 36
Figura 18: Desgaste do concreto e corrosão das armaduras 37
Figura 19: Planta baixa da edificação 39
Figura 20: Divisão do espaço em áreas 40
Figura 21: Planta estrutural executa no software TQS 41
Figura 22: Patologias encontradas na área 1 53
Figura 23:Patologias encontradas na área 2 54
Figura 24: Patologias encontradas na área 3 55
Figura 25: Ninhos de concreto formados pela segregação 56
Figura 26: Segregação do concreto e presença de armadura exposta 56
Figura 27: Armadura exposta, possível causa falta de espaçadores na forma 57
Figura 28: Perda da seção do concreto ocasionando a exposição da armadura 57
Figura 29: Armadura exposta na viga, evidenciando a falta da utilização de espaçadores e adegradação do concreto 57
Figura 30: Abertura da viga 58

Figura 31: Presença de fissuras na viga 58
Figura 32: Papel colado na estrutura, possivelmente colocado para vedar as formas 59
Figura 33: Aumento da seção do pilar 59
Figura 34: Viga não retilínea 59
Figura 35: Erro no alinhamento da viga 59
Figura 36: Viga com seção variável possivelmente causada pela abertura da forma naconcretagem. 60
Figura 37: Falta de alinhamento dos pilares e vigas 60
Figura 38: Pilar desalinhado 60
Figura 39:Resumo das principais etapas para recuperação de armaduras 63
Figura 40: Grampeamento de fissuras 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Classificação das aberturas nas estruturas 32
Tabela 2: Dimensões de vigas e pilares 61
Tabela 3: Dimensões das vigas 62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 OBJETIVOS 12

2.1 Objetivos Gerais 12

2.2 Objetivos Específicos 12

3 REFERENCIAL TEÓRICO 13

3.1 Estruturas de Concreto Armado 13

3.1.1 Concreto Armado 13

3.1.2 Vida útil das estruturas de concreto 14

3.2 Patologias na construção civil 16

3.2.1 Origem das Patologias 17

3.2.2 Causas das Patologias 18

3.2.3 Evolução no tempo 18

3.2.4 Desempenho afetado 19

3.2.5 Participantes do projeto 19

3.3 Patologias em Estrutura de Concreto Armado 20

3.3.1 Erros executivos 22

3.3.1.1 Deficiências de concretagem 22

3.3.1.2 Inadequação de escoramentos e formas 25

3.3.1.3 Utilização inadequada dos materiais de construção 25

3.3.2 Falhas humanas durante a utilização 26

3.3.2.1 Causas Naturais 27

3.3.2.2 Causas próprias à estrutura porosa do concreto 28

3.3.2.3 Causas Químicas 28

3.3.2.4 Causas físicas 29

3.3.2.5 Causas biológicas 29

3.3.2.6 Má avaliação das cargas 29

3.3.2.7 Inadequação do ambiente 30

3.3.2.8 Incorreção da interação solo-estrutura 30

3.3.2.9 Incorreção nas juntas de dilatação 31

3.3.3 Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto.....32
3.3.3.1 Fissuras, trincas e rachaduras 32
3.3.3.2 Perda de aderência.....34
3.3.3.3 Corrosão e desgaste do concreto 35
3.3.3.4 Desagregação do concreto.....35
3.3.3.5 Corrosão das armaduras.....36

4 MATERIAIS E MÉTODOS.....38

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 61

6 CONCLUSÃO.....65

REFERÊNCIAS.....66

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma área que está em constante desenvolvimento, Ambrosio (2014) expõe que à modernização da sociedade promoveu crescimento científico e tecnológico, gerando grande demanda de construções de edificações, sejam elas laborais, industriais ou habitacionais. Entretanto na atual situação econômica do país, construir ou reformar uma edificação se tornou ainda mais caro, desafiando o ramo da construção apresentar soluções que diminuam o custo de um obra. Nesse contexto o estudo das patologias nas construções tornou-se ainda mais importante, visto que quanto mais cedo diagnosticadas e tratadas, menores serão os custos.

As patologias são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. Podem ser geradas por diversas causas, como retratado por Reis (2001) o baixo controle de qualidade nos canteiros de obras. Somando-se a exigência por prazos cada vez mais curtos, o emprego da mão de obra muitas vezes desqualificada, e até mesmo as alterações ambientais, tais como a poluição e as chuvas ácidas, geram edificações cada vez mais deficientes, demandando reparos em curto período de tempo. Neste trabalho aborda-se o estudo das patologias em Estruturas de Concreto Armado, buscando apresentar as principais causas, a gravidade dos danos e as possíveis soluções.

A patologia na construção civil é um estudo novo, que vem crescendo através das universidades nacionais, que buscam a formação de profissionais mais capacitados, com conhecimento da importância da sustentabilidade e da execução de obras mais duráveis. Com a implantação do Código de Defesa do Consumidor em 1990 e o conhecimento sobre desempenho e qualidade, o cliente ficou muito mais exigente, o que ocasiona na requisição de melhorias em todo o processo construtivo. (MACEDO, 2017).

No decorrer do trabalho será apresentado um estudo de caso realizado em uma residência em Teófilo Otoni, o qual foi possível identificar as patologias na edificação, discutir sobre as possíveis causas, e verificar a viabilidade técnica e econômica das soluções.

Ao final verificou-se a importância da qualidade na execução dos serviços, o que reflete significativamente os níveis de desempenho, vida útil e durabilidade das construções. Visto que uma execução ou manutenção inadequada pode levar ao surgimento de manifestações patológicas, acarretando baixo desempenho, altos custos com recuperação e em casos mais abrangentes, colapsos parciais ou totais das estruturas e até mesmo riscos à vida humana.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo identificar e avaliar as principais causas das patologias encontradas em uma edificação em concreto armado apresentando soluções possíveis.

2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar as principais patologias existentes na edificação e suas causas;
- Analisar e caracterizar as patologias encontradas;
- Apresentar possíveis soluções para as patologias;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Estruturas de Concreto Armado

3.1.1 *Concreto Armado*

As construções antigas mostram que o homem sempre buscou materiais resistentes, duráveis e que estivessem disponíveis para serem utilizados. Um dos primeiros materiais usados nas edificações foram as pedras, com elas construíam-se templos para adorar os deuses, venciam-se grandes e pequenos vãos com a utilização de pedras grandes e robustas. (BOTELHO & MARCHETTI, 2004).

Com o passar do tempo, percebeu-se que as pedras mesmo apresentando alta resistência à compressão não poderiam ser empregadas em esforços de tração pois se rompiam com facilidade. (BASTOS, 2006). Os romanos na tentativa de minimizar esse problema, começaram a construir vigas arqueadas onde eram utilizadas várias peças para que trabalhassem apenas a compressão. (CLÍMACO, 2008).

Mais tarde, descobriram o aço e as ligas de ferro que apresentavam ótima resistência às solicitações, porém, não eram tão duráveis por causa dos efeitos da corrosão. (BOTELHO & MARCHETTI, 2004).

A busca por novos materiais que satisfizessem às necessidades das construções, levou a descoberta dos materiais aglomerantes, que junto a cal formava um espécie de “pedra endurecida” o que para Clímaco (2008) significou um grande avanço na engenharia, pois possibilitou às construções novos formatos e um melhor desempenho. Estudos mostram que os romanos usaram esse cimento descoberto no passado na construção de suas pontes, estradas, docas, drenos pluviais e aquedutos; edificaram aquedutos que levavam água limpa até as cidades e também desenvolveram complexos sistemas de esgoto para dar vazão à água servida e aos dejetos das casas. (CARVALHO,2008).

Carvalho (2008) retrata ainda à evolução do cimento moderno que começou em 1758 quando o engenheiro inglês John Smeaton, investigando materiais aglomerantes para a construção de um farol próximo a Plymouth, concluiu que o cimento hidráulico obtido de uma mistura de calcário e argilas era muito superior ao calcário puro. Com passar dos anos os estudos em torno desse material evoluíram e só em 1824 Joseph Aspdin solicitou e obteve a patente para um aperfeiçoamento no método de produzir a “pedra artificial”.

Nesse contexto que se iniciou a história da cal, do cimento e do concreto na construção civil. O concreto armado surgiu da necessidade de aliar a durabilidade da pedra com a resistência do aço, com as vantagens do material composto poder assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, e com o aço envolvido e protegido pelo concreto para evitar a sua corrosão. (BASTOS,2006).

Helene e Andrade afirmam que o concreto de cimento Portland, mesmo sendo uma descoberta recente, é o material estrutural mais importante produzido pelo homem para construção civil, para o desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida. Ele afirma ainda que:

> Sua descoberta no fim do século XIX e seu intensivo uso no século XX, que o transformaram no material mais consumido pelo homem depois da água, revolucionaram a arte de projetar e construir estruturas cuja evolução sempre esteve associada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história da humanidade. (HELENE & ANDRADE, 2008, p.1).

O ano de 1849 é considerado como a data do descobrimento do concreto armado. Quando um agricultor francês chamado Joseph Louis Lambot (1814-1887), construiu um barco usando cimento reforçado com ferros e o testou em lagoas de sua propriedade agrícola. Esse barco foi patenteado em 1855 e, no mesmo ano, foi apresentado na Feira Mundial de Paris, a parti daí o material passou por vários estudos e diferentes aplicações, até se tornar hoje o material mais consumido no mundo. (CARVALHO, 2008).

Clímaco (2008) define o concreto armado como, a junção entre o concreto simples e uma armadura passiva nele inserida, sendo que ambos trabalham juntos resistindo aos esforços que a estrutura é submetida, como um único corpo sólido.

O trabalho solidário entre o aço e o concreto está intimamente ligado à qualidade e a durabilidade da estrutura. Clímaco (2008) retrata ainda que a solidariedade entre os materiais é uma condição básica para que a estrutura trabalhe como uma peça monolítica. Essa solidariedade é garantida pela aderência entre o aço e o concreto, que impede que ocorra escorregamento e deslizamento das barras de aço quando solicitadas.

A NBR 6118 (ABNT, 2014), traz as diretrizes para a elaboração de projetos estruturais de concreto armado.

3.1.2 *Vida útil das estruturas de concreto*

Quando o concreto armado surgiu as estruturas eram projetadas levando em conta apenas o bom senso e a experiencial profissional. Eram construídas sem muito critério e monitoramento, a maior preocupação era apenas a resistência média a compressão que a estrutura alcançava. Ao longo dos anos os estudos foram evoluindo e os projetos ficaram mais criteriosos, trazendo assim uma maior preocupação com a durabilidade da estrutura e dos materiais que a compõe, e com o tempo de vida da estrutura, surgindo assim o estudo da "Vida Útil das Estruturas". (HELENE, 2001, p. 2).

Para Mehta e Monteiro (2008, p. 122) "uma vida útil longa é considerada sinônimo de durabilidade". Segundo Da Silva (2011) pode-se considerar que a vida útil é a quantificação da durabilidade que se acredita ser apenas uma das qualidades da estrutura. Devendo ser analisada de maneira abrangente que envolve a fase de projeto, preparação do concreto, execução da estrutura, os materiais, o uso, operação e a manutenção voltados para o desempenho, qualidade e sustentabilidade. (HELENE,2001).

Brandão (1999) define vida útil como:

> [...] o período de tempo compreendido entre o início de operação e uso de uma edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário, sendo diretamente influenciada pelas atividades de manutenção e reparo e pelo ambiente de exposição. (BRANDÂO, 1999, p.13).

Já a NBR 6118 (ABNT, 2014) traz o seguinte conceito para o termo:

> [...] o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. (NBR 6118, 2014, p.15).

Para ISO 13823 (2008) vida útil define-se "como o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo".

Helene (2001) traz os tipos de vida útil que as estruturas podem apresentar, sendo eles:

- Vida útil de projeto: Também conhecido como período de iniciação. Quando os agentes agressivos como, sulfatos, CO_2, e outros ainda estão penetrando a camada de cobrimento das armaduras, sem prejudicar a estrutura.
- Vida útil de serviço: quando começam a aparecer manchas, fissuras e há o destacamento do concreto do cobrimento. É tratada de forma diferente para cada caso, pois das exigências de

cada um. Em alguns casos não é admitido manchas e fissuras no concreto, já em outros somente são considerados apenas sintomas que comprometem a segurança da estrutura pode determinar o fim da vida útil de serviço da estrutura.

- Vida útil última ou total: etapa em que ocorre o colapso total ou parcial da estrutura.
- Vida útil residual: período de tempo em que a estrutura pode desenvolver suas funções a partir de uma vistoria ou intervenção qualquer.

Brandão (1999) afirma que durabilidade está diretamente ligada a vida útil da estrutura, que se refere às características dos materiais, ao ambiente onde a estrutura está inserido e as condições de uso durante sua vida útil.

O conceito de durabilidade é definido pela NBR 6118 (ABNT, 2014) que fala que é "[...] a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto". (NBR 6118, 2014, p.15).

Assim, a durabilidade das estruturas esta intrinsicamente ligada ao ambiente em que a estrutura está inserida. Para Helene (2001) a durabilidade da estrutura depende de todos os seus componentes; da resistência da armadura e da resistência do concreto, pois a falha de qualquer um desses prejudica toda a estrutura.

3.2 Patologias na construção civil

Para Aurélio (2018), o termo patologia é definido como: "Parte da Medicina que estuda as doenças. Tratado das doenças. Desvio em relação ao que é considerado, normal do ponto de vista fisiológico e anatômico e que constitui ou caracteriza uma doença." Com a evolução da construção civil, esse termo passou a ser associado também as edificações. Segundo França *et al.* (2011) a semelhança entre os campos de formação, ser humano e uma edificação, faz com que ocorra um intercâmbio de terminologias.

> Assim como o ser humano tem esqueletos, os edifícios têm ESTRUTURAS; assim como o ser humano tem musculatura, os edifícios têm ALVENARIA; assim como o ser humano tem pele, os edifícios têm REVESTIMENTOS; assim como o ser humano tem sistema circulatório, os edifícios têm INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS. (VITÓRIO, 2003, p.24).

Existem infinitos termos para a definição de patologia, em níveis de comparação, França *et al.* (2011) ressalta que como as doenças podem ser contraídas congenitamente, as manifestações podem ser adquiridas, tanto na execução quanto na concepção do projeto.

As patologias podem surgir através de fatores internos (ou endógenos) originárias de falhas construtivas, seja ela executivas no canteiro de obra, como por exemplo a falta de supervisão técnica, ou de projeto, em caso de não conformidades com as normas técnicas. A origem de patologias pode se dar ainda através de fatores externos (exógenos), que seriam ações recorrentes por terceiros, mas que deveriam ter recebido uma atenção especial do projetista.

Heerdt *et al*. (2016) *apud* Lottermann (2013) retrata que as patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das edificações.

Portanto, neste trabalho será tratado como "patologia" todos os tipos de manifestações e consequências das situações em que ocorre perda parcial ou integral do desempenho das edificações ou de suas partes, tendo como foco principal as estruturas de concreto armado.

Na concepção de uma edificação, têm-se duas etapas: o processo construtivo e o uso. O processo construtivo pode ser dividido em: planejamento, projeto, materiais e execução física. O uso abrange a operação e manutenção (ALMEIDA, 2008). As manifestações patológicas em sua maioria surgem na fase de uso e manutenção, mas de acordo com estudos, um elevado percentual destas manifestações tem origem nas fases de planejamento e projeto (VITÓRIO, 2003).

O estudo de patologias na construção civil é de fundamental importância, uma vez que se caracteriza pelo grande potencial de dados obtidos na análise dos problemas que ocorrem nas edificações, podendo evitar, que esses problemas venham a se repetir. (HEERDT, 2016).

É importante ressaltar à diferença entre os conceitos de origem e causa do surgimento das patologias.

3.2.1 *Origem das Patologias*

A origem das patologias relaciona-se com as fases ou etapas da vida da estrutura em que ela se originou, e sua incidência está diretamente relacionada ao controle de qualidade que foi empregado em cada etapa. Segundo Lichtenstein (1986), quando mais precoce for o defeito, maior será a dificuldade de reparação.

Através da análise do processo construtivo, é possível encontrar defeitos que foram formados por concepções errôneas das necessidades individuais e sociais do usuário, bem como uma análise incorreta dos requisitos de desempenho que a edificação deve oferecer. Quando os defeitos são oriundos dos projetos, estes podem estar ligados a má qualidade dos materiais ou a não compatibilidade dos mesmos. Outro erro bastante comum é o não detalhamento do projeto

ou um detalhamento insuficiente, onde o projetista não retrata informações suficientes para que o profissional responsável possa executar o projeto. (CREMONINI, 1988).

Quando os defeitos são originados na execução, a principal causa é a mão de obra desqualificada, seja por falta de conhecimento técnico ou por falta de controle dos serviços executados. O profissional responsável pela fiscalização da execução não cumpre sua função com maestria, não acompanhando a realização dos serviços que possuem maior índice de surgimento de patologias, como exemplo, concretagem de sapatas, pilares e lajes. (CREMONINI, 1988).

Os materiais e insumos de construção também são responsáveis por uma porcentagem considerável das causas das patologias. Para prevenir esses defeitos é necessário que haja um bom controle de qualidade, uma compatibilidade entre os mesmos e que estes materiais atendam a todas as especificações impostas pelo projetista. (MAYR, 2000).

3.2.2 *Causas das Patologias*

As patologias em estruturas podem ser originadas por agentes internos e externos.

- Externas - quando são originadas por agentes externos, não se relacionam a nenhuma das etapas construtivas, podendo ser citados: agentes atmosféricos, aeroportos, linhas férreas e choque com elementos.
- Internas - possuem origem no processo construtivo e podem ser de três tipos - congênitas: quando tem origem no projeto ou programação; - construtivas: quando tem origem na etapa de construção; - uso: quando são originadas devido ao mau uso da edificação.

3.2.3 *Evolução no tempo*

A ação do tempo sobre as patologias segundo Cremonini (1988), pode ser dívida em:

- Estacionária - quando não há variação durante um determinado tempo, permanecendo constante.
- Progressiva - com o passar do tempo vão evoluindo, atingindo uma maior gravidade ou se tornando estacionária ao atingir um determinado tempo. São subdivididas ainda em: - *finita*: é decrescente no tempo, quando se descobre a causa e esta é solucionada a falha regride,

tornando-se estacionária. - *Infinita*: é crescente com o tempo e dependendo da gravidade pode levar ao colapso da estrutura.

3.2.4 *Desempenho afetado*

Segundo Cremonini (1988) *apud* Freeman (1985) podem surgir defeitos que afetam o desempenho da estrutura em três aspectos principais, baseando no controle de qualidade adotado e a estrutura do defeito:

- Afetam a aparência - qualquer defeito que afete a estética da estrutura.
- Afetam a segurança - qualquer defeito que coloque em risco, tanto a vida dos usuários, quanto das pessoas que estão nas redondezas.
- Afetam a habilidade - defeitos que restringem a capacidade funcional na edificação, e que não se enquadram nos aspectos anteriores.

3.2.5 *Participantes do projeto*

O projeto pode apresentar falhas defeitos devido à falta de conhecimento técnico e teórico dos profissionais à má qualificação dos profissionais responsáveis, desde a etapa de programação até a utilização dos materiais e técnicas necessárias. Porém o proprietário e o usuário também contribuem com esses defeitos, sendo pela não execução de manutenções periódicas ou pelo mau uso do mesmo. (CREMONINI, 1988).

Podem ser citados defeitos que são de responsabilidade dos participantes do projeto, tais como:

- Capital insuficiente para a necessidade do edifício - os responsáveis por tal erro seriam o proprietário e o projetista. Que em busca de economia na construção, reduzem o orçamento, diminuindo a fiscalização da realização das tarefas.
- Escolha incorreta de materiais - os agentes envolvidos seriam o fornecedor dos materiais, o projetista e o proprietário. Essa escolha poderia levar a não compatibilização dos materiais, por estes apresentarem propriedades distintas. Podendo também levar a perda de desempenho por optar por um tipo de material não usual para determinado fim.
- Consideração inadequada dos fatores ambientais - é muito comum engenheiros civis não verificarem as ações da natureza sobre a estrutura, um exemplo claro é a queda da passarela no Rio de Janeiro, devido a força da maré. Estas condições devem ser estudadas com cautela

pelos projetistas, para que se evite manutenções de alto custo ou até mesmo um colapso da estrutura.

- Controle de mão-de-obra - ocorrem devido à falta do detalhamento dos projetos, de fiscalização do executor, ou até mesmo de exigência no controle de qualidade da mão-de-obra. Às vezes por falta no mercado ou por preferirem uma mão de obra mais barata. O construtor deve sempre conciliar alta produção com qualidade de serviço.
- Controle de materiais – todos os materiais e insumos devem ser conferidos no momento da entrega. Caso haja necessidade de utilizar um tipo de material que não está nas especificações do projeto ou até mesmo substituí-lo por outro produto, essas mudanças não podem ser realizadas sem a autorização do projetista.
- Manutenção inadequada - manutenções devem ser prevista em projeto para que possam ter seus custos diminuídos e facilitar a execução. É de responsabilidade do proprietário realizar manutenções periódicas, visando evitar que pequenas falhas possam evoluir ao ponto de comprometer a estrutura.
- Uso inadequado - ocorre devido a mudança de função da estrutura, ou seja, ela foi projetada para determinado fim e está sendo utilizada para outro.

3.3 Patologias em Estrutura de Concreto Armado

O surgimento de problema patológico em uma dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante as etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades (SOUZA; RIPPER, 1998). De acordo Vitório (2003) os problemas patológicos em estruturas de concreto são bem característicos, permitindo o profissional exprimir qual a natureza, a origem e os mecanismos envolvidos, bem como as prováveis consequências.

O estudo dos processos de deterioração de uma estrutura de concreto, são de ampla complexidade, a fim de facilitá-lo surgiram duas classificações que agrupam por similaridade as causas que levam a deterioração.

- **Causas intrínsecas:** são inerentes as estruturas, têm origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização das obras por falhas humanas, por causa dos materiais utilizados ou por ações externas.
- **Causas extrínsecas:** são vistas como os fatores que atacam a estrutura "de fora para dentro", durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil dessa. (SOUZA; RIPPER, 1998).

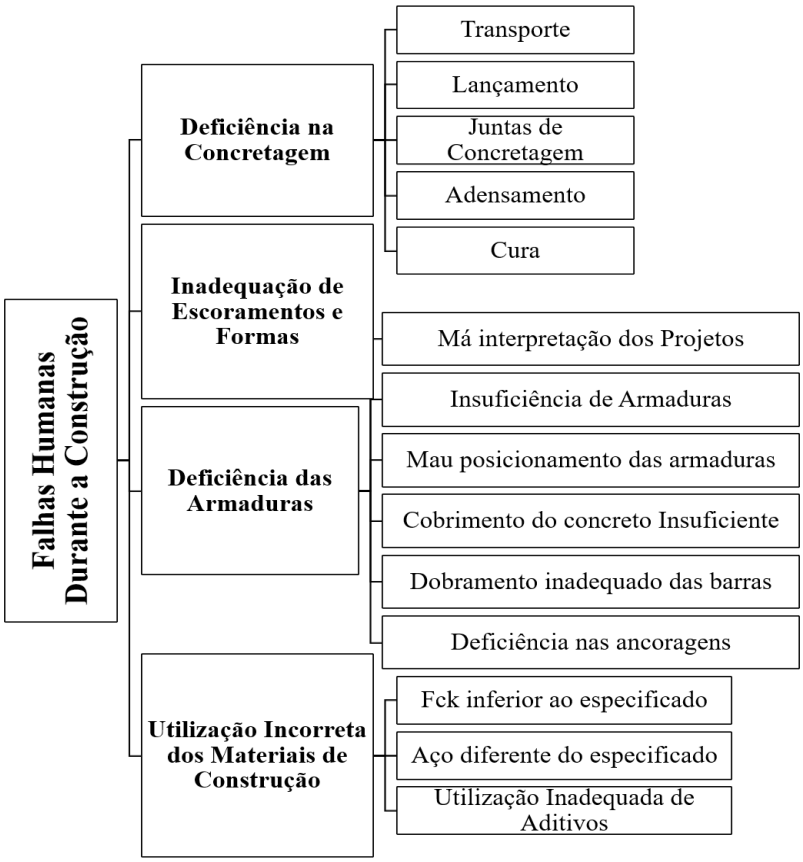
Para Torres *et al*. (2016) *apud* Helene (2003), os principais fatores de deterioração das estruturas de maneira extrínseca, são:

- Fatores mecânico (cargas excessivas e erosão);
- Fatores físicos (variações de temperatura, umidade, calor excessivo, raios ultravioletas, vento, chuva, maresia);
- Fatores químicos (poeira, fuligem, gases poluentes, maresia);
- Fatores biológicos (fungos, insetos, vegetação, bactérias, animais);
- Fatores antrópicos (manuseio, vandalismo, uso inadequado, transportes, processo construtivo inadequado);
- Fatores naturais (cheias, incêndios, ventos, chuvas, tremores).

Para melhor compreensão Souza e Ripper (1998), expõe por meio de esquemas (Figura 1 e 2) as mais decorrentes e suas principais causas de deterioração de uma estrutura. Separando-as devido a ocorrência em fase de execução e utilização.

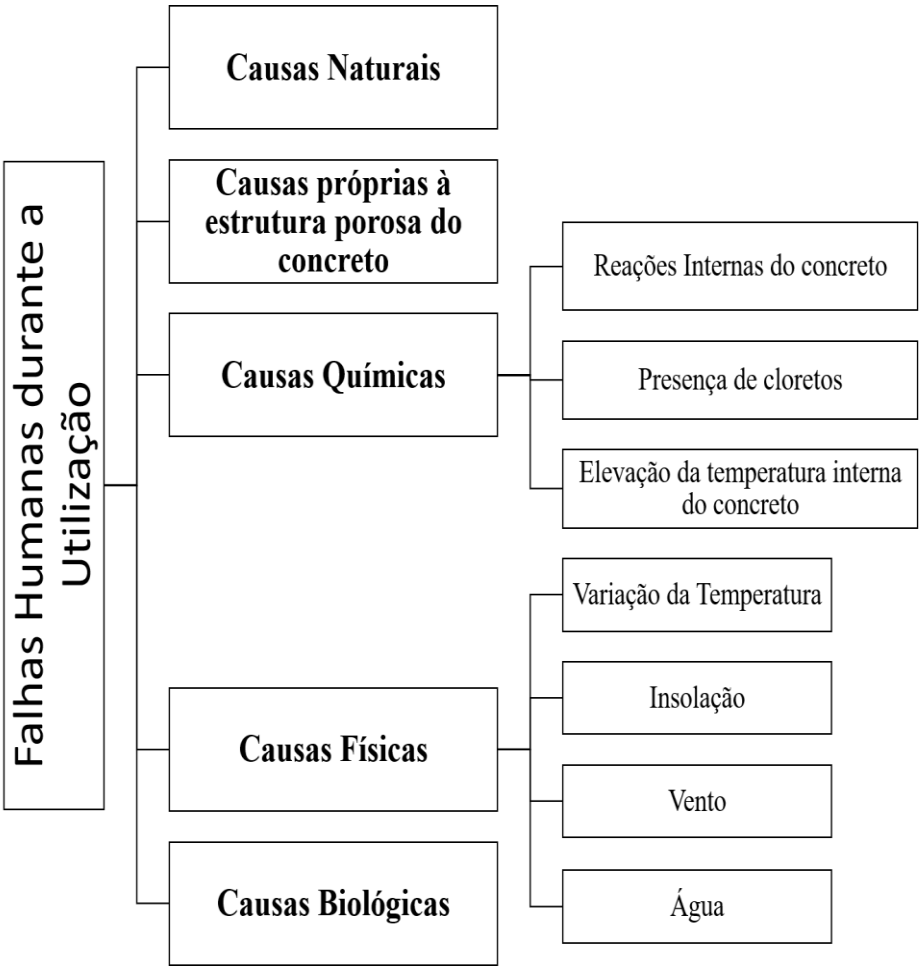
Figura 1:Falhas Humanas Durante a Construção

.



Fonte: Souza e Ripper,1998. Adaptado

Figura 2: Falhas Durante a Execução



Fonte: Adaptado Souza e Ripper,1998.

3.3.1 *Erros executivos*

3.3.1.1 Deficiências de concretagem

A concretagem é a primeira etapa na execução de uma estrutura, garantir sua qualidade, é zelar para que o desempenho final da estrutura atenda aos requisitos de projeto. Divide-se essa fase em cinco etapas, sendo elas: transporte, lançamento, juntas de concretagem, adensamento e cura.

Para que a trabalhabilidade do concreto não seja comprometida, o transporte do mesmo deve ser realizado de forma que a massa não seque e não perca a sua fluidez. Seu lançamento deve ser executado de maneira uniforme, evitando o deslocamento das armaduras. Deve-se também ter cuidado quanto à altura de lançamento, uma vez que a desatenção nessa etapa pode gerar segregação (Figura 3) dos materiais, ou seja, os agregados concentram-se na

base da estrutura enquanto que na superfície fica a pasta (cimento + água). Em pilares, é aconselhável que a altura de queda não ultrapasse os dois metros. (ISAIA, 1988).

A NBR 14931/2004 Execução de estruturas de concreto – Procedimento, apresenta diretrizes para a execução de estrutura de concreto, desde o plano de concretagem até as etapas finais. Nela é atentado para os problemas de segregação do concreto que pode ocorrer na etapa de transporte e o tempo máximo que o concreto pode ser transportado, sendo recomendado que após a água entrar em contato com o cimento não se exceda 2 horas e 30 minutos até a concretagem.

Figura 3: Ninhos de concretagem causados pela segregação

Fonte: TRINDADE, 2015, p. 78.

Com o objetivo de reduzir os vazios do concreto, aumentar sua resistência e aderência entre concreto e armaduras, é feito o adensamento. Etapa de suma importância, mas que deve-se ser estritamente bem executada, pois caso o concreto seja demasiadamente vibrado, poderá induzir o surgimento de outros tipos de patologias como a segregação (Figura 4) da mistura e heterogeneidade da resistência mecânica. Viana (2016) estabelece algumas recomendações para o correto adensamento do concreto:

- Evitar arraste do concreto;
- Lançar o concreto de maneira uniforme, com camadas do mesmo tamanho;
- Espessura de camadas compatível com o equipamento de adensamento;
- Adensar camada por camada para que se expulse todo o ar.

Figura 4: Falhas no concreto causadas pelo mau adensamento

Fonte: < https://drengenharia.com/principais-sinais-de-patologias-do-concreto/>

As juntas de concretagem são formadas a partir das camadas adensadas, é recomendado elas não sejam posicionadas em locais que apresentem elevadas tensões tangenciais ou que oferecem riscos de deslizamento de uma face a outra. Isaia (1988) aponta algumas medidas que podem amenizar o surgimento de patologias nas juntas de concretagem, sendo os principais:

- Não devem ser localizadas em regiões que serão mais solicitadas;
- Deve-se cravar barras de ferro no concreto velho para que se aumente a resistência;
- Nos locais das juntas devem ser aderidos adesivos estruturais, para se evitar a entrada de água ou qualquer outro fluido, aumentando a estanqueidade e a impermeabilidade do concreto.

A NBR 14931 (ABNT, 2004) ressalta ainda que antes da concretagem deve ser feita a remoção dos detritos e da nata de cimento da superfície, para que a aderência entre a junta e o concreto lançado seja garantida.

A etapa final da concretagem é a cura, que para Trindade (2015) consiste em evitar a evaporação da água sem que as reações de hidratação do cimento tenham sido realizadas. Existem diferentes maneiras para realização desse processo como: a molhagem das formas, em casos de pilares e vigas, irrigação da superfície, cobrimento da superfície entre outros. O autor ressalta ainda a importância desse processo, que uma vez deixado de lado pode gerar manifestações patológicas na estrutura ao decorrer do tempo.

3.3.1.2 Inadequação de escoramentos e formas

As formas servem como delimitação entre o concreto e as barras de aço, devendo ser montadas de acordo as dimensões estabelecidas em projeto. É necessário que o travamento das mesma seja feito de forma eficiente, para que ao receberem o concreto não mudem de formato devido ao peso do mesmo, mantendo inalterada a geometria da estrutura (Figura 5). A desforma deve acontecer após o período estipulado por norma. Este tempo deve levar em conta vários fatores tais como tipo de cimento, tipo de cura e cálculo estrutural. As escoras devem ser retiradas da extremidade para o centro.

A NBR 14931 estabelece que as formas e escoramentos não deve ser removidos até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para:

- Suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio;
- Evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas;
- Resistir a danos para a superfície durante a remoção;

Figura 5: Colapso da estrutura na concretagem em decorrência do mau escoramento da estrutura

Fonte:https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,falha-em-escoramento-pode-ter-causado-desabamento-de-laje-em-sp,822400.

3.3.1.3 Utilização inadequada dos materiais de construção

O uso inadequado de materiais pode gerar grandes prejuízos nas construções. Se tratando de concreto armado, pode-se citar o cimento, aço, agregados e aditivos. Para que a estrutura suporte as solicitações impostas, deve-se sempre utilizar o traço estipulado em projeto. A fim de conhecer a resistência à compressão do concreto, e medido o fck, que é utilizado como controle de qualidade do mesmo. (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2007).

O aço é um material fundamental na estrutura, visto que em os esforços de tração são em maioria combatidos por ele. É necessário que apresente uma boa aderência com o concreto, para evitar o surgimento de trincas. As barras não devem ficar expostas às intempéries, obedecendo a normatização seguindo o cobrimento mínimo de acordo com a agressividade do meio, para se evitar problemas com a corrosão. (TAKATA, 2009).

3.3.2 *Falhas humanas durante a utilização*

De acordo com Souza (2014), as falhas devido a utilização da edificação ocorrem por falta de manutenção. Trindade (2015) trata manutenção, como um conjunto de medidas previamente programadas, que objetivem manter a qualidade do elemento estrutural. Essas também podem ocorrer por negligencia e falta de informação dos usuários, que muitas vezes modificam e sobrecarregam a estrutura. Exemplos de falhas de utilização são os vão abertos em locais indevidos (Figura 6), os cortes para passagem de canalização (Figura 7) entre outras ações que afetam o desempenho da estrutura.

Figura 6: Degradação da estrutura para abertura de vão.

Fonte: < https://www.engenhariaconcreta.com/estrutura-de-concreto-armado-dicas-e-conceitos-importantes/>

Figura 7: Corte da estrutura para passagem de tubulação

Fonte: < https://drengenharia.com/principais-sinais-de-patologias-do-concreto/>

3.3.2.1 Causas Naturais

De acordo com Souza e Ripper (1998) não tem ligação com falhas humanas ou de equipamentos e máquinas. Consistem nas causas inerentes e próprias das características e propriedades do material concreto, e sua reação ao ambiente e aos esforços solicitantes a que é exigido durante a vida útil da estrutura. E mostrado na Figura 8 o surgimento de trincas em uma edificação devido recalque do solo.

Figura 8: Trincas causadas pelo recalque do solo

Fonte:<https://www.google.com.br/search?q=estruturas+trincadas+por+recalque+predios&tbm=isch&tbs=rimg::>

3.3.2.2 Causas próprias à estrutura porosa do concreto

Metha (1994) *apud* Souza e Ripper (1998), ressalta a relação entre concreto convencional- impermeabilidade- durabilidade. Para o autor atingir um concreto durável é uma maior preocupação do que alcançar um concreto resistente, uma vez que a resistência é atingida por fatores tratados por ele "triviais". Já a durabilidade está diretamente ligada com o ambiente em que a estrutura se insere, e os agentes agressivos nela atuantes. Sendo assim, características como porosidade e permeabilidade devem ser rigorosamente estudadas, para que não comprometa a durabilidade da estrutura.

Para alcançar um concreto que possua baixa porosidade e seja pouco permeável deve-se estar atento à relação água /cimento, para que esta seja baixa e densa, utilizando uma granulometria bem graduada. (NEVILLE, 2013 *apud* TRINDADE, 2015).

3.3.2.3 Causas Químicas

As reações químicas se manifestam através de efeitos físicos nocivos, tais como o aumento da porosidade e permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e destacamento. Atenção especial deve ser dada ao ataque de sulfatos, ataque por álcaliagregado e corrosão das armaduras, uma vez que estes fenômenos são responsáveis pela deterioração de um grande número de estruturas de concreto. (MEHTA *et al.*, 1994).

Os sintomas dessas doenças são, em geral, as fissuras, eflorescências, desagregação (Figura 9), lixiviação, manchas, expansão por sulfatos e reação álcalis-agregado. Tudo isso pode fazer com que o concreto perca sua capacidade de resistência, chegando à ruptura da estrutura.

Figura 9: Corrosão de armaduras em subsolo de edifício por infiltração de água

Fonte:< http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/doencas-concretas-conheca-as-principais-causas-de-patologias-de-287763-1.aspx>.

3.3.2.4 Causas físicas

Fatores como: variação da temperatura externa, da insolação, do vento e da água, esta última sob a forma de chuva, gelo e umidade, solicitações mecânicas ou acidentes ocorridos durante a fase de execução de uma estrutura. Tem significativa importância no desempenho das estruturas, principalmente quando agridem a s mesmas durante o período de endurecimento do concreto. (SOUZA; RIPPER, 1998).

3.3.2.5 Causas biológicas

A alta porosidade do concreto ou patologias como, fissuras e trincas geradas por falhas permitem que raízes de plantas e até mesmo algas que se instalam e geram compostos nocivos ao concreto. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Trindade (2015), pode ocorrer também ataque ao concreto por meio de microrganismos, que é um tipo de biodeterioração. Esta deterioração ocorre pelo motivo de que os microrganismos, em especial bactérias e fungos, agem de maneira a dissolver os componentes do cimento.

3.3.2.6 Má avaliação das cargas

Segundo Pinheiro, Muzardo e Santos (2007), a edificação é construída a partir das cargas estabelecidas durante o projeto estrutural. Porém, pode ocorrer que após alguns anos, o proprietário resolva destinar à edificação para outro fim. Por exemplo, quando decide transformar uma edificação multifamiliar, em uma academia ou biblioteca. A realização dessas alterações sem o acompanhamento de um profissional pode acarretar o surgimento de patologias, pois a estrutura que havia sido projetada para suportar uma carga X e agora é imposta a uma carga altamente superior. (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2007). É necessário também, estudo criterioso das cargas dos ventos, pois podem gerar grandes problemas. É exemplificado na Figura 10 um caso de colapso da estrutura.

Figura 10:Colapso da estrutura devido as solicitações aplicadas

Fonte: < https://deskgram.org/explore/tags/lajepremoldada>.

3.3.2.7 Inadequação do ambiente

A inadequação do ambiente consiste em fatores externos que podem afetar a integridade da estrutura, como a presença de uma água constante. Muitas vezes o projeto de uma estrutura é executado de maneira correta não apresentando falhas. Mas, devido à pouca atenção à proteção do meio externo, podem acabar tendo a durabilidade comprometida. (LAPA, 2008).

3.3.2.8 Incorreção da interação solo-estrutura

As estruturas de concreto armado possuem elevado peso próprio, por isso é de fundamental importância estudar o comportamento do solo de fundação dessas estruturas. O recalque absoluto já é previsto nos cálculos, porém o recalque diferencial não, e este poderá comprometer a estrutura (Figura 11), ocorrendo desde o aparecimento de pequenas trincas ou patologias mais graves que podem chegar até ao colapso da estrutura. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 11: Recalque diferencial sofrido pela edificação

Fonte: < http://www.geologiadobrasil.com.br/fundacoes_barbeiragem.html>.

3.3.2.9 Incorreção nas juntas de dilatação

Os elementos estruturais que compõem uma estrutura não estão totalmente estáticos. Em decorrência de diversos fatores, eles podem se movimentar e caso esse movimento não ocorra de maneira uniforme, podem alterar a capacidade de desempenho da edificação. Um exemplo muito comum são as movimentações decorrentes das variações de temperatura. A estrutura pode contrair ou expandir. (THOMAZ, 1989).

Para solucionar este problema é necessário a utilização das juntas de dilatação, que são elementos responsáveis por separar as partes de uma estrutura para que estas possam se movimentar sem que haja transmissão de esforços de uma para a outra, agindo como partes isoladas. Caso não seja realizada a instalação de juntas ou as mesmas não forem bem

executadas, irão surgir problemas como a fissuração e em caso de má execução as juntas poderão permitir a entrada de elementos que possa danificar a estrutura, como por exemplo a água.

3.3.3 *Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto*

Os sintomas de maior incidência nas estruturas de concreto são as fissuras, trincas e rachaduras, corrosão do concreto, flechas excessivas, manchas no concreto aparente, corrosão de armaduras e os ninhos de concreto, que são formados pela segregação dos materiais constituintes da mistura. (HELENE, 2003).

3.3.3.1 Fissuras, trincas e rachaduras

As fissuras são deformações peculiares das estruturas de concreto, eles denotam que algo de anormal aconteceu ou está acontecendo, chamando atenção de todos os usuários da estrutura. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Silva (2011), são aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos à estrutura. Essas aberturas são causadas devido aos esforços impostos aos materiais ou até mesmo contração plástica do concreto devido a fatores externos, que muitas vezes são maiores que a resistência, ocorrendo assim falha.

Conforme a espessura dessas aberturas, pode-se classificá-las como: fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha. (OLIVEIRA, 2012). De acordo com Oliveira (2012) a classificação quanto ao tipo é feita conforme a Tabela 1, abaixo.

Tabela 1– Classificação das aberturas nas estruturas

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: OLIVEIRA 2012, p.78.

Souza e Ripper, ressaltam que:

> É importante observar que, no entanto, a caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade com magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração. (SOUZA; RIPPER, 1998, p.57).

Existem vários fatores que acarretam fissuras nas estruturas, podendo ser: deficiências de projeto, contração plástica do concreto, assentamento do concreto / perda de aderência das barras da armadura, movimentação de fôrmas e escoramentos, retração do concreto, deficiências de execução, reações expansivas, corrosão das armaduras, recalques diferenciais, variação de temperatura, ações aplicadas. A imagens a baixo (Figuras 12, 13 e 14) exemplificam fissuras, rachaduras e trincas, respectivamente.

Figura 12: Fissura na estrutura.

Fonte:<http://aidearquitetura.com.br/fissuras-trincas-rachaduras/>.

Figura 13: Trinca

Fonte:< https://www.comjol.com.br/blog/aprenda-como-evitar-rachaduras-na-parede/rachaduras-de-parede_rachadura/>.

Figura 14: Rachadura

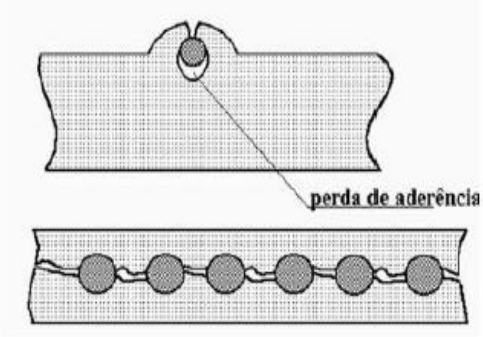
Fonte: < https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-rachadura.html>

3.3.3.2 Perda de aderência

A perda de aderência (Figura 15) pode ocorrer entre dois concretos de idades diferentes, ou entre as barras de aço das armaduras de concreto. As consequências desse efeito para a estrutura podem ser ruinosas. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Oliveira (2012) retrata que no processo de execução da estrutura, após o lançamento do concreto é necessário que se faça a vibração do mesmo, com a utilização de equipamento adequado. Nunca se deve balançar as armaduras. A vibração será responsável por diminuir os vazios entre o concreto e a barra de ferro. Desta forma é necessária uma boa aderência entre o concreto e as barras. Caso este processo não seja efetuado corretamente pode haver o surgimento de fissuras, que vão ser mais visíveis na camada mais espessa do concreto. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 15: Perda de aderência entre aço e concreto



Fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 62.

3.3.3.3 Corrosão e desgaste do concreto

O concreto está sempre sujeito ao ataque de elementos químicos agressivos, sendo ele de boa ou má qualidade. Mas normalmente, o concreto mais atacado é o de má qualidade, permeável, segregado. (VITÓRIO, 2003).

De acordo com Souza e Ripper:

> [...] a corrosão do concreto ocorre através de reações químicas, onde a pasta de cimento reage com determinados elementos químicos, causando em alguns casos a dissolução do ligante ou a formação de compostos expansivos, que são fatores deteriorantes do concreto. (SOUZA; RIPPER, 1998, p. 72).

Pode-se classificar à corrosão do concreto segundo três tipos, dependendo das ações químicas que lhe dão origem: corrosão por lixiviação; corrosão química por reação iônica; e corrosão por expansão. É mostrado na Figura 16 a degradação do concreto.

Figura 16: Desgaste do concreto por abrasão

Fonte: SOUZA; RIPPER, 1998, p. 56.

3.3.3.4 Desagregação do concreto

A desagregação do concreto (Figura 17) é a separação dos aglomerantes. Esta separação provoca a perda da capacidade resistente a esforços, perda de coesão o que reduz significativamente a resistência mecânica. Ela pode ser causada por diversos fatores como a fissuração, movimentação inadequada das formas, corrosão do concreto, ataques biológicos e calcinação. Segunda Vitório (2003) ocorre também pela expansão devido à oxidação ou

dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques.

A calcinação é causada quando o concreto entra em contato com altas temperaturas, superiores a 600°C, resultando na mudança do concreto e perda da resistência. (CÁNOVAS, 1988).

Figura 17: Desagregação do concreto em viga

Fonte: TRINDADE, 2015, p. 65.

3.3.3.5 Corrosão das armaduras

Uma das principais patologias apresentadas nas estruturas de concreto armado é a corrosão das armaduras (Figura 18). A corrosão pode originar manifestações patológicas no concreto, e também uma possível redução na seção transversal da armadura, reduzindo consideravelmente a capacidade portante do elemento estrutural.

Esse processo deve ser estudado, para que se possa prevenir a sua ocorrência ou evitar que ela seja recorrente após a manutenção da estrutura atacada. (BRITO, 2017). Souza e Ripper (1998) definem corrosão como a deterioração do cobrimento da armadura. Sendo esta película responsável pelo impedimento da dissolução do ferro, devido à alta concentração de água no concreto. Marcelli (2007) defende que a corrosão é um processo eletroquímico, que tem seu efeito aumentado com a introdução de fatores agressivos, tanto internamente quanto externamente que são adicionados ao concreto.

Quando a concentração de cloretos na armadura supera um valor crítico, a camada de proteção das armaduras é destruída e o processo de corrosão é iniciado. A corrosão é formada

a partir da presença de oxigênio e umidade. Ocorrem duas reações anódica e catódica. Na reação anódica o ferro fica carregado positivamente, ocorrendo assim dissolução dos íons de ferro. Nesta solução o ferro atua como eletrodo, e é ligado aos elétrons liberados pelo anodo, formando assim um circuito elétrico. (FUSCO, 2008).

Figura 18: Desgaste do concreto e corrosão das armaduras

Fonte: < http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/02/a-deterioracao-da-carbonatacao-do.html>.

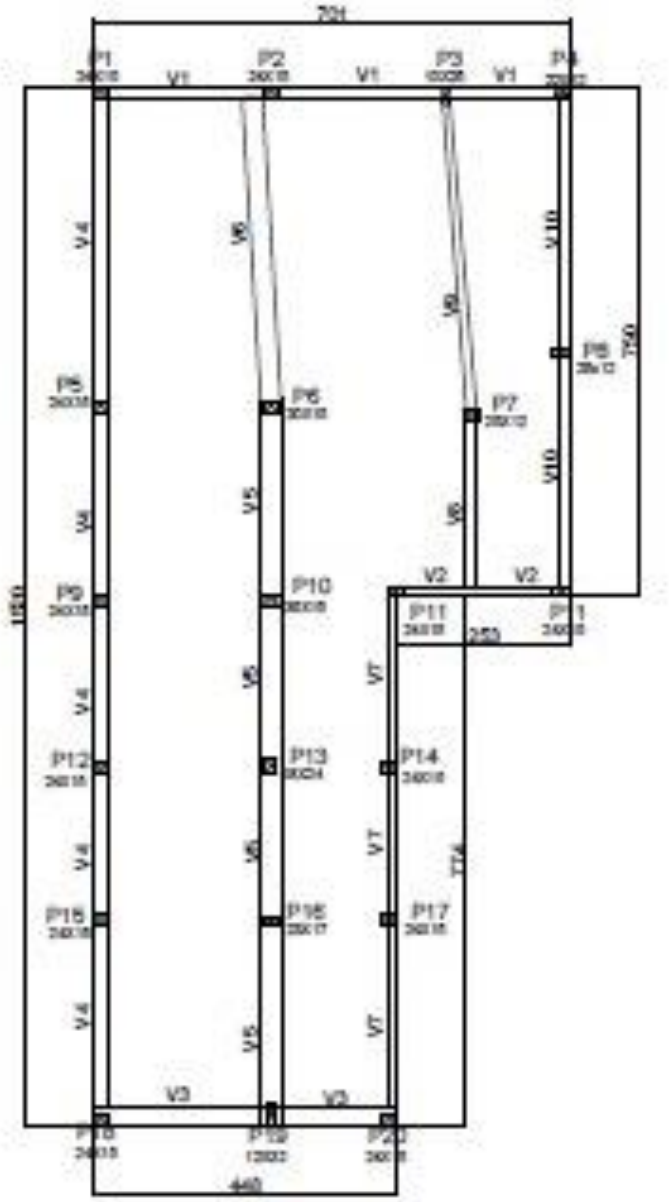
4 MATERIAIS E MÉTODOS

Quando uma estrutura apresenta problemas patológicos é necessário que antes de qualquer reparo ou intervenção seja feito o diagnóstico do problema, para que se possa identificar as possíveis causas, as condições das estruturas, sua intensidade e os agentes causadores das anomalias. O diagnóstico de um problema patológico não pode ser algo imediato, mas sim, um processo de análise que entenda e leve em consideração todos os problemas e evolução do caso. Souza e Ripper (1998), estabelece a seguinte metodologia para diagnóstico e classificação das patologias.

1. Classificação analítica do meio ambiente, em particular da agressividade à estrutura em questão;
2. Levantamento visual e medições expeditas da estrutura;
3. Estimativa das possíveis consequências dos danos e, caso necessário, tomada de medidas de emergência, tais como o escoramento de parte ou do todo da estrutura, alívio do carregamento, instalação de instrumentos para medidas de deformações e recalque e interdição da estrutura;
4. Levantamento detalhado dos sintomas patológicos, inclusive com documentação fotográfica, avaliação da presença de cloretos ou de outros agentes agressores;

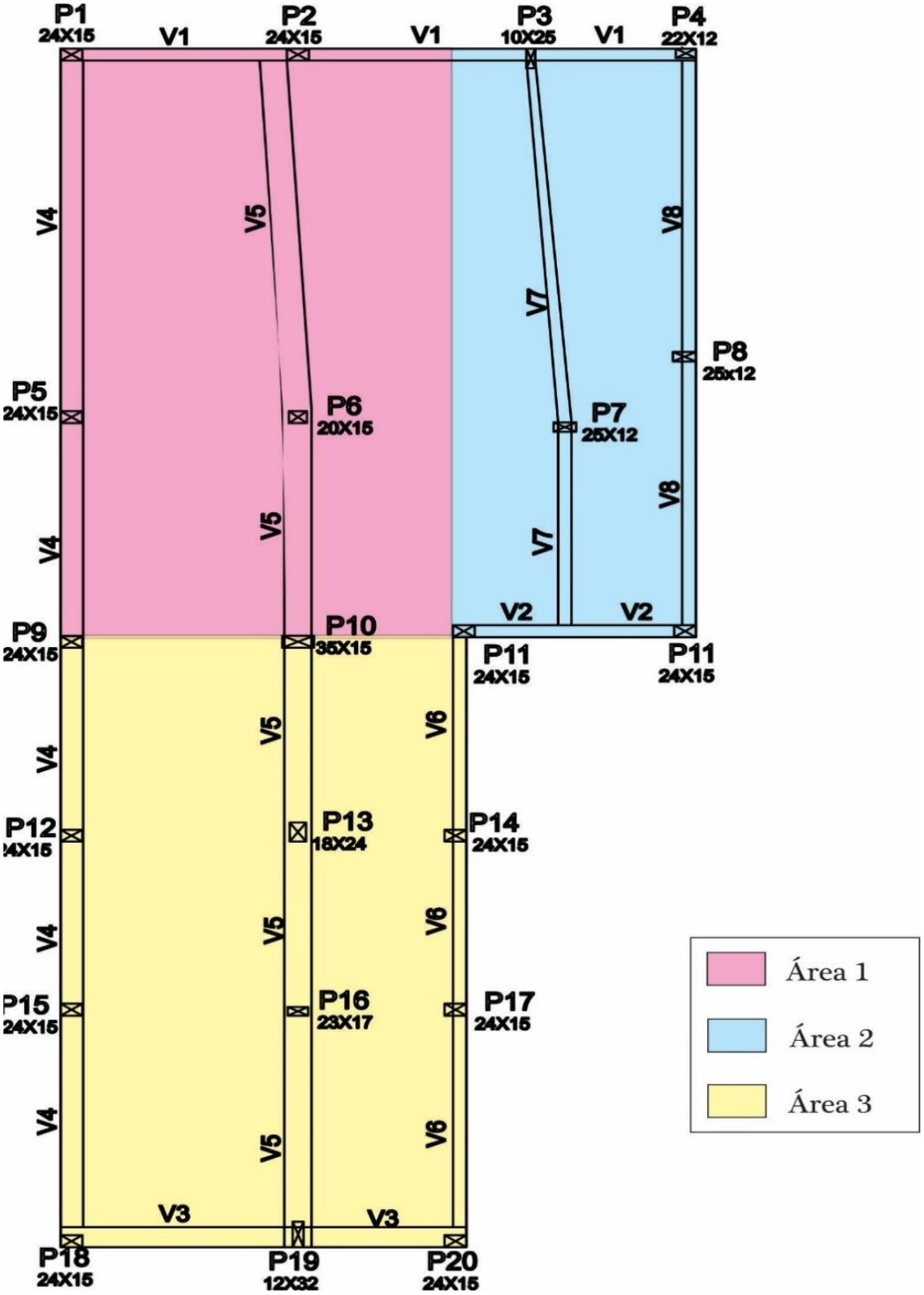
Para desenvolvimento do trabalho escolheu-se basear na metodologia descrita pelos autores, uma vez que os procedimentos por está sugeridos descrevem bem o trabalho realizado. Executou-se um estudo de caso em uma residência unifamiliar no município de Teófilo Otoni-MG, objetivando identificar patologias na estrutura da edificação, apontar suas possíveis causas e medidas de correção a serem tomadas. A edificação em questão possuí dois pavimentos, e sua estrutura é em concreto armado. Optou-se por analisar o segundo pavimento, que possui uma área de 87m², não possuindo divisões em alvenaria, e cobertura de telha de fibrocimento com estrutura em eucalipto. A planta baixa da edificação é apresentada na Figura 19.

Figura 19: Planta baixa da edificação



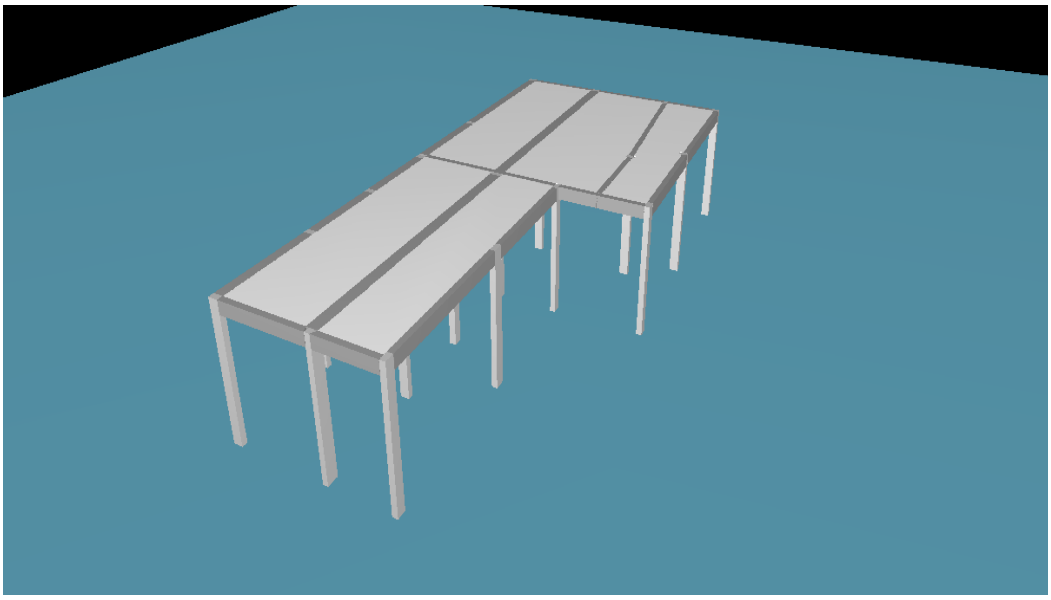
Durante a visita foi observado a presença de inúmeras patologias, dentre elas: armadura exposta, corrosão das armaduras, perda de seção, segregação e desagregação do concreto. Tais observações serão apresentadas no decorrer do trabalho por meio de fotos. Para melhor visualização dividiu-se a área em regiões, conforme a Figura 20.

Figura 20: Divisão do espaço em áreas



Para análise estrutural da edificação, foi executado plantas no software TQS versão 19.13.302 de acordo a Figura 21. A partir dos resultados gerados pelo software, foi possível conhecer a capacidade estrutural da edificação e comparar com uma situação ideal. Alguns elementos estruturais da edificação não seguem as especificações normativas quando se trata de suas dimensões, sendo um agravante para baixa capacidade estrutural.

Figura 21: Planta estrutural executa no software TQS



Fonte: Software TQS.

Foi observado que os problemas patológicos existentes na edificação se repetem em diversos pontos, causados por falhas executivas ou mesmo falta de conhecimentos técnicos. Para melhor visualização e entendimento, elaborou-se mapas localizando as patologias observadas, seguindo a divisão demonstrada na Figura 20. Estes foram criados com auxílio do software CorelDRAW versão 2018 e são apresentados nas Figuras 22, 23 e 24.

Figura 22: Patologias encontradas na área 1

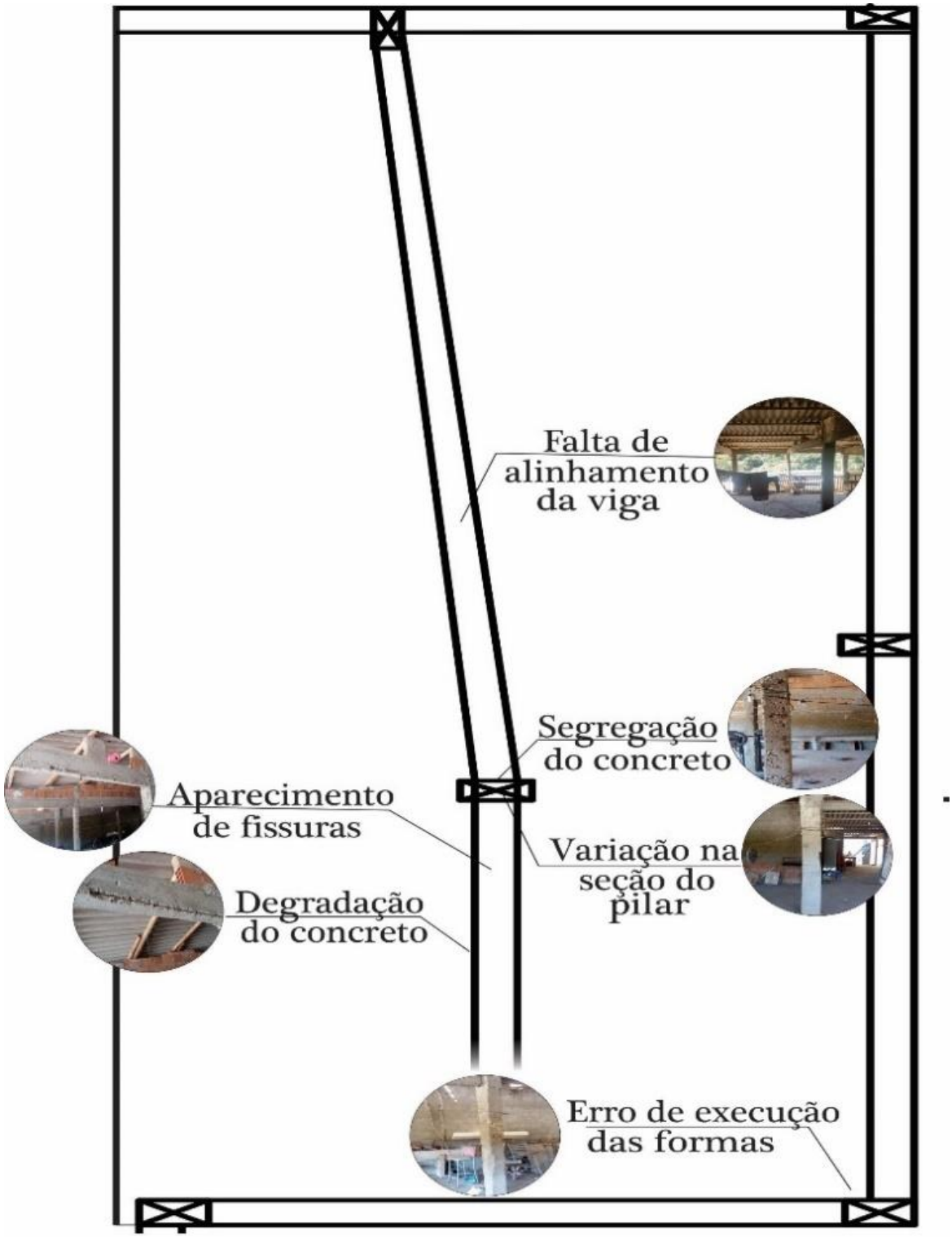


Figura 23:Patologias encontradas na área 2

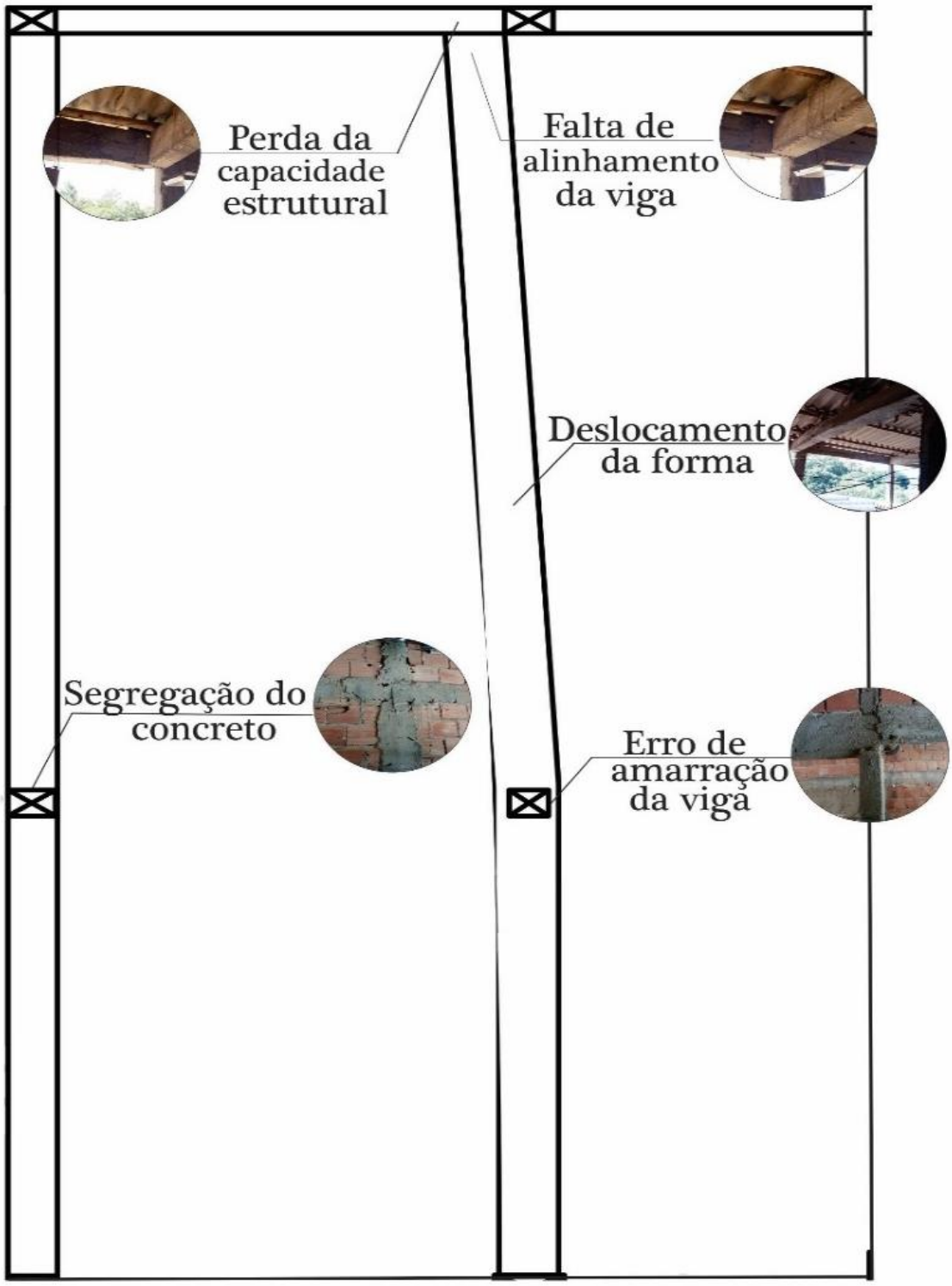
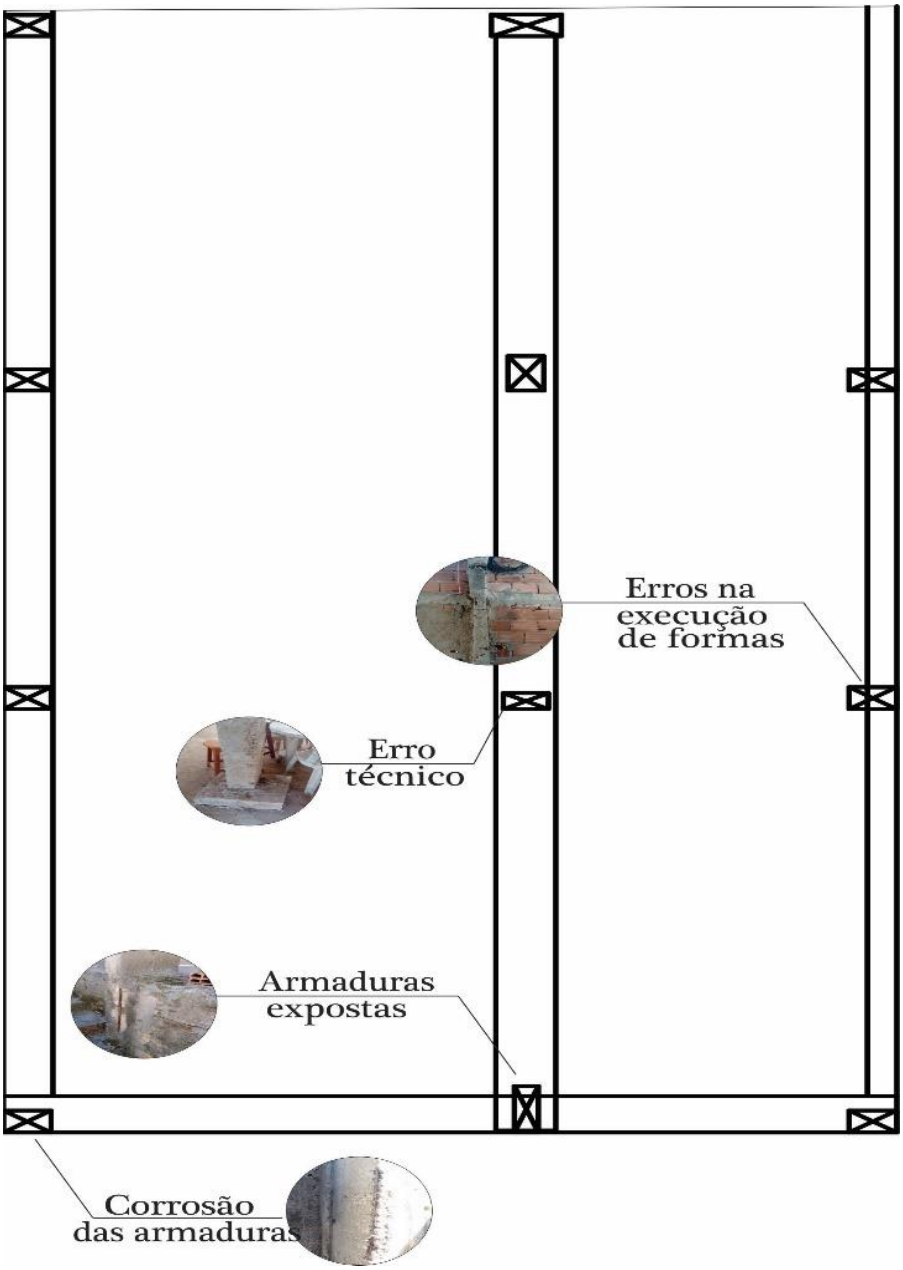


Figura 24: Patologias encontradas na área 3



De acordo mostrado nas imagens acima, percebe-se a presença de patologias, como: falta de alinhamento dos elementos, segregação do concreto por falta de adensamento, corrosão das armaduras, presença de fissuras, degradação do concreto e perda da capacidade de carga de alguns elementos estruturais.

A segregação do concreto foi o problema patológico de maior incidência, patologia conhecida também como ninho de concretagem, devido ao acumulo de agregados em determinados locais das estruturas. As possíveis causas para o surgimento destes problemas são: a baixa trabalhabilidade do concreto, a deficiência no transporte, lançamento feito de forma inadequada, não seguindo as especificações de altura mínima de lançamento (no caso de pilares), adensamento mal executado e a alta densidade das armaduras. Essas causas estão diretamente ligadas ao processo de execução da concretagem dos elementos estruturais. As Figuras 25 e 26 evidenciam casos de segregação do concreto na estrutura.

Figura 25: Ninhos de concreto formados pela segregação

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 26: Segregação do concreto e presença de armadura exposta

Fonte: Acervo pessoal.

Em todas as regiões foram identificadas armaduras expostas, algumas já em processo de degradação por agentes químicos. A exposição destas armaduras remetem a causas

diversas, tais como: desagregação do concreto, falta de cobrimento mínimo da armadura, falta de espaçamento entre as barras, dificultando a passagem do concreto pela armadura.

Alguns desses problemas são explicitados pelas Figuras 27, 28 e 29.

Figura 27: Armadura exposta, possível causa falta de espaçadores na forma

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 28: Perda da seção do concreto ocasionando a exposição da armadura

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 29: Armadura exposta na viga, evidenciando a falta da utilização de espaçadores e a degradação do concreto

Fonte: Acervo pessoal.

Apesar de todas as manifestações supracitadas, as fissuras e trincas são aquelas que despertam maior atenção, pois indicam que algo anormal está acontecendo com a estrutura, no

ambiente em análise não foi diferente. Nas Figuras 30 e 31 são apresentadas algumas dessas manifestações patológicas diagnosticadas, nas vigas pode-se apontar como causa principal o excesso de carga empregada, mas alguns outros fatores podem ter contribuído, como no caso da retração plástica do concreto. Nos pilares aparecem fissuras verticais ou ligeiramente inclinadas, indicando que possivelmente durante a execução ocorreu má colocação, insuficiência e deslocamento dos estribos.

Figura 30: Abertura da viga

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 31: Presença de fissuras na viga

Fonte: Acervo pessoal.

Erros de execução e falta de conhecimentos técnicos foram os principais problemas durante a execução da estrutura. Além dos problemas patológicos classificados acima, observou-se evidencias de que durante a construção da edificação foram empregadas técnicas pouco satisfatórias, tais como, vedação de formas com saco de cimento, como mostrado na Figura 32. Pela figura nota-se que o papel permaneceu na estrutura preenchendo uma área onde deveria ser preenchida por concreto.

Outra observação foi a variação na seção do pilar 13 como mostra a Figura 33. Essa variação se deu pelo fato de que o pilar é mais esbelto que o do pavimento abaixo, o que poderia ter sido solucionado a partir do emprego de uma viga de transição, onde as cargas também seriam bem distribuídas, assim como a viga 6, Figura 34, que perdeu sua retilineidade para ser descarregada em uma pilar. Há também erros de alinhamento das vigas e execução de formas, o que compromete o desempenho da estrutura.

Figura 32: Papel colado na estrutura, possivelmente colocado para vedar as formas

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 33: Aumento da seção do pilar

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 34: Viga não retilínea

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 35: Erro no alinhamento da viga

Fonte: Acervo pessoal.

Falhas executivas podem gerar também situações que impactam no conforto visual provocado ao usuário da estrutura, o que é de fundamental importância tratar. As Figuras 36, 37 e 38 mostram algumas consequências dessas falhas, como no caso da viga que teve seu alinhamento completamente alterada devido ao deslocamento da forma de concretagem. A falta de alinhamento dos pilares nas Figuras 37 e 38 também é um desses problemas que, além de gerar essa sensação de desconforto, comprometem a utilização do espaço para alguns fins.

Figura 36: Viga com seção variável possivelmente causada pela abertura da forma na concretagem.

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 37: **Falta de alinhamento dos pilares e vigas**

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 38: Pilar desalinhado

Fonte: Acervo pessoal.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos estudos apresentados anteriormente e da pesquisa teórica realizada durante a elaboração deste trabalho, foram propostas algumas possíveis soluções para as patologias identificadas na edificação. Levando em conta a viabilidade técnica e econômica, algumas dessas soluções apresentadas não se aplicam ao local estudado.

A Tabela 2 traz as dimensões dos pilares da estrutura. Sendo possível notar que alguns pilares possuem dimensão menor que o mínimo estabelecido pela NBR 6118/2014, onde prevê 14cm para base e altura, e área da seção 360cm² mínimos.

Tabela 2: Dimensões de vigas e pilares

Elemento	Dimensões	Área da seção	Condição
P1	24x15	360	OK!
P2	24x15	360	0K!
P3	10x25	250	NÃO OK!
P4	22x12	264	NÃO OK!
P5	24x15	360	OK!
P6	20x15	300	NÃO OK!
P7	25x12	300	NÃO OK!
P8	25x12	300	NÃO OK!
P9	24x15	360	OK!
P10	35x15	525	OK!
P11	24x15	360	OK!
P12	24x15	360	OK!
P13	24x15	360	OK!
P14	18x24	432	OK!
P15	24x15	360	OK!
P16	23x17	391	OK!
P17	24x15	360	OK!
P18	24x15	360	OK!
P19	12x32	384	OK!
P20	24x15	360	OK!

Com os dados fornecidos pelo software TQS, comparou-se a estrutura existente com a estrutura calculada pelo programa (Tabela 3). Nos pilares houve alteração apenas nas seções, as armaduras permaneceram iguais. Enquanto as vigas foram recalculadas e sofreram algumas mudanças nas dimensões e armaduras.

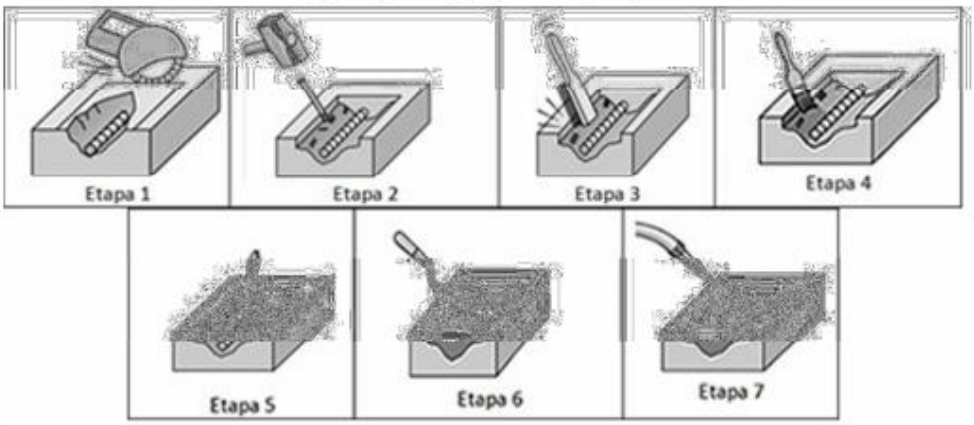
Tabela 3: Dimensões das vigas

Elemento	Dimensões Anteriores	Armaduras Anteriores	Dimensões Calculadas	Armaduras Calculadas
V1	15x24	Ø8	15x30	Ø8
V2	15x24	Ø8	15x24	Ø8
V3	15x24	Ø8	15x24	Ø8
V4	15x24	Ø8	15x24	Ø8
V5	15x24	Ø8	30x30	Ø10
V6	29x30	Ø8	Não dimensionada	Não dimensionada
V7	15x27	Ø8	15x27	Ø8
V8	15x27	Ø8	15x27	Ø8
V9	15x27	Ø8	15x30	Ø10

Para o processo de recuperação de armaduras corroídas, o primeiro passo é analisar o grau de comprometimento da mesma, para buscar a melhor maneira de intervenção. Souza e Ripper (1998) esclarece que antes de tudo é necessário que seja feito a limpeza do local, expondo toda a armadura degradada, retirando o concreto. A limpeza da armadura pode ser feita de diferentes maneiras, e a opção por cada uma delas dependerá do tipo de impureza presente.

Após esse procedimento é feito o revestimento da armadura, com intuito de protege-la, Marques (2015) afirma que para que o sistema anticorrosivo tenha sucesso é preciso que se conheça as causa da deterioração. Por fim, a armadura é novamente recoberta com o material cimentício. As etapas do processo de recuperação das armaduras são apresentadas na Figura 39.

Figura 39:Resumo das principais etapas para recuperação de armaduras



Fonte: MARQUES, 2015, p. 49

O tratamento de peças fissuradas requer uma análise minuciosa das possíveis causas, e consequências das fissuras à estrutura. Cada tipo de fissura possui uma causa e um agravante. Por isso existe várias formas de tratamento e cabe ao profissional escolher qual delas melhor se aplica ao caso. Algumas das formas de tratamento são: injeção de fissuras, selagens de fissuras e grampeamento.

A técnica de injeção de fissuras consiste no preenchimento completo das fissuras com materiais rígidos ou resinas flexíveis. As resinas epoxídicas são as mais utilizadas nesta técnica, por serem produtos não retrateis, de baixa viscosidade, altas capacidades resistente e aderente e possuírem bom comportamento em presença de agentes agressivos, além de endurecerem rapidamente e continuarem a manter suas características básicas, mesmo entrando em contato com o concreto. O tipo de resina a ser utilizado é escolhido de acordo a fissura e sua abertura, após a injeção da resina é feita à selagem com cola epoxídica para garantir a proteção da mesma.

A selagem é uma técnica aplicada em fissuras ativas, ou seja, aquelas que evoluem com o passar do tempo. Nesta técnica é feita a vedação dos bordos da fissura com material aderente e flexível. O grampeamento também é empregado nos casos de fissuras ativas, e em que o desenvolvimento delas acontecem segundo linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente, são usados em casos onde é necessário o reforço estrutural, com adição de armadura para sustentar os esforços causadores das fendas, essas armaduras são chamadas de grampos (Figura 40). (SOUZA; RIPPER,1998).

Figura 40: Grampeamento de fissuras

Fonte: Reitec Engenharia.

Como exposto na metodologia, a segregação do concreto é a patologia de maior ocorrência na edificação. Para Ambrosio (2004), a segregação do concreto deve ser avaliada através do estado em que se encontra a sua superfície, assim podendo ser:

- Superficial: com falhas apenas na argamassa superficial do concreto, sem o aparecimento de agregados graúdos;
- Média: com grandes falhas na superfície do concreto, com aparecimento dos agregados graúdos;
- Profunda: com profundas imperfeições da superfície do concreto, com desprendimento de agregados graúdos; ou sem falhas na superfície, com argamassa de cobrimento dando conformações à peça, porém contendo vazios em interior.

Para segregação do concreto, existe diversos tipos de soluções, que se aplicam a diversos caso. Todas essas soluções são antecedidas pelo mesmo processo, que é a retirada de todo material solto por mecanismos manuais e limpeza do local afim de retirar todos os resíduos. Algumas soluções para preencher os vazios são: recomposição da área com argamassa cimento/areia, colada com epóxi, recomposição da área com argamassa sintética (epóxi + areia ou quartzo granulado); recomposição com resina epóxi pastosa.

6 CONCLUSÃO

Como apresentado durante o desenvolvimento deste trabalho, as patologias em edificações são um grande desafio encontrado pela engenharia, uma vez que estão ligadas a inúmeras causas e origens, podendo surgir não apenas no momento da execução, mas na elaboração do projeto, na gestão da obra e na escolha inadequada dos materiais. Souza e Ripper (1998), destacam diversos motivos que podem levar ao comprometimento de uma estrutura, como a inobservância de alguns pequenos detalhes, ou por demasiada ousadia, ou por falta de conhecimento dos materiais de construção, ou pela limitação de custos e prazos, ou até mesmo por negligência ou fraude. Além disso, afirmam que a saúde de uma estrutura depende do projeto, da execução e da manutenção durante a vida da estrutura.

A partir das observações feitas na etapa de realização do estudo de caso, notou-se que um fator preponderante no surgimento das patologias, são os erros executivos, ligados à falta de conhecimento técnico dos profissionais. O que poderiam ser evitados por um controle de qualidade mais rigoroso durante a etapa de execução, e na especificação e utilização dos materiais.

Propor soluções de reparo ou reforço é um processo criterioso onde diversas variáveis devem ser levadas em conta, como explicitado por Souza e Ripper (1998), pode acontecer do custo do reforço ou reparo ser elevado e não compensar o resultado, ou ainda em alguns casos a estrutura pode ficar ultrapassada e perder sua funcionalidade. Assim muitas vezes a análise técnico econômica pode chegar a conclusão da não intervenção, e que seja mais viável a construção de uma nova estrutura ou elemento.

É preciso entender que para uma estrutura de concreto armado alcançar um bom nível, com a ausência de manifestações patológicas, todas as áreas envolvidas, desde a mão de obra de execução e os projetistas, os materiais utilizados, o conhecimento sobre o solo e o ambiente no qual se deseja construir, devem estar em harmonia, pois de nada adianta haver um bom quadro humano na área da execução, se os materiais utilizados são de baixa qualidade e procedência desconhecida. É necessário também que os profissionais voltem suas visões para ações preventivas, a fim de prever e evitar os defeitos, ao contrário de se possuir visões corretivas, onde os responsáveis só serão acionados após a formação da patologia

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. de . **Manifestações Patológicas em Prédio Escolar: Uma Análise Qualitativa e Quantitativa**. 2008. 204 p. Dissertação de Mestrado. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.)- Universidade Federal de Santa Maria., Santa Maria, 2008.

AMBROSIO, T. S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo.** 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

AURÉLIO, H. **Dicionário Aurélio Online**. 2018. Disponível em: https://dicionariodoaurelio.com/patologia. Acesso em: 03 de maio 2018.

BASTOS, P. S. S. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado**. Bauru: UNESP - Campus de Bauru/SP, 2006. 16 p.

BOTELHO, M. H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado Eu Te Amo**. 1. ed. São Paulo: Edgard Bhucher LTDA, 2004. 422 p.v.1.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. (1999). **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto. Cadernos de Engenharia de Estruturas**. n.8. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos.

BRITO, T. F. de. **Análise de Manifestações Patológicas na Construção Civil pelo método de GUT:** Estudo de Caso em uma Instituição Pública de Ensino Superior. 2017. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

CARVALHO, J. D. N. **Sobre as Origens e Desenvolvimento do Concreto.** 2008. 18 p. Publicação (Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de Concreto Armado**: Fundamentos de Projeto, Dimensionamento e Verificação. 2. ed. Brasília: UNB, 2008. 392 p.

CREMONINI, R. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre**: recomendações para projeto, execução e manutenção. 153p. Dissertação

(Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre,1988.

DA SILVA, T. J., (2002). **Como estimar a vida útil de estruturas projetadas com critérios que visam a durabilidade**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2. Novembro. São José dos Campos.

General principles on the design of structures for durability. ISO 13823. 2008

FRANÇA, A. A. V. *et al*. **Patologia das Construções**: Uma especialidade da Engenharia Civil. TechNet**,** São Paulo, n. 174, p.1-4, set. 2011.

HEERDT, G. B.; PIO, V. M.; BLEICHVEL, N. C. T. **Principais Patologias na Construção Civil.** 2016. 24 p. Artigo científico. (Engenharia Civil.)- Faculdade Metropolitana de Rio do Sul., Santa Catarina, 2016.

HELENE, P; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto, 2005. v. 2.

HELENE, P., (2001). **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos.

HELENE, P. R. do L.. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia da Construção:** Procedimentos para diagnóstico e recuperação. São Paulo: Companhia Cimento Portland Itaú, 1986.

MACEDO, E. A. V. B. de. **Patologias em Obras recentes de Construção Civil:** Análise Crítica das Causas e Consequências. 2017. 114 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

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

MARQUE, V.S. **Recuperação de estruturas submetidas á corrosão de armaduras: definição das variáveis que interferem no custo**. Monografia (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MAYR, L. R. **Falhas de Projeto e Erros de Execução:** Uma Questão de Comunicação. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 3.ed. São Paulo: IBRACON- Instituto Brasileiro de Concreto, 2008, p122.

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

_____. NBR 14931– Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2004.

OLIVEIRA, A. M. de. **Fissuras, Trincas e Rachaduras Causadas por Recalque Diferencial de Fundações**. 2012. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios.** São Carlos: Universidade de São Carlos, 2007. 380 p.

REIS, L. S**obre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** 2001. Dissertaçao (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001.

SILVA, L. K. da. **Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará.** 2011. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SOUZA, V. C. de; RIPPER, T. Patologia: **Recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TAKATA L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado**: Estudo de caso. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

TRINDADE, D. dos S. da. **Patologias em Estrutura de Concreto Armado.** 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

THOMAZ, E. **Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1989.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**. Instituto de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.