

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIEL RODRIGUES DA SILVA

FERNANDO TEIXEIRA LEITE RODRIGUES

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO
DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO**

ANÁPOLIS / GO

2019

DANIEL RODRIGUES DA SILVA
FERNANDO TEIXEIRA LEITE RODRIGUES

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO
DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

DA SILVA, DANIEL RODRIGUES/ RODRIGUES, FERNANDO TEIXEIRA LEITE

Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso em uma instituição pública de ensino

72P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Estruturas

2. Patologias

3. Obras públicas

4. Construção civil

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10º)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DA SILVA, Daniel Rodrigues; RODRIGUES, Fernando Teixeira Leite. Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso em uma instituição pública de ensino. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 72p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Daniel Rodrigues da Silva

Fernando Teixeira Leite Rodrigues

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso em uma instituição pública de ensino.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

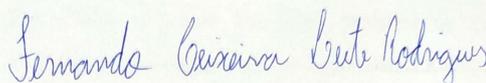
ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Daniel Rodrigues da Silva

E-mail: daniel10rs@gmail.com



Fernando Teixeira Leite Rodrigues

E-mail: fernandotlr@hotmail.com

DANIEL RODRIGUES DA SILVA
FERNANDO TEIXEIRA LEITE RODRIGUES

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO
DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



AURÉLIO CAETANO FELICIANO, especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 03 de dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, porque, sem ele, nada seria possível.

Agradeço à meus pais e meu irmão, por me apoiarem em todo o tempo, sempre estando ao meu lado em tudo o que precisei.

Agradeço à minha família, por me incentivar em minhas escolhas, e, apesar da distância, sempre lembrar de mim.

Agradeço aos meus amigos, por tornar essa jornada muito mais leve e divertida. E agradeço em especial à minha dupla de trabalho, por ser um grande amigo que levarei para o resto da minha vida.

Agradeço aos meus professores, pela paciência e o carinho que tiveram para me instruir e me guiar no caminho correto. Em especial ao professor Carlos Eduardo Fernandes, por se dispor a orientar este trabalho.

Daniel Rodrigues da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me colocar onde estou e por tudo que tenho. Sem Ele eu nada seria.

Agradeço aos meus queridos pais e irmã, por terem me proporcionado uma infância saudável e por me dar toda a educação que possuo. Agradeço especialmente ao meu pai, pois sem ele eu não poderia ser o profissional que sou hoje.

Agradeço também, de todo o meu coração, a minha digníssima namorada por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis e por me apoiar em minhas decisões.

Agradeço aos meus amigos, que estiveram comigo durante os 5 anos de curso. E, em especial, à minha dupla de trabalho, em quem confio e levarei sua amizade para sempre.

Agradeço aos meus amigos da minha cidade natal que, apesar da distância, nunca deixaram de me receber ou de me visitar.

Agradeço também aos meus primos que se dispuseram e me acolheram em sua casa para que eu pudesse terminar esta etapa da minha vida.

E por último e não menos especial, agradeço a todos os professores que se dedicaram para nos passar o máximo de conhecimento possível e nos ajudar nessa caminhada acadêmica, em especial, ao professor Carlos Eduardo Fernandes, que aceitou o convite para nos orientar e por ter nos ajudado a finalizar este trabalho.

Fernando Teixeira Leite Rodrigues

RESUMO

Este trabalho é o resultado de estudos sobre a ciência que explora as patologias em construções de concreto armado. No Brasil, as origens e causas deste tipo de problema surgem, em sua maioria, na fase de execução da obra; com isso, o objetivo deste estudo é mostrar para os profissionais da área o quão importante é ter conhecimento sobre patologias, de forma a saber analisar suas causas, origens e consequências, evitando que tal tipo de situação continue a se propagar em nosso ramo. Durante o desenvolvimento e elaboração deste trabalho, várias patologias foram explanadas de modo a qualificar o prognóstico em possíveis pareceres técnicos e laudos futuros, pois qualquer erro de análise em certas patologias pode causar danos irreparáveis a estrutura. Este trabalho tem como base o estudo de caso de uma reforma em um Centro Municipal de Educação Infantil, localizado no município de Anápolis – GO, onde, através de registros fotográficos, foram identificados diversos tipos de patologias, as atitudes adotadas para correção destes e a análise de tais medidas serão abordadas no decorrer do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE:

Patologia. Concreto armado. Recalque. Umidade. Corrosão. Fissura. Manutenção.

ABSTRACT

This work is the result of studies on the science that explore the pathologies in reinforced concrete constructions. In Brazil, the origins and causes of this type of problem arise mostly in the execution phase of the construction, so the aim of this study is to show to professionals in the area how important it is to have knowledge about pathologies, in order to know how to analyze its causes, origins and consequences, avoiding that this kind of situation continues to spread in our branch. During the development and elaboration of this work, several pathologies were explained in order to qualify the prognosis in possible technical opinions and future reports, as any analysis errors in certain pathologies can cause irreparable damage to the structure. This work is based on the case study of a reform in a Municipal Center of Early Childhood Education, located in the municipality of Anápolis - GO, where, through photographic records, were identified several types of pathologies, the attitudes adopted for correction of these and the analysis of such measures will be addressed in the course of the work.

KEYWORDS:

Pathology. Reinforced concrete. Structural repression. Moisture. Corrosion. Fissure. Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica de sapata isolada.	21
Figura 2 - Perspectiva de sapata associada.	22
Figura 3 - Vista superior de uma sapata corrida.	22
Figura 4 - Representação gráfica de bloco.	23
Figura 5 - Exemplo de fundação profunda.	24
Figura 6 – Estacas agrupadas.	25
Figura 7 - Ilustração de tubulão.	26
Figura 8 - Corpo submetido a forças externas.	27
Figura 9 - Recalque diferencial.	35
Figura 10 - Falha na impermeabilização de laje.	38
Figura 11 - Representação de fissura causada por flecha excessiva.	41
Figura 12 - Bolor em alvenaria de vedação.	42
Figura 13 - Efeito da carbonatação no concreto.	43
Figura 14 - Manifestação de corrosão em elementos estruturais.	44
Figura 15 - Corrosão em armadura de coluna.	44
Figura 16 - Execução da reforma no CMEI.	48
Figura 17 - Fissuras e Trincas.	49
Figura 18 - Fissura em mureta de proteção.	50
Figura 19 - Fissura em pilar da mureta de proteção.	51
Figura 20 - Trincas e fissuras em janela.	52
Figura 21 e 22 - Fissura lateral à marquise.	53
Figura 23 - Corrosão de pilares metálicos.	53
Figura 24 e 25 - Corrosão em elementos metálicos.	54
Figura 26 - Falta de rejunte.	55
Figura 27 - Bolhas em pintura de alvenaria.	55
Figura 28 - Falha na impermeabilização da marquise.	56
Figura 29 e 30 - Deslocamento da pintura e reboco da marquise.	57
Figura 31 - Portal apodrecido.	57
Figura 32 - Calafetagem de fissuras.	58
Figura 33 - Reparo de trinca em alvenaria.	58
Figura 34 - Correção de trinca em pilar de mureta.	59

Figura 35 - Proteção de pilares metálicos.....	60
Figura 36 e 37 - Lixamento e limpeza de esquadria metálica.	60
Figura 38 - Correção de bolhas na pintura.	61
Figura 39 - Emassamento para pintura interna.....	62
Figura 40 - Elevação da platibanda.	63
Figura 41 - Estrutura de metalon sobre marquise.....	63
Figura 42 - Montagem de telhado de zinco sobre marquise.....	64
Figura 43 - Telhado de zinco sobre marquise.	65
Figura 44 - Portas metálicas.	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise percentual da origem dos problemas patológicos em estruturas de concreto armado.	33
Quadro 2 - Relação entre recalques distorcionais e danos em edificações.	36
Quadro 3 - Classificação de microfissuras, fissuras e trincas.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem da ocorrência de patologias em etapas da fundação.....	45
Gráfico 2 – Lei de Sitter.	456

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	28
Equação 2	28
Equação 3	28
Equação 4	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
CGU	Controladoria-Geral da União
CMEI	Centro Municipal de Ensino Infantil
NBR	Norma Brasileira
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de seção transversal
B	Diâmetro do fuste
d	Distância entre ponto de atuação da carga e eixo de rotação
F	Força normal
F_x e F_y	Força de cisalhamento
F_z	Força normal
M	Momento fletor
P	Carga do pilar
R_L	Resistência de fuste
R_P	Resistência de ponta
σ_z	Tensão normal
τ_{zx} e τ_{zy}	Tensão de cisalhamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 METODOLOGIA.....	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 ESTRUTURA	19
2.1 CONCEITO	19
2.1.1 Superestrutura	19
2.1.1.1 Laje	19
2.1.1.2 Viga	20
2.1.1.3 Pilar.....	20
2.1.2 Subestrutura	20
2.1.2.1 Fundações superficiais.....	21
2.1.2.1.1 <i>Sapata</i>	21
2.1.2.1.2 <i>Bloco</i>	23
2.1.2.1.3 <i>Radier</i>	23
2.1.2.2 Fundações profundas	24
2.1.2.2.1 <i>Estacas</i>	25
2.1.2.2.2 <i>Tubulões</i>	26
2.2 ESFORÇOS INTERNOS	27
2.2.1 Tensão normal	28
2.2.2 Tensão de cisalhamento	28
2.2.3 Momento fletor	29
2.3 AÇÕES	29
2.4 ESTADOS LIMITES	30
3 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	32
3.1 CONCEITO	32
3.2 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	32
3.2.1 Patologias por erro de projeto.....	33

3.2.2	Patologias por erro de execução	33
3.2.3	Patologias por erro de utilização.....	34
3.3	MECANISMOS CAUSADORES DE PATOLOGIA.....	35
3.3.1	Recalque	35
3.3.2	Movimentação térmica.....	37
3.3.3	Umidade.....	37
3.3.4	Reações químicas	38
3.3.5	Sobrecargas e deformações excessivas.....	39
3.4	MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	39
3.5	TIPOS DE PATOLOGIA.....	40
3.5.1	Microfissuras, fissuras e trincas	40
3.5.1.1	Regra da mediatriz.....	41
3.5.2	Bolores, fungos e algas	42
3.5.3	Carbonatação	42
3.5.4	Corrosão de armaduras	44
3.5.5	Patologia das fundações	45
3.6	MANUTENÇÕES.....	46
3.6.1	Preventiva.....	46
3.6.2	Corretiva	47
4	ESTUDO DE CASO	48
4.1	INFORMAÇÕES GERAIS	48
4.2	DESCRIÇÃO DO ESTUDO	49
4.3	PROBLEMAS ENCONTRADOS	49
4.4	MANUTENÇÕES CORRETIVAS ADOTADAS	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

A ciência da patologia das construções é uma área da engenharia que analisa os indícios e procedências dos defeitos que ocorrem na construção. A partir do estudo de tais anomalias, é possível impedir que as manifestações patológicas se tornem algo corriqueiro nas edificações atuais (CARMO, 2003).

Atualmente no Brasil, o mercado da construção civil está se recuperando de uma crise que, de acordo com o jornal ‘Estadão’, vem melhorando e mostrando recuperação desde o início de 2017, fazendo com que a concorrência entre as empresas do ramo aumente consideravelmente. Por esse motivo, é cada vez mais comum que empresas trabalhem com cronogramas mais reduzidos e menor controle sobre os materiais e serviços, sacrificando a qualidade, e, conseqüentemente, elevando o número de erros de execução (THOMAZ, 1989).

Segundo Brisolara (2014), na engenharia, da mesma forma que na medicina, o termo patologia trata do estudo das origens, causas, e conseqüências dos acontecimentos em que obras de engenharia ou suas partes deixam de apresentar o desempenho mínimo determinado.

Souza e Ripper (1998) afirmam que as patologias surgem devido a deterioração “natural” da edificação e também, na maioria dos casos, por erros cometidos pelos profissionais responsáveis pela construção. A falta de conhecimento, a utilização de materiais defeituosos, fora dos padrões de suas respectivas normas, e a mão de obra desqualificada são fatores relevantes e que somados podem colocar a edificação em risco.

Em conformidade com Thomaz (2001), o assunto “patologia e qualidade na construção” está se tornando cada vez mais relevante, pois o número de defeitos encontrados em edificações não é aceitável. Em alguns casos, a busca pela economia durante construção remete em gastos maiores em manutenções futuras.

De acordo com Marcelli (2007), muitos profissionais são equivocados ao pensar que manutenções e soluções de reparo são simples. Muito pelo contrário, por mais que reparos “superficiais” possam parecer ideais, existe uma grande chance destes problemas voltarem piores, e um erro neste tipo de etapa pode acarretar em enormes prejuízos financeiros.

1.1 JUSTIFICATIVA

A patologia em edificações tornou-se um tema muito relevante e que, devido a sua elevada incidência, tem prejudicado diversas pessoas que são frustradas após receber seus

imóveis com defeitos que aparecem pelo mesmo pouco tempo após serem entregues. De acordo com a Controladoria-Geral da União (CGU), com análise nas edificações construídas sobre o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) em 12 estados, foram encontrados defeitos em 56,4% das moradias visitadas e todas ainda dentro do prazo de garantia.

O estudo das patologias nas construções é de grande importância na busca da evolução em métodos construtivos e na melhoria da habitabilidade e durabilidade das edificações. Para evitar o surgimento de manifestações patológicas, é necessário fazer um estudo detalhado das origens para compreender o efeito e auxiliar nas decisões de escolhas e planos de ação contra os problemas (NAZARIO; ZANCAN, 2011).

Apesar de existir a Norma Brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013), que trata a respeito da vida útil, do desempenho, da eficiência e da sustentabilidade, buscando minimizar erros de projeto e consequentes defeitos, não há nenhuma Norma Regulamentadora que explique e dê recomendações para casos onde tais patologias ocorram. Portanto, este estudo tem por finalidade investigar patologias, classificá-las e buscar possíveis soluções para sanar tais problemas.

É importante destacar a relevância das manutenções preventivas em todos os tipos de edificações, pois, para que sua vida útil seja alcançada, é imprescindível que estas ocorram de forma periódica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo identificar e classificar patologias em edificações de concreto armado através de levantamento bibliográfico, fazendo um Estudo de Caso em uma instituição pública de ensino em Anápolis-GO, para relatar as causas e medidas tomadas para a solução deste tipo de problema.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar as definições de estruturas em geral;
- Classificar os elementos estruturais em concreto armado;
- Relacionar os diversos tipos de patologias e suas definições;

- Apresentar estudo de caso em uma instituição pública de ensino, Centro Municipal de Ensino Infantil (CMEI), para identificar e classificar o problema relatado e as soluções adotadas para corrigir o mesmo.

1.3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi realizado por meio de pesquisa qualitativa, buscando livros e artigos que tratam do assunto de patologias em construções. Foi realizado um estudo de caso para apresentar uma situação que envolva os aspectos da pesquisa para exemplificar a metodologia de solução e destacar uma avaliação sobre as diversas patologias encontradas em estruturas de concreto armado, caracterizando o caso em estudo, que apresenta um levantamento fotográfico realizado no local para comparar a condição da estrutura, o problema encontrado e a solução adotada.

O objetivo da pesquisa de campo é criar um vínculo entre os dados adquiridos e o estudo bibliográfico. Essa metodologia permite a oportunidade de colocar a prova todo o embasamento da pesquisa em um estudo de caso real, avaliando o desenvolvimento e complexidade do mesmo (PIANA, 2009).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em 05 capítulos. No primeiro capítulo é apresentado uma breve introdução sobre o tema, contextualizando-o e justificando a escolha do assunto abordado, além de apresentar os objetivos geral e específicos e a metodologia empregada para a realização do trabalho.

As revisões bibliográficas sobre estruturas e patologias em estruturas de concreto armado se encontram, respectivamente, no segundo e terceiro capítulo.

No quarto capítulo é apresentado o objeto do estudo de caso do trabalho, mostrando suas características e patologias, além da forma de como estas foram solucionadas e se os reparos foram suficientes.

Finalmente, o quinto capítulo apresenta as conclusões desta pesquisa e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 ESTRUTURA

2.1 CONCEITO

Segundo Barboza (2008), a estrutura na construção civil é o conjunto de elementos que compõe determinada edificação e tem a finalidade de mantê-la estável e segura durante toda sua execução e utilização. Vitorio (2003) afirma que “A estrutura garante a estabilidade da edificação submetida a cargas cujas diferentes direções e intensidades provocam conflitos que necessitam ser equacionados”.

De acordo com Sáles et al. (2005) deve-se entender como sistemas estruturais as disposições racionais e favoráveis de vários elementos estruturais. Estes são classificados por possuírem características de corpo rígido deformável e com capacidade de receber e transmitir esforços em geral. Em função de suas dimensões, os elementos estruturais podem se dividir em três categorias:

- Linear (ou barra): quando uma dimensão é bem maior do que as outras duas dimensões do elemento.
- Superfície: quando duas dimensões do elemento são bem maiores do que a terceira dimensão. Este tipo de elemento pode ser subclassificado em chapa, placa ou casca.
- Volume (ou bloco): quando as três dimensões possuem a mesma ordem de grandeza.

2.1.1 Superestrutura

Bastos (2016) define superestrutura como elementos estruturais que dão sustentação a uma edificação e se encontram acima do nível da construção, apoiando-se sobre a subestrutura.

2.1.1.1 Laje

Laje é um componente estrutural, bidimensional e plano, com maiores dimensões no sentido horizontal. De acordo com Bastos (2015), sua funcionalidade é suportar as cargas aplicadas sobre a edificação, sejam elas permanentes ou acidentais, e transmiti-las para as vigas (em alguns tipos de lajes, as cargas são transmitidas diretamente para os pilares). Além disso, as lajes também tem a função de piso e cobertura em uma estrutura. Grande parte das

vezes, este elemento recebe cargas perpendiculares ao seu plano proveniente de paredes, móveis, pessoas, máquinas, piso, etc. Essas ações podem ser distribuídas sobre a laje de forma linear, em área ou concentrada.

2.1.1.2 Viga

De acordo com Sáles et al. (2005) vigas são elementos lineares, posicionados de forma horizontal ou inclinado, podendo ter um ou mais apoios.

A função da viga é receber a carga advinda das lajes, paredes e vigas, vencer os vãos e transmitir os carregamentos para os pilares ou outras vigas. Para Bastos (2006), essas cargas podem ser pontuais ou distribuídas perpendicularmente ao longo do seu comprimento. Vigas também recebem esforços normais de tração e compressão em seu eixo longitudinal. As vigas, assim como as lajes, servem como estrutura de contraventamento reforçando a estrutura a resistir cargas acidentais.

2.1.1.3 Pilar

Souza e Rodrigues (2008) definem pilares como barras retas dispostas verticalmente, podendo ser chamado de coluna quando sua seção transversal for circular. Sua principal função é suportar forças normais de compressão provenientes das vigas e/ou lajes. É um elemento bastante usual na construção civil e muito importante no sistema estrutural.

Quando os pilares se juntam às vigas, surgem os pórticos, que geralmente são os grandes responsáveis por suportar as cargas horizontais e verticais, garantindo o equilíbrio da estrutura como um todo (SCADELAI; PINHEIRO, 2005).

2.1.2 Subestrutura

Bastos (2016) define subestrutura como os elementos de uma estrutura que se encontram abaixo do nível do terreno e são os responsáveis por distribuir todas as cargas advindas da superestrutura (ações do vento, cargas verticais, entre outros) para o solo.

2.1.2.1 Fundações superficiais

De acordo com a norma NBR 6122 (ABNT, 2010), fundação superficial, também chamada de rasa ou direta, são elementos em que o carregamento é transmitido ao solo, principalmente, pelas pressões distribuídas sob a base da fundação. Além disso, sua profundidade de assentamento é inferior a duas vezes a menor dimensão do elemento de fundação. A norma também ressalta para casos onde a fundação é de divisa com terrenos vizinhos, salvo em situações em que o elemento se apoia sobre uma rocha, a profundidade da fundação não deve ser inferior a 1,5 metros.

Logo abaixo será descrito os tipos de fundação superficiais, como: sapatas isoladas, associadas e corrida, os blocos e os radiers.

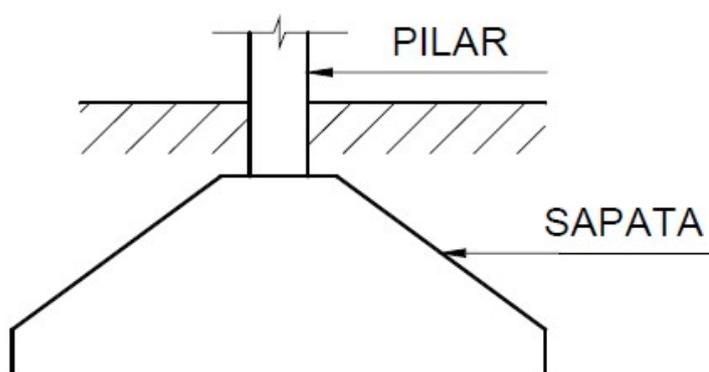
2.1.2.1.1 Sapata

Segundo Brito (1987), sapatas são elementos de fundação que transmitem as cargas da estrutura para o solo através de sua base e trabalham sobre efeito de flexão, por esse motivo, deve-se utilizar materiais resistentes a tração juntamente com o concreto em sua execução.

Além disso, Bastos (2016) classifica as sapatas em três tipos:

- Sapata isolada: Representada pela Figura 1, é aquela que recebe a ação de cada pilar individualmente, transmitindo-o para o solo. Sua base pode ser de vários formatos em planta, sendo a retangular a mais comum devido a geometria dos pilares.

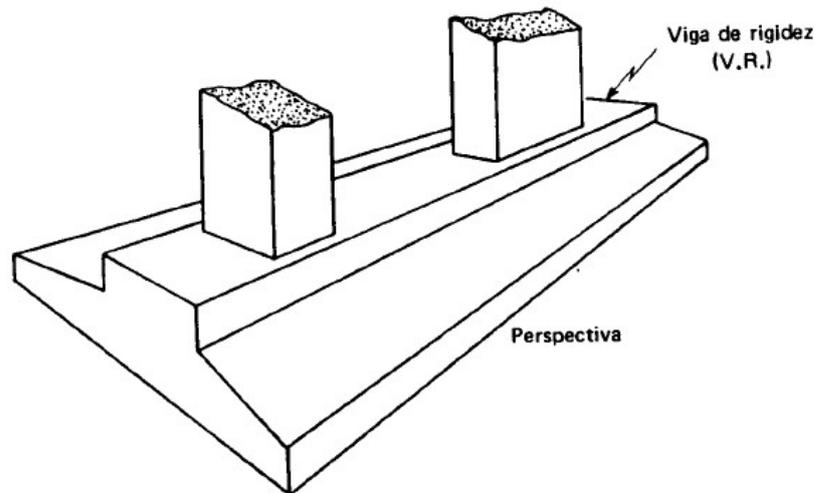
Figura 1 - Representação gráfica de sapata isolada.



Fonte: Bastos (2006).

- Sapata associada: utilizada geralmente quando dois ou mais pilares se encontram bem próximos um do outro, para evitar que as sapatas se sobreponham. Os pilares não necessitam estar em um mesmo alinhamento em planta para se executar este tipo de elemento. A Figura 2 mostra, graficamente, um exemplo deste tipo de sapata.

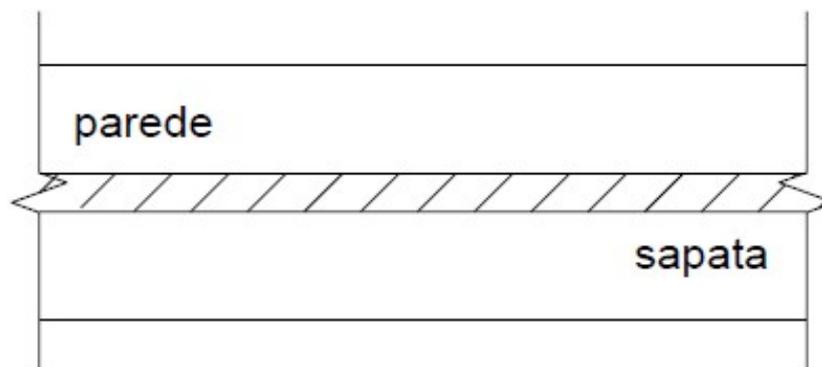
Figura 2 - Perspectiva de sapata associada.



Fonte: Alonso (1983).

- Sapata corrida: A norma NBR 6122 (ABNT, 2010) afirma que este tipo de elemento recebe cargas linearmente, podendo também ser de pilares posicionados em um mesmo alinhamento. Uma das características da sapata corrida, representada pela Figura 3, é que o comprimento deve ser cinco vezes maior do que a sua largura.

Figura 3 - Vista superior de uma sapata corrida.

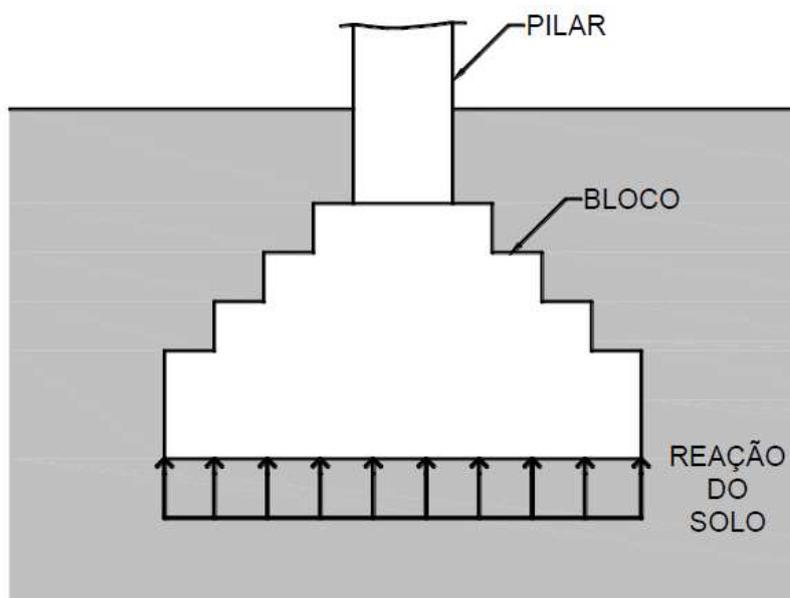


Fonte: Bastos (2016).

2.1.2.1.2 Bloco

Velloso e Lopes (2010) definem bloco como elemento de fundação na qual se utiliza somente o concreto na sua execução, sem requerer armadura, sendo dimensionado de modo em que o concreto resista às tensões de tração transmitidas para o elemento. Por esse motivo o bloco possui uma rigidez muito elevada, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica de bloco.



Fonte: Bastos (2016).

2.1.2.1.3 Radier

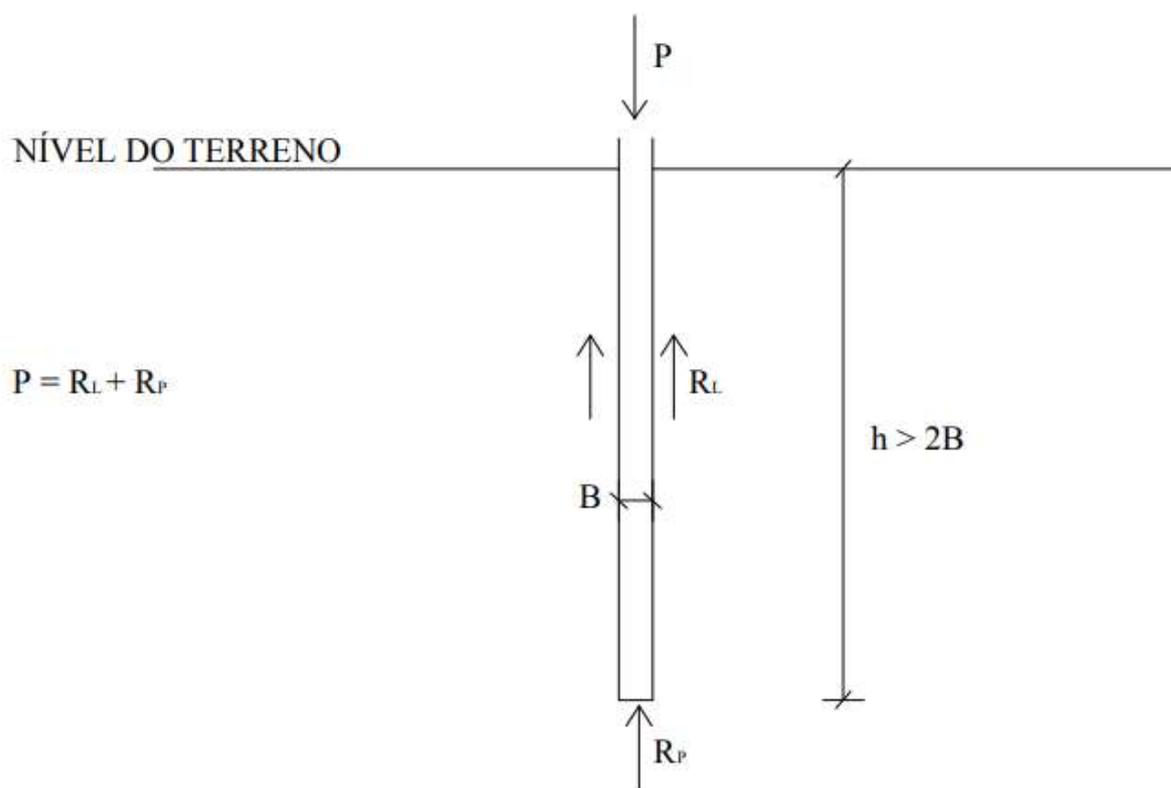
Segundo a norma NBR 6122 (ABNT, 2010), radier é um elemento de fundação que inclui todos os pilares, ou parcialmente, distribuindo o carregamento para o solo. É como uma laje que fica em contato com o solo e pode compreender toda a área da estrutura, recebendo a carga de pilares e paredes e distribuir sobre um grande espaço de terreno.

Este tipo de fundação é recomendado quando a soma das áreas das sapatas dimensionadas for acima de 50% da área da construção. Conforme Velloso e Lopes (2010) o radier também pode ser utilizada quando se deseja diminuir o recalque diferencial da fundação.

2.1.2.2 Fundações profundas

Barros (2011) afirma que as fundações profundas podem trabalhar em duas etapas. Na primeira etapa, as cargas são distribuídas pela extremidade inferior da peça, a ponta. Já na segunda etapa a carga é transmitida por atrito lateral entre o solo e a superfície vertical do elemento. Este tipo de fundação pode ser do tipo escavada ou cravada no solo. A Figura 5 apresenta um exemplo deste tipo de fundação.

Figura 5 - Exemplo de fundação profunda.



Fonte: Neto (2006), modificada pelo autor.

Sendo:

B = Diâmetro do fuste;

P = Carga do pilar;

R_L = Resistência de fuste;

R_P = Resistência de ponta.

2.1.2.2.1 Estacas

Segundo Souza e Rodrigues (2008), as estacas são elementos de grande comprimento que transmitem as cargas advindas do pilar para camadas mais profundas do solo por meio da resistência do fuste (atrito lateral) e pela resistência da ponta. As estacas podem ser utilizadas de forma individual ou agrupadas, como mostra a Figura 6, sendo interligadas por um bloco de coroamento.

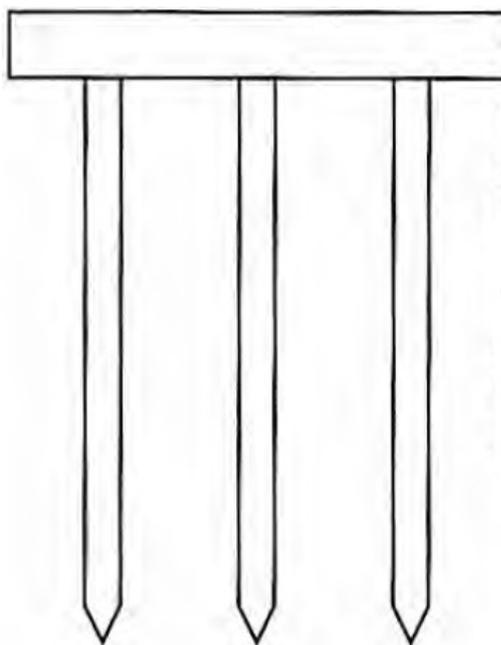
A diferença entre as estacas são, basicamente, o modo de execução e qual o material utilizado, levando em consideração as condições projetadas. Os principais tipos de estacas são: metálicas, moldadas in loco ou pré-moldadas de concreto armado e madeira (SAVES, 2011).

Velloso e Lopes (2010) afirma que as estacas podem ser subdivididas em duas, quanto a sua execução:

- De deslocamento: é o tipo de estaca na qual é cravada no solo por meio de equipamentos de bate-estaca sem a necessidade de retirada do material, uma vez que o solo será deslocado na medida em que a estaca for fincada no terreno.

- De substituição: é o tipo de estaca onde o terreno é escavado, removendo o solo do local onde a estaca deverá ser executada.

Figura 6 – Estacas agrupadas.



Fonte: Velloso e Lopes (2010), modificado pelo autor.

2.1.2.2.2 Tubulões

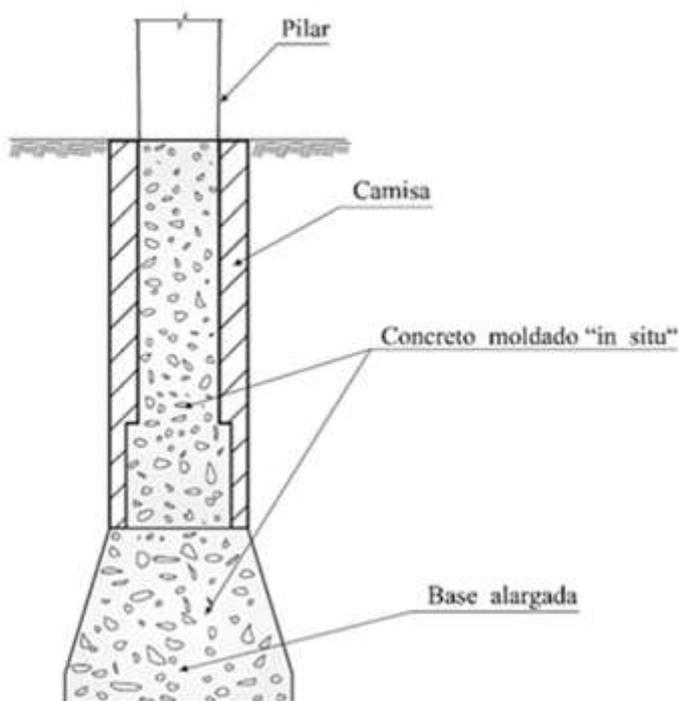
Tubulão, representado na Figura 7, é um tipo de fundação profunda na qual possui o fuste cilíndrico, uma base alargada de formato tronco-cônico e profundidade igual ou superior a três vezes o seu diâmetro. Apesar de ser uma fundação profunda, a transmissão de carga para o solo é feita principalmente por sua base, podendo desprezar o atrito lateral (BRITO, 1987).

Para Alonso (1983) os tubulões podem ser definidos em dois tipos, baseado em como é executado:

- A céu aberto: na qual é feito um poço no terreno, acima do nível d'água ou em casos onde o nível d'água é baixo e haja viabilidade de drenar a água sem o perigo de desmoronamento da parede.

- A ar comprimido: acontece em casos onde a fundação está abaixo nível d'água, e não tenha possibilidade de esgotá-la sem o risco de desabamento da parede. Nas circunstâncias do furo de ser executado manualmente, é necessário a aplicação de ar comprimido para proteger o operário e evitar a entrada de água no local.

Figura 7 - Ilustração de tubulão.



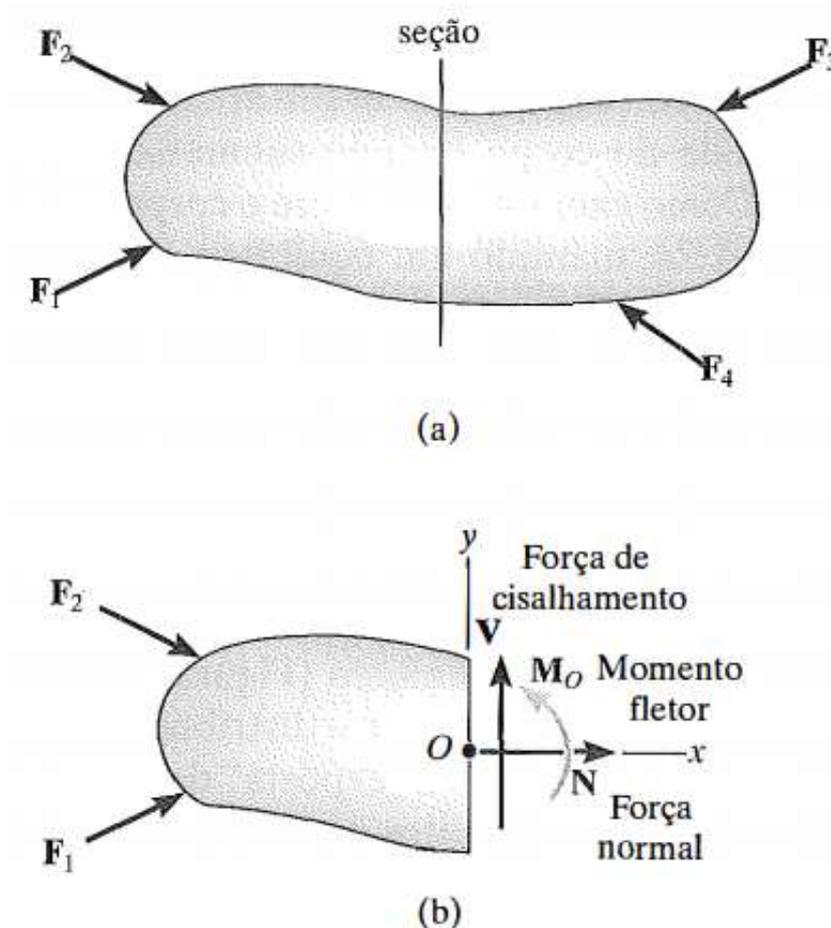
Fonte: Vitório (2003).

2.2 ESFORÇOS INTERNOS

Também conhecidos como esforços solicitantes, os esforços internos em uma estrutura caracterizam as ligações internas de tensões, isto é, são integrais de tensões ao longo de uma seção transversal de uma barra (MARTHA, 2010). Eles representam o efeito de forças e momentos entre duas porções de uma estrutura, sendo resultantes de um corte transversal imaginário em uma seção. Tais esforços correspondem a forças e momentos estaticamente equivalentes, como um sistema de ação e a reação, em que as parcelas se anulam e garantem o equilíbrio da peça.

Como exemplo, Hibbeler (2010) considera o corpo da Figura 8 a) mantido em equilíbrio pelas quatro forças externas, e realiza um corte imaginário, dividindo-o no meio. Na Figura 8 b), após o corte, pode-se observar o surgimento de esforços internos, necessários para manter a estabilidade do corpo.

Figura 8 - Corpo submetido a forças externas.



Fonte: Hibbeler (2010).

2.2.1 Tensão normal

Segundo Hibbeler (2010), a força que age perpendicular à seção transversal de uma peça é denominada tensão normal, σ (sigma). Com isso, tem-se a Equação 1:

$$\sigma_z = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (1)$$

Sendo:

σ_z = Tensão normal;

F_z = Força normal;

A = Área de seção transversal;

Caso a força ou tensão tracione o elemento, provocando alongamento da peça, ela será denominada tensão de tração. Caso comprima o elemento, provocando o seu encurtamento, ela será denominada tensão de compressão.

2.2.2 Tensão de cisalhamento

Conforme Hibbeler (2010), a força que age tangente à seção transversal de uma peça é denominada tensão de cisalhamento, τ (tau). Com isso, têm-se as Equações 2 e 3:

$$\tau_{zx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_x}{\Delta A} \quad (2)$$

$$\tau_{zy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_y}{\Delta A} \quad (3)$$

Sendo:

τ_{zx} e τ_{zy} = Tensão de cisalhamento;

F_x e F_y = Força de cisalhamento;

A = Área de seção transversal;

Acompanhando o símbolo de tensão de cisalhamento existem dois índices para as componentes. O primeiro especifica a orientação da área e o segundo se refere à indicação da direção das tensões.

2.2.3 Momento fletor

De acordo Hibbeler (2010), momento fletor é causado por uma força externa que tendem a fletir o corpo em torno de um eixo que se encontra no plano da área. Com isso tem-se a Equação 4:

$$M = F * d \quad (4)$$

Sendo:

M = Momento fletor;

F = Força normal;

d = Distância entre ponto de atuação da carga e eixo de rotação;

2.3 AÇÕES

Segundo Clímaco (2016), é extremamente importante considerar a influência de todas as ações que possam afetar significativamente a segurança da estrutura, considerando os estados-limites últimos e os de serviço.

A NBR 8681 (ABNT, 2003) classifica as ações de acordo com sua variabilidade no tempo em três grupos:

a) Ações permanentes

São as ações que permanecem com valores constantes ou de mínima variação durante toda a vida útil da construção. Podem se subdividir em ações permanentes diretas ou indiretas:

- Diretas: Peso próprio da estrutura, dos elementos construtivos fixos, das instalações permanentes e dos empuxos permanentes.

- Indiretas: Deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio, imperfeições geométricas e protensão.

b) Ações variáveis

São as ações que tem variação significativa durante a vida útil da construção. Podem ser estáticas ou dinâmicas, assim como fixas ou móveis. Podem se subdividir em ações variáveis diretas ou indiretas:

- Diretas: Cargas acidentais previstas para o uso da construção, ação do vento e da água.

- Indiretas: A variação da temperatura e ações dinâmicas.

c) Ações excepcionais

São as ações que tem baixa probabilidade de ocorrência durante a vida útil da estrutura e de duração curta. Podem ser considerados como ações excepcionais: explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes ou sismos.

2.4 ESTADOS LIMITES

Um projeto estrutural deve conferir: segurança contra a ruptura provocada pelas solicitações; a limitação das deformações de tal modo a não comprometer o seu uso e prejudicar o conforto do usuário; e a adoção de providências que garantam a vida útil. A NBR 6118 (ABNT, 2014) divide os estados-limites em dois grupos:

a) Estado-limite último

Estado no qual a estrutura não pode mais ser utilizada devido ao esgotamento da sua capacidade resistiva, estando em risco iminente de ruptura.

b) Estado-limite de serviço

Estado no qual a estrutura, apesar de ainda possuir capacidade resistiva, não oferece mais as condições de funcionalidade e durabilidade.

Clímaco (2016) diz que uma estrutura quando ultrapassa qualquer um dos estados-limites, torna-se, então, imprópria para o uso, seja por razões de segurança, funcionalidade ou até mesmo estética. O estado limite pode ser definido então como a condição em que a estrutura não atende mais aos requisitos mínimos para o seu funcionamento pleno e adequado, ou quando a sua utilização é interrompida por razão de sua ruína.

3 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

3.1 CONCEITO

Segundo o Dicionário Michaelis, patologia é: “ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências”.

Assim como os seres vivos, Verçozza (1991) diz que as edificações também podem apresentar defeitos de certo modo semelhantes a doenças, tais como fissuras, recalques, infiltrações, carbonatações, dentre outros.

Portanto, Patologia das Edificações foi o termo convencionado para ser chamada a ciência que estuda as origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência destes defeitos (SOUZA; RIPPER, 1998).

3.2 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A origem das manifestações patológicas é provocada por erros que podem ter origem em uma ou mais das diversas fases da qual a construção civil é constituída. De forma simplificada, pode-se dividi-la em três etapas básicas: projeto, execução e utilização (SOUZA; RIPPER, 1998).

A identificação das causas dos problemas patológicos faz-se importante para detectar, para fins judiciais, quem cometeu as falhas. Se os erros tiverem origem na fase de projeto, o erro é dos projetistas; se a origem da falha for decorrente da qualidade do material, o erro é do fabricante; se o erro for originado durante a etapa de execução da obra, a culpa é mão de obra e/ou da fiscalização omissa; se na etapa do uso, o erro é consequente da operação e manutenção (HELENE, 1992).

O Quadro 1 faz uma análise percentual das causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto em diversos países. É possível analisar que grande parte das origens patológicas no Brasil ocorre na fase da execução da obra, enquanto na maioria dos outros países estudados ocorre na fase de projeto.

Quadro 1 - Análise percentual da origem dos problemas patológicos em estruturas de concreto armado.

	Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto (%)			
	Projeto	Materiais	Execução	Utilização
Brasil	18	06	52	24
Bélgica	46	15	22	17
França	35	-	65	-
Reino Unido	58	12	35	11
Suíça	46	-	44	10

Fonte: Souza e Ripper (1998), adaptado pelo autor.

3.2.1 Patologias por erro de projeto

Melhado (1994) define projeto como “Uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”. Portanto, erros nessa fase podem comprometer o funcionamento da edificação durante toda sua vida útil.

Couto e Couto (2007) citam alguns exemplos de situações na etapa de elaboração do projeto que podem originar patologias:

- Definição incorreta de ações atuantes;
- Avaliação incorreta da resistência do solo;
- Espessura de cobrimento inferior às recomendadas na NBR 6118 (ABNT, 2014);
- Relação água/cimento incompatíveis com as condições de exposição da estrutura;
- Escolha inadequada de materiais;
- Dimensionamento de peças com grandes deformações;
- Incompatibilização entre projetos.

3.2.2 Patologias por erro de execução

A NBR 14931 (ABNT, 2004) descreve a etapa de execução de estruturas como todas as atividades que envolvem a sua realização, ou seja, sistema de fôrmas, armaduras, concretagem, cura e entre outras etapas. Falhas não percebidas ou ignoradas durante esta etapa podem repercutir de forma a prejudicar o desempenho da estrutura.

Souza e Ripper (1998) propõe que a ocorrência destas falhas é, essencialmente, ocasionada pelo processo de produção, que reflete os problemas socioeconômicos, que provocam a baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como é o caso dos serventes. Além disso, outro fator impactante é a qualidade dos materiais utilizados, que é diretamente dependente do grau de evolução técnica da indústria dos materiais e componentes. A seguir, alguns exemplos de situações na etapa de execução que podem originar patologias:

- Falta de condições locais de trabalho;
- Falta de capacitação profissional da mão de obra;
- Falta de controle e qualidade da execução das atividades;
- Má qualidade dos materiais;
- Falta de fiscalização eficiente;
- Irresponsabilidade técnica.

3.2.3 Patologias por erro de utilização

Posterior à conclusão da execução da estrutura, cabe ao proprietário o bom uso da mesma, buscando manter suas características originais. Além do zelo às atividades de uso, como não ultrapassar os limites estruturais, também é necessário a observância quantos às manutenções periódicas, observado que as estruturas de concreto são suscetíveis à deterioração em qualquer tipo de ambiente, tendo o seu desempenho reduzido ao longo dos anos (ANDRADE; SILVA, 2005).

A NBR 5674 (ABNT, 2012) define manutenção como sendo todas as atividades realizadas de modo a conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação, atendendo às necessidades e segurança dos seus usuários.

Segundo Souza e Ripper (1998), a falta de conhecimento técnico, os problemas econômicos e a incompetência dos profissionais da área quanto à realização de manutenções ocasionam diversos problemas patológicos que poderiam ser evitados. A falta de prioridade para destinação de recursos para manutenção gera o aparecimento de patologias estruturais de maior magnitude, implicando em maiores gastos e, em determinados casos, podendo levar a demolição da estrutura por ela se encontrar irrecuperável.

3.3 MECANISMOS CAUSADORES DE PATOLOGIA

Dentre os principais mecanismos causadores de patologias estão: recalque, movimentações térmicas, umidade, reações químicas, cargas e deformações em excesso, entre outros (HELENE, 1992).

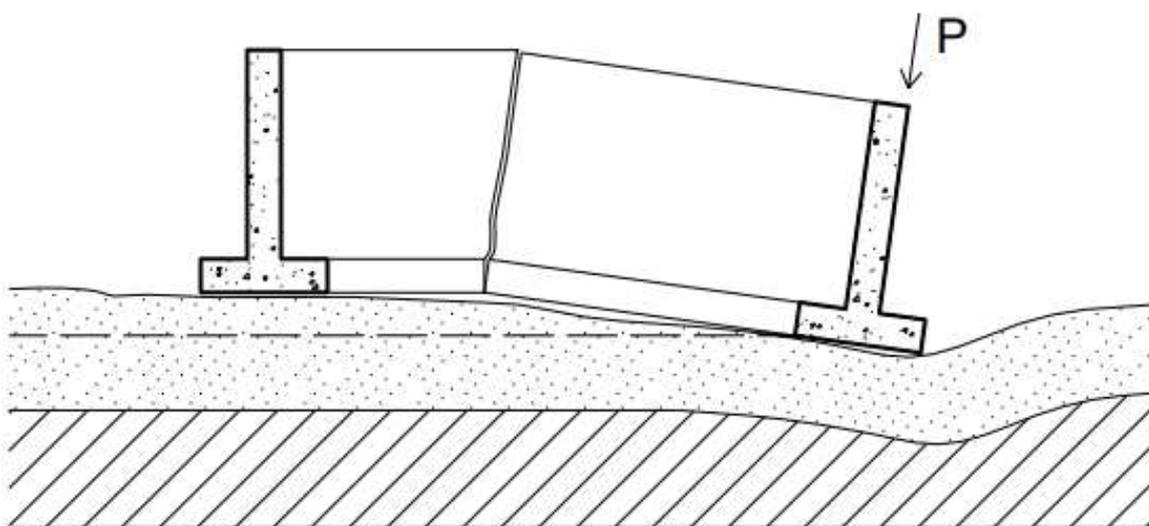
3.3.1 Recalque

Segundo Rebello (2008), recalque é a deformação que ocorre no solo quando este é submetido a cargas. Tal deformação gera movimento da fundação e, dependendo de sua intensidade, pode acarretar sérios danos à estrutura.

Sob a ótica da estrutura, pode dividir os recalques em três principais tipos (BERBERIAN, 2019):

- Total: somatório de todos os recalques em determinado ponto da edificação.
- Diferencial: diferença dos recalques totais em dois pontos de análise, conforme ilustrado na Figura 9.
- Distorcional: razão entre o recalque diferencial e a distância entre os dois pontos analisados. Este é o melhor indicador de patologias entre os três.

Figura 9 – Recalque diferencial.



Fonte: Fabrício e Rossignolo (2002), adaptado pelo autor.

Ainda segundo Berberian (2019), os recalques são os principais causadores de fissuras e, em situações mais extremas, até o colapso da estrutura. Partindo do princípio que toda estrutura recalca, existe um limite em que esta não sofre dano considerável ou aparente.

O Quadro 2 apresenta os critérios de Bjerrum (1963) modificados por Vargas e Silva (1973) que buscaram relacionar os limites de recalque distorcional e os danos em edificações.

Quadro 2 – Relação entre recalques distorcionais e danos em edificações.

Danos em edificações	Recalque distorcional
Limite de perigo para pórticos com contraventamento	1:750
Edifícios estreitos: não são produzidos danos ou inclinações	1:540
Limite de segurança para edifícios no qual não são admitidas fissuras	1:500
Edifícios largos (Largura $B > 15\text{m}$): fissuras na alvenaria	1:490
Edifícios estreitos: fissuras na alvenaria	1:320
Limite em que são esperadas dificuldades com pontes rolantes	1:300
Limite em que são esperadas fissuras nas paredes de divisória	1:270
Edifícios estreitos: fissuras na estrutura e pequena inclinação	1:270
Limite em que o desaprumo de edifícios altos e rígidos se torna visível	1:240
Edifícios estreitos: fissuras na estrutura, inclinação notável e necessidade de reforço	1:220
Edifícios largos: fissuras graves, pequena inclinação	1:180
Fissuração considerável em paredes de alvenaria	1:150
Limite de segurança para paredes flexíveis de alvenaria ($h/L < 1/4$)	1:150
Limite em que são temidos danos estruturais nos edifícios em geral	1:150
Edifícios largos: fissuras na estrutura, inclinação notável e necessidade de reforço	1:120

Fonte: Berberian (2019), adaptado pelo autor.

Godoy e Teixeira (1996) advertem que tais valores limites nem sempre são precisos, podendo ser, inclusive, menores. Isso acontece porque as estruturas já sofreram recalques antes mesmo de se assentar a alvenaria.

3.3.2 Movimentação térmica

Thomaz (1989) afirma que todos os componentes de uma edificação, sejam elas estruturais ou não, estão submetidos a variações térmicas, diárias ou sazonais. A consequência dessa mudança térmica produz uma diferença dimensional nos materiais empregados na edificação, podendo ser dilatação ou contração. Esses materiais, quando não possuem liberdade para dilatar ou contrair, podem provocar tensões entre si, surgindo, assim, as fissuras causadas por movimentação térmica.

Segundo Furnas (1997, apud ASSIS; RABELO, 2013), a retração térmica do concreto é causada principalmente pela exposição da estrutura nas diferentes condições climáticas, variações de temperatura, entre outros fatores. No Brasil, as fissurações causadas por variação térmica têm grande importância no desempenho da estrutura, pois a temperatura da região possui amplitudes bem elevadas.

O conhecimento das propriedades térmicas do concreto tem relevante importância em relação às outras propriedades desse material. Conhecer essas propriedades pode evitar situações onde as variações dimensionais do concreto ultrapassam limites definidos e também ajuda a controlar a perda de calor durante a fase de hidratação do concreto (ANDRIOLO, 1984).

3.3.3 Umidade

Queruz (2007) considera a umidade na construção civil não apenas como um agente causador de patologias, mas também como um meio pelo qual outros agentes podem se instalar. Por isso, é considerada a maior causadora de patologias, tanto direta quanto indiretamente, em qualquer um dos seus três estados físicos. As principais patologias geradas pela umidade são:

- Corrosão de armaduras;
- Eflorescência;
- Degradação do concreto e argamassa;
- Bolhas e empolamento em tintas;
- Curtos circuitos.

Uma maneira de se evitar a infiltração e problemas com umidade é através da impermeabilização. Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2003), impermeabilização é o produto resultante de diversos serviços com o objetivo de proteger as edificações contra a ação deletéria da umidade.

Apesar de tudo previamente citado, é com grande frequência que a impermeabilização é desmerecida por engenheiros e construtores, resultando na manifestação de grande quantidade de patologias, gerando um alto custo para a manutenção e recuperação (SOUZA; RIPPER, 1998). Infiltrações podem ser identificadas por falhas na impermeabilização como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Falha na impermeabilização de laje.



Fonte: Ferraz (2016).

3.3.4 Reações químicas

Segundo Pase (2017), as manifestações patológicas causadas por reações químicas em estruturas de concreto armado podem ser de variadas origens. Dos processos de deterioração, os principais causadores são:

- Ataque por sulfatos: De acordo com Mehta e Monteiro (2008), geralmente o ataque por sulfato na estrutura aparece de forma a fissurar e expandir o concreto. Quando há a fissuração no concreto, fica mais fácil a penetração de agentes agressivos para dentro da estrutura, acarretando a aceleração da degradação do concreto.

- Ataque por ácidos: Os ácidos são as principais substâncias que dão origem ao hidrogênio, cuja presença na estrutura pode causar a deterioração do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).

- Ataque por cloretos: O ataque por cloreto em armaduras é umas das principais causas de patologia em estruturas de concreto armado. Ferreira (2000) afirma que este tipo de ataque causa a corrosão do aço presente na estrutura, deteriorando, conseqüentemente, o concreto e expondo a armadura.

- Álcali-agregado: É uma reação química que acontece no interior do concreto entre os álcalis do cimento e os minerais dos agregados. Os álcalis podem aparecer em aditivos químicos, água de amassamento, entre outros (BONATO, 2015). Este tipo de reação também pode causar fissuras e trincas.

3.3.5 Sobrecargas e deformações excessivas

Este tipo de situação, de acordo com Souza e Ripper (1998), acontece quando é feita a má utilização da estrutura, submetendo a cargas excessivas que não foram definidas e calculadas em projeto.

Segundo Angelo (2004), é normal notar pequenas deformações e fissuras em estruturas de concreto armado, desde que não interfiram no equilíbrio e funcionamento da construção. Porém, quando o limite permitido por norma é ultrapassado, Moura e Marcellino (2002) afirmam que as deformações excessivas da estrutura, por conta do carregamento não previsto, podem acarretar em danos mais graves, como: trincas, mudanças na inclinação de marquises, defeitos em esquadrias, entre outros.

3.4 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

Helene (1992) afirma que para elaborar um bom diagnóstico patológico, devem-se levar em consideração quais os efeitos e as conseqüências o problema estudado provoca na estrutura em geral. Para isso, deve-se atentar a dois tipos de condições em que o problema

afeta a estrutura: estado de limite de utilização, onde somente as condições de ocupação e serviço são comprometidas, e estado de limite último, na qual o problema analisado coloca em risco a segurança da estrutura.

De acordo com Souza e Ripper (1998) quando se notam problemas patológicos em uma estrutura de concreto armado, é fundamental que seja feita uma vistoria cuidadosa e bem detalhada para avaliar a situação da estrutura. É necessário examinar todas as anomalias encontradas, analisar quais as causas e determinar quais os métodos a ser utilizados para corrigir e reforçar a estrutura, caso seja preciso.

3.5 TIPOS DE PATOLOGIA

3.5.1 Microfissuras, fissuras e trincas

As microfissuras, fissuras e trincas são manifestações patológicas geradas por tensões de tração em elementos poucos resistentes a esses esforços, como os materiais cerâmicos e o concreto. Essas patologias ocorrem quando as tensões aplicadas aos materiais superam a sua resistência (BERBERIAN, 2019).

Segundo Grimm (1997), o processo de fissuramento pode representar a causa mais frequente da falta de desempenho da alvenaria. Em grande parte das vezes, as fissuras não apresentam risco estrutural, porém, afetam a estética e o conforto visual do usuário, além da estanqueidade da construção.

A NBR 9575 (ABNT, 2003) classifica as microfissuras, fissuras e trincas de acordo com suas aberturas. O Quadro 3 representa tal classificação:

Quadro 3 – Classificação de microfissuras, fissuras e trincas.

Patologia	Aberturas (mm)
Microfissura	$\leq 0,05$
Fissura	$\leq 0,5$
Trinca	$> 0,5 \text{ e } < 1,0$

Fonte: NBR 9575 (ABNT, 2003), adaptado pelo autor.

Thomaz (1989) enfatiza que os mecanismos mais comuns a gerar fissuras em paredes de alvenaria são:

- Variações térmicas;
- Variações de umidade;
- Deformação excessiva;
- Recalques diferenciais;
- Retração de produtos à base de ligantes hidráulicos;
- Alterações químicas de materiais de construção.

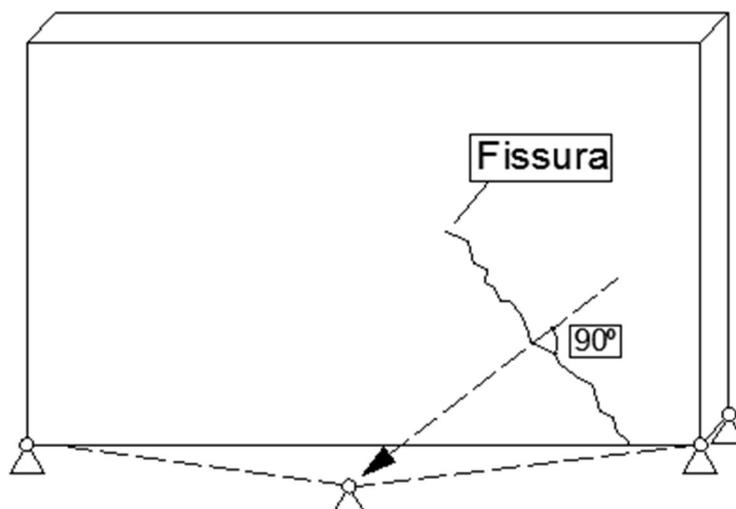
3.5.1.1 Regra da mediatriz

Mediatriz é uma reta perpendicular a um segmento de reta e que passa pelo ponto médio deste segmento.

A regra da “Mediatriz em painéis bidimensionais no estado plano de tensões, na situação de cisalhamento puro”, sendo conhecida simplificada como “Regra da Mediatriz”, é uma metodologia criada pelo professor Dickran Berberian, na década de 1970, para indicar possíveis mecanismos causadores de fissuras (BERBERIAN, 2019).

Com esse método, é possível identificar os pontos com patologias usuais geradas por flechas e/ou recalques. Para a utilização da regra, devemos traçar uma mediatriz na fissura estudada e essa apontará para o possível causador do problema. A Figura 11, por exemplo, mostra uma fissura que, através do método da mediatriz, pode ser facilmente diagnosticada como sendo causada por flecha excessiva da viga baldrame.

Figura 11 – Representação de fissura causada por flecha excessiva.



Fonte: Berberian (2019), adaptado pelo autor.

3.5.2 Bolors, fungos e algas

A principal causa do surgimento destes é a umidade elevada, isto é, estando em um nível de umidade acima do natural do material da estrutura, oferecendo um ambiente favorável para a proliferação de fungos, líquens e algas crescerem (VAN EIJK, 2005). A Figura 12 mostra como o bolor age na alvenaria de uma edificação.

Figura 12 – Bolor em alvenaria de vedação.



Fonte: Ferraz (2016).

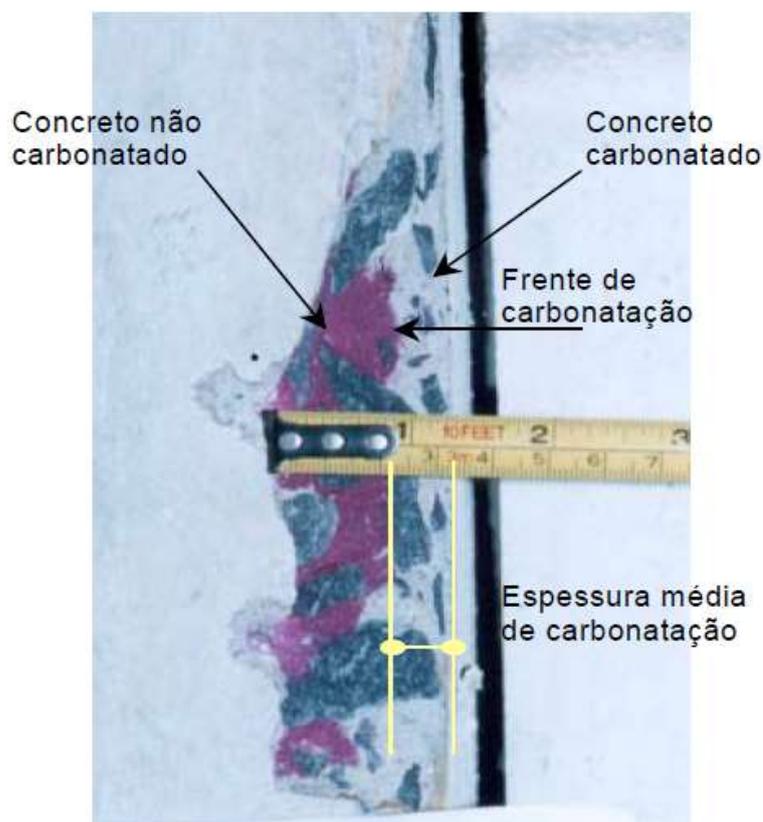
Com isso, de forma a solucionar o problema, é necessário que se elimine a umidade. Quando a obra está finalizada e considerando o sistema de impermeabilização mal feito, a eliminação completa da umidade se torna dificultada, Henriques (2001) sugere, de forma paliativa, que os materiais utilizados no acabamento do local com as patologias possuam características que se oponham à evolução de bolors, incorporando fungicidas nos mesmos, amenizando os efeitos patológicos.

3.5.3 Carbonatação

Angelo (2004) define a carbonatação como um dos processos de modificação química do concreto associado à perda e/ou redução da capacidade de proteção de sua armadura.

O processo de carbonatação, segundo Silva (2007), ocorre naturalmente em estruturas de concreto armado, quando expostas ao dióxido de carbono (CO_2), que, através dos poros, atinge o interior da peça, e, com a presença da umidade, transforma-se em ácido carbônico (HCO_3^-). A Figura 13 apresenta um exemplo deste tipo de patologia.

Figura 13 – Efeito da carbonatação no concreto.



Fonte: Angelo (2004).

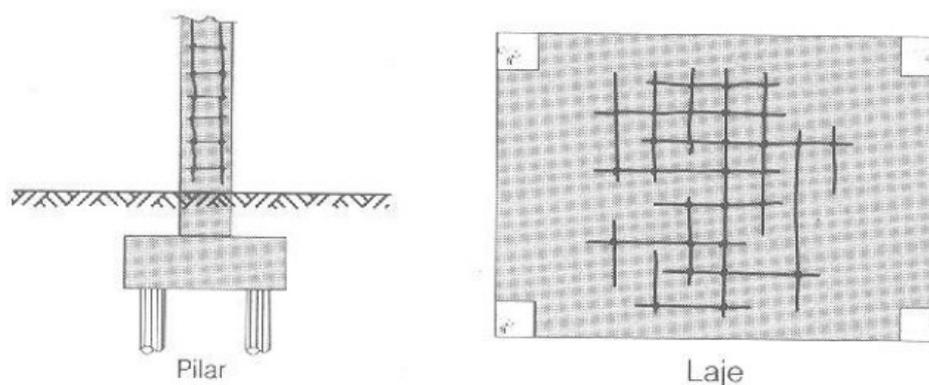
Tratando-se dos efeitos, de acordo com Taylor (1997), a carbonatação afeta negativamente o concreto, causando fissuras superficiais e significativa retração.

Por sua vez, a American Concrete Institute ACI 201.2R (2008) considera que os efeitos podem ser tanto positivos quanto negativos, dependendo do tempo, grau de exposição e o meio no qual o concreto foi exposto. Em situações controladas, onde a carbonatação ocorreu de forma intencional, foi observado um ganho de resistência do concreto e diminuição de sua porosidade. Por outro lado, a carbonatação descontrolada resulta em deterioração e diminuição do PH da pasta do cimento, levando à corrosão da armadura do concreto.

3.5.4 Corrosão de armaduras

Gentil (1996) define corrosão como a deterioração de um material, geralmente associado a material metálico, através de ação química ou eletroquímica do meio. Como resultado dessa relação, originam-se danos indesejáveis que tornam o material inapropriado para o uso. A Figura 14 ilustra como a corrosão se apresenta em elementos estruturais.

Figura 14 – Manifestação de corrosão em elementos estruturais.



Fonte: Helene (1992).

No contexto da engenharia civil, como consequência da corrosão, tem-se a diminuição da seção transversal, gerando diminuição da resistência da peça, fissuração e possibilidade de deslocamento, como mostra a Figura 15, além de manchas de corrosão e perda de aderência entre o aço e o concreto, prejudicando a segurança e estabilidade das estruturas (ANDRADE; ALONSO, 2001).

Figura 15 – Corrosão em armadura de coluna.

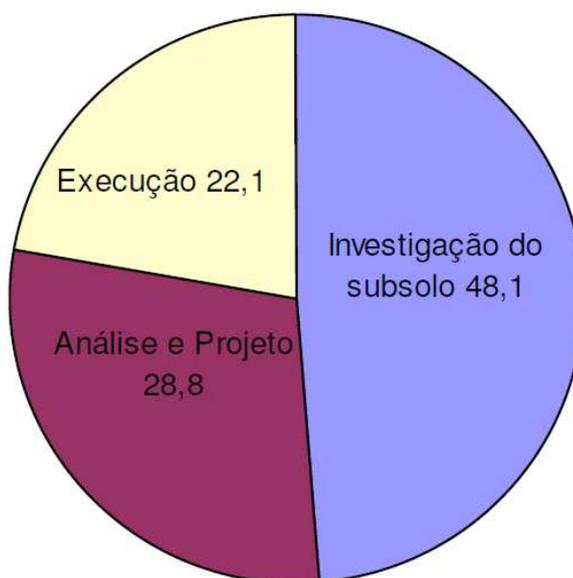


Fonte: Pase (2017).

3.5.5 Patologia das fundações

Para Saes (2004) a patologia das fundações é uma atividade da engenharia que estuda as origens, os sintomas e o mau desempenho de uma fundação. O Gráfico 1 abaixo apresenta em quais etapas surgem, em porcentagem, as patologias nas fundações.

Gráfico 1 – Porcentagem da ocorrência de patologias em etapas da fundação.



Fonte: Saes (2004).

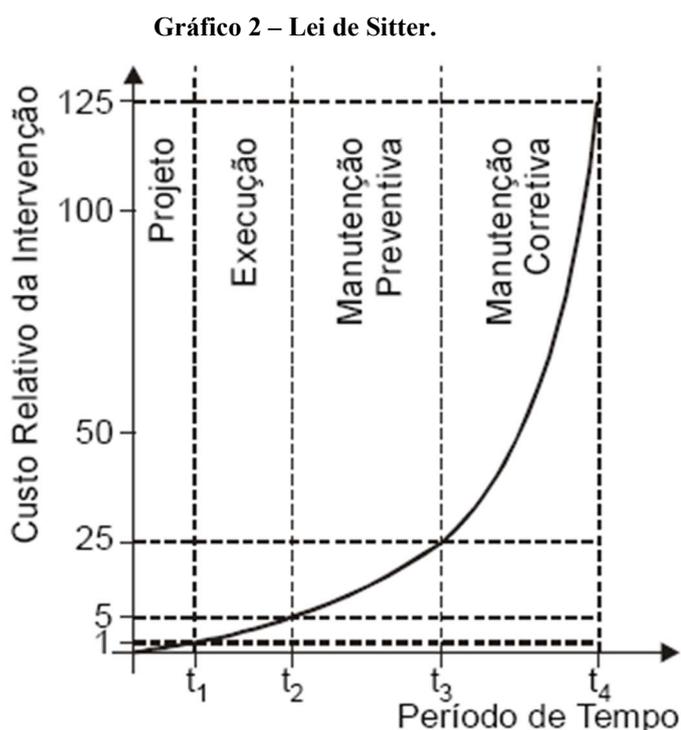
Confirmando os números do gráfico acima, Milititsky; Consolo e Schnaid (2015) afirmam que o principal problema encontrado em fundações é má investigação do subsolo. Identificar e caracterizar o solo de maneira correta é essencial para evitar que este tipo de problema ocorra, pois é o solo que suporta toda a carga advinda da fundação.

Os problemas encontrados na fundação são difíceis de serem percebidos durante a construção pelo fato desses elementos estarem enterrados no solo. De acordo com Vítório (2003), mesmo depois de descobrir um defeito na fundação, existe uma grande dificuldade em diagnosticar e solucionar o problema. Por ser um material complexo, o solo deve ser bem examinado, pois possui amplas alterações em suas características. Geralmente, as causas para este tipo de patologia podem ser excesso de carga na estrutura, ruptura no solo, erosão, recalque ou por agentes agressivos.

3.6 MANUTENÇÃO

Segundo a norma NBR 14037 (ABNT, 2011), a definição de manutenção é dada como o conjunto de atividades desenvolvidas com o objetivo de conservar ou recuperar a funcionalidade da edificação e de partes constituintes, atendendo às necessidades e segurança dos usuários. Ferraz (2016) conclui que, através do sistema de manutenção, evita-se o surgimento de novas patologias, aumentando a vida útil da edificação.

Conforme Helene (1992), o quanto antes uma correção for feita mais fácil será de executar, mais efetiva e com menor custo financeiro. O Gráfico 2 é chamado “lei de Sitter” e mostra o custo relativo da manutenção em relação à etapa de correção do problema em progressão geométrica de razão cinco.



Fonte: Helene (1992).

3.6.1 Preventiva

Segundo Monchy (1989), a manutenção preventiva pode ser classificada como um tipo de manutenção que foi prevista, preparada e programada para ocorrer antes da data provável do aparecimento de alguma falha. Portanto, tal tipo de manutenção tem o objetivo de

evitar ou reduzir a necessidade da manutenção corretiva, pois ela é empregada antes que a falha aconteça (ESPINOSA, 2004).

Segundo Castro (2007), a manutenção preventiva realizada de forma adequada traz diversos benefícios ao imóvel, garantindo:

- Valorização do bem no mercado imobiliário;
- Aumento da vida útil da edificação;
- Melhoria no desempenho de equipamentos e instalações em geral;
- Segurança;
- Conforto e;
- Economia.

Como mostrado no gráfico da “lei de Sitter” apresentado anteriormente, este tipo de atividade pode gerar gastos cerca de 25 (vinte e cinco) vezes maiores em relação ao mesmo tipo de serviço executado em fase de projeto (HELENE, 1992).

3.6.2 Corretiva

Helene (1992) define manutenção corretiva como serviço de análise, prognóstico, conserto e proteção da estrutura que apresenta patologias. Como mostrado no gráfico da “lei de Sitter” apresentado anteriormente, este tipo de atividade pode gerar gastos 125 (cento e vinte e cinco) vezes maiores em relação ao mesmo tipo de serviço executado em fase de projeto para evitar a patologia.

O consenso entre os autores é que a manutenção corretiva é uma técnica de reparo com custos extremamente altos, quando comparados à manutenção preventiva, por exemplo. Para Tsang (1995), tais custos são tão elevados devido aos seguintes motivos:

- Alto custo de recuperação das condições normais de operação;
- Danos secundários;
- Riscos de segurança;
- Perda de produção.

Segundo Rodrigues (2003), a depender da necessidade, a manutenção corretiva pode ser dividida em três tipos:

- Paliativa: ameniza a patologia, porém, não é capaz de repará-la por completo;
- Curativa: repara em caráter definitivo;
- Melhorativa: modifica ou troca as condições originais.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 INFORMAÇÕES GERAIS

Visando analisar os conceitos que abrangem a área de patologias em estruturas de concreto armado, foi desenvolvido este estudo de caso pelo qual busca-se aplicar os conhecimentos adquiridos sobre o tema.

Este capítulo propõe apresentar um estudo de caso sobre uma reforma no Centro Municipal de Ensino Infantil (CMEI) Dra. Zilda Arns Neumann, localizado na Rua Jarbas Gomes Lobo, Quadra 11, Lote 07, bairro Tropical, Anápolis - Goiás. Segundo a Prefeitura de Anápolis, a edificação foi inaugurada em 2011 e, por motivos de segurança, necessitou de uma reforma em 2018. Várias patologias foram identificadas no local e a reforma da obra, orçada em R\$ 160 mil e licitada com previsão de conclusão em 90 dias, sofreu aditivos para realizar as correções.

De acordo com o projeto incluso no edital da Prefeitura de Anápolis, a edificação possui aproximadamente 1.118,48 m² de área construída e é composta por 04 blocos divididos, sendo um Administrativo, dois Pedagógicos e um de Serviços, além do pátio coberto. A Figura 16 mostra os trabalhadores durante a execução da reforma no CMEI.

Figura 16 - Execução da reforma no CMEI.



Fonte: Prefeitura de Anápolis (2018).

4.2 DESCRIÇÃO DO ESTUDO

A obra a qual será apresentada neste capítulo se trata de uma reforma licitada em 2017, tendo início em fevereiro de 2018 e conclusão em julho do mesmo ano, totalizando 06 meses de serviço. A princípio, os problemas a serem consertados, de acordo com o edital, eram simples, bem como: vazamento nas instalações hidráulicas, reforço no madeiramento do telhado, assentamento de piso cerâmico, entre alguns outros serviços triviais.

Alguns dias após o início da reforma, foi notado pela Construtora que haviam alguns problemas estruturais na CMEI e que deveriam ser corrigidos o mais rápido possível. Por esse motivo houve a necessidade de incrementar aditivos de serviços nesta obra.

O objetivo deste estudo de caso é apresentar as patologias encontradas nesta edificação, apontar as suas causas e, ao final, mostrar as soluções encontradas para o reparo da construção.

4.3 PROBLEMAS ENCONTRADOS

Uma das patologias mais comuns encontradas na edificação foram fissuras e trincas que se espalhavam por vários elementos como: paredes, pilares, lajes, marquises e muretas. A Figura 17 mostra um exemplo deste tipo de patologia.

Figura 17 – Fissuras e Trincas.



Fonte: Autoral (2018).

Como foi dito no item 3.5.1, as trincas podem surgir por diversos motivos. Ao analisar a Figura 17, pode-se notar 02 trincas na horizontal e 01 na vertical. No caso da trinca horizontal superior, pode ter surgido pelo fato da alvenaria receber esforços transmitidos pela laje de cobertura, a qual sofre dilatações por causa da movimentação térmica. Já a inferior pode ter relação com a expansividade das fiadas inferiores devido a percolação da umidade do solo, isso porque foram encontrados alguns indícios de que a viga baldrame não foi impermeabilizada corretamente.

A trinca na vertical pode ter sido causada pela falta de junta de dilatação, considerando o grande comprimento da parede (08 metros), ou também pelo excesso de sobrecarga na viga acima da parede.

A Figura 18 também mostra uma trinca, no sentido vertical, em uma mureta de proteção a qual possui aproximadamente 10 metros de comprimento e não há sinal de amarração durante todo o seu comprimento, sendo esta situação um potencial causador deste tipo de patologia em paredes de alvenaria convencional.

Figura 18 – Fissura em mureta de proteção.



Fonte: Autoral (2018).

Outro caso parecido foi o da Figura 19, onde também pode-se observar que um dos pilares da mureta de proteção apresenta algumas trincas e rachaduras. A possível causa desta patologia, como mostrado no item 3.5.4, é a provável corrosão da armadura do pilar, pela qual há a diminuição da seção do aço, acarretando na perda de aderência entre a armadura e o concreto, gerando este tipo de patologia. É comum que neste tipo de caso aconteça o deslocamento do concreto.

Figura 19 – Fissura em pilar da mureta de proteção.



Fonte: Autorial (2018).

Outro tipo muito comum de fissuras em paredes de alvenaria é o caso da Figura 20. Devido à falta de utilização de vergas e contra vergas (elementos estruturais que servem como “pequenas vigas”), há o aparecimento de fissuras e trincas a 45 graus de inclinação no vértice da esquadria.

Esse tipo de patologia também ocorre em portas devido o mesmo motivo. Excluindo-se os casos mais extremos, as fissuras e trincas costumam se estabilizar, tornando-se um incômodo apenas estético, não afetando diretamente o funcionamento da estrutura.

Figura 20 – Trincas e fissuras em janela.



Fonte: Autorial (2018).

Outra manifestação relacionada a trincas e fissuras pode ser encontrada na figura 21. A patologia está localizada na lateral da marquise. Através da Regra da Mediatriz do Professor Dickran Berberian pode-se observar que a possível causadora desta patologia foi a deformação excessiva ocorrida na marquise (Figura 22).

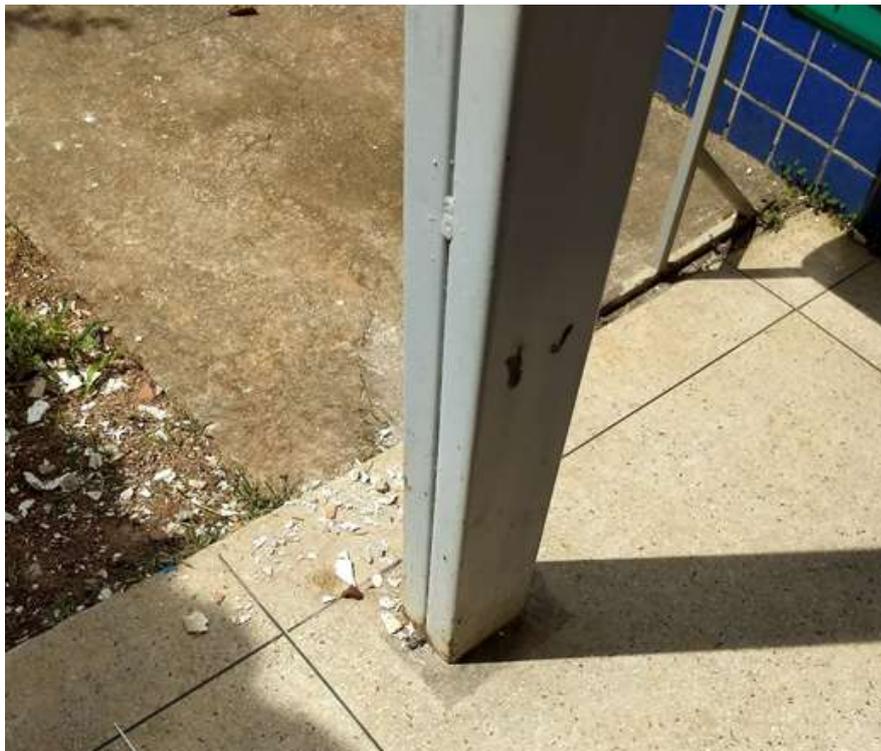
Figura 21 e 22 – Fissura lateral à marquise.



Fonte: Autorial (2018).

Um outro problema encontrado no local foi a ocorrência de corrosão na base da maioria dos pilares metálicos que serviam de sustentação para as marquises. A Figura 23 mostra como os pilares ficavam expostos à corrosão.

Figura 23 – Corrosão de pilares metálicos.



Fonte: Autorial (2018).

Este tipo de problema surgiu, provavelmente, pela falta de utilização de fundo protetor anticorrosivo ou a má qualidade da tinta esmalte escolhida para cobrir e proteger o elemento. À medida que os funcionários limpavam o piso do pátio com água e produtos de limpeza, ia-se expondo o metal à corrosão.

A mesma patologia pôde ser encontrada em algumas esquadrias metálicas, como mostra as Figuras 24 e 25. Mas nesse caso, a corrosão pode ter sido causada pela água da chuva.

Figura 24 e 25 – Corrosão em elementos metálicos.



Fonte: Autoral (2018).

Como exemplo do assunto abordado no item 3.3.3, a Figura 26 mostra um caso bem comum em algumas obras onde podem ser encontrados pontos de umidades em paredes de alvenaria atrás de ambientes molhados.

Figura 26 – Falta de rejunte.



Fonte: Autoral (2018).

O rejuntamento de pias, tanto de banheiros como de cozinhas, possui elevada importância, evitando a penetração da água na alvenaria. No caso mostrado na Figura 26, a parede atrás desta estava aproximadamente 50% comprometida por conta da umidade, gerando manchas e danos à pintura da mesma.

A ausência ou má impermeabilização da viga baldrame pode gerar problemas causados pela umidade de várias formas. Como pode-se notar na Figura 27, este tipo de patologia pode ter surgido, principalmente, pela percolação da água do solo na alvenaria, gerando bolhas na pintura das paredes. Nesta obra, foram encontrados este tipo de patologia em várias paredes, podendo variar a altura em até 1,20 metro do piso acabado.

Figura 27 – Bolhas em pintura de alvenaria.



Fonte: Autoral (2018).

Os problemas mais graves relacionados à infiltração foram encontrados na marquise principal da edificação que além de sua função estrutural, também funcionava como calha. No local foram identificadas falhas na manta de zinco e nivelamento irregular, acarretadas pela impermeabilização mal executada, que geraram bolhas e descascamento da pintura e reboco na parte inferior das marquises.

Na tentativa de “consertar” o problema, a empresa que construiu a CMEI cobriu as falhas na manta de zinco com argamassa comum. Como esperado, esse método de reparo não foi efetivo e o problema permaneceu até a data da reforma na qual se trata este Estudo de Caso. A Figura 28 mostra como estava a situação na parte superior da marquise.

Figura 28 – Falha na impermeabilização da marquise.



Fonte: Autoral (2018).

Como já citado, o erro na execução da impermeabilização das marquises gerou problemas na parte inferior da mesma causados pela umidade, como pode-se ver nas Figuras 29 e 30.

Figura 29 e 30 – Deslocamento da pintura e reboco da marquise.



Fonte: Autoral.

Outra patologia causada pela umidade foi encontrada em portas e portais de madeira onde o material era de baixíssima qualidade e ficavam expostos a água da chuva. Com o tempo estes elementos foram apodrecendo e se tornando inutilizáveis. Também pode-se notar pela Figura 31 que havia sinais da presença de cupins no ambiente.

Figura 31 – Portal apodrecido.



Fonte: Autoral (2018).

4.4 MANUTENÇÕES CORRETIVAS ADOTADAS

Como não existem normas que auxiliem na correção de patologias em edificações, o trabalho feito para corrigir os problemas deve ser bem pensado e executado de forma correta, pois, caso contrário, pode piorar a situação do local.

Nas paredes onde foram encontradas pequenas fissuras, foi feita a limpeza da mesma, expondo-a para ser executado a calafetagem com massa corrida, como pode ser visto na Figura 32. Já para as trincas, foi feita uma abertura na alvenaria, perpendicular à patologia, inserindo um vergalhão, para evitar que a trinca aumente, e rebocado novamente, assim como mostra a Figura 33.

Figura 32 – Calafetagem de fissuras.



Fonte: Autoral (2018).

Figura 33 – Reparo de trinca em alvenaria.



Fonte: Autoral (2018).

Para a correção dos piores casos deste tipo de patologia, que foram as trincas presentes nos pilares das muretas onde havia a exposição da armadura, foi retirado o concreto que havia se deslocado do elemento, concretado e rebocado novamente, como pode-se notar na Figura 34.

Figura 34 – Correção de trinca em pilar de mureta.



Fonte: Autoral (2018).

As correções das patologias relacionadas a corrosão em geral foram diretas. Em especial para os pilares metálicos, foi proposto pela construtora que ao invés de somente refazer a pintura dos pilares, ser feito uma proteção de concreto em volta da sua base para evitar que este tipo de problema ocorra novamente, como pode ser visto na figura 35.

Figura 35 – Proteção de pilares metálicos.



Fonte: Autoral (2018).

Já para os princípios de corrosão, encontrados nas esquadrias metálicas de janelas e de ornamentação, o trabalho de correção foi simples. As esquadrias foram lixadas com lixa 320 para retirar a ferrugem do elemento e refazer a pintura do mesmo. As Figuras 36 e 37 mostram como foram executados os serviços.

Figura 36 e 37 – Lixamento e limpeza de esquadria metálica.



Fonte: Autoral (2018).

As bolhas na pintura nos ambientes internos, causadas pela umidade, possuem uma correção complexa e custosa. Para solucionar o problema, o correto seria a demolição da parte inferior da alvenaria e a impermeabilização da viga baldrame, da alvenaria de embasamento e das primeiras fiadas da alvenaria de vedação, porém, tais serviços não estavam previstos no orçamento da licitação e extrapolariam o aditivo permitido para obra.

O que foi feito pela Contratada, sob permissão da Contratante, foi a remoção da tinta prejudicada pela patologia e, em alguns casos, retirada do reboco, sendo refeito o emassamento e a pintura. A medida adotada é paliativa, possivelmente o problema surgirá novamente, pois a falta de impermeabilização permite que a umidade percole novamente pela edificação. As Figuras 38 e 39 mostram como foi feito o serviço de correção temporário.

Figura 38 – Correção de bolhas na pintura.



Fonte: Autorial (2018).

Figura 39 – Emassamento para pintura interna.



Fonte: Autoral (2018).

Para corrigir o problema da marquise, o problema mais complexo da reforma, foi proposto pela Contratada a construção de uma estrutura de metalon sobre a marquise que suportaria uma calha de zinco, de pouco mais de 40cm de largura, que receberia toda a água do telhado já existente e de um novo telhamento, em chapas de zinco, que evitaria que a água da chuva caia diretamente sobre a marquise.

Para que isso funcionasse, foi preciso fazer um reforço estrutural na marquise, com pilares metálicos que a apoiassem, pois, além da carga extra da estrutura de metalon e das telhas, haveria a necessidade de aumentar a altura da platibanda, para que o telhado de zinco atinja a inclinação mínima para que a água escorra para a calha. Todo esse serviço custou boa parte do aditivo desta obra.

A Figura 40 mostra a elevação da platibanda em duas fiadas de tijolos maciços e as Figuras 41 e 42 mostram como foram feitas essas estruturas de metalon que suportam a calha e o telhado de zinco.

Figura 40 - Elevação da platibanda.



Fonte: Autorial (2018).

Figura 41 – Estrutura de metalon sobre marquise.



Fonte: Autorial (2018).

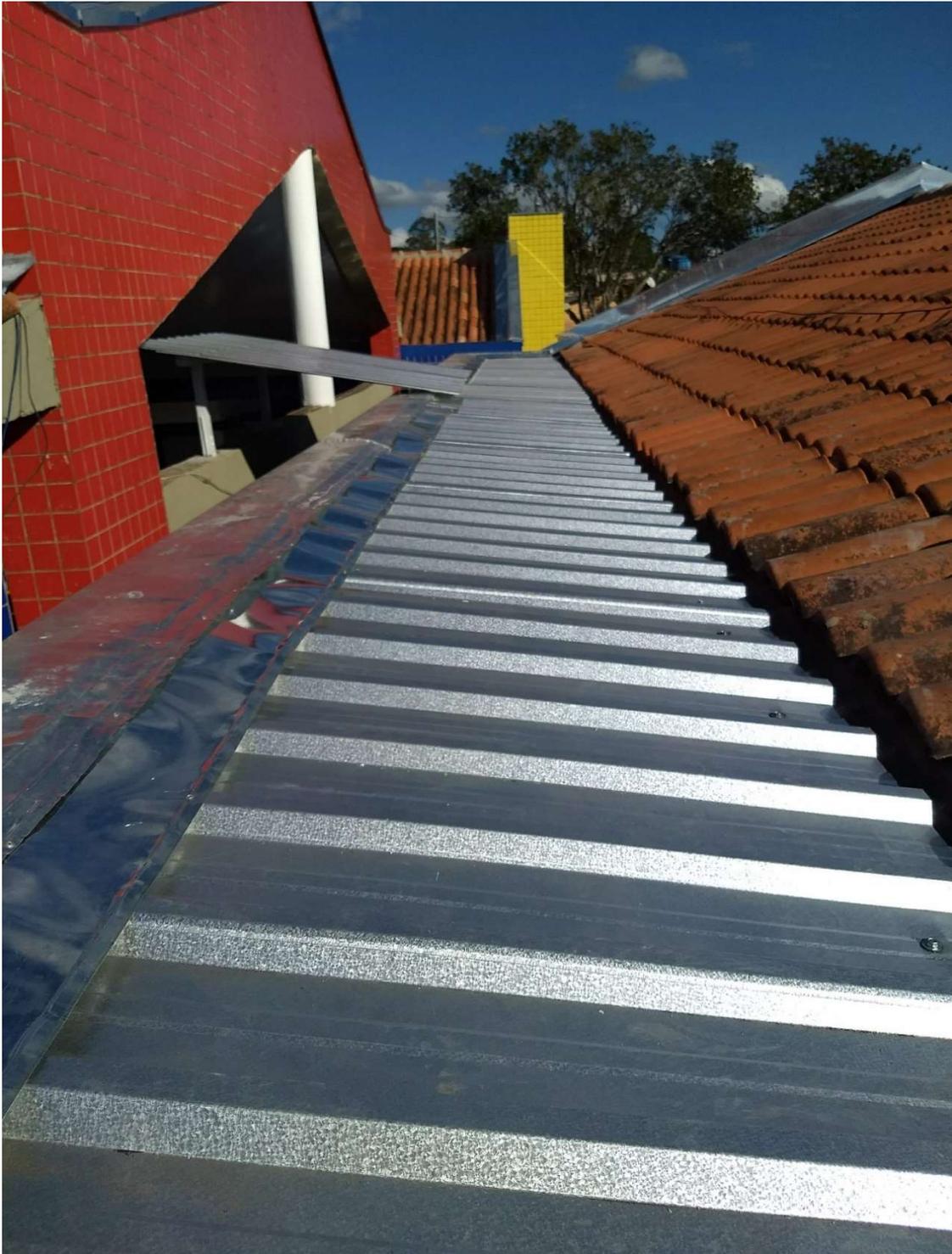
Figura 42 – Montagem de telhado de zinco sobre marquise.



Fonte: Autoral (2018).

Recentemente foi feita uma visita à CMEI, objeto deste Estudo de Caso, e foi confirmado que este serviço sobre a marquise foi bastante efetivo, não havendo mais problemas com infiltração no local. A Figura 43 mostra como ficou a marquise depois de terminada.

Figura 43 – Telhado de zinco sobre marquise.



Fonte: Autoral (2018).

Já para os problemas com as portas e portais de madeira, que apodreceram por conta da umidade, a solução foi trocá-las por portas metálicas, pois, quando protegidas corretamente com produtos de selagem e tintas específicas, possuem maior resistência a este tipo de patologia. O resultado pode ser visto na Figura 44.

Figura 44 – Portas metálicas.



Fonte: Autorial (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar as análises, correlacionando o referencial teórico e o estudo de caso, pôde-se observar um grande descaso em relação a execução de obras e o quanto isso reflete em elevados índices patológicos, principalmente quando se trata de obras públicas. Recentemente, têm-se exemplos de obras no município de Anápolis ainda não concluídas em detrimento de problemas de projeto e execução, onde as patologias apresentam-se de diversas formas, como destacado nos capítulos anteriores.

A pesquisa teve a intenção de apresentar formas de como solucionar diversos tipos de patologias, pois as normas brasileiras não tratam das correções desses problemas. Assim, o estudo traz a análise de algumas patologias encontradas na obra em questão, apresentando os meios utilizados para corrigi-las, servindo de modelo para estudos que apresentem problemas semelhantes. Portanto, diante dessa temática, a avaliação de soluções para as patologias, em especial da obra do CMEI, fruto desse trabalho, servirá de análise para futuras intervenções.

Conclui-se, então, que há uma necessidade crescente pela busca da melhora da qualidade da construção civil no Brasil. É necessário o entendimento que, para que uma estrutura de concreto armado atinja seu real potencial, com a ausência de patologias, que todas as etapas da construção trabalhem em harmonia, desde a concepção dos projetos, passando pela execução da obra, até chegar na utilização do imóvel pelo usuário final.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pelo fato do tema abordado neste trabalho não possuir normas que regulamentam este tipo de assunto na área da engenharia civil, é de extrema notoriedade que sejam realizadas outras formas de estudos e pesquisas sobre esta temática, como:

- a) Manutenções preventivas na construção civil: como evitar patologias causadas pela má utilização da edificação;
- b) Controle de qualidade do canteiro de obras e qualificação da mão de obra;
- c) Reforço em estruturas de concreto armado para correção de patologias que comprometem a estabilidade da edificação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. G. de. **IDENTIFICAÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS ÀS EDIFICAÇÕES**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.
- ALONSO, U. R. Exercícios de fundações. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide to durable concrete – ACI 201.2R – 77**, 2008.
- ANÁPOLIS, Prefeitura Municipal de. **Cmei Zilda Arns passa por reforma**. Anápolis, 2018. Disponível em: <<http://www.anapolis.go.gov.br/portal/multimidia/noticias/ver/cmei-zilda-arns-passa-por-reforma>>. Acesso em: 28/05/2019.
- ANDRADE, C.; ALONSO, C. **On-site measurements of corrosion rate of reinforcements**. Construction and Building Materials, v. 15, 2001.
- ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. **Patologia das Estruturas**. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, V.1, Cap. 32, 2005.
- ANDRIOLO, F. R. **Construções de concreto**: manual de práticas, para controle e execução. Ed. PINI, São Paulo, 1984.
- ANGELO, A. M. V. **Análise das patologias das estruturas em concreto armado do estádio Magalhães Pinto – Mineirão**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- ASSIS, F. F. de; RABELO, G. Q. **Fissuras por movimentação térmica em estruturas de concreto armado**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037** – Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** – Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.

BARBOZA, M. R. **Concepção e análise de estruturas de edifícios em concreto armado**. UNESP, Bauru, 2008.

BARROS, C. **Apostila de fundações**: Técnicas construtivas edificações. Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Pelotas, 2011.

BASTOS, P. S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

BASTOS, P. S. dos S. **Lajes de concreto**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2015.

BASTOS, P. S. dos S. **Sapatas de fundação**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

BERBERIAN, D. **Engenharia de fundações**. 4. ed. Brasília: Infrasolo, 2019.

BJERRUM, L. **Interaction Between structure and Soil**, European CSMFE, Wiesbaden, 1963.

BONATO, L. C. **Reação álcali-agregado, principais causas e estudo de reatividade potencial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

BRISOLARA, G. C. P. **Patologias na construção civil**: A permanência de velhos erros em novos contextos. Santa Catarina, 2014.

BRITO, J. L. W. de. **Fundações do edifício**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.

CARMO, P. O. do. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

CASTRO, U. R. **Importância da manutenção predial preventiva e as ferramentas para sua execução**. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

CLÍMACO, J. C. T. De S. **Estruturas de concreto armado**: Fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 3. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier; Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2016.

CONSTRUÇÃO civil prevê crescer 2% neste ano. **Estadão**, São Paulo, 13 de fevereiro de 2019. Disponível em: <<https://opinioao.estadao.com.br/noticias/editorial-economico,construcao-civil-preve-crescer-2-neste-ano,70002718654>>. Acesso em: 02/04/2019.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Minha Casa Minha Vida: 56,4% dos imóveis avaliados apresentam defeitos na construção.** Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.cgu.gov.br/noticias/2017/08/minha-casa-minha-vida-56-4-dos-imoveis-avaliados-apresentam-defeitos-na-construcao>>. Acesso em: 03/04/2019.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projectos na redução dos custos de manutenção das construções.** In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.

DICIONÁRIO Michaelis. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/patologia/>>. Acesso em: 05/05/2019.

ESPINOSA, F. **Diseño de um programa computacional para evaluar la gestión de mantenimiento basado em La seguridad de funcionamiento.** Revista Información Tecnológica, vol. 15, nº 6, 2004.

FABRÍCIO, M. M., ROSSIGNOLO, J. A. **Fundações.** 2002. Disponível em: <http://www.profwillian.com/sistemas/Apostila_Fundacoes.pdf>. Acesso em: 01/06/2019.

FERRAZ, B. T. B. **Estudo das principais manifestações patológicas causadas por umidade e infiltrações em construções residenciais.** Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2016.

FERREIRA, R. M. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão.** Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2000.

GENTIL, V. **Corrosão.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

GODOY, N. S.; TEIXEIRA, A. T. **Fundações: Teoria e prática.** São Paulo: PINI, 1996.
GRIMM, C. T. **Masonry cracks: cause, prevention and repair.** Masonry International, v. 10, n. 3, 1997.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2ª ed. São Paulo: PINI, 1992.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes.** Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Sector de Edições e Artes gráficas do CDIT, 2001.

HIBBELER, R. C. **Mecânica dos materiais.** 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

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

MARTHA, L. F. C. R. **Análise de estruturas: Conceitos e métodos básicos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: Ibracon, 2008.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MONCHY, F. **A função manutenção**: Formação para gerência da manutenção industrial. São Paulo: Durban, 1989.

MOURA, M. W.; MARCELLINO, N. A. **Avaliação da deformação em lajes bidirecionais de concreto armado**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

NAZARIO, D.; ZANCAN, E. C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma**: Inspeção dos sete postos de saúde. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

NETO, S. A. D. **Apostila**: Fundações e obras de contenção. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. Disponível em: <<http://www.lmsp.ufc.br/arquivos/graduacao/fundacao/apostila/04.pdf>>. Acesso em: 20/05/2019.

PASE, M. C. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

PIANA, M. C. **A construção do perfil do assistente social no cenário educacional**. Revista Cultura Acadêmica, UNESP, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/vwc8g/pdf/piana-9788579830389-06.pdf>>. Acesso em: 01/11/2019.

QUERUZ, F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belgas**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações**: Guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 4. ed. São Paulo: Ziguarte, 2008.

RODRIGUES, M. **Manutenção industrial em Curitiba e cidades circunvizinhas: Um diagnóstico atual**. Dissertação de mestrado apresentada ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba. 2003.

SAES, J. L. **Patologia das Fundações**. In: SEFE V - 5º Seminário de engenharia de fundações especiais e geotecnia. São Paulo, 2004.

SÁLES, J. J. et al. **Sistemas estruturais**: Teoria e exemplos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SAVES, V. G. **Estudo das fundações em estacas**: tipo, cálculo, cuidados, execução. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SCADELAI, M. A.; PINHEIRO, L. M. **Estruturas de concreto**. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

SILVA, V. M. **Ação da carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, construídas em escala natural e reduzida**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SOUZA, M. F. S. M. de; RODRIGUES, R. B. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

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

TAYLOR, H.F.W. **Cement Chemistry**. ed 2. London. Thomas Telford, 1997.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. 1ª ed. São Paulo, PINI, 2001.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenções e recuperação**. São Paulo, PINI, 1989.

TSANG, A. H. C. **Condition-based maintenance: tools and decision making**. Journal of quality in maintenance engineering, vol. 1, nº 3, 1995.

VAN EIJK, D. **Restauração de taipa de pilão – aspectos de materiais, técnicas construtivas, patologias e restauração**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

VARGAS, M.; SILVA, F. R. **O problema de fundações de edifícios altos: experiência em São Paulo e Santos**. In: Conferência regional sul-americana sobre edifícios altos, Porto Alegre, 1973.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VERÇOZA, Ê. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícia de Engenharia, Recife, 2003.