

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCIO JHONATA CAETANO FERNANDES

**ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO EM EDIFICAÇÕES**

ANÁPOLIS / GO

2021

MARCIO JHONATA CAETANO FERNANDES

**ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO EM EDIFICAÇÕES**

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

ORIENTADOR: WELINTON ROSA DA SILVA

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

FERNANDES, MARCIO JHONATA CAETANO

Estudo das principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edificações.

69p, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Patologia	2. Estruturas de concreto
3. Manifestações patológicas	4. Manutenção
I. ENC/UNI	II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERNANDES, Marcio Jhonata Caetano. Estudo das principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edificações. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 69p. 2021.

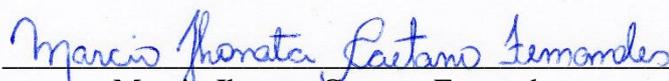
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcio Jhonata Caetano Fernandes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo das principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edificações.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

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.



Marcio Jhonata Caetano Fernandes

E-mail: marciojhonata@gmail.com

MARCIO JHONATA CAETANO FERNANDES

**ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO EM EDIFICAÇÕES**

**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:

Welinton Rosa da Silva.

**WELINTON ROSA DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**

Vanessa Honorato Domingos

**VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

Eduardo

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de NOVEMBRO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me presenteado com uma família abençoada que sempre me apoiou, motivou e acreditou em mim, nesse contexto, reverencio minha esposa, Michelle, que não mediu esforços para eu poder alcançar essa conquista tão especial, a minha filha Mayanna, que mesmo sendo uma criança entendeu perfeitamente a necessidade que seu pai tinha em estudar e não poder brincar em determinados momentos, ao meu filho Matheus, que muitas vezes ficava estudando comigo, sempre pedindo seu “pepeu”, e também não posso deixar de agradecer pela saúde que a mim foi dada para superar todas as adversidades que encontrei.

Aos meus pais e irmãos por estarem presentes na minha vida, mesmo que *in memoriam* de meu pai, que de onde está, tenho certeza que consegui deixá-lo orgulhoso, e por terem me ensinado princípios que carrego por toda vida.

Ao meu orientador, Prof. Welinton Rosa da Silva, pelo acompanhamento e conselhos sempre com incentivo, simpatia e presteza, norteando e propiciando alicerces para o êxito deste trabalho e na vida profissional.

Aos amigos, em particular, Alan Baptista e Vinicius Ormianin, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Aos engenheiros e amigos Davidson Fernando Hordylan Calixto e Kíria Nery Alves do Espírito Santo Gomes cuja ajuda, paciência e orientação ao longo dessa minha recente vida profissional foram de valor inestimável, tanto no desenvolvimento das minhas aptidões para o exercício da engenharia quanto na produção deste trabalho.

Ao Sr Rogério Barbosa Marques pelo apoio e autorização para o estudo de caso da edificação deste trabalho, sua atitude foi fundamental para o sucesso conquistado.

Aos amigos e colegas pelo incentivo, credibilidade e valiosas contribuições ao longo do tempo desse período acadêmico.

Aos professores pelos conhecimentos transmitidos com muita paciência e perseverança, pois atravessamos períodos difíceis nessa jornada e mesmo diante da dificuldade e dos acontecimentos inéditos, não perderam a cinergia em ministrar as aulas.

Muito obrigado!

Marcio Jhonata Caetano Fernandes

RESUMO

As anomalias encontradas nas estruturas de concreto armado das edificações são decorrentes de várias circunstâncias, sendo que esses problemas não ocorrem de forma isolada e sem motivo, geralmente sua origem está relacionada a qualquer falha cometida em uma das fases do processo de concepção da edificação, onde os erros de projeto, execução, escolha do tipo de material e de manutenção acarretam no surgimento das manifestações patológicas. Nesse sentido, os conceitos apresentados com analogias ao corpo humano são fundamentais para o entendimento de como a negligência dos responsáveis técnicos pela obra contribuem para materializar diversos problemas das estruturas de concreto armado. A manutenção e a fiscalização são vitais para o bom desempenho das edificações, no geral, estão alicerçadas pelas mais variedades normas técnicas e legislações cujo objetivo é padronizar e referenciar a grande variedade de sistemas construtivos com foco em segurança e conforto aos usuários. O estudo de caso revela as anormalidades que podem influenciar diretamente as estruturas de concreto armado em edificações, desde o básico até algumas mais complexas, expondo as possíveis causas, os meios alternativos para reduzir seus efeitos, os agentes adequados para solucioná-las e que a não utilização de profissionais habilitados trazem consequências relevantes que refletem tanto na segurança como no custo para recuperação. Dessa forma, foi realizado uma análise a partir das manifestações patológicas existentes e também das figuras de quando a obra estava sendo executada com o objetivo de identificar as possíveis origens dos problemas existentes na atualidade da edificação. A proposta de solução, prevenção e procedimentos recuperatórios estão amparados em diversas bibliografias, normas e manuais de engenharia, com o intuito único de encontrar o tratamento adequado. O resultado do estudo de caso ratifica a necessidade de profissional técnico especializado, tanto na vistoria quanto na execução, e para a recuperação dos diversos problemas encontrados será utilizado recursos financeiros consideráveis para a contratação de mão de obra e compra de materiais.

PALAVRAS-CHAVE:

Patologia das construções. Manifestações patológicas. Manutenção. Inspeção predial. Estruturas. Concreto armado.

ABSTRACT

The anomalies found in the reinforced concrete structures of the buildings are due to various circumstances, and these problems do not occur in an isolated and unreasonable way, usually their origin is related to any failure committed in one of the phases of the building design process, where errors in design, execution, choice of material and maintenance lead to the emergence of pathological manifestations. In this sense, the concepts presented with analogies to the human body are fundamental for understanding how the negligence, malpractice or recklessness of the technicians responsible for the work contribute to materializing various problems of reinforced concrete structures. Maintenance and inspection are vital for the good performance of buildings, in general, they are based on the most varied technical standards and legislation whose objective is to standardize and reference the wide variety of construction systems with a focus on safety and comfort for users. The case study reveals the abnormalities that can directly influence reinforced concrete structures in buildings, from the basic to more complex ones, exposing the possible causes, alternative means to reduce their effects, the appropriate agents to solve them and that the non-use of qualified professionals brings relevant consequences that reflect both on safety and the cost of recovery. Thus, an analysis was carried out based on the existing pathological manifestations and also on the figures from when the work was being carried out, in order to identify the possible origins of the problems existing in the building today. The proposed solution, prevention and recovery procedures are supported by several bibliographies, standards and engineering manuals, with the sole aim of finding the appropriate treatment. The result of the case study confirms the need for a specialized technical professional, both in inspection and execution, and for the recovery of the various problems encountered, considerable financial resources will be used to hire labor and purchase materials.

KEYWORDS:

Construction pathology. Pathological manifestations. Maintenance. Building inspection. Structures. Reinforced concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Esqueleto humano, (b) Estrutura de concreto mais alvenaria de vedação.....	19
Figura 2 – (a) Sistema Circulatório Humano e (b) Sistema Hidrossanitário.....	19
Figura 3 – Patologia das edificações, o estudo das "doenças", falhas e erros	20
Figura 4 – Origem dos problemas patológicos.....	25
Figura 5 – Incumbências pela implantação do desempenho em edificações	26
Figura 6 – Inter-relacionamento entre conceitos de durabilidade e desempenho.....	28
Figura 7 – Desempenho de uma edificação ao longo do tempo.....	31
Figura 8 – Lei de Sitter.....	32
Figura 9 – Medição de cobertura de concreto de pilar	36
Figura 10 – Diferentes fases do mecanismo de corrosão de armaduras.....	38
Figura 11 – Fissuras e lascamentos	39
Figura 12 – Deterioração de uma laje.....	40
Figura 13 – Manchas brancas causadas pela lixiviação	43
Figura 14 – Algumas configurações genéricas de fissuras.....	44
Figura 15 – Tipos e possíveis localizações das fissuras	45
Figura 16 – Ninhos de concretagem.....	47
Figura 17 – Caixaria das vigas baldrame e dos pilares.....	49
Figura 18 – Pilares concretados por etapa e início da concretagem do contrapiso	49
Figura 19 – Deslocamento do reboco em viga	50
Figura 20 – Descolamento e fissuras no reboco em vigas.....	50
Figura 21 – Deslocamento nos pilares.....	51
Figura 22 – (a) Execução concretagem da laje e (b) Segregação no topo do pilar	52
Figura 23 – Construção de verga e contraverga	52
Figura 24 – Fissuras causadas por má execução de contraverga.....	53
Figura 25 – Levantamento da alvenaria de vedação.....	53
Figura 26 – Fissuras entre a alvenaria e o pilar	54
Figura 27 – Execução de reboco.....	55
Figura 28 – Fissuras no reboco da fachada.....	56
Figura 29 – Fissuras e infiltrações no reboco da fachada.....	56
Figura 30 – Estrutura com eflorescência	57
Figura 31 – Compactação do solo	58
Figura 32 – Viga com tubo soldável de PVC	59

Figura 33 – Fissura em volta de vigas	60
Figura 34 – Encunhamentos realizados	60
Figura 35 – Encunhamentos ineficiente	61
Figura 36 – Platibanda sem viga de fechamento	61
Figura 37 – Platibanda com fissura	62
Figura 38 – Telha de fibrocimento	62
Figura 39 – Desplacamento em revestimento cerâmico	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de termos ligados à patologia das construções	24
Quadro 2 – Classes de agressividade ambiental.....	34
Quadro 3 – Classificação dos tipos de fissuras.....	46

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Vida útil de projeto (VUP)*	30
Tabela 2 – Relação entre classe de agressividade e qualidade do concreto	35
Tabela 3 – Relação entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.....	36

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEB	Comitê Euro-internacional do Concreto
Cl-	Cloro
CO ₂	Dióxido de Carbono
ELS	Estado Limite de Serviço
H ₂ O	Água
NBR	Norma Brasileira
O ₂	Oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
PVC	Policloreto de Vinila
VU	Vida útil
VUP	Vida útil de projeto
Δc	Tolerância de execução para o cobrimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 CONCEITOS	18
2.1.1 Patologia das construções	18
2.1.2 Manifestação patológica.....	22
2.1.3 Norma de desempenho.....	25
2.1.3.1 Desempenho	26
2.1.3.2 Vida útil (VU) e Vida útil de projeto (VUP)	28
2.1.4 Tipos de manutenções	30
2.1.4.1 Manutenção preventiva.....	31
2.1.4.2 Manutenção corretiva	31
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	32
2.2.1 Corrosão de armaduras	37
2.2.2 Bolor ou mofo na estrutura de concreto.....	40
2.2.3 Eflorescência em concreto	41
2.2.4 Fissuras, trincas ou rachaduras	43
2.2.5 Segregação (ninhos de concretagem).....	46
3 ESTUDO DE CASO	48
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

As construções civis apresentam inúmeros estudos, vários métodos construtivos e um grande volume de profissionais envolvidos, isso demonstra sua sublime importância em nosso cotidiano. Como são vários os profissionais envolvidos, as edificações acabam apresentando características distintas, mas que de qualquer forma, independentemente de como foi concebida, deve apresentar desempenho satisfatório, à vista disso, surge o termo patologia de origem grega, o qual Bolina, Tutikian e Helene (2019), definem como a ciência que estuda a origem, a natureza e a causa das doenças, tal analogia refere-se à compreensão das anormalidades encontrada nas construções civis. Dessarte, surgiu a patologia das construções que é a ciência que investiga os defeitos ou “doenças” nas edificações como um todo.

Ainda no âmbito das ciências biológicas, França *et al.* (2011), afirma que são várias as correlações feitas sobre as edificações e o corpo humano, como objetos de estudo, que podem traduzir as terminologias entre essas ciências. Além disso, quando um sistema apresenta anormalidades, é fato que, deve-se buscar uma solução por meio de procedimentos de recuperação ou reparos, onde é preciso ministrar remédios e em casos mais extremos, sendo necessário procedimento cirúrgico, dependendo muito de cada tipo de situação e guardadas as devidas proporções na adesão desses termos.

A partir desses preceitos, Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), entendem que as manifestações patológicas são ocasionadas em qualquer etapa da construção, podendo ser deste a concepção do projeto, em seu planejamento, durante a sua execução, no emprego inadequado dos materiais, nos métodos construtivos utilizados que por vezes tem influência direta, conforme a experiência do colaborador ou adquiridas no decorrer do tempo de sua utilização.

Thomaz (2001), mostra que são vários os aspectos a serem levados em consideração para se constatar os problemas encontrados nas edificações, sendo que do conceito estritamente técnico, as manifestações patológicas podem estar relacionadas às descon siderações de agentes agressivos ou até mesmo da reduzida sapiência de processos degenerativos e às ações de negligência. No geral, grande parte das anomalias encontradas são caracterizadas pela omissão, falha ou falta de detalhamento e estudo das possíveis interferências no que foi planejado, ou seja, no projeto. Destarte, observa-se que a qualidade dos projetos não pode ser negligenciada, do contrário, isso direcionará a edificação às manifestações patológicas de seus elementos básicos, comprometendo a segurança e o bem-estar.

Gomide *et al.* (2009), evidencia que dentre as várias recomendações, procedimentos, normas regulamentadoras e leis, fica explícito que as normas não são leis, pois são

desvinculadas da administração pública, devido ao fato de serem expedidas por atos de associação privada. Relativo a sua aplicação ou cumprimento, as normas se revestem de caráter imprescindível. Dessa forma, mesmo não sendo lei, é de uso compulsivo, observando-se os dispositivos legais que dão respaldo para sua utilização, tais como: o Código de Defesa do Consumidor e o Código Civil, ambos normatizam a obrigatoriedade do cumprimento das relações particulares pré-acordadas, de forma a proporcionar garantia legal ao contratante, associando o construtor a possíveis problemas que possam surgir, isso evidencia que a qualidade dos serviços executados e os materiais empregados são traduzidos em desempenho da edificação. Esse desempenho que já vem definido em projeto é um critério ímpar para o não surgimento de manifestações patológicas, sendo que o descumprimento ou inobservância das normas, mesmo que fundamentada em consenso popular, traz consequências diretas aos responsáveis em todos os níveis, com previsão para a aplicação de sanções e penalidades.

Para mitigar a aparição das manifestações patológicas, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), ratifica que a patologia “se manifesta no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural”, dessa forma o desempenho das edificações está correlacionado ao estudo da patologia das construções justamente para diminuir o surgimento de anormalidades, para isso essa norma compreende um conjunto normativo em seis partes, abrangendo exigências relacionadas à segurança, habilidade e sustentabilidade.

Tudo que está relacionado à construção civil gera um custo, seja de tempo ou recursos financeiros, dessa forma uma economia gerada devido ao não atendimento às normas técnicas geram prejuízos significativos, pois além de diminuir a vida útil da obra, será necessário a correção das falhas advinda desses artifícios moderadores e totalmente irresponsáveis, tanto no período de execução quanto ao longo do tempo. Dessa maneira, deve-se primar pela excelência e qualidade da obra desde o início para furtar-se de dispêndios com reparação, intervenções ou retrabalho (DÓREA *et al*, 2010).

A qualidade da construção não está correlaciona somente às falhas na concepção de projeto ou em sua execução, ou seja, o uso inadequado juntamente à falta de manutenção preventiva, preditiva e, por último a mais onerosa, a manutenção corretiva, que é caracterizada como uma ação tomada após a falha ter ocorrido, sendo necessário o reparo, a recuperação ou a reconstrução de elementos em estágio avançado de deterioração (BOLINA; TUTIKIAN & HELENE, 2019).

Dentro dessas circunstâncias, é pertinente um estudo pormenorizado para a identificação da origem e grau de evolução das principais manifestações patológicas nas

estruturas de concreto armado, sendo esse o elemento básico constituinte das edificações, apontando soluções técnicas para as “doenças” encontradas. Com isso, além de propor soluções, prevenções e procedimentos de recuperação este trabalho mostra que pequenas manifestações patológicas, que em sua maioria teriam custos ínfimos, podem desenvolver-se a estágios avançados e conseqüentemente, demandarão profissionais específicos e ônus vultoso para tornar a edificação segura e de desempenho satisfatório.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tema desse trabalho traz um arcabouço conceitual de patologia, assim como o estudo de caso de anomalias encontradas nas estruturas de concreto armada em edificações devido às várias circunstâncias, sendo que esses problemas não ocorrem de forma isolada e sem motivo, geralmente sua origem está relacionada a qualquer falha cometida em uma das fases do processo de concepção da edificação, onde os erros de projeto, execução, escolha do tipo de material e de manutenção acarretam no surgimento das manifestações patológicas.

Nesse sentido, faz se necessário um estudo aprofundado dos principais vetores causadores das manifestações patológicas corriqueiras nas estruturas de concreto armado, independentemente do método construtivo escolhido, uma vez que todas as obras são regidas por manuais e normas técnicas, sendo ainda necessário um profissional habilitado para execução, planejamento e fiscalização dos serviços a serem realizados, pois além do prejuízo financeiro o responsável pela obra poderá responder judicialmente pelas anomalias e suas conseqüências.

Outro fator circunstancial, é a manutenção e a fiscalização de órgãos públicos, pois o primeiro se bem executado trará baixos custos e segurança, já o segundo, que tem um papel de grande relevância, não só no sentido de aplicar multas ou embargos, mas também, é objeto de conscientização para o cumprimento das normas e legislações.

Assim, o estudo de caso revela as anormalidades que influenciam nas estruturas de concreto armado em edificações, desde o básico até algumas mais complexas, expondo suas possíveis causas, os meios alternativos para mitigar seus efeitos, os agentes adequados para solucioná-las e que a não utilização de profissionais habilitados trazem conseqüências gravíssimas, sendo seu último estágio de “doença terminal”, o colapso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral analisar as principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edificações por negligência dos profissionais envolvidos e geram ônus, descrevendo os fatores causadores, as principais técnicas de reparo e os meios de mitigação dessas ocorrências.

1.2.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Conceituar os principais tipos de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edificações;
- Descrever a origem, as causas, a prevenção e o reparo das anormalidades;
- Destacar a importância da utilização de profissionais e materiais adequados; e
- Analisar um estudo de caso na obtenção da origem, causa e solução das manifestações patológicas encontradas.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia empregada para atender aos objetivos deste trabalho baseia-se na pesquisa em diversos textos técnicos que abordam o tema manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edificações, como livros, manuais, normas, dissertações, artigos e no estudo de caso para aplicação dos conceitos e métodos encontrados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 2, é apresentado os principais conceitos empregados no estudo da patologia das construções, bem como, as principais manifestações patológicas fundamentais em diversas referências bibliográficas de autores conceituados, assim como, a atuação da norma de desempenho como parâmetro para a performance das edificações no que tange principalmente às manutenções necessárias. O capítulo 3, apresenta o estudo de caso, onde foram analisadas as

principais manifestações patológicas ocorridas em todos os sistemas/elementos da edificação, haja vista que todos os elementos estão interligados, ou seja, a ineficiência de um contribui para o surgimento de anomalias no outro, também é apresentado figuras para identificação da origem das anormalidades e formas de recuperação e reparo dos problemas encontrados. No capítulo 4, é realizado uma síntese filosófica dos principais fatos observados juntamente com uma conclusão e orientação do que é necessário para diminuir os impactos prejudiciais à edificação em seus elementos de concreto armado e ao orçamento para corrigir os problemas explicitados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS

São vários os conceitos empregados para o estudo das manifestações patológicas, desde analogia ao ramo das ciências biológicas como termos e vocábulos mais populares nos canteiros de obras e manuais técnicos.

2.1.1 Patologia das construções

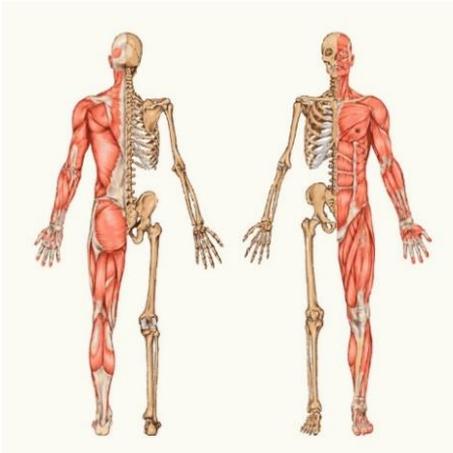
Para Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), a patologia das edificações, também chamada de patologia das construções, é um tema bastante estudado na atualidade. Em tempos passados, são encontradas menções relacionadas à qualidade e à segurança das edificações no Código de Hamurabi, um texto mesopotâmico escrito há mais de 1700 a.C., que apresenta um conjunto de leis para controlar e organizar a sociedade daquela época em referência à Lei de Talião – olho por olho, dente por dente, ou seja, os construtores e arquitetos respondiam pela qualidade e segurança das edificações. Assim, o Código de Hamurabi previa que em caso de problemas na construção, o construtor assumiria os custos de reparo ou em caso de colapso da edificação com perda de vida, o responsável pela sua construção poderia pagar com o preço da própria vida.

A patologia na sua essência seria o estudo das doenças, este termo muito empregado na área da medicina, também é muito utilizado na engenharia civil, pois tal analogia no emprego deste termo, estão correlacionados aos estudos dos problemas estruturais e dos sistemas do corpo humano que são provocados por qualquer tipo de doença. A atuação na área da patologia das construções requer um profissional habilitado com amplo conhecimento relativo às construções, que abrange desde experiência a entendimento de reações químicas e solicitações mecânicas, assim os profissionais recém-formados em universidades não atendem esses requisitos básicos, sendo necessário uma especialização para atuação na área, observa-se ainda que a maioria dos cursos de graduação em engenharia civil não lecionam disciplinas nesse segmento e quando a oferecem é optativa (FRANÇA *et al.*, 2011).

Assim, para Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), os sistemas das edificações têm sua função parecida com o corpo humano, a Figura 1 mostra o esqueleto humano e os elementos estruturais de uma edificação, a função de ambos são prover a estabilidade e sustentação, dessa

forma, ainda temos os elementos de alvenaria e a musculatura do corpo que são para preencher e reforçar os espaços vazios.

Figura 1 – (a) Esqueleto humano, (b) Estrutura de concreto mais alvenaria de vedação



(a) Fonte: SANTOS (2021).



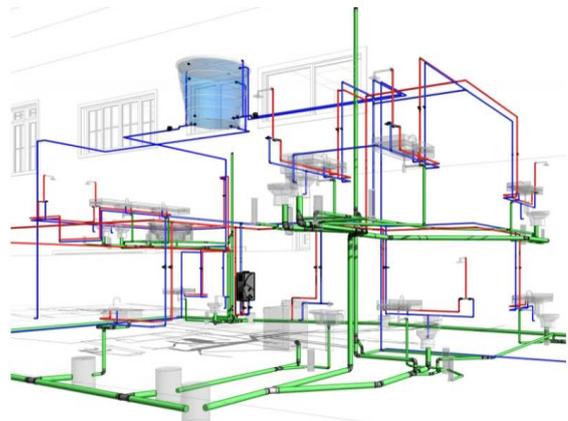
(b) Fonte: DIAS (2021).

Nessa analogia entre ciências biológicas e engenharia, ainda temos a Figura 2 que mostra os sistemas circulatório humano e o hidrossanitário. A função do sistema circulatório humano é parcialmente análoga ao sistema hidrossanitário, pois ambos são responsáveis por manterem o fluxo de fluido pelo sistema. Seus elementos e suas atribuições estão inseridas em um conjunto funcional, salvo as devidas proporções e suas especificidades teóricas (SENA; NASCIMENTO & NABUT NETO, 2020).

Figura 2 – (a) Sistema Circulatório Humano e (b) Sistema Hidrossanitário



(a) Fonte: SILVA (2016).

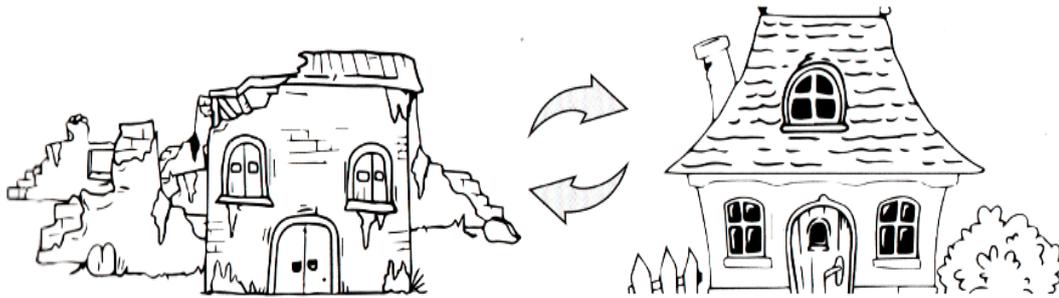


(b) Fonte: ARQONLINECURSOS (2016).

Ao longo do tempo, conforme a Figura 3 que demonstra a patologia das edificações, sendo o estudo das "doenças", falhas e erros em edificações que objetiva a sua remediação

adequada, nota-se que os materiais, os elementos e os sistemas que compõem uma edificação, da mesma forma que o ser humano, necessitam de cuidados, em outras palavras, manutenção e acompanhamento rotineiro, pois envelhecem e seus sistema imunológicos ficam enfraquecidos, ficando mais suscetíveis a doenças (SENA; NASCIMENTO & NABUT NETO, 2020).

Figura 3 – Patologia das edificações, o estudo das "doenças", falhas e erros



Fonte: BOLINA, TUTIKIAN & HELENE (2019).

França *et al.* (2011), salienta que essas doenças podem ser desenvolvidas a partir do emprego inadequado de materiais, métodos construtivos impróprios, na concepção do projeto, ou seja, não se pode negligenciar a execução da obra e, ainda, outro fator preponderante são as anomalias adquiridas ao longo do tempo. Isso reflete desde a falta de manutenção ou mau uso, tendo como consequência a “morte” da edificação, neste caso o seu colapso, que a depender do seu porte poderá colaborar com perdas de muitas vidas humanas e em um prejuízo financeiro, seja na recuperação da edificação, seja em revitalizar uma anormalidade que deveria ter sido evitada.

Como a patologia das construções é uma ciência investigativa, França *et al.* (2011), remete diversas terminações que são utilizadas na medicina, sendo utilizado na engenharia civil para o emprego em edificações, tais como:

- a) Profilaxia das edificações – de origem grega *prophylaxis*, remete à cautela, é apontada como a aplicação de meios para evitar doenças (anomalias, problemas) ou a sua propagação;
- b) Diagnóstico – vem do grego *diagnosticu*, com significado de conhecimento de algo por meio do seu exame, tem a função de identificar e descrever a origem e a causa das doenças nas edificações;
- c) Prognóstico – de origem do latim *prognosticu*, refere-se a antecipado, conhecimento prévio, está relacionado ao julgamento técnico ou de especialista,

são consideradas as possibilidades terapêuticas, cujo objetivo é estabelecer a duração e evolução dos problemas no decorrer do tempo;

- d) Terapia – essa etapa seria o tratamento da anomalia, é a busca pela solução dos problemas encontrado com medidas necessárias de forma imediata ou não; e
- e) Anamnese – palavra que vem do grego, onde significa “trazer de novo à memória”, ou seja, é um levantamento técnico do histórico para identificação do início das anormalidades, assim procura resgatar todos os fatos relacionados com a doença e o doente.

Bolina, Tutikian e Helene (2019), afirmam que os meios de correção de um elemento ou sistema, pode ocorrer de várias formas, ao se definir a terapia adequada para a correção do problema, é ideal a realização de um projeto, levando-se em consideração qual tipo de tratamento a ser realizado, pois são diversos os fatores condicionados, tais como estética, segurança, funcionalidade, execução, mão de obra, disponibilidade de materiais, custos e a aptidão utilizada pelo profissional no tratamento das anomalias. Dessa forma, é significativo que cada sistema requer uma habilidade na aplicação da solução para a eficácia em interromper o mecanismo deteriorante.

Em suma, Bolina, Tutikian e Helene (2019), apresentam os oito Rs (reabilitação, recuperação, reparo, reforço, restauro, reforma, reconstrução e *retrofit*) que são as formas de intervenção mais aplicadas pelo setor de engenharia civil, conforme a seguir:

- a) Reabilitação – tem como objetivo consertar o elemento deteriorado, trazendo-o à condição ideal de desempenho, conforme sua condição inicial;
- b) Recuperação – seu foco é corrigir os problemas existentes em uma edificação, sendo utilizados um conjunto de procedimentos e técnicas nessa cura. É dividida em reparo, reforço e restauro;
- c) Reparo – geralmente é empregado para o conserto dos elementos constituintes de um sistema, é utilizado quando o elemento não apresenta condições adequadas, ou seja, o seu comportamento está implicando em mal funcionamento como parte constituinte de um sistema;
- d) Reforço – busca aumentar a resistência dos sistemas, cooperando também para sua estabilidade, amplamente é utilizado para aumentar a capacidade de carga dos sistemas estruturais principalmente quando a edificação será utilizada ou receberá algum tipo de funcionalidade e/ou equipamento ao qual ela não foi projetada para este fim;

- e) Restauro – conjunto de procedimentos utilizados para recondicionar o elemento da edificação, mantendo-se suas características originais do ponto de vista histórico, comumente é mais empregado em patrimônios históricos, este termo também pode ser empregado para a restauração de edificações comuns, sendo que teria o mesmo significado de reparo;
- f) Reforma – o processo de reforma é composto de reparo, reforço ou restauro, sendo que não possui compromisso com valores históricos, estéticos ou arquitetônicos, ou seja, obtém-se uma nova forma, pois todas as características da edificação podem ser alteradas;
- g) Reconstrução – essa técnica leva em consideração o contexto histórico, busca reconstruir o que foi danificado, destruído ou esteja na iminência de entrar em colapso, tem-se como parâmetro o projeto original da edificação; e
- h) *Retrofit* – termo de origem do latim *retro*, “movimentar-se para trás”, e do inglês *fit*, “adaptação, ajuste”, é um método de revitalização de edifícios antigos, tem como objetivo substituir itens que não cumprem seu desempenho ou estão em condições inadequadas em um sistema de uma edificação, ou seja, um processo de melhoria para torná-lo contemporâneo. Vale ressaltar, que a norma de desempenho é parâmetro de qualidade, segurança e desempenho das edificações, mas no caso de uma edificação que tenha recebido o *retrofit* isso não se aplica.

2.1.2 Manifestação patológica

São vários os equívocos relacionados à utilização do termo patologia das construções com o termo manifestações patológicas, para sua compreensão Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), entendem que as manifestações patológicas são as degradações identificadas nas edificações, isto é, são as expressões dos problemas gerados por meio de processos construtivos inadequados, materiais impróprios, na elaboração de projeto, ao longo do tempo na degradação natural pela utilização ou mau uso, dessa forma, engloba desde o período de execução ao uso final. Já patologia das construções, termo mais amplo, remete ao ramo da ciência encarregado pelo estudo das causas, origens e formas de proliferação das anomalias.

As manifestações patológicas podem surgir em diversas etapas da obra, mas o que fica evidente é que são necessárias manutenções periódicas para que seus elementos mantenham o desempenho satisfatório aos usuários. Destarte, algumas manifestações patológicas se destacam pela ocorrência, tornando-se quase que comum a todas as edificações, sendo que as principais

estão relacionadas com as fundações, estruturas de concreto armado, instalações hidrossanitárias, alvenaria, revestimentos e impermeabilizações (SENA; NASCIMENTO & NABUT NETO, 2020).

Conforme citado por Oliveira (2013), “o projeto é um aspecto de extrema importância no processo produtivo. É nessa etapa que são estabelecidos todos os subsídios necessários para o desenvolvimento do empreendimento”. Isso demonstra a necessidade de um acompanhamento minucioso nessa fase do planejamento, haja vista que as falhas causadas por projetos mal elaborados acarretam no surgimento de várias doenças nas edificações.

Dessa forma, ter o conhecimento das ocorrências das principais anomalias nas edificações, facilitam e muito no processo de recuperação dos elementos afetados. Além disso, é comum o surgimento de problemas após a entrega da obra, quando a edificação passa para a responsabilidade do usuário, sendo que a falta de um diagnóstico antecipado, somados ao desinteresse das manutenções pelo utilizador e os gastos provenientes de falhas acarretam no agravamento de problemas simples de serem neutralizados.

Enfim, para encontrarmos as origens das manifestações patológicas não devemos focar apenas em um ponto, pois elas não ocorrem de forma solitária, em outras palavras, para o surgimento de anomalias nas construções tem-se um conjunto de variáveis, sendo necessário o rastreamento das evidências por meio visual ou a partir de “exames incisivos”. Além disso, é imperioso levar em consideração o desempenho dos sistemas, tal fato reflete significativamente no controle da qualidade de um ou mais elementos (OLIVEIRA, 2013).

Com o objetivo de simplificar o entendimento entre patologia das construções e manifestações patológicas, França *et al.* (2011), relaciona no Quadro 1, alguns exemplos de origens, causas e mecanismos. Além disso, outra forma equivocada é o emprego da palavra patologia no plural, referindo-se a inúmeras manifestações patológicas, pois a ciência patologia é singular e possui muitas aplicações nas áreas do conhecimento.

Quadro 1 – Exemplos de termos ligados à patologia das construções

Caso	Manifestação Patológica	Causa	Origem	Mecanismo
A	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ferrugem ▪ Desplacamento do cobrimento ▪ Manchas de corrosão 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fissuras do concreto ▪ Agentes agressivos (CO₂, Cl⁻, sulfatos) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeto ▪ Execução ▪ Materiais ▪ Uso 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrosão de armaduras: reação expansiva do ferro como o O₂ e o H₂O
B	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deformação excessiva 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrecarga 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeto ▪ Execução ▪ Materiais ▪ Uso 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deformação lenta
C	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ninhos de concretagem 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada altura de lançamento ▪ Excesso de armadura ▪ Adensamento inadequado ▪ Trabalhabilidade inadequada 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeto ▪ Execução ▪ Materiais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Separação física dos constituintes do concreto
D	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fissuras ▪ Trincas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrecarga ▪ Carência de armadura ▪ Problema com as fundações ▪ Retração do concreto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeto ▪ Execução ▪ Materiais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deformação não-preventiva da estrutura provocando abertura de fissuras no concreto ou nas alvenarias
E	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esfarelamento ▪ Desplacamento de pisos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excesso de água de amassamento ▪ Falta de cura 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Execução ▪ Materiais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exsudação
F	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eflorescência 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosidade excessiva ▪ Presença de água em abundância ▪ Cal livre presente no cimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Execução ▪ Materiais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combinação da água presente com a cal livre do cimento hidratado e sua posterior saída do interior do concreto

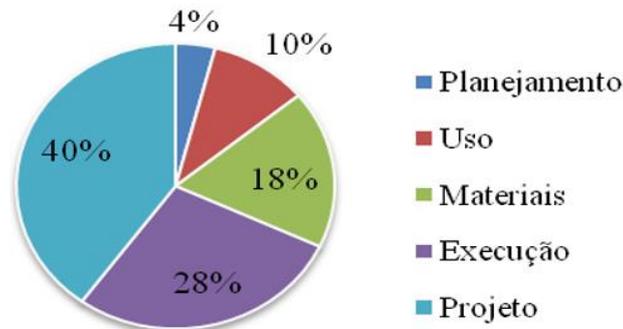
Fonte: FRANÇA *et al.* (2011).

Helene (1992), afirma que as manifestações patológicas geralmente começam a surgir ou a se manifestarem após o início das obras propriamente dito, sendo sua maior incidência no pós-obra, ou melhor, na etapa de uso. Cabe ressaltar o termo anamnese, pois o levantamento do histórico da edificação, facilitará a identificação da origem das anomalias, assim como possíveis causadores ou em qual fase ocorreram as falhas, seja de projeto, material, execução, fiscalização ou uso inadequado. Nota-se na Figura 4, que versa sobre a origem dos problemas patológicos em relação às etapas de produção e uso das obras civis, ou seja, há uma elevada porcentagem na origem das anomalias nas etapas de projeto e execução, todas as fases são importantes, mas é ideal que se dedique mais tempo e estudo no planejamento, projeto e tenha-se profissionais habilitados para a execução da obra.

Por fim, Milititsky, Consoli e Schnaid (2015), destacam que ao caracterizar as origens e os possíveis mecanismos deflagradores, isso inclui o acompanhamento na ocorrência de fissuras, trincas, desaprumo e/ou desalinhamento ou outros problemas que podem ser

investigadas precocemente. Contudo, uma fiscalização eficiente junto aos ensaios normatizados facilitam a identificação desses elementos defeituosos na manutenção da segurança.

Figura 4 – Origem dos problemas patológicos



Fonte: Adaptado de HELENE (1992).

2.1.3 Norma de desempenho

A norma de desempenho é dividida em seis partes (Parte 1 – Requisitos gerais, Parte 2 – Requisitos para os sistemas estruturais, Parte 3 – Requisitos para os sistemas de pisos, Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, Parte 5 – Requisitos para os sistemas de coberturas e Parte 6 – Requisitos para os sistemas hidrossanitários), ela tem como objetivo atender às necessidades dos usuários, pois estabelece parâmetros e critérios que visam o desempenho das edificações, de forma ampla, sendo possível a análise de um ou mais sistemas em particular e a mitigação no surgimento de manifestações patológicas. Ela não se aplica às obras de reformas, *retrofit* de edifícios, edificações provisórias ou obras já concluídas antes de sua entrada em vigor.

Um fato interessante observado por Gomide *et al.* (2021), é que a norma de desempenho além de contemplar o tripé de exigências do usuário, durabilidade e economia, não coloca em evidência a sustentabilidade, propriamente dita, mesmo mencionando-a, e o conforto psicológico, sendo que tais fatores na atualidade são bastante requisitados. Isso demonstra que a norma revolucionou os métodos de avaliação da qualidade das edificações, mas a dicotomia dessa revolução traz à tona seu surgimento obsoleto e a necessidade de ser aprimorada.

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), os responsáveis pelas construções devem entregar as edificações orientadas em três pilares básicos, que são mais abrangentes, como a segurança (segurança estrutural, contra incêndio e no uso e operação), a habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico, acústico, lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar,

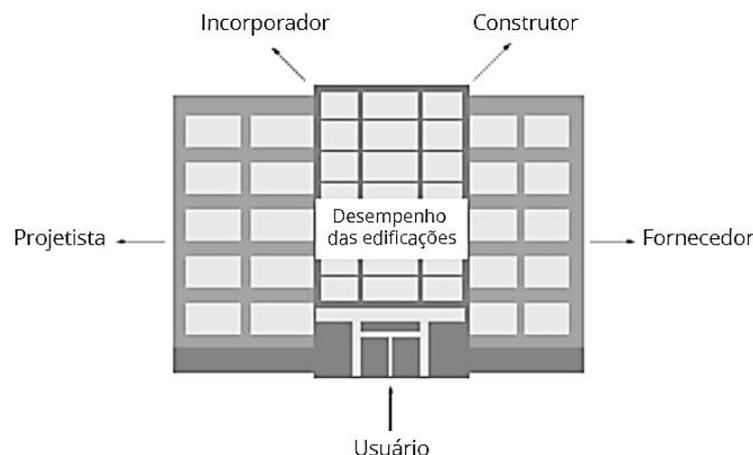
funcionalidade e acessibilidade e conforto tátil e antropodinâmico - que se refere aos movimentos requeridos pelas diversas atividades humana) e, por fim, a sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental).

2.1.3.1 Desempenho

Na visão de Bolina, Tutikian e Helene (2019), o desempenho é o resultado do uso da edificação e seus sistemas, já que no decorrer do tempo cada edificação é mantida de formas distintas, sendo os usuários e os profissionais envolvidos na sua concepção incumbidos de manter ou cumprir as exigências especificadas em norma. Contudo, é responsabilidade do incorporador junto aos projetistas determinarem o grau de desempenho a ser objetivado, cabem a eles apontar todos os possíveis riscos, realizando os ensaios necessários na obtenção de informações fundamentais para a execução do projeto no objetivo de atender a finalidade de uso da edificação.

Os profissionais envolvidos na obtenção de uma edificação possuem o dever de entregar uma obra que cumpra, no mínimo, o desempenho estabelecido em projeto, ou seja, deve ser durável, os materiais utilizados devem ser de qualidade e os procedimentos construtivos executados de forma adequada por técnicos habilitados. Deste modo, cabe ao usuário cumprir as orientações estabelecidas para que seu bem seja durável e desempenhe suas funcionalidades com qualidade. A Figura 5 resume os profissionais envolvidos de atribuições e responsabilidades para a salvaguarda das funcionalidades da edificação e seus sistemas (BOLINA; TUTIKIAN & HELENE, 2019).

Figura 5 – Incumbências pela implantação do desempenho em edificações



Fonte: BOLINA, TUTIKIAN & HELENE (2019).

Destarte, o fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema deve atender às normas brasileiras ou internacionais específicas, desde que possa caracterizar seu produto ou sistema com resultados que comprovem seu desempenho. Já, o projetista deve especificar os materiais, produtos e processos adequados para atender o desempenho desejado, assim estabelece os prazos de utilização em detrimento do valor teórico preestabelecido de vida útil de projeto. O construtor e incorporador tem como obrigação a identificação de falhas ou riscos previsíveis em projeto, o projeto deve ser executado obedecendo às orientações normativas, sem qualquer tipo de alteração por conta do executor, e cabe lhe, ainda, a elaboração do manual de uso, operação e manutenção. Finalmente, o usuário, que mesmo sem participação no processo construtivo também é responsável pelo desempenho da edificação, pois deve realizar as manutenções estabelecida, usar de forma adequada a edificação e atentar-se para os prazos de garantia legal ou acordada (NBR 15575-1 ABNT, 2013).

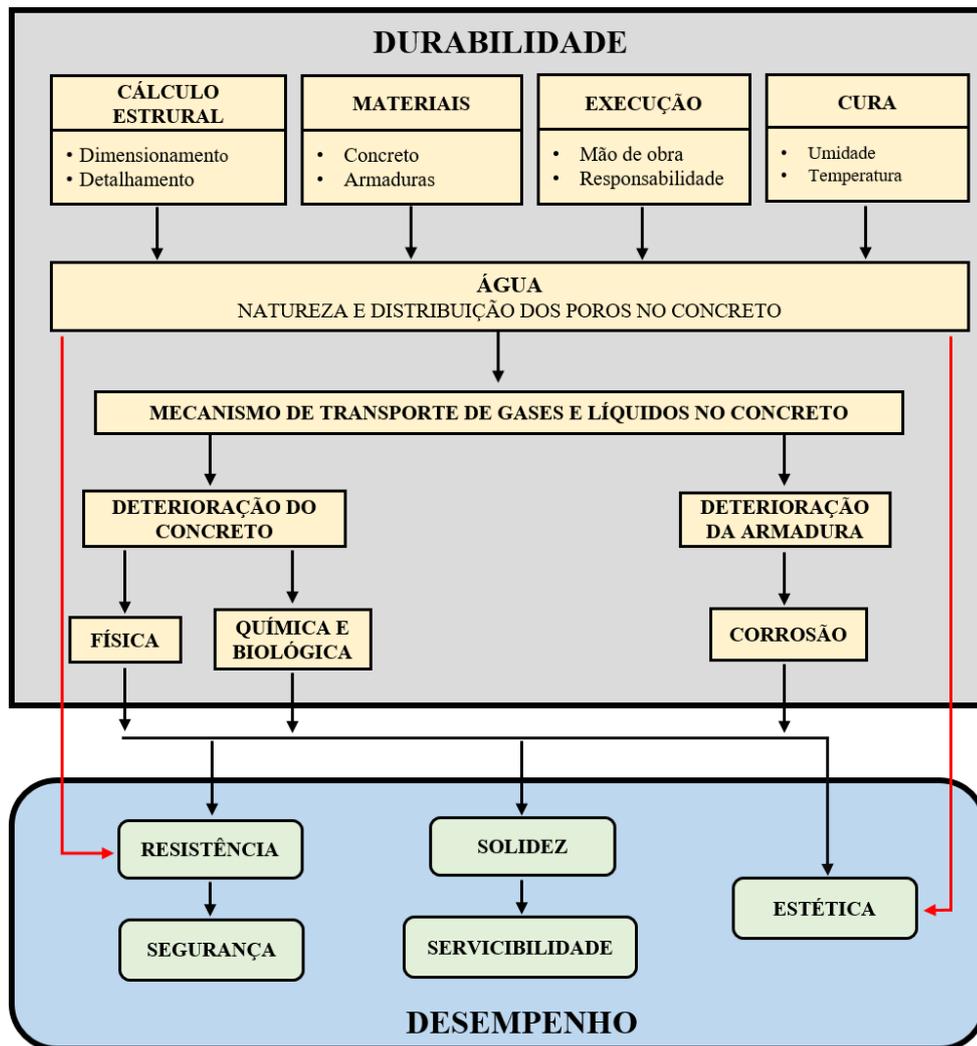
No que tange a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), os intervenientes têm suas incumbências técnicas divididas em fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema, projetista, construtor e incorporador e usuário, vale lembrar que eles são incumbidos de todo o conjunto e não só de uma parte.

Com o intuito das estruturas atingirem um desempenho satisfatório, norteado por normatizações, Souza e Ripper (1998), apresentaram um conjunto de inter-relações entre os diversos fatores que influenciam na durabilidade e no desempenho de uma estrutura. Esses parâmetros estão representados na Figura 6, advêm de um estudo produzido no Guia para Projeto de Estruturas de Concreto Duráveis, editado pelo Comitê Euro-internacional do Concreto (CEB) em 1989 (Boletim nº 183), ou seja, são critérios, que correlacionam os meios utilizados às características esperadas, cujo objetivo é a obtenção de estruturas de concreto armado duráveis.

Souza e Ripper (1998), concluem que na observação dessa Figura 6,

[...] infere-se facilmente que a combinação dos agentes ambientais (temperatura, umidade, chuva, vento, salinidade e agressividade química ou biológica) transportados para a massa de concreto, assim como a resposta dessa massa a tal ação, constituem os principais elementos do processo de caracterização da durabilidade, sendo a água (ou a umidade) o elemento principal de toda a questão, considerados adequados os mecanismos de resistência. A essência destes conceitos estará, pois, na execução de uma obra que apresente desempenho satisfatório, por um período suficientemente longo e com custos de manutenção razoáveis.

Figura 6 – Inter-relacionamento entre conceitos de durabilidade e desempenho



Fonte: Adaptado de CEB - BOLETIM Nº 183, 1989 *apud* SOUZA & RIPPER (1998).

2.1.3.2 Vida útil (VU) e Vida útil de projeto (VUP)

A Vida útil, segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), é uma medida que tem o fator tempo como parâmetro, está relacionada a um período em que uma edificação e seus sistemas devem cumprir os requisitos estabelecidos em norma para os quais foi planejada e construída, deve ser levado em consideração a periodicidade e a manutenção de forma adequada, essas ações têm que estar em consonância com o que foi estabelecido em manual de uso, operação e manutenção da edificação. Observa-se que os prazos de garantia legal ou contratada são distintos da VU.

O manual de uso, operação e manutenção, é elaborado, conforme ratificam Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), de acordo com as diretrizes da NBR 14037 (ABNT, 2014) –

Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos, que determina o responsável pela elaboração, pela entrega, o tipo de conteúdo que deverá conter no manual, a linguagem adequada, devendo ser de fácil entendimento por leigos da área de construção civil e, por fim, a forma de disponibilidade. Outra norma utilizada é a NBR 5674 (ABNT, 2012) – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, que esclarece as atividades inerentes às formas de operação, uso e manutenção da edificação.

É de suma importância ressaltar que a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), frisa sobre outras evidências que interferem na VU da edificação, pois o uso inadequado, as alterações climáticas, a poluição de regiões principalmente urbanas, alterações ao redor da edificação (passagem de veículos, especialmente pesados, obras grandes, expansão urbana) e a falta de manutenção pré-estabelecida, que devem ser realizadas conforme determinação do manual de uso, operação e manutenção da edificação, reduzem significativamente o valor da VU definida em projeto.

Com o intuito de discorrer sobre a vida útil de projeto (VUP), Bolina, Tutikian e Helene (2019), ressaltam que por ser uma suposição abstrata temporal, o período que limitará a utilização da edificação é estabelecido durante o processo de sua concepção, em outras palavras, na fase de planejamento. Logo, isso direcionará todo o processo de execução da obra e conseqüente na deliberação da funcionalidade da habitação, ou melhor, a maneira como a edificação deverá ser utilizada.

De acordo com Gomide *et al.* (2021), a norma de desempenho transmiti ao projetista a responsabilidade de especificar os produtos, materiais e processos a serem manuseados nas edificações, além disso, ele deve estipular a VUP dos sistemas, mesmo não havendo norma típica, ou seja, fica sob responsabilidade obter as informações necessárias, junto aos fabricantes, dos produtos e materiais a serem utilizados. Ressalta-se que essa obrigação pode trazer conseqüências irreparáveis para profissionais inexperientes, sendo o mais adequado, na medida do possível, o emprego de profissionais com experiência em projetos e obras, pois assim, tal etapa poderá ser realizada com o menor dispêndio de tempo e dinheiro.

A norma ainda especifica uma durabilidade mínima de desempenho da vida útil de projeto (VUP), conforme mostrado na Tabela 1, esses valores teóricos devem ser especificados pelo projeto para cada sistema da edificação de sua composição. Por fim, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), afirma que:

O valor final atingido de vida útil (VU) será uma composição do valor teórico calculado como vida útil de projeto (VUP) influenciado positivamente ou negativamente pelas ações de manutenção, intempéries e outros fatores internos de controle do usuário e externos (naturais) fora de seu controle.

Tabela 1 – Vida útil de projeto (VUP)*

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50 Conforme ABNT NBR 8681
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

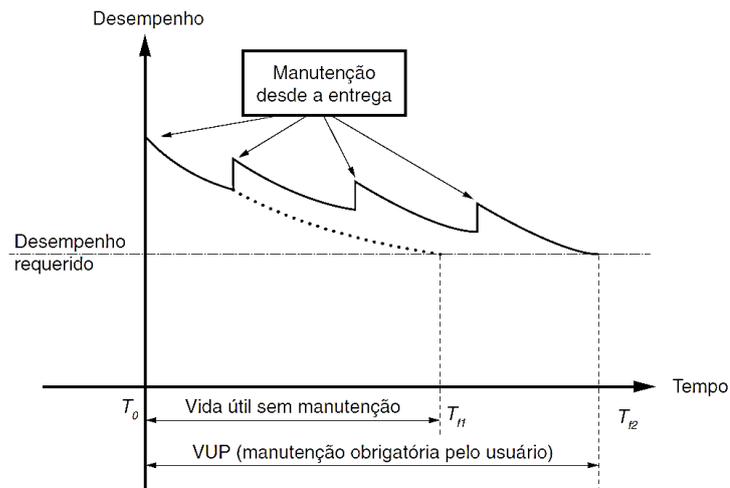
Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

2.1.4 Tipos de manutenções

Uma interferência significativa na vida útil de uma edificação é o cumprimento do programa de manutenções, visto que, para uma construção atingir ao período de desempenho estipulado em projeto, tais atividades não podem ser negligenciadas na sua fase de uso ou operação. Dessa forma, se forem feitas conforme manual, é evidente a identificação para reparo das anomalias, a substituição dos materiais com problemas, ou ainda o ideal é se antever ao surgimento dessas doenças, uma vez que o programa de manutenção preventiva, que consta no manual do usuário, colabora para a durabilidade e preservação dos sistemas da edificação (BOLINA; TUTIKIAN & HELENE, 2019).

A NBR 15575-1 (ABNT, 2013), define que manutenção é o “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança dos seus usuários”. Assim, pode-se observar na Figura 7, que as manutenções quando feitas periodicamente e de forma planejada aumentam significativamente a vida útil de seus elementos, pois isso influencia diretamente na VUP, desta feita, nota-se que o usuário tem papel fundamental para o prolongamento do desempenho das edificações.

Figura 7 – Desempenho de uma edificação ao longo do tempo



Fonte: NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

2.1.4.1 Manutenção preventiva

“A manutenção preventiva é a intervenção que visa preservar o desempenho da edificação em algum momento da sua VU, evitando a deflagração de anomalias”, essa é uma afirmação feita por Bolina, Tutikian e Helene (2019), visto que, essa forma de manutenção deve ser feita antes do aparecimento das falhas, pois seu objetivo é evitar as doenças de forma planejada.

Segundo Helene (1992), toda ação efetuada de forma programada e antecipada, gera uma economia de até 5 (cinco) vezes o necessário para efetuar a correção de manifestações patológicas ocasionadas pela falta de intervenção na preservação dos sistemas das edificações, a fim de que sejam mantidos os desempenhos satisfatórios para o usuário.

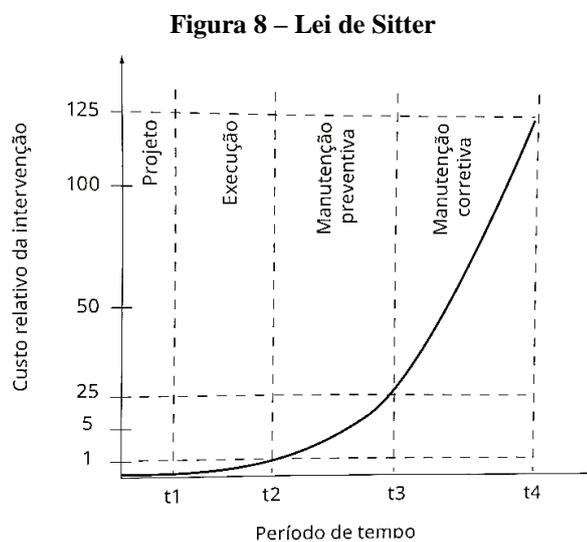
2.1.4.2 Manutenção corretiva

“A manutenção corretiva é aquela intervenção que visa corrigir um elemento ou sistema no qual se observa a incidência de falha ou desempenho menor que o esperado”, tal ratificação é feita por Bolina, Tutikian e Helene (2019), dessa forma é interessante a substituição ou reparo dos elementos com performance abaixo do ideal, ou seja, que estão com falhas de funcionamento.

Em conformidade com Cunha, Lima e Souza (1996), os sistemas de uma edificação necessitam de soluções adequadas, visto que isso, caso não seja feito, comprometem a longevidade e a resistência de inúmeras obras. Os mecanismos de manutenções ineficientes ou

em sua grande maioria inexistentes, tornam evidente o surgimento de deterioração, aumentam os custos de reparação, quando não moderam a vida útil de seus elementos.

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019), entre a manutenção preventiva e a corretiva, é a corretiva que mais gera ônus ao usuário, pois quanto mais demorado for a intervenção para o reparo do elemento com falhas, mais dispêndios serão necessários para sua recuperação ou troca. Isso também é um fato evidente na ideia representada pela Lei de Sitter (1984), conforme a Figura 8, que revelam as comparações dos custos nas fases de projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva.



Fonte: SITTER (1984) *apud* BOLINA, TUTIKIAN & HELENE (2019).

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Em grande parte das construções brasileiras, o concreto armado é o expediente estrutural mais utilizado, não só no Brasil, mas em grande parte dos países do mundo. Essa afirmação feita por Bolina, Tutikian e Helene (2019), demonstra o quão o concreto é importante para a evolução e industrialização da sociedade. Todos os elementos constituintes do concreto armado são encontrados na natureza, além disso, o custo de sua produção é reduzido quando comparado principalmente às estruturas de aço. Vale ressaltar, que em termos de durabilidade, resistência e agressividade ambiental, o concreto requer poucos cuidados, pois tem ótimo comportamento quando executado de forma correta e com as manutenções previstas.

Trindade (2015), afirma que com o surgimento do concreto, várias técnicas e materiais empregados nas construções civis foram aprimorados, pois houve uma brusca mudança de comportamento dos construtores que observaram um material que trazia uma vantagem importante principalmente no ganho de tempo. Ademais, ao mesmo tempo que se ganhou agilidade para a conclusão de obras, as manifestações patológicas surgiram na mesma velocidade, uma vez que, vários profissionais insistem em negligenciar a forma adequada de se confeccionar o concreto.

As estruturas e seus materiais, mesmo na existência de um programa de manutenção específico, irão deteriorar-se até seu limite, que quando alcançado torna-se irreversível, atingindo níveis de desempenho inadequados, essas deteriorações estão diretamente relacionadas ao tipo de estrutura. Logo, algumas dessas falhas surgem em projeto ou execução, outras estruturas “nascem” de forma deficiente, no entanto algumas alcançam o final de suas VUP com desempenho satisfatório. Resume-se, então, que baixo desempenho não é sinônimo de estrutura condenada, pois com intervenção técnica adequada é possível sua reabilitação (SOUZA & RIPPER, 1998).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), o conceito de durabilidade “consiste na 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”. Assim, o item 6.1 dessa norma define que:

[...] as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”.

Segundo Andrade e Silva (2005), a patologia em uma estrutura é definida quando ela tem a possibilidade de perder seu desempenho assim que solicitada, ou seja, assim há o aparecimento de cargas, seja de caráter funcional, mecânico ou estético. Dessa forma, observa-se que os termos desempenho da edificação e manifestação patológica de qualquer tipo estão diretamente atrelados ao comportamento da estrutura após o recebimento das cargas de trabalho.

Em conformidade com Brandão (1998), é interessante tornar compreensível que a ocorrência de problemas relacionados à durabilidade das estruturas de concreto armado não é aceitável, haja vista que, são vários os atuantes nas etapas do processo construtivo e que cada qual tem seu fator de responsabilidade. É válido ressaltar a necessidade de uma cooperação metodizada e zelosa entre todos os profissionais envolvidos, dessa feita, o proprietário precisa estabelecer suas expectativas de utilização presentes e futuras da estrutura; os projetistas, sejam

eles engenheiros ou arquitetos, empenhados em estipular as especificidades de execução, uso e manutenção, no intuito de garantir durabilidade, segurança e qualidade da estrutura; os construtores, cumprirem à risca os critérios impostos pelo projeto; e os usuários, executando as manutenções previstas e fazendo uso da estrutura, conforme sua finalidade projetada.

A durabilidade do concreto está relacionada diretamente às condições de exposição no ambiente, conforme apresentado no Quadro 2. Logo, a NBR 6118 (ABNT, 2014), apresenta critérios e classifica os parâmetros que influenciam no risco de deterioração da estrutura.

Quadro 2 – Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

Vários ensaios são feitos para verificar o desempenho e durabilidade das estruturas de concreto, no que tange ao tipo e ao nível de agressividade ambiental em que esta mistura homogênea fica suscetível, essas verificações buscam estabelecer condições mínimas a serem orientadas em projeto. Deste modo, a Tabela 2 expressa as correspondências entre a classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto, visto que, a relação água/cimento é preponderante para a resistência à compressão do concreto (NBR 6118 ABNT, 2014). Portanto, os requisitos estabelecidos, consoante o tipo e a classe de agressividade para o preparo de concretos com cimento Portland, na qual se observa a qualidade do concreto e o consumo mínimo de cimento por metro cúbico (m³).

Assim, a Tabela 2 relaciona certa fração de água, conforme a classe de agressividade ambiental, para cada 1 (um) quilograma de cimento Portland. Em decorrência disso, constata-

se que quanto mais agressivo o ambiente menor é a quantidade de água. A partir das afirmações anteriores, é notável a importância dos parâmetros estabelecidos no Quadro 2 e na Tabela 2, visto que, para se obter um traço de concreto duradouro com o objetivo de se atingir o desempenho esperado, a quantidade de água influencia diretamente na resistência à compressão e trabalhabilidade do concreto.

Tabela 2 – Relação entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de Concreto kg/m ³	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.
CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

A menor distância entre a superfície externa do concreto e o limite da face da armadura mais próxima, normalmente a superfície do estribo, é conhecida como cobrimento da armadura. O cobrimento é fundamental para a proteção e prevenção da corrosão das armaduras de aço, para garantir esse cobrimento é imperioso a utilização de espaçadores. Essa camada superficial de proteção estabelece uma qualidade adequada ao concreto, ou seja, o concreto quando adensado (vibrado) corretamente, respeitado o tempo de cura, baixa impermeabilidade e sem fissuras, tudo isso, induz na obtenção de uma estrutura de concreto armado com alta durabilidade (BRANDÃO, 1998).

Alguns ensaios podem ser realizados para se verificar a espessura do cobrimento, há ensaios não destrutivos e destrutivos, com o objetivo de causar menor dano aparente na estrutura. O ensaio realizado com o pacômetro, tipo de ensaio não destrutivo, permite uma análise da profundidade da armadura de aço sem a necessidade de abrir fendas nos elementos estruturais. Grossi (2021), ainda afirma que, além de ter ótima portabilidade é o mais viável financeiramente. A Figura 9, mostra a medição de cobrimento de concreto de pilar com o pacômetro, indicando o cobrimento de 1,0 cm. Como é equipamento eletrônico, deve ser manuseado por profissional habilitado, em outras palavras, seu manuseio requer cuidados com a calibração e precisão do aparelho, do contrário, a análise poderá estar equivocada.

Figura 9 – Medição de cobrimento de concreto de pilar



Fonte: GROSSI (2021).

A Tabela 3, que mostra a correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc equivalente a 10 mm, estabelece os cobrimentos mínimos necessários para prover a segurança das armaduras de aço em diferentes tipos de estruturas (concreto armado ou protendido) e de acordo com o componente ou elemento (laje, viga ou pilar e elementos estruturais em contato com o solo).

Tabela 3 – Relação entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto Protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

- a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
- b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.
- c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
- d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

Embora as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado podem surgir a partir de falhas de planejamento ou técnicas, isso revela o quanto é importante a utilização de

profissionais habilitados para a concepção de projeto. A preocupação com essa concepção está relacionada desde o mal lançamento da estrutura, como falhas na execução do anteprojeto, tais fatos devem ser observados para não ocorrerem. Após o projeto pronto, a execução poderá revelar anomalias antes mesmo do término da edificação, como por exemplo as fissuras, que podem ocorrer pela falta de área de aço, erro no cálculo de flecha ou até mesmo devido à sobrecarga dos elementos estruturais (TRINDADE, 2015).

O diagnóstico de uma estrutura, conforme ratificam Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), é dado após o aparecimento de algum sintoma, para isso ocorrer, deve-se ter o entendimento da origem e mecanismo da doença. É essencial a identificação da origem da manifestação patológica, dessa forma, a anomalia poderá ser resolvida de forma definitiva. As origens podem ser segmentadas de 4 (quatro) formas:

- a) Congênicas, quando sua origem é na fase de projetos, ou seja, são decorrentes da falta de compatibilização, material inapropriado, equívoco de dimensionamento;
- b) Construtivas, falhas de execução, por exemplo mão de obra inabilitada, falta de gerência ou acompanhamento na execução, não observação do projeto;
- c) Adquirida, quando surgem durante a utilização, causadas pela falta ou imperícia de manutenção, uso inadequado da estrutura; e
- d) Acidentais, originados por fenômenos inesperados, como intempéries ou acidentes automobilísticos.

Por fim, cabe frisar que a água está presente em praticamente todas as etapas da VUP do concreto, visto que, na execução, o fator água/cimento contribui para a resistência, cura e trabalhabilidade. Como antagonismo, a água é o fator de maior potencial de agressividade para o sistema estrutural, ou seja, colabora com os principais meios de degradação do concreto armado, assim, faz-se necessário elementos de proteção para impedir o acesso da água ao aço dos elementos estruturais após a cura (GROSSI, 2021).

2.2.1 Corrosão de armaduras

Segundo Ribeiro (2014), “corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações danosas de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de deterioração”. Devido ao processo não ser de fácil entendimento, os sintomas visíveis da corrosão, só surgem após alguns anos de utilização da estrutura, geralmente aparece entre 10 e 15 anos, levando-se em consideração o fator

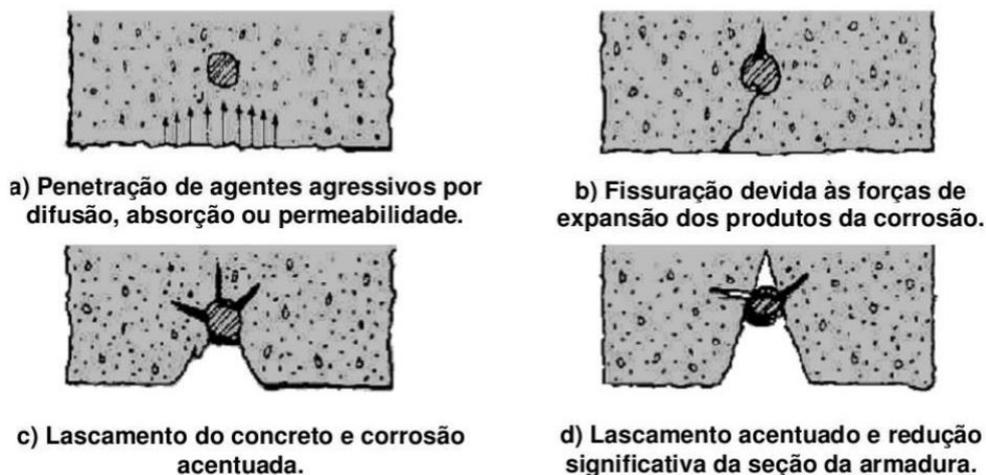
exposição, são raríssimos os casos em que se manifesta a curto prazo ou mesmo durante a etapa de execução da obra. O autor ainda afirma que:

[...] no caso de armaduras em concreto, os efeitos degenerativos manifestam-se na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, seguidas por fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da secção resistente das armaduras com frequente seccionamento de estribos, redução e eventual perda de aderência das armaduras principais, ou seja, deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural ao longo do tempo.

Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), ainda afirmam que “o concreto fornece à armação uma proteção alcalina, desde que seja homogêneo e compacto, pois possui um pH aproximado entre 12,5 e 13,5”, ou seja, onde com pH elevado é a região catódica e com pH reduzido é a região anódica. Esse processo de corrosão ocorre da fase externa do concreto até o interior do elemento estrutural onde se encontra a armadura. Dessa forma, em função da baixa taxa de pH do concreto para valores menor que 9 (nove), essa redução é um fator preponderante que destrói a película de passivação que protege a armadura de aço.

Quando as barras de aço ficam expostas, podem ocorrer o deslocamento do concreto de cobrimento da armadura, ocorrido pelo mecanismo de corrosão, ilustrado na Figura 10. Assim, observa-se que a durabilidade do concreto está atrelada à várias condições, como exemplo temos espessura de concreto no cobrimento das armaduras inferior ao necessário, concreto poroso, permitindo a percolação de agentes agressivos às armaduras ou até mesmo por sobrecarga da estrutura, que, além de gerar outras manifestações patológicas como fissuras, trincas ou rachaduras, expondo as armaduras de aço, ocasionando aberturas significativas no concreto, facilitando o caminho da água ao encontro das armaduras de aço (BOLINA; TUTIKIAN & HELENE, 2019).

Figura 10 – Diferentes fases do mecanismo de corrosão de armaduras



Fonte: HELENE (1986) *apud* CONDÉ (2018).

Como a corrosão de armaduras é um processo relativamente comum em estruturas de concreto armado, ela vem de um conjunto de fatores, ou seja, não ocorre de forma isolada, seu aparecimento geralmente está relacionado às falhas de execução. É evidente que o mecanismo de corrosão do aço, conforme a Figura 11, onde mostra as fissuras e lascamentos em viga de concreto armado, particularmente nas posições dos estribos (armaduras com cobrimentos insuficientes ou inexistentes), é dada pela presença de oxigênio e umidade, somadas à pequena espessura de cobrimento.

Figura 11 – Fissuras e lascamentos



Fonte: THOMAZ (2020).

Bolina, Tutikian e Helene (2019), afirmam que as fissuras ou deslocamentos por corrosão podem ser identificadas como “fissuras paralelas às armaduras, manchas marrom-avermelhadas na superfície do concreto, deslocamento da camada de cobrimento da estrutura” e suas possíveis origens podem estar relacionadas com “ a elevada agressividade do meio ambiente, especificação do concreto inadequada com o meio, porosidade do concreto, má execução do concreto ou cobrimento nominal das armaduras insuficientes”

Em eventual identificação de algum problema logo em seu surgimento, desde que não tenha afetado o desempenho da estrutura, poderá ser feito apenas um reparo para interromper a propagação da manifestação patológica, do contrário, caso tenha ocorrido alguma diminuição da seção da armadura, dever-se-á executar o reforço estrutural, visto que a estrutura poderá estar comprometida (BOLINA, TUTIKIAN & HELENE, 2019).

Por fim, para a recuperação dos elementos estruturais em decorrência de corrosão das armaduras, levando em consideração que não tenha ocorrido grande perda da área da seção

transversal da armadura de aço, é necessário a retirada de todo concreto solto ou desagregado nos trechos comprometidos pela corrosão, em seguida é realizado o lixamento da superfície do aço, remoção da poeira impregnada nas barras e cavidade do concreto, proteção das barras de aço com pintura anticorrosiva (zarcão), aplicação de adesivo epóxi tanto nas armaduras quanto na cavidade de concreto e, por último, o preenchimento da cavidade do concreto com argamassa de cimento e areia, energeticamente socada, vale ressaltar, que esta última etapa é realizada dentro do período de cura da resina epóxi, assim afirma Thomaz (2020).

2.2.2 Bolor ou mofo na estrutura de concreto

Bolor ou mofo, como afirma Carballal Junior (2019), é “a colonização por diversas populações de fungos filamentosos que aparecem em ambientes úmidos sobre os vários tipos de substrato, onde não se tenha água corrente”. É de suma importância ressaltar, que esses micro-organismos podem ser observados a partir do surgimento de manchas com tonalidades escuras, geralmente em tons preto, marrom e/ou verde.

A Figura 12, mostra que com o elevado teor de umidade e a presença de organismos vivos, podem gerar uma degradação ao concreto, assim como o surgimento de vegetação através de pequenas fissuras ou juntas de dilatação, ou ainda, conseqüentemente a corrosão de armadas, ficando óbvio como o aumento de umidade em contato com o concreto evidencia o fenômeno de biodeterioração, tais fatos são observados por Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), demonstrando que uma simples mancha escura poderá trazer conseqüências gravíssimas às estruturas de concreto armado.

Figura 12 – Deterioração de uma laje



Fonte: SILVA, TELES & BARROS (2020).

O bolor ou mofo em algumas regiões do Brasil são problemas frequentes, principalmente em regiões muito úmidas. Com isso, algumas medidas devem ser tomadas para dificultar seu surgimento em estruturas de concreto, ou seja, Alucci, Flauzino e Milano (1985) *apud* Souza (2008), afirmam que:

Para se evitar que o bolor aconteça nas edificações, já na fase de projeto, medidas devem ser tomadas. Essas medidas visam garantir uma ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, assim como idealizar a diminuição de risco de condensação nas superfícies internas dos componentes e também evitar riscos de infiltração de água através de paredes, pisos e/ou tetos.

Na impossibilidade de prevenção dessa manifestação patológica, faz-se necessário uma limpeza da superfície contaminada, com a utilização de fungicidas ou a mudança por materiais de melhor resistência que dificultam ou impeçam a proliferação do bolor ou mofo, a abertura de áreas de ventilação (SOUZA, 2008).

2.2.3 Eflorescência em concreto

Eflorescência são manifestações patológicas comuns nas estruturas de concreto armado, assim ratifica Sahade (2021), que a define como:

[..] depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície da estrutura e que resultam da exposição do concreto à água de infiltrações ou de intempéries. Este fenômeno, que pode induzir a degradação do concreto, pode ser explicado de maneira simples. Quando a água infiltra nos poros do concreto, ela dissolve os sais presentes no cimento e na cal, principalmente o hidróxido de cálcio. Esses sais são conduzidos até a superfície durante a evaporação da água através da percolação. Com a evaporação da água, esses sais se cristalizam, gerando manchas de cor clara.

Eflorescência e a estalactites é o processo da lixiviação, pois os íons de cálcio reagem facilmente com o CO₂ presente na atmosfera, ocasionando o surgimento de crostas brancas de carbonato de cálcio na fase do concreto. Com o objetivo de evitar casos relacionados ao processo de lixiviação, que pode ocorrer em qualquer elemento de concreto, é interessante o emprego de aditivos, a exemplo das pozolanas, no cimento ao confeccionar o concreto. Dessa forma, a substituição do hidróxido de cálcio por silicatos de cálcio hidratados, aumentam a durabilidade da matriz cimentícia em oposição à surtida de espécies químicas ácidas (NITA, 2006 *apud* SILVA, 2018).

Na existência de reações químicas degenerativas no concreto, observa-se que os ataques realizados por ácidos trazem consequências significativas para a qualidade da estrutura. Bolina, Tutikian e Helene (2019), reiteram que “a ação dos ácidos sobre o concreto produz uma conversão dos seus compostos cálcicos responsáveis pela alcalinidade, como o hidróxido de cálcio, silicato de cálcio e aluminato de cálcio, em sais cálcicos do respectivo ácido atuante”.

Os autores ainda afirmam que “os ácidos reagem com o hidróxido de cálcio e formam sais que, se solúveis, são carregados pela água, por meio da lixiviação, e aumentam a porosidade do concreto; caso sejam insolúveis e expansivos, provocam fissuras e deterioração do material”.

Geralmente são encontradas em estruturas que ficam em contato direto com a água ou estruturas com grande possibilidade de infiltração, principalmente, em caixa d’água, elementos estruturais em fachadas, áreas molhadas, ou seja, acumula água regularmente. Dessa forma, ocorrem em concretos com grande taxa de permeabilidade e estruturas fissuradas. Por fim, a Figura 13, mostra que é uma anomalia silenciosa e pode gerar transtornos altamente dispendiosos, sendo profundamente prejudicial, em estágios mais avançado, às estruturas de concreto armado (SENA; NASCIMENTO & NABUT NETO, 2020).

Sahade (2021), afirma que para mitigar a vulnerabilidade das estruturas de concreto armado às eflorescências são necessárias medidas com relação ao concreto, ou seja, o concreto deve ser dosado com cimento de baixos teores de álcalis, principalmente os com adição de escória ou pozolanas, pois esses elementos apresentam pequenas quantidades de hidróxido de cálcio após a solidificação do concreto. Dessa forma, existe pequena parcela de cal para ser lixiviada e reproduzir a eflorescência. Diante do que foi exposto, em caso da não possibilidade de utilizar esses tipos de cimentos, outra forma mais comum seria por meio da impermeabilização da estrutura, na tentativa de impedir a percolação de água pelo interior do concreto ou conforme as seguintes ações:

- a) Sobre o solo e sob o revestimento utilizar manta impermeável;
- b) Empregar argamassa colante ou cerâmica esmaltada de qualidade;
- c) Dificultar a absorção de água em argamassa e concreto, por meio de aditivos impermeabilizantes; e
- d) Efetuar manutenções preventivas para a substituição de juntas de movimentação deterioradas e rejuntas fissurados.

Figura 13 – Manchas brancas causadas pela lixiviação



Fonte: VIEIRA (2017).

2.2.4 Fissuras, trincas ou rachaduras

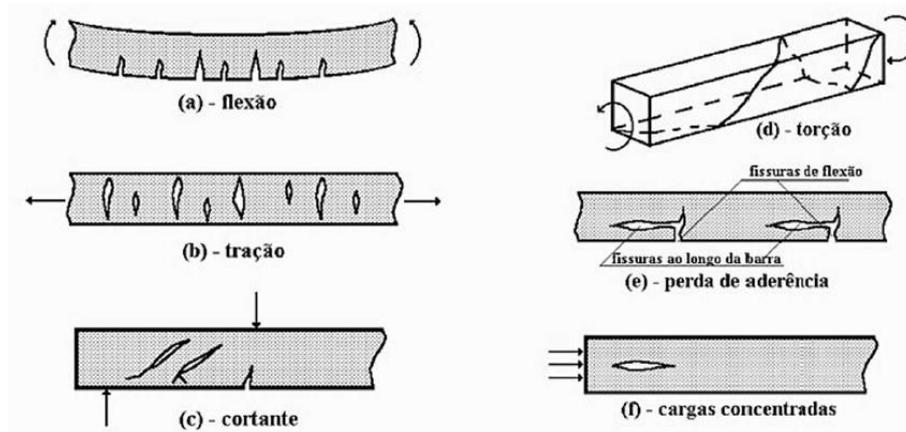
Ao se abordar as fissuras, depare-se com outros termos empregados em aberturas visuais nas estruturas de concreto, ou seja, as trincas e rachaduras. Destarte, Thomaz (2020), afirma que não há determinação exata de valores para sua definição, mas comumente as diferenças são empregadas das seguintes formas, as fissuras são aberturas desde capilares até em torno de 0,5 mm, as trincas com aberturas de 2 mm a 3 mm e as rachaduras a partir de 4 mm. Assim, conclui-se que neste trabalho será utilizado o termo fissura para se dirigir aos três casos, indiferentemente das aberturas.

O surgimento das fissuras, conforme afirmam Carvalho e Figueiredo Filho (2020), também está relacionada à perda rápida de água, ou seja, no seu período de cura, uma vez que, caso essa evaporação não seja controlada, isso comprometerá as reações de hidratação do cimento e como consequência haverá uma diminuição significativa do volume de concreto (retração), esse fenômeno é impedido por formas, que devem ser molhadas regularmente, pela utilização de lona de plástico para impedir a evaporação precoce da água ou até mesmo com auxílio de uma manta de espuma úmida sobre lajes e pisos. Vale ressaltar que, o método mais simples é a molhagem com mangueira ou irrigador de água das superfícies concretadas.

As fissuras podem aparecer a qualquer momento em uma edificação, o fato a ser observado é a origem, o formato e a intensidade, visto que pode ser superficial, ou seja, não gera grandes transtornos, ou do contrário, pode significar algo grave. À vista disso, é interessante cautela e profissional habilitado para fazer o diagnóstico e indicar a forma de tratamento, além do mais, o surgimento das fissuras pode estar relacionado com sobrecarga, falhas de projeto, erros de execução ou até mesmo a elevada temperatura ambiental e baixa

umidade no dia de concretagem. A Figura 14 ilustra algumas fissuras genéricas em função do tipo de solicitação predominante (SENA; NASCIMENTO & NABUT NETO, 2020).

Figura 14 – Algumas configurações genéricas de fissuras



Fonte: SOUZA & RIPPER (1988).

Consoante Thomaz (2020), o surgimento de fissuras é em decorrência de variações térmicas, sazonais e diárias no elementos e componentes estruturais, de tal modo que, conforme os elementos dilatam ou contraem, isso colabora em uma variação dimensional dos materiais componentes da edificação, pois há diversos vínculos que os unem. Assim, as tensões são diferentes para cada tipo de material utilizado na construção, pois a intensidade de movimentação varia conforme a característica física do material.

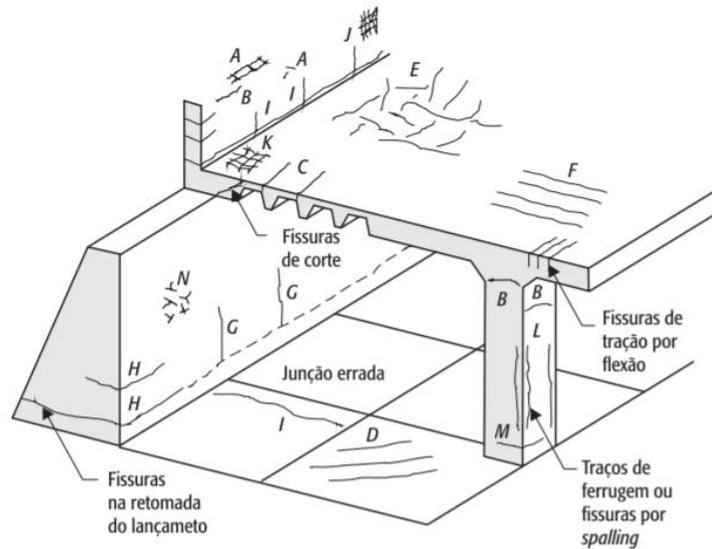
A solução das fissuras requer escariamento para retirada de sujeiras e abertura em forma de cunha invertida, deve-se levar em consideração também a extensão, profundidade, largura, presença de umidade e as condições físicas dos elementos a serem recuperados. Podem ser utilizados diferentes materiais para o tratamento dessa manifestação patológica, tais como massa epóxi, pasta cimento e algum tipo de aditivo de expansão, pasta de cal, massa de vidraceiro, mástiques elastoméricos (VERÇOZA, 1991).

Silva, Teles e Barros (2020), afirmam que:

Diante das patologias apresentadas é de suma importância que o responsável pelo empreendimento realize medidas que previnam ou que corrijam os problemas antes que os mesmos comprometam a sua durabilidade aos usuários que o utilizam. É necessário se atentar a alguns procedimentos que devem ser seguidos para padronizar a qualidade das vistorias realizadas nas edificações, desta forma foi concebida a NBR 16747: Inspeção predial de 2020, de acordo com esta norma técnica é definido procedimentos para melhor realização desse processo, como executar o levantamento de todos os documentos possíveis do local, realizar a análise dos dados coletados em campo, efetuar a anamnese das características construtivas do local, efetuar a vistoria na edificação, categorizar quais os problemas encontrados e realizar a avaliação da edificação para saber que tipo de manutenção efetuar dependendo do seu grau de deterioração.

Neville (2016) *apud* Gomide *et al.* (2021), demonstra na Figura 15, um esquema de representação dos vários tipos e possíveis localizações das fissuras nas estruturas de concreto armado.

Figura 15 – Tipos e possíveis localizações das fissuras



Fonte: Adaptado de GOMIDE *et al.* (2021).

Além disso, Neville (2016) *apud* Gomide *et al.* (2021), apresenta o Quadro 3 que traz a classificação dessas fissuras, suas possíveis causas, tipo de correção e tempo de surgimento.

Quadro 3 – Classificação dos tipos de fissuras

Tipo de fissuras	Símbolo na figura	Subdivisão	Localização mais comum	Causas principais (excluindo restrição)	Causas secundárias / fatores	Correção (considerando que não se pode alterar o projeto)	Tempo de aparecimento
Assentamento plástico	A	Sob a armadura	Seções espessas	Exsudação excessiva	Condições para secagem precoce	Reduzir a exsudação ou revibrar	10 min a 3 horas
	B	Em arco	Topo de pilares				
	C	Mudança de espessura	Lajes nervuradas				
Retração plástica	D	Diagonal	Pisos e lajes	Secagem precoce	Velocidade de exsudação baixa	Melhorar cura inicial	30 min a 6 horas
	E	Aleatória	Lajes armadas				
	F	Sobre a armadura	Lajes armadas	Secagem precoce ou armadura próxima a superfície			
Retração térmica inicial	G	Restrição externa	Paredes espessas	Geração excessiva de calor de hidratação	Resfriamento rápido	Reduzir o calor e/ou isolar	1 dia a 2 ou 3 semanas
	H	Restrição interna	Lajes espessas	Gradientes de temperatura excessivos			
Retração por secagem em longo prazo	I	Lajes finas e paredes		Juntas ineficientes	Retração excessiva ou cura ineficiente	Reduzir a quantidade de água ou melhorar a cura	Várias semanas a meses
Mapeamento	J	Junto às formas	Paredes	Formas impermeáveis	Misturas ricas ou cura inadequada	Melhorar a cura e o acabamento	1 a 7 dias, algumas vezes mais tarde
	K	Concreto desempenado	Lajes	Excesso de desempenho			
Corrosão de armadura	L	Carbonatação	Pilares e vigas	Cobrimento ineficiente	Concreto de baixa qualidade	Eliminar as causas listadas	Mais de 2 anos
		Cloretos					
Reação álcali-agregado	M	Locais úmidos		Agregados reativos e cimento com alto teor de álcalis		Eliminar as causas listadas	Mais de 5 anos
Bolhas	N	Lajes		Água de exsudação aprisionada	Uso de desempenadeira metálica	Eliminar as causas listadas	Ao toque
Fissuração	P	Bordas livres de lajes		Agregados danificados por congelamento		Reduzir a dimensão do agregado	Mais de 10 anos

Fonte: NEVILLE (2016) *apud* GOMIDE *et al.* (2021).

2.2.5 Segregação (ninhos de concretagem)

Outra manifestação patológica muito comum em concreto armado, são os ninhos de concretagem, surgem a partir de segregações no concreto, os efeitos causadores geralmente ocorrem no lançamento, adensamento ou dosagem inadequados e também pelo excesso de armaduras. Sena, Nascimento e Nabut Neto (2020), revelam que a porosidade ou vazio na pasta de cimento acabam deixando as armaduras expostas a agentes agressivos, visto que, não existirá cobrimento mínimo, a Figura 16 expõe um exemplo dessa má concretagem. A depender da área mal concretada, na correção de casos simples, pode ser utilizado argamassa de reparo estrutural

ou graute (deve-se considerar a profundidade), para áreas muito profundas, uma nova concretagem pode ser necessária.

Figura 16 – Ninhos de concretagem



Fonte: CONDÉ (2018).

Marcelli (2007), traz um fator muito interessante relacionado aos ninhos de concretagem, ele afirma que:

O projeto estrutural deve também evitar determinadas situações de execução que acarretem elevado grau de dificuldade, pois nessas situações é sempre maior a possibilidade de uma falha executiva. Algumas vezes o projetista não observa a concentração de ferragem em um determinado ponto da estrutura, tendo em vista que a ferragem de cada elemento estrutural está conforme o preconizado pela ABNT; no entanto, no encontro de um ou mais elementos podemos ter um congestionamento de barras, dificultando sobremaneira a concretagem, o que possibilita o surgimento de vazios de concretagem, ou as chamadas bicheiras.

De forma deliberada, as armaduras necessitam de um cobrimento mínimo de concreto, sendo sempre observado o tipo de estrutura e a classe de agressividade ambiental, quando isso é negligenciado há grande possibilidade de ocorrer a corrosão de armaduras, pois ficam mais vulneráveis a agentes agressivos ou sujeitas à presença de água e ar, afirma Thomaz (2020).

3 ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, foi escolhido um edifício público na cidade de Anápolis em Goiás, que apresenta visualmente manifestações patológicas, mesmo sendo uma obra recentemente construída, ao qual o órgão responsável pela sua gestão pediu para manter sigilo das informações que possam identificá-lo, haja vista que foi aberto processo judicial contra a empresa responsável pela sua construção.

O edifício é constituído somente por pavimento térreo com 1.778,87 m² de área construída, ele é composto por espaços administrativos, área de laser, garagem, banheiros, vestiários e reserva de material. Sua construção foi concluída em novembro de 2015.

A estrutura do edifício é composta por lajes, vigas, pilares, alvenaria de vedação comum, esquadrias de alumínio, cobertura com telhas de fibrocimento, fachada executada com argamassa e pintura.

Em inspeção visual, realizada por mim para o estudo de caso, no ano de 2021 nos meses de agosto e setembro, após quase 6 (seis) anos de sua construção, foram constatadas várias anomalias nas peças estruturais localizadas nas fundações, pilares, vigas, lajes treliçada e nas alvenarias de vedação com bloco cerâmico, de fachada e na impermeabilização das vigas baldrame, laje de cobertura, platibanda, pingadeiras de folha de zinco e na cobertura.

Em seguida será relatado várias figuras relacionadas às etapas construtivas, desde o início das obras, e figuras com as condições atuais da edificação, ou seja, seus vários problemas, cuja a intenção é identificar a origem das manifestações patológicas, apontado possíveis suas possíveis causas e metodologias para execução de reparo e/ou recuperação das estruturas.

Na Figura 17, nota-se a utilização de caixaria com madeirite plastificado, dessa forma seu uso requer cuidados especiais para desforma, o mais usual é a utilização de ceras desmoldantes, que são aplicados nas chapas para impedir que elas grudem no concreto durante a cura e comprometam o acabamento, deixando o concreto liso, afirma Santos (2015).

Figura 17 – Caixaria das vigas baldrames e dos pilares



Fonte: Não divulgável (2015).

Na Figura 18, observa-se que a execução da concretagem dos pilares ocorreu por partes, sendo que a “cabeça” do pilar será concretada juntamente com a laje. O contrapiso é executado sobre uma lona plástica preta para controlar a perda de água para o solo, ficando também sobre as vigas baldrames, assim, este tipo de material não é indicado para impermeabilização do contrapiso nem de viga baldrame, sua única função neste caso é o controle para a cura do concreto do contrapiso. Nota-se também que as vigas baldrames e os “pés” dos pilares, ou seja, sua origem, foram utilizados impermeabilizantes do tipo emulsão asfáltica

Figura 18 – Pilares concretados por etapa e início da concretagem do contrapiso



Fonte: Não divulgável (2015).

Na Figura 19, é possível identificar que o preparo inadequado da superfície para o recebimento da argamassa de reboco por falta de chapisco e falta de limpeza da face da viga para a retirada de resíduos de cera desmoldante impregnada em sua superfície ocasionaram várias fissuras. Dessa forma, o tratamento adequado dessas manifestações patológicas seria o

desplacamento de todo reboco já comprometido, uma limpeza de toda a superfície “descascada” para a remoção de impurezas ou resquícios de desmoldante, efetuar a limpeza com soluções alcalinas ou ácidas ou lixamento, será necessário a aplicação de chapisco para proporcionar aderência e junção ao concreto e, por último, a execução do novo revestimento de argamassa de reboco (NBR 7200 ABNT, 1998).

Figura 19 – Desplacamento do reboco em viga



Fonte: Não divulgável (2021).

Assim, é nítido que esses problemas poderiam ter sido evitados ou mitigados logo na etapa construtiva, como não foi feito, a Figura 20 ratifica que será necessário a retirada de todo revestimento de fachada de todas as vigas superiores do edifício, haja vista que em várias partes o reboco apresenta fissuras e com início de descolamento, gerando um custo oneroso e que poderia ter sido evitado.

Figura 20 – Descolamento e fissuras no reboco em vigas



Fonte: Não divulgável (2021).

Na Figura 21, observa-se que além das vigas, também ocorreram deslocamento da argamassa de reboco nos pilares, é possível identificar que houve o chapisco em algumas partes

do pilar de concreto, mas como foi executado de forma incorreta, ou seja, de nada adiantou e ainda é evidente que a impermeabilização do “pé” do pilar contribuiu significativamente para o descolamento do reboco. O tratamento adequado é idêntico ao das vigas mais o desbaste ou lixamento da superfície com emulsão asfáltica para facilitar a aderência da argamassa de reboco junto ao pilar.

Figura 21 – Desplacimento nos pilares



Fonte: Não divulgável (2021).

A Figura 22 (a) apresenta a execução de concretagem das vigas superiores, da laje e do topo dos pilares, já a Figura 22 (b) revela como ficou a concretagem da “cabeça” dos pilares, visto o exposto, a concretagem não ocorreu de forma adequada, pois os pilares apresentaram segregação do concreto em seu topo. A má concretagem desses elementos pode ocasionar em deslocamentos indevidos das vigas, decorrentes à concentração de cargas das lajes e peso próprio, uma das hipóteses de sua ocorrência pode ter sido o baixo *slump* do concreto ou até mesmo a falta utilização do vibrador de concreto nesses pontos. A solução mais adequada para este tipo de caso é a utilização de graute de concreto para preencher os vazios e aumentar a capacidade portante do pilar, com intuito também de proteger o aço de das armações, segundo Helene (1992).

Figura 22 – (a) Execução concretagem da laje e (b) Segregação no topo do pilar



Fonte: Não divulgável (2015).

A Figura 23 ilustra a construção da verga e contraverga que conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984), “devem exceder a largura do vão de pelo menos 20cm de cada lado e devem ter altura mínima de 10 cm”.

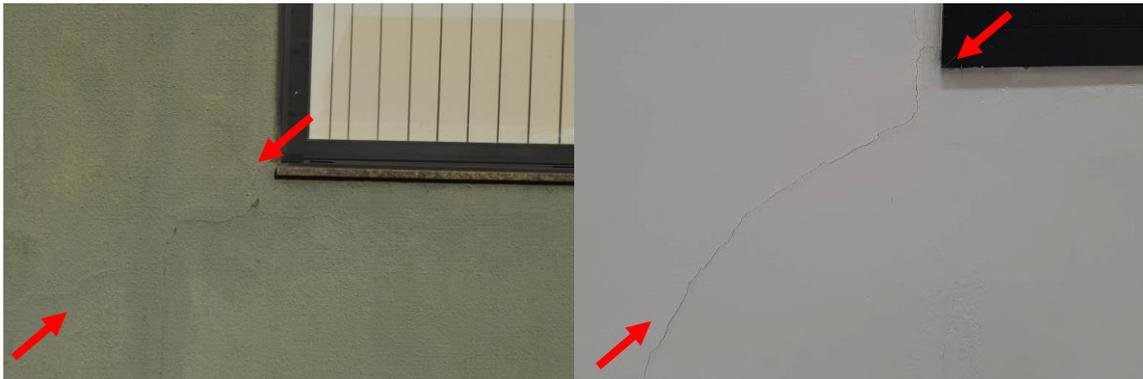
Figura 23 – Construção de verga e contraverga



Fonte: Não divulgável (2015).

Diante do que foi exposto no parágrafo anterior e conforme a Figura 23, nota-se que a construção das vergas e contravergas não ocorreram de forma adequada, haja vista que a Figura 24 exemplifica o surgimento de manifestações patológicas relacionadas à má execução das vergas e contravergas e como consequência acarretam na origem de fissuras em 45° nos cantos dos vãos devido à concentração de tensões existentes nestes locais. Outra possibilidade para o surgimento das fissuras nos vértices das aberturas das janelas seria a sobrecarga na alvenaria, no entanto, essa última hipótese não ocorreu. Assim, para recuperação dessas fissuras será necessária a aplicação de telas de reforço estrutural ou, em último caso, a execução de uma nova contraverga.

Figura 24 – Fissuras causadas por má execução de contraverga



Fonte: Não divulgável (2021).

Segundo Thomaz et al. (2009), nas ligações entre alvenarias de vedação e pilares devem ser consideradas as movimentações térmicas nas fachadas, as dimensões dos vãos e a flexibilidade da estrutura. Dessa forma, é imperioso nas ligações convencionais entre materiais rígidos e estruturas de concreto armado, após a limpeza das faces do pilar, a completa remoção do desmoldante e a realização do chapisco ou argamassa para auxiliar na aderência da alvenaria, o emprego de telas metálicas galvanizadas aplicadas a cada duas ou três fiadas e fixadas no concreto com pinos metálicos, emprego de armações de espera introduzidas na armadura do pilar antes de sua concretagem ou o emprego de “ferros-cabelo” colados com resina epóxi em furos realizados no pilar com penetração de 6 a 8 cm e transpasse aproximadamente de 50 cm para o interior da alvenaria.

Na Figura 25, pode-se observar que no levantamento da alvenaria de vedação foi utilizado algum tipo de argamassa em algumas partes das faces, mas não em sua totalidade e não foi empregado nenhum dos métodos anteriormente citados.

Figura 25 – Levantamento da alvenaria de vedação



Fonte: Não divulgável (2015).

A Figura 26 comprova a necessidade de meios para auxiliar na aderência e ancoragem entre a alvenaria de vedação e o pilar, ou seja, é necessário analisar uma forma de recuperação dos destacamentos entre o pilar e parede. A recuperação é realizada mediante ao deslocamento de cerca de 20 cm em ambos os lados da fissura, em seguida é realizada a fixação de tela metálica fixada na alvenaria e no pilar com o emprego de pregos, cravos ou pinos metálicos, também é executado um novo chapisco em toda área “descascada” sobre a tela e, por fim, aplica-se a nova argamassa de reboco (THOMAZ, 2020).

Figura 26 – Fissuras entre a alvenaria e o pilar



Fonte: Não divulgável (2021).

Na Figura 27, pode-se verificar que a execução do reboco não ficou condizente com o exigido em normas técnicas, pois é desejável que a espessura de revestimentos de argamassa externos ou internos fiquem dentro dos seguintes parâmetros: o revestimento de parede interna fique entre 0,5 e 2 cm; e em paredes externas fique entre 2 e 3 cm e caso seja necessário o emprego de revestimento que não atenda aos critérios de espessuras admissíveis, devem ser utilizados procedimentos especiais que proporcionem a aderência adequada (NBR 13749 ABNT, 2013).

Figura 27 – Execução de reboco

Fonte: Não divulgável (2015).

Conforme ilustrado pela Figura 28 e pela Figura 29, o reboco executado na fachada não atendeu às normas NBR 13749 (ABNT, 2013) e NBR 7200 (ABNT, 1998), ou seja, além de negligenciar as normas, afetou outras vertentes do revestimento de fachada, pois tal fissuramento colabora para permitir infiltrações em grande parte da superfície fissurada revestida de argamassa de reboco e caso essas infiltrações não sejam mitigadas ou corrigidas poderá ocasionar em danos irreversíveis às estruturas de concreto armado. Em consonância com Thomaz (2020), são várias as hipóteses para o surgimento dessas anomalias:

A retração das argamassas aumenta com o consumo de aglomerante, com a porcentagem de finos existentes na mistura e com o teor da água de amassamento. Além desses fatores intrínsecos, diversos outros influenciam a formação ou não de fissuras de retração nas argamassas de revestimentos: aderência com a base, número de camadas aplicadas, espessura das camadas, tempo decorrido entre a aplicação de uma e outra camada, capacidade de retenção de água da argamassa, capilaridade/poder de absorção de água da base, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva de ventilação e/ou insolação etc.

A medida corretiva dessas manifestações patológicas seria a retirada do reboco fissurado e em seguida a execução de um novo revestimento de fachada.

Figura 28 – Fissuras no reboco da fachada



Fonte: Não divulgável (2021).

Figura 29 – Fissuras e infiltrações no reboco da fachada



Fonte: Não divulgável (2021).

Como confirmado por Sahade (2021), a eflorescência são depósitos cristalinos de cor branca que aparecem nas faces da estrutura que surgem devido à exposição do concreto à água de infiltração ou de intempéries, tal fenômeno pode ocorrer em degradação do concreto. A Figura 30 expõem um pilar com princípio de eflorescência devido ao aparecimento de manchas brancas após um longo período de chuvas, é inegável que o processo de lixiviação aumenta a porosidade do concreto, o fissuramento do reboco também contribuiu significativamente já que a argamassa de revestimento age como uma camada na proteção da estrutura de concreto armado.

A terapia dessa anomalia seria a retirada de todo o reboco comprometido, a aplicação de meio impermeabilizante na estrutura de concreto para dificultar a absorção de água, efetuar a aplicação de argamassa com aditivos impermeabilizantes e, por fim, realizar as manutenções preventivas principalmente no que tange às pinturas que auxiliam na proteção dos elementos da edificação. Em casos mais simples, será necessário fazer a limpeza da superfície para retirada do carbonato de cálcio, estanquear o revestimento, eliminando as fissuras, e, por fim, aplicação de tinta para proteção e conservação do elemento estrutural.

Figura 30 – Estrutura com eflorescência



Fonte: Não divulgável (2021).

Vale ressaltar que a Figura 31 mostra o rolo compactador de solo tipo pata de carneiro que quando está em funcionamento pode causar grande vibração do solo, gerando vibrações mecânicas para união dos grãos de solo. Dessa forma, caso o rolo compactador tenha sido empregado ao mesmo tempo que a execução do reboco, é previsível que a vibração do solo também é transmitida para as paredes/elementos nas proximidades, ou seja, tal fato pode ter contribuído para o deslocamento do revestimento de fachada da edificação em estudo, pois na época, a argamassa de revestimento em estado fresco ou sem ter completado seu estado de cura, não tenha adquirido aderência suficiente junto à alvenaria e seus elementos estruturais.

Figura 31 – Compactação do solo



Fonte: Não divulgável (2015).

A Figura 32 mostra uma viga invertida sobre a laje com um tubo na direção da altura da viga, a NBR 6118 (ABNT, 2014) afirma que:

As aberturas em vigas, contidas no seu plano principal, como furos para passagem de tubulação vertical nas edificações, não podem ter diâmetros superiores a $1/3$ da largura dessas vigas nas regiões desses furos. Deve ser verificada a redução da capacidade portante ao cisalhamento e à flexão na região da abertura. A distância mínima de um furo à face mais próxima da viga deve ser no mínimo igual a 5 cm e duas vezes o cobrimento previsto nessa face. A seção remanescente nessa região, tendo sido descontada a área ocupada pelo furo, deve ser capaz de resistir aos esforços previstos no cálculo, além de permitir uma boa concretagem.

Dentro do que foi explanado anteriormente, pode-se concluir que a viga tem seção transversal incompatível para a passagem do tubo e houve, ainda, a retirada de parte do concreto em sua face superior para a soldagem de emenda do tubo de PVC, à vista disso, é interessante encontrar a localização deste potencial problema para verificação se há ou não a necessidade de se realizar um reforço estrutural. A não verificação de tal problema pode ocorrer em perda da capacidade portante ao cisalhamento, assim como na flexão do conjunto laje e viga, causando sensação de insegurança aos usuários.

Figura 32 – Viga com tubo soldável de PVC



Fonte: Não divulgável (2015).

É observado na Figura 33 duas vigas diferentes, mas com um problema em comum, uma fissura que contorna todo o perímetro das vigas no sentido transversal. Essas vigas atravessam seus ambientes em sentido transversal, logo não foi possível verificar se tal fissuramento ocorreu devido à flexão ou dilatação térmica e não foi encontrado sobrecarga sobre a viga. Provavelmente esse fissuramento é decorrente ao peso próprio do conjunto laje e viga. É imperioso o acompanhamento dessa anomalia, haja vista que ela pode estar aumentando, um procedimento interessante para a medição e avaliação do progresso da fissura é o emprego do fissurômetro.

Figura 33 – Fissura em volta de vigas

Fonte: Não divulgável (2021).

A Figura 34 apresenta dois tipos de encunhamento, sendo um realizado com espuma expansiva e outro com tijolos maciços, a NBR 8545 (ABNT, 1984), especifica que o espaço entre a viga superior e a alvenaria deve ser de 30 mm para preenchimento com espuma ou argamassa expansiva, já para preenchimento com tijolo maciço esse espaço deve ser de 150 mm e os tijolos deverão ser assentados em ângulo de 45° em relação à alvenaria.

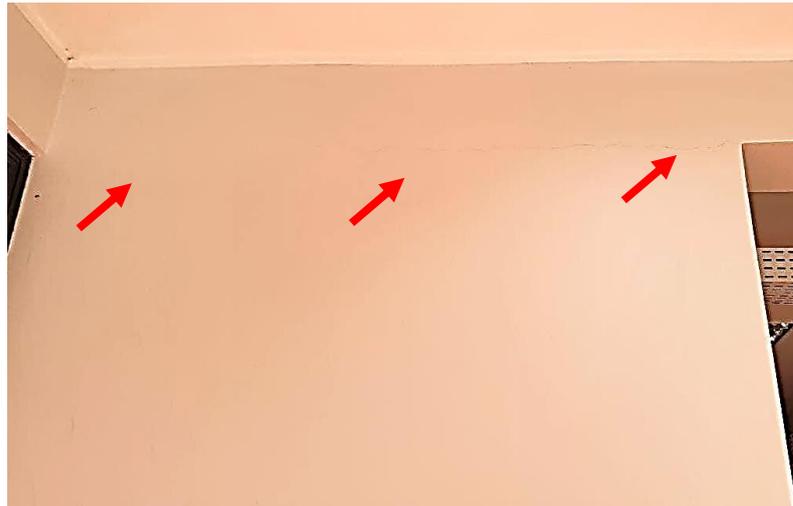
Figura 34 – Encunhamentos realizados

Fonte: Não divulgável (2015).

Diante do que foi exposto no parágrafo anterior, é notável de se verificar na Figura 35 que o encunhamento foi realizado de forma inadequado principalmente quando executado com tijolos maciços, ou seja, pela Figura 34 fica caracterizado que a execução ocorreu com os tijolos

fora da angulação ideal, que seria 45°, já a execução do encunhamento com espuma expansiva é mais difícil de se analisar os espaços mínimos, mas que aparentemente também não tendeu aos requisitos mínimos. Uma das alternativas para tratamento dessa manifestação patológica seria fazer o reforço com tela de reforço estrutural para ligação entre a viga e a alvenaria.

Figura 35 – Encunhamentos ineficiente



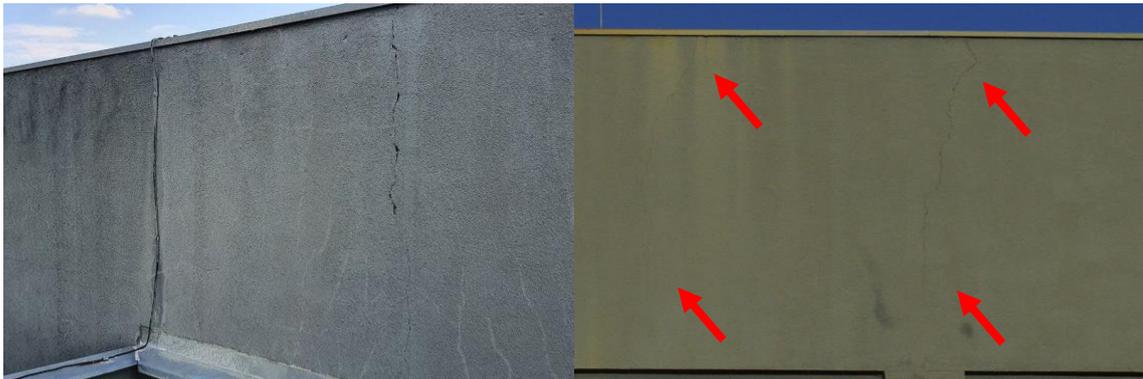
Fonte: Não divulgável (2021).

É verificável na Figura 36 a inexistência da execução de viga de fechamento na parte superior da platibanda, a execução dessa viga em toda a superfície da platibanda poderia ter evitado as fissuras verticais que ocorreram devido às movimentações térmicas, conforme mostrado na Figura 37. Uma das terapias para conter o surgimento de novas fissuras seria a execução da viga de fechamento e/ou a instalação de tela de reforço estrutural nas fissuras existentes.

Figura 36 – Platibanda sem viga de fechamento



Fonte: Não divulgável (2015).

Figura 37 – Platibanda com fissura

Fonte: Não divulgável (2021).

A Figura 38 mostra a montagem das telhas de fibrocimento, dessa forma, é possível identificar que sua instalação não seguiu a NBR 7196 (ABNT, 2020), pois na montagem das telhas, não foram executados os cortes dos cantos das telhas para se evitar o remonte de quatro espessuras, de tal forma que os cantos das telhas intermediárias deveriam ter sido cortados em diagonal, nas medidas dos cobrimentos. A realização dos cortes evita a entrada de água e luz nos espaços entre o telhado e a laje, isso impede de ocorrer infiltrações na laje, e também deformações que podem ocasionar em rachadura/quebra das telhas. A correção desse problema é a realização dos cortes necessários nos cantos das telhas.

Figura 38 – Telha de fibrocimento

Fonte: Não divulgável (2015).

Ao se observar a Figura 39, nota-se a existência de uma abertura (deslocamento) de revestimento cerâmico na parte inferior de um pilar em área molhada, dessa forma, tal problema pode estar ocorrendo em detrimento de várias circunstâncias, isto significa que pode ser em

decorrência da expansão dos aços das armaduras e conseqüentemente a ruptura do concreto, infiltrações capilares ou má aplicação do rejunte que ocasionaram o descolamento e ainda a ineficiência da argamassa colante aplica nessa região por falta de limpeza da superfície, defeito do material ou utilização inadequada. A metodologia para recuperação desse elemento é o deslocamento total da peça para uma análise mais crítica e em seguida o tratamento adequado para cessar a manifestação patológica.

Figura 39 – Desplacamento em revestimento cerâmico



Fonte: Não divulgável (2021).

De forma geral, todo processo executivo para o reparo ou a recuperação dos elementos construtivos, será necessária a utilização de tela de reforço estrutural nas ligações entre alvenaria e viga ou pilar, para eliminação das diversas fissuras por dilatação térmica, fissuras nos cantos das janelas, dentre outras. Assim, Thomaz (2020), afirma que a preparação da estrutura passará por remoção da camada de argamassa de reboco na região danificada, remoção do concreto solto, caso haja, para recuperação das fissuras, realizar a recomposição de concreto, se necessário, aplicar tela de reforço estrutural transpassando o local das fissuras em aproximadamente 20 cm de cada lado, a referência será o eixo da fissura, a tela pode ser fixada com pregos ou cravos de metal, devendo estar distendida; os elementos devem ser chapiscados após a colocação da tela, em seguida, aplicar nova argamassa de reboco e, por fim, realizar a pintura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as manifestações patológicas observadas, é imperioso cuidados desde as fases iniciais de qualquer construção, visto que um mal planejamento, uma execução em desconformidade com as normas técnicas, o emprego de materiais de forma indevida, a utilização de mão de obra sem conhecimentos técnicos e tudo isso juntamente com a falta de fiscalização pelos profissionais responsáveis pela obra podem e geram problemas que impactam diretamente no comportamento das edificações, seja em seu estado limite de serviço ou no estado limite último.

Os serviços de acompanhamento e fiscalização das obras pelo seu responsável técnico juntamente com outros colaboradores com conhecimento técnico são imprescindíveis para mitigar o surgimento de manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado, pois todos os sistemas de uma edificação estão interligados, ou seja, a negligência em qualquer fase, componente, elemento ou sistema pode criar problemas significativos às estruturas, um exemplo claro seria uma má soldagem dos tubos às conexões do sistema hidrossanitário, haja vista que isso facilitaria o contato da água com o concreto armado, podendo ocasionar corrosão do aço ou sua expansão e como consequência a ruptura de alguma parte de seus elementos.

Além das manifestações patológicas decorrente de ineficiências construtivas, outro fator que é considerado, é o financeiro, haja vista que foi empregado um valor para a construção inicial e agora será necessário mais dispêndio de recursos para as correções aparentes e, caso seja preciso, custos judiciais.

O estudo de caso revelou que, devido ao acesso às figuras desde o início da obra, revelando sua anamnese, grande parte das manifestações patológicas contemporâneas poderiam ter sido evitadas. Destarte, ficou claro a necessidade de acompanhamento técnico, o emprego de profissional habilitado para execução e recuperação de serviços e que caso as anomalias não forem cessadas, isso acarretará em prejuízos maiores tanto na parte financeira quanto na performance do edifício, visto que ele poderá alcançar seu Estado Limite de Serviço (ELS) uma vez que trará desconforto ao usuário, baixa durabilidade e prejudicará o desempenho das estruturas de concreto armado.

Por fim, faz-se necessário enfatizar que não foram encontrados problemas ou situações em que o edifício possa alcançar seu Estado Limite Último (ELU), no entanto, toda edificação deve estar alicerçada pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013), com vistas às manutenções previstas no intuito de cumprir com as necessidades básicas de segurança, saúde, higiene, economia e desempenho para utilização pelo usuário.

REFERÊNCIAS

- ARQONLINECURSOS. **Compatibilização de Projetos no Revit e Instalações Hidrossanitárias**. 2020. Disponível em: <https://www.arqonlinecursos.com.br/compatibilizacao-de-projetos-no-revit/>. Acesso em: 20 maio 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 25 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Especificação**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 16 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho, Parte 1: Requisitos gerais**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 71 p.
- BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 320 p.
- BRANDÃO, Ana Maria da Silva. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. 1998. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- CARBALLAL JUNIOR, José Lois. **Manifestações patológicas em edificações da região do Recife: levantamento e análise de materiais e métodos de reparo ou reforço estrutural**. 2019. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2020. 415 p.
- CONDÉ, Éder dos Reis. **Patologia em pilares de concreto armado**. 2018. Disponível em: <https://www.engenheirodeestruturas.com.br/patologia-pilar-concreto>. Acesso em: 30 maio 2021.

CUNHA, Albino Joaquim Pimenta da; LIMA, Nelson Araújo; SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. **Acidentes Estruturais na Construção Civil**. São Paulo: Pini, 1996. 1 v.

DIAS, Regina Davison. **Estrutura em concreto armado com vedação em alvenaria**. 2021. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/estrutura-em-concreto-armado-com-vedacao-em-alvenaria/>. Acesso em: 20 maio 2021.

DÓREA, S. C. L. *et al.* **Avaliação patológica da estrutura de concreto armado e dos componentes de uma edificação construída em 1914**. Revista Scientia Plena, Aracaju, v. 6, n. 12, 2010. Disponível em: <<http://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/317/86>>. Acesso em: 26 mar. 2021.

FERREIRA, Ídilla Kaenna Abrantes. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado: estudo realizado nas edificações do centro de tecnologia do Campus I da Universidade Federal da Paraíba**. 2016. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

FRANÇA, Alessandra Aparecida Vieira *et al.* **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira *et al.* **Normas técnicas para engenharia diagnóstica em edificações**. São Paulo: Pini, 2009. 248 p.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira *et al.* **Manual de Engenharia Diagnóstica: desempenho, manifestações patológicas e perícias na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Leud, 2021. 432 p.

GROSSI, Marcus Vinícius Fernandes. **Inspeção e recebimento de obras: edificações habitacionais**. São Paulo: Leud, 2021. 488 p.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil: Causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 256 p.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira de. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

RIBEIRO, Daniel Vêras. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 272 p.

SAHADE, Renato. **Como evitar e remover eflorescências em estruturas de concreto**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-evitar-e-remover-eflorescencias-em-estruturas-de-concreto/19336>. Acesso em: 06 jun. 2021.

- SANTOS, Altair. **Para concreto aparente, compensado plastificado**. 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/concreto-aparente-compensado-plastificado/>. Acesso em: 09 out. 2021.
- SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Esqueleto humano**. 2021. Prepara ENEM. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/biologia/esqueleto-humano.htm>. Acesso em: 20 maio 2021.
- SENA, Gildeon Oliveira de; NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins; NABUT NETO, Abdala Carim. **Patologia das construções**. Salvador: 2B Educação, 2020. 256 p.
- SILVA, Cleo. **Como funciona o sistema circulatório**. 2016. Rebeca Khouri. Disponível em: <https://descomplica.com.br/blog/materiais-de-estudo/biologia/resumo-sistema-circulatorio/>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- SILVA, Enrique Douglas Casado da. **Patologia em estruturas de concreto armado: estudo de caso em edificações do Campos I da Universidade Federal da Paraíba**. 2018. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- SILVA, Diêgo Raffael Fernandes da. TELES, Euzébio Cardoso. BARROS, Enicléia Nunes de Sousa. **Patologias em estruturas de concreto armado em ambiente industrial**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 06, pp. 14-41. Outubro de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologias-em-estruturas>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.
- SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001. 451 p.
- THOMAZ, Ercio et al. **Código de boas práticas nº 1: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: Ipt, 2009. 65 p.
- THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 240 p.
- TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em estruturas de concreto armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- VERÇOZA, Ênio José. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.172p.
- VIEIRA, Silvia. **Problemas causados pela lixiviação do concreto**. 2017. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto/>. Acesso em: 30 maio 2021.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil**: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do taquari-rs. 2015. 114 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.