

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO  
EIXO DA TECNOLOGIA - ENGENHARIA CIVIL**

**CLÉBIO DE ALMEIDA FERREIRA**

**ESTUDO DE CASO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM  
LOTEAMENTO EM ARAPIRACA-AL**

**DELMIRO GOUVEIA-AL**

**2018**

CLÉBIO DE ALMEIDA FERREIRA

**ESTUDO DE CASO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM  
LOTEAMENTO EM ARAPIRACA-AL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *Campus* do Sertão, como pré-requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. MSc. Vinícius Costa Correia

DELMIRO GOUVEIA-AL

2018

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4 2209

F383e Ferreira, Clébio de Almeida

Estudo de caso das manifestações patológicas de um loteamento em Arapiraca – AL / Clébio de Almeida Ferreira. – 2018.  
78 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Vinícius Costa Correia.  
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2018.

1. Engenharia civil.. 2. Edificações. 3. Patologias. 4. Manutenção preventiva. 5. Arapiraca - Alagoas. I. Título.

CDU: 624.012.45

**Folha de Aprovação**

AUTOR: CLÉBIO DE ALMEIDA FERREIRA

**ESTUDO DE CASO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UM  
LOTEAMENTO EM ARAPIRACA – AL**

Monografia apresentada à Banca Examinadora  
do curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de Alagoas, Campus do Sertão e  
aprovado em 03 de 10 de 2018.



Prof. MSc. Vinícius Costa Correia, UFAL (Orientador)

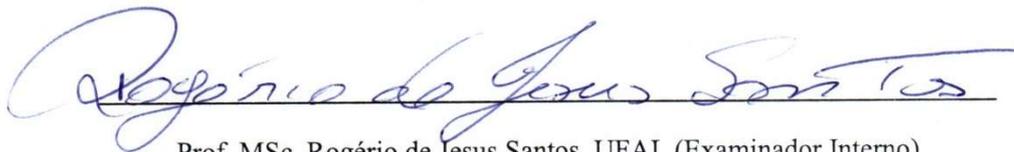
**Banca Examinadora:**



Prof. MSc. Vinícius Costa Correia, UFAL (Orientador)



Prof. MSc. Alverlando Silva Ricardo, UFAL (Examinador Interno)



Prof. MSc. Rogério de Jesus Santos, UFAL (Examinador Interno)

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais Quitéria e Clébio, e a minha querida irmã Jéssica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais por todo o esforço que fizeram em prol da minha educação e por todo o apoio e confiança durante todos esses anos.

Agradeço a minha irmã Jéssica, por acreditar em mim em momentos que nem eu mesmo acreditava, e por todo o incentivo, otimismo e exemplo que me proporcionou durante toda a minha vida.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. MSc. Vinícius Costa Correia, pela confiança depositada e por toda serenidade, paciência e tempo dedicado nesse trabalho ao longo dos últimos meses, sem o qual não poderia ter sido realizado.

Aos meus colegas e ex-colegas que fizeram parte de alguma forma da minha história acadêmica, compartilhando experiências, conhecimentos e soluções para os desafios impostos pela engenharia.

Ao Engenheiro Flávio Barbosa Lopes, pela transparência, ética e pelo acesso às obras do loteamento onde ocorreu o estudo.

A todos os professores que contribuíram de forma direta e indireta em meu crescimento profissional, acadêmico e pessoal.

A Deus, pelo dom da vida e por toda coragem e força que me proporcionou nos momentos mais complicados.

*“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo”*

*(Martin Luther King)*

## RESUMO

A engenharia ao passar dos anos vem desenvolvendo técnicas e melhorias relacionadas com todas as etapas da construção civil, com o intuito de retardar e/ou minimizar através de manutenções preventivas, os efeitos de falhas provenientes da sua produção, que impulsionam os custos com manutenção corretiva. Nessa percepção, pode-se salientar as fissuras, bolhas, manchas, destacamentos e corrosão das armaduras de concreto armado como umas das principais manifestações patológicas, estas tem desafiado especialistas da área a desenvolver progressivamente novas técnicas e soluções de manutenção e reparo das estruturas. O presente trabalho teve por objetivo analisar as manifestações patológicas encontradas em um loteamento de residências buscando identifica-las e propor um processo de tratamento e recuperação das peças atingidas. Conclui-se que cada caso apresenta seus problemas específicos, acarretados devido à falta de manutenção preventiva e estudos que objetivam o controle de qualidade, o que ocasiona custos elevados para o tratamento e correção das manifestações patológicas apresentadas.

**Palavras-chaves:** Manifestações Patológicas, Edificações, Concreto Armado.

## **ABSTRACT**

Over the years the Engineering has been developing techniques and improvements related to all stages of the civil construction, in order to delay and/or minimize through preventive maintenance, the effects of failure coming from production, which drives costs with corrective maintenance. In this perspective, it can be pointed out cracks, bubbles, stains, detachments and corrosion of reinforced concrete reinforcement such as one of the main pathological manifestations, which have challenged specialists of the area to progressively create new techniques and solutions for maintenance and repair of structures. The objective of this undergraduate thesis was to analyze the pathological manifestations in a residential construction site, seeking to identify and study failures in order to propose a process of treatment and recovery of the affected parts. Summarizing, each situation presents specific problems brought on by the lack of preventive maintenance and studies that aim a quality control, which causes high costs for the treatment and correction of the pathological manifestations presented.

**Keywords:** Pathological manifestations, Buildings, Reinforced concrete.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Lei de Sitter.....	21
Figura 2- Comportamento da vida útil das estruturas de concreto armado correlacionado com o fenômeno de corrosão das armaduras.....	24
Figura 3 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos. ....	26
Figura 4 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos. ....	27
Figura 5- Proporção de defeitos construtivos devido a fatores naturais.....	30
Figura 6 - Corrosão devido a agentes atmosféricos.....	31
Figura 7- Crescimento Orgânico. ....	32
Figura 8 - Acúmulo de Água. ....	33
Figura 9 - Corrosão de uma arruela banhada em cádmio em contato com um parafuso de aço inoxidável. ....	34
Figura 10 - Ataque biológico por fungos. ....	34
Figura 11 - Expansão termal em blocos cerâmicos. ....	35
Figura 12 - Gráfico que engloba as principais causas de patologias.....	37
Figura 13 - Exemplo de fissura.....	45
Figura 14 - Exemplo de trinca. ....	45
Figura 15 - Exemplo de rachadura. ....	46
Figura 16 - Principais tipos de fissuras ou trincas encontradas em uma edificação.....	46
Figura 17 - Fissuras em uma laje.....	51
Figura 18 - Distribuição das cargas. ....	52
Figura 19 - Pilar com trinca vertical devido ao excesso de carga. ....	52
Figura 20 - Eflorescência.....	57
Figura 21- Manchas ocasionadas por microrganismos.....	58
Figura 22 - Desagregação de concreto em viga e exposição da armadura. ....	59
Figura 23 - Penetração do agente através da porosidade do concreto. ....	60
Figura 24 - Corrosão nas armaduras de uma laje. ....	60
Figura 25 - Localização geográfica do município de Arapiraca em Alagoas. ....	62
Figura 26 - Fachada da residência e poste elétrico.....	63
Figura 27- Garagem e Varanda. ....	63

Figura 28 - Loteamento em desenvolvimento. ....	64
Figura 29 - Fissuras em muro. ....	65
Figura 30 - Corrosão da amadura de uma contraverga.....	67
Figura 31- Bolhas na parede interna do muro. ....	69
Figura 32 - Manchas na parede externa do muro. ....	70
Figura 33 - Descascamento na parede interna do muro.....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Configurações típicas de fissuras térmicas.....	36
Quadro 2 - Configurações típicas de fissuras causadas por reações químicas e detalhes construtivos.....	48
Quadro 3 - Configurações típicas de fissuras devido deformações.....	49
Quadro 4 - Configurações típicas de fissuras por retração-expansão.....	50
Quadro 5 - Configurações típicas de fissuras causadas por sobrecargas.....	53
Quadro 6 - Configurações típicas de fissuras causadas por recalque de fundações.....	55

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Identificação da origem do problema. ....	38
Tabela 2 - Nível de incidência de país para país. ....	40

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES**

CEB	Comitê Euro-International du Béton
CEF	Caixa Econômica Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Objetivo .....	18
1.2	Delimitações do trabalho .....	18
1.3	Estrutura do trabalho.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	Considerações Iniciais .....	20
2.2	CONCEITUAÇÃO .....	22
2.2.1	Patologia .....	22
2.2.2	Vida Útil .....	23
2.2.3	Desempenho .....	25
2.2.4	Durabilidade .....	27
2.3	SURGIMENTO DAS PATOLOGIAS .....	28
2.3.1	Fatores humanos .....	28
2.3.2	Fatores Naturais .....	29
2.4	PRINCIPAIS CAUSAS DAS FALHAS PATOLÓGICAS.....	37
2.4.1	Fase de Projeto (Concepção).....	39
2.4.2	Execução (Construção).....	41
2.4.3	Utilização (Manutenção) .....	43
2.5	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS EM EDIFICAÇÕES .....	44
2.5.1	Fissuras, Rachaduras e Trincas.....	44
2.5.2	Manchas.....	56
2.5.3	Desagregação do concreto e corrosão de armaduras.....	58
3	METODOLOGIA.....	61
3.1	Metodologia aplicada no trabalho.....	61
3.2	Área de Estudo.....	61

3.2.1	Aspectos Geográficos .....	61
3.2.2	Características das residências do loteamento.....	62
3.2.3	Atual infraestrutura do loteamento .....	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS.....	65
4.1.1	Caso 1: Fissuras .....	65
4.1.2	Caso 2: Corrosão .....	67
4.1.3	Caso 3: Bolhas .....	68
4.1.4	Caso 4: Manchas.....	70
4.1.5	Caso 5: Descascamento .....	71
5	CONCLUSÃO.....	73
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar das inovações e do constante desenvolvimento de técnicas e de novos materiais na construção civil, diversas manifestações patológicas são rotineiramente, encontradas em edificações. Para estas manifestações serem evitadas, elas devem ser previamente analisadas por meio de conhecimento técnico e prático sobre estruturas e materiais. Tal análise, procede de experiências com erros já acontecidos e que resultaram em manifestações patológicas. No entanto, mesmo após a aplicação dessas análises, tem sido constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, confrontando-as com os objetivos as quais se propunham.

Patologia pode ser entendida como o âmbito da engenharia que estuda as partes que compõem o diagnóstico do problema. Em outras palavras, corresponde às análises técnicas que determinam as origens, causas e sintomas das falhas na construção civil.

Durante o processo de construção de um empreendimento, existem inúmeras causas possíveis para a ocorrência de manifestações patológicas em residências. Contudo, em sua ampla maioria atribui-se esse acontecimento a falhas de projeto, execução e utilização. Em suma, incidências patológicas encontram-se diretamente relacionadas com o nível de controle de qualidade efetuado em cada um dos estágios do processo construtivo.

Em adição às falhas humanas, é importante ressaltar a parcela de incidências ocasionada devido a fatores naturais, sendo estes, agentes físicos, químicos e biológicos, que podem provocar queda de desempenho e funcionalidade nas estruturas, além de que, se não tratados com devida atenção, podem ser agravados com o passar do tempo.

Uma análise aprofundada da manifestação patológica é primordial para indicar um tratamento adequado para o problema, além disso, esse tipo de estudo também deve apontar em que estágio o erro aconteceu, o que é importante quanto à atribuição de responsabilidades em conflitos judiciais.

De forma exemplificada, pode-se afirmar que se ocorreram erros na etapa de projetos, o projetista falhou, se teve origem no processo executivo, o problema surgiu devido a má especialização da mão de obra, falta de fiscalização ou péssima qualidade dos materiais; e, por fim, se ocorreu no estágio de utilização, a imperfeição pode ter surgido por conta da má utilização do produto e da falta de manutenção.

O processo de manutenção em construções é fundamental, visto que a partir do mesmo pode-se perceber pequenas manifestações patológicas, que se previamente localizadas e tratadas podem impedir futuros problemas estéticos, funcionais e financeiros.

Com relação a obras de residências familiares, diversos problemas patológicos podem ocorrer devido a qualquer dos estágios citados anteriormente. No entanto, percebe-se que a utilização de materiais inadequados aliados a uma fiscalização eficiente e uma baixa profissionalização dos envolvidos no processo executivo são as falhas mais comuns nas organizações que regem esse tipo de construção.

### **1.1 Objetivo**

O trabalho tem como objetivo geral analisar as manifestações patológicas presentes nas etapas de pré-entrega e entrega das residências de um loteamento residencial na cidade de Arapiraca-AL, identificando, estudando e correlacionando possíveis causas e tratamentos através de estudos de casos.

### **1.2 Delimitações do trabalho**

Este trabalho terá como suporte uma revisão bibliográfica sobre conteúdos que envolvem patologias das construções, apresentando as principais ocorrências e possíveis diagnósticos que podem antever o problema ou minimizá-lo. O mesmo ainda abrangerá informações sobre os procedimentos mais adequados para a correção das manifestações encontradas no estudo de caso.

O estudo de caso será feito a partir das manifestações patológicas encontradas em residências visitadas do loteamento, relacionando suas causas, prevenção e correção dos casos que serão abordados.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

No capítulo 1 é dissertada uma introdução, os objetivos, a delimitação e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 retrata a revisão bibliográfica, onde as principais manifestações patológicas em construções são devidamente abordadas de acordo com pesquisas e estudos presentes.

No capítulo 3 são apresentadas as metodologia do trabalho, sendo essas, caracterizadas por expressarem uma revisão bibliográfica geral sobre as causas de patologias mais comuns.

No capítulo 4 são evidenciados estudos de casos relacionados a situações reais encontradas na obra de um loteamento visitado, sendo esses, responsáveis por explicitar as falhas, possíveis causas e devidas soluções que foram ou devem ser efetuadas.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho, ressaltando a relevância do tema principal.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Considerações Iniciais

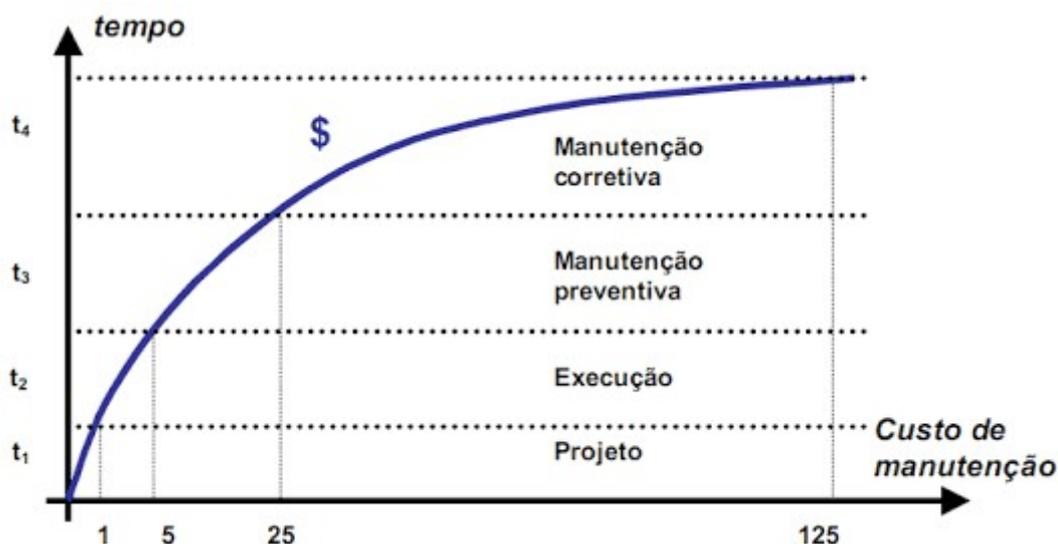
Segundo Peres (2001), o termo patologia divide-se em duas ciências destinadas a prevenir soluções de problemas em edificações: Patologia das construções e Terapia das construções. Sendo o primeiro caracterizado por estudar as origens, causas e mecanismos de ocorrência que influenciam no surgimento dessas manifestações. Em complemento a isso tem-se a chamada Terapia das construções, a qual corresponde a estudos que tratam da correção dos problemas detectados. Dessa forma, correlacionando esses conceitos com a formação de patologias, percebe-se que a maioria dos fenômenos patológicos apresenta manifestações externas a partir das quais podem-se detectar a origem, natureza e os fenômenos envolvidos em determinado caso particular.

Apresentando a mesma linha de raciocínio, entende-se Patologia como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis e a Terapia como aquela que estuda a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles relacionados ao envelhecimento natural.

Diante dessas assertivas, pode-se dizer que as manifestações patológicas ocorrem posteriormente ao início da execução das obras. Em analogia a isso, é importante inferir que as correções serão mais efetivas, duráveis e baratas a partir do momento em que for determinado o problema.

Uma comprovação que sustenta consideravelmente essa analogia é a “lei de sitter”, concebida por Sitter em 1983, colaborador do CEB – Comitê Euro-International du Béton que utiliza uma progressão geométrica como base para a avaliação dos custos de um empreendimento. A lei consiste em dividir as etapas construtivas e de uso em quatro períodos equivalentes ao projeto, à execução, à manutenção preventiva consolidada dos três primeiros anos de vida útil e por fim à manutenção corretiva realizada após eclosão dos problemas.

Figura 1- Lei de Sitter.



Fonte: PARENTE (2016)

Conforme a figura 1, cada etapa corresponde a um determinado custo de manutenção que se relaciona a uma progressão geométrica de razão cinco. Analisando o gráfico, é evidente que uma intervenção extra projeto efetuada durante a execução acarrete em um custo cinco vezes maior do que seria realmente se esta ação tivesse sido praticada a nível de projeto, considerando que ambas as soluções devam apresentar o mesmo grau de confiabilidade, proteção e durabilidade da estrutura.

Sistematizando esses custos em um caso prático, pode-se citar uma simples redução na relação água/cimento do concreto visando o aumento da durabilidade e proteção da armadura. Sendo a medida aplicada em projeto, a mesma permitiria o redimensionamento automático da estrutura pressupondo um concreto de resistência à compressão elevada, de deformação lenta, de menor módulo de deformação e de maiores resistências à baixa idade. Dessa forma, as novas características do concreto ocasionariam mudanças importantes em outros setores da obra, assim como, redução de taxa de armadura, economia de fôrmas, redução das dimensões dos componentes estruturais, redução de volume e peso próprio. Em contrapartida, caso decisões como essas fossem tomadas em obra, ainda que do ponto de vista da durabilidade se mostrariam eficazes, elas não poderiam possibilitar alterações objetivando a melhoria de componentes estruturais já definidos previamente em projetos.

No intuito de amenizar os custos nas obras devido a essas ocorrências, a sociedade buscou uma maior excelência em suas atividades, em outras palavras, buscou obter uma qualidade em todos os setores essenciais para um bom funcionamento de uma obra. As etapas de construção de um edifício: planejamento, projeto, execução e utilização, passaram a ser

estudadas profundamente e minuciosamente tanto em suas ações individuais como em seu desempenho em conjunto.

De acordo com Duston e Williamson (1999), na especificação dos materiais e componentes, o projetista deve conhecer suas durabilidades, seja para avaliar se atenderão ao desempenho mínimo desejado, seja para comparar custos globais, que incluem custos de manutenção e operação, bem como a proteção da vida útil.

No entanto, apesar de todos esses cuidados na análise do projeto, a fase de execução pode comprometer todos os estudos desenvolvidos no setor de projetos, ou seja, existe uma relação dinâmica entre essas fases da construção; em outras palavras o fato da manifestação patológica ser nula na fase de projeto não quer dizer que não ocorrerá na execução.

Segundo estudos realizados por Lima (1990), os problemas patológicos que aparecem nas edificações durante a sua vida útil são originados durante a fase de construção da edificação, com maior percentual na fase de projeto, no caso da Europa, sendo que, no caso do Brasil, esse percentual se dá na fase de execução daí a grande importância da implementação de um sistema de gestão da qualidade para a execução da obra.

Para Ianseen e Torrescana (2003), quaisquer erros ou imperfeições no projeto e na execução das diversas etapas da construção exigem, como consequência, adaptações não previstas no orçamento, consertos com custos complementares e até necessidade de reconstruções completas, muitos dispendiosas, e mesmo prejuízos que aparecem bem mais tarde.

Portanto, nem sempre projetos de ótima qualidade terão erros mínimos ao serem executados, visto que imprecisões sempre existirão, cabendo aos estudos minimizá-las.

## **2.2 CONCEITUAÇÃO**

Devido aos fatos comentados anteriormente, observa-se o quanto o processo de execução é significativo. Portanto, antes de citar as formas de tratamento para as principais ocorrências patológicas encontradas nas obras do loteamento em estudo, deverão ser apresentados os seguintes conceitos referidos nesse trabalho.

### **2.2.1 Patologia**

No contexto da construção civil, está alinhado com a definição encontrada na Medicina, na qual estudam-se as origens, os sintomas e natureza das doenças. Em outras palavras, pode ser compreendido como o ramo da engenharia que estuda os mecanismos, causas e origens de

manifestações que venham a prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes). Logo, a análise das manifestações patológicas é função também de dois aspectos fundamentais: tempo e condições de exposição, tornando-a, assim, associada aos conceitos de durabilidade, vida útil e desempenho (ANDRADE e SILVA, 2005).

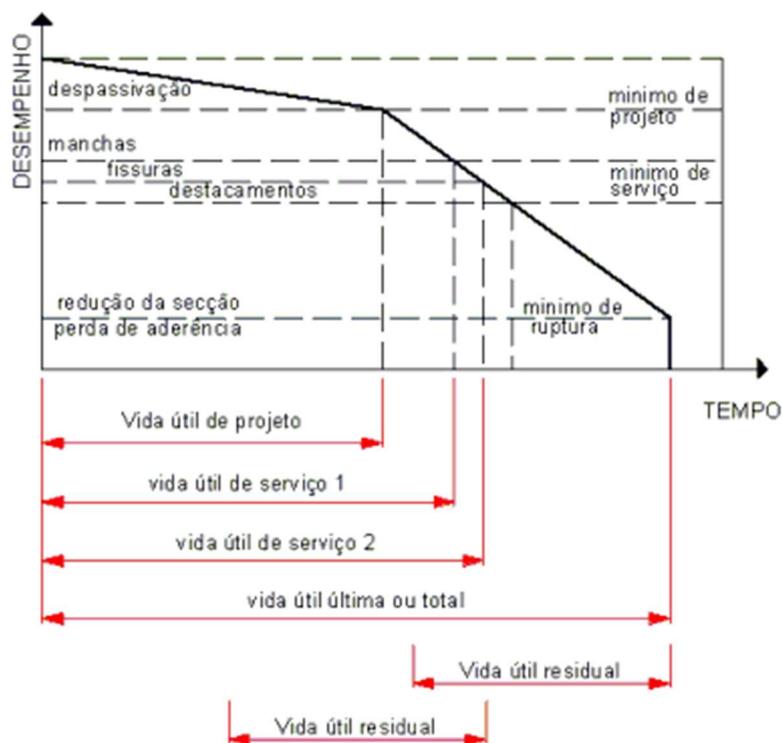
### 2.2.2 Vida Útil

Pode ser entendido como a longevidade a qual a estrutura alcança e conserva todas as características mínimas de funcionalidade, resistência e aspectos externos legíveis. Para obter esses resultados, as estruturas em geral devem ser dimensionadas, construídas e operadas de acordo com as melhores condições ambientais possíveis, respeitando fatores como segurança e apresentando funcionalismo e uma boa aparência. Há uma proximidade entre as definições de durabilidade e vida útil que, às vezes, leva ao emprego equivocado dos termos.

Pode-se conceituar que a vida útil é a quantificação da durabilidade que se supõe ser apenas uma qualidade da estrutura. Para a NBR 6118:2014, item 6.2, vida útil de projeto é o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme itens 7.8 e 25.3 bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. Segundo a ISO 13823, se entende por vida útil o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo.

É importante ressaltar que essa caracterização engloba o conceito de desempenho citado pela ISO 6421, o qual foi adicionado em 2010 na normalização brasileira por meio da NBR15575. Já, de acordo com Souza e Ripper (1998), vida útil refere-se ao período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados. O conhecimento da vida útil e da curva de deterioração de cada material ou estrutura são fatores de fundamental importância para a confecção de orçamentos reais para a obra, assim como de programas de manutenção adequados e realistas.

Figura 2- Comportamento da vida útil das estruturas de concreto armado correlacionado com o fenômeno de corrosão das armaduras



Fonte: HELENE et al. (1997).

Analisando a figura 2, de acordo com Helene et al. (1997) tem-se:

- I. **Vida útil de projeto:** Período de tempo que vai até a despassivação da armadura, normalmente denominado de período de iniciação. Corresponde ao período de tempo necessário para que a frente de carbonatação ou a frente de cloretos atinja a armadura. O fato da região carbonatada ou de certo nível de cloretos atingir a armadura e teoricamente despassivá-la, não significa que necessariamente a partir desse momento haverá corrosão importante, apesar de que em geral ela ocorre. Esse período de tempo, no entanto, é o período que deve ser adotado no projeto da estrutura, a favor da segurança;
- II. **Vida útil de serviço:** Período de tempo que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobertura, ou ainda quando há o descolamento do concreto de cobertura. É muito variável de um caso para o outro, pois depende das exigências associadas ao uso da estrutura. Enquanto em certas situações é inadmissível que uma estrutura de concreto apresente manchas de corrosão ou fissuras, em outros casos somente o início da queda de pedaços de concreto, colocando em risco a integridade das pessoas e bens, pode definir o momento a partir do qual se deve considerar terminada a vida útil de serviço;
- III. **Vida última ou total:** Período de tempo que vai até a ruptura ou colapso parcial ou total da estrutura. Corresponde ao período de tempo no qual há uma redução significativa da seção resistente da armadura ou uma perda importante da aderência da armadura / concreto, podendo acarretar o colapso parcial ou total da estrutura;
- IV. **Vida útil residual:** Corresponde ao período de tempo em que a estrutura ainda será capaz de desempenhar funções, contado nesse caso a partir de

uma data qualquer, correspondente a uma vistoria. Essa vistoria e diagnóstico podem ser efetuados a qualquer instante da vida em uso da estrutura. O prazo final, nesse caso, tanto pode ser o limite de projeto, o limite das condições de serviço, quanto o limite de ruptura, dando origem a três possíveis vida úteis residuais; uma mais curta, contada até a despassivação da armadura, outra até o aparecimento de manchas, fissuras ou destacamento do concreto e outra longa contada até a perda significativa da capacidade resistente do componente estrutural ou seu eventual colapso.

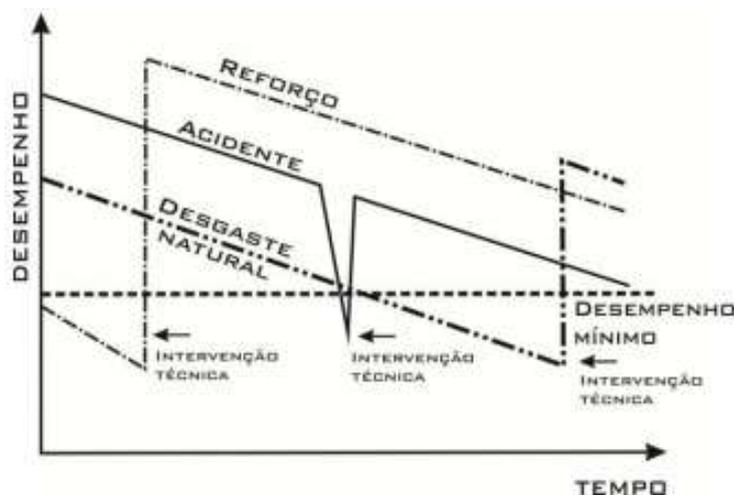
A questão da vida útil das estruturas de concreto armado deve ser focada de forma holística, sistêmica e abrangente, envolvendo equipes multidisciplinares. Deve também ser considerada como resultante de ações coordenadas e realizadas em todas as etapas do processo construtivo: concepção ou planejamento; projeto; fabricação de materiais e componentes; execução propriamente dita e principalmente durante a etapa de uso da estrutura. É nessa etapa onde serão realizadas as operações de vistoria, monitoramento e manutenções preventivas e corretivas, indispensáveis numa consideração correta e sistêmica da vida útil (HELENE, 2001).

Em uma abordagem ampla, fatores como desempenho e durabilidade contribuem diretamente na vida útil de determinadas estruturas. Ambos os fatores serão esclarecidos a seguir.

### 2.2.3 Desempenho

Constata-se como desempenho a atuação que todos os elementos essenciais para o desenvolvimento de uma obra apresentam separadamente, isto é, o serviço de cada produto relacionado diretamente ao seu prognóstico de vida útil. Em uma forma mais geral, o desempenho é um aspecto essencial que visa atingir os resultados esperados nas fases de projeto, construção e manutenção. Para que um sintoma em uma estrutura seja considerado patológico, faz-se necessário que ele prejudique alguns aspectos da construção, seja uma particularidade funcional, estética ou mecânica. Portanto, é notória a relação entre a manifestação patológica e o desempenho de determinada edificação, ao passo que, sua análise é relacionada ao comportamento da estrutura em uso.

Figura 3 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos.



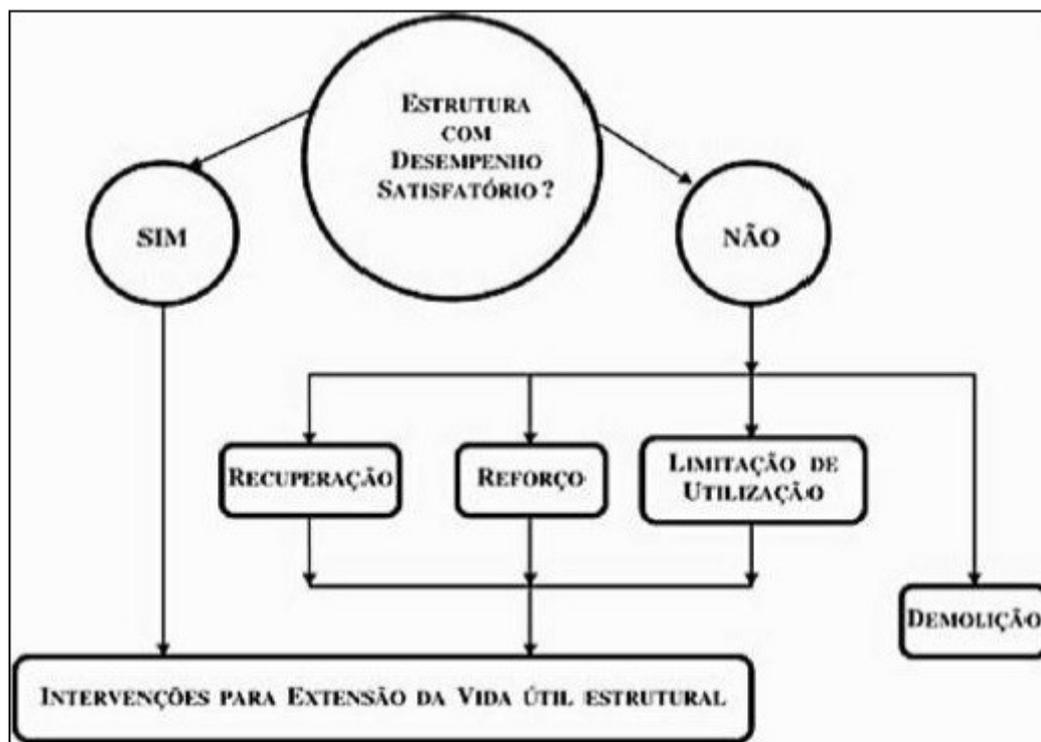
Fonte: SOUZA; RIPPER, 2009, p.18.

A figura 3 tem como função sistematizar os conceitos citados anteriormente, no gráfico, percebe-se três desempenhos estruturais, ao longo de suas respectivas vidas úteis, em função de diferentes fenômenos patológicos. No primeiro caso, composto por traço-ponto, apresenta-se uma estrutura com erros de projeto, de execução, ou até mesmo uma estrutura que possa ter necessitado alterar suas características funcionais, situações que precisam de reforço. No segundo caso, composto por uma linha cheia, busca-se representar estruturas sujeitas a um problema repentino, como um acidente, por exemplo, o qual carece de imediata intervenção corretiva para que volte a se comportar adequadamente. No terceiro caso, definido pela linha traço-duplo ponto, ilustra-se o fenômeno natural da estrutura. No momento em que há intervenção, a estrutura se recupera, voltando a seguir a linha de desempenho acima do mínimo exigido para a sua utilização.

Sendo assim, em relação à estrutura, a situação ideal será a que atender o projeto de uma forma enxuta, ou seja, a que apresente uma construção bem feita e apresente um trabalho de manutenção facilitado, mantendo a deterioração em níveis mínimos.

No entanto, na eventualidade de que algum infortúnio possa ter ocorrido e de que o desempenho da estrutura venha a se tornar insatisfatório, os responsáveis deverão estar habilitados a tomar a melhor decisão sobre como proceder, adotando a opção mais conveniente, que respeite pontos de vista técnicos, econômicos e socioambientais, consoante, por exemplo, à observação e interpretação do disposto no quadro mostrado na figura 4 ( SOUZA e RIPPER, 1998).

Figura 4 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos.



Fonte: SOUZA; RIPPER, 1998.

#### 2.2.4 Durabilidade

De acordo com a NBR 6118:2014, durabilidade consiste na capacidade da estrutura a resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, nos inícios de trabalho de elaboração do projeto. Diante disso, é primordial que as estruturas mantenham suas características estruturais funcionais, como também, desempenhem as funções que lhe forem atribuídas, visto que esse conceito se relaciona diretamente com a vida útil da estrutura.

Para Neville (2001), a durabilidade significa que uma dada estrutura de concreto terá desempenho contínuo satisfatório para as finalidades para as quais foi projetada, isto é, que manterá sua resistência e condições normais de serviço durante a vida útil especificada ou esperada.

Helene (2001) descreve como durabilidade o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Mais estritamente, uma diretriz encontrada na literatura técnica afirma que a durabilidade da estrutura de concreto é determinada por quatro fatores, identificado como regra dos 4C:

- Composição ou traço do concreto;
- Compactação ou adensamento efetivo do concreto na mistura;
- Cura efetiva do concreto na mistura;
- Cobrimento ou espessura do concreto de cobrimento das armaduras.

A respeito das formas arquitetônicas e estruturais, a NBR 6118:2014 recomenda que:

- a. Disposições arquitetônicas ou construtivas que possam reduzir a durabilidade da estrutura devem ser evitadas;
- b. Deve ser previsto em projeto o acesso para inspeção e manutenção de partes da estrutura com vida útil inferior ao todo, tais como aparelhos de apoio, caixões, insertos, impermeabilizações e outros.

## **2.3 SURGIMENTO DAS PATOLOGIAS**

Imperfeições nas construções são comuns devido ao uso de materiais em um ambiente inapropriado ou por conta do uso de materiais falhos e com defeitos. Sendo estas falhas caracterizadas como humanas ou naturais.

### **2.3.1 Fatores humanos**

Caracteriza-se por apresentar erros de especificação, design, construção e produtos. Em relação à design e especificação pode-se citar:

- Pobre detalhamento: Inefetivo ou inapropriado e que pode causar uma péssima proteção para os elementos construtivos. Exemplo: Impermeabilização;
- Especificação inapropriada: A utilização de materiais errados pode causar reações químicas entre eles. Exemplo: alumínio e cobre que juntos se tornam galvânicos. Em outras palavras, o alumínio será muito suscetível à corrosão galvânica quando em contato com o cobre.

Com relação a fatores construtivos devem-se mencionar:

- Mão de obra desqualificada: Por falta de treinamento, falta de esforço e cuidado nas instalações e em todas as etapas do trabalho, esse fator pode trazer à tona resultados insatisfatórios para o contratante. Exemplo: inapropriada mistura entre blocos cerâmicos e de blocos de concretos na mesma obra;
- Supervisão inadequada: Locais com pouca supervisão ou sem supervisão afetam diretamente no desempenho da mão de obra, ocasionando assim uma perda na produção e, conseqüentemente, de dinheiro. Ainda por conta da falta de supervisão pode haver um péssimo transporte dos materiais e uma má estocagem, os quais por sua vez podem ocasionar prejuízos quando incorporados na construção.

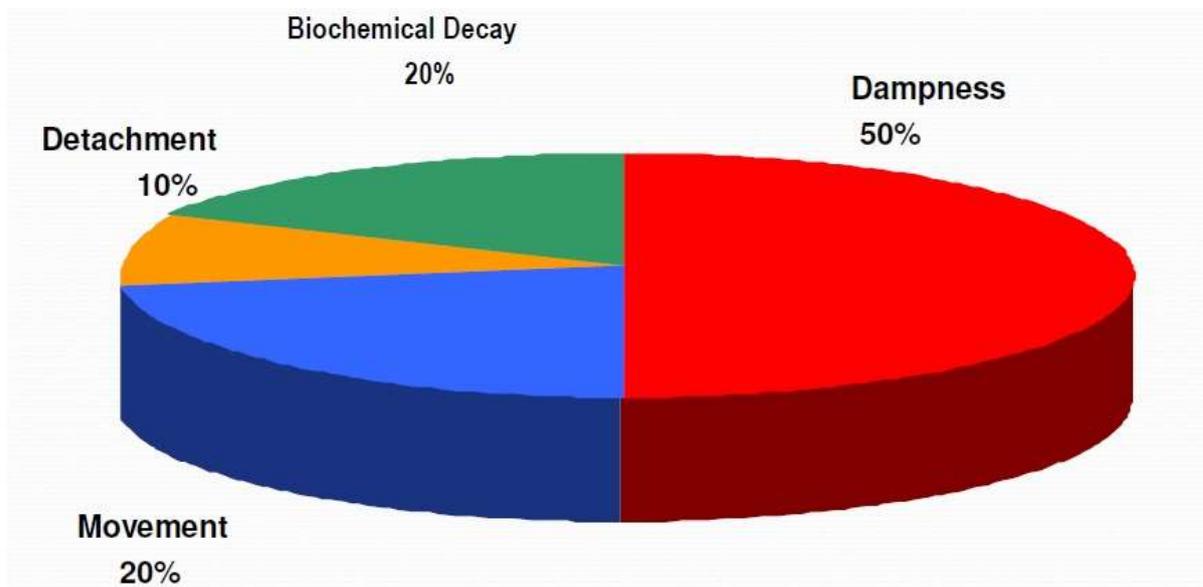
A respeito de produtos:

- Manufatura defeituosa: Materiais defeituosos podem subsequentemente propiciar defeitos na estrutura geral. Exemplo: defeituosas tábuas finas no forro podem ocasionar uma penetração de água na estrutura;
- Entrega malpropícia e/ou estocagem: Materiais falhos tanto por transporte como por má estocagem. Sendo estes materiais diretamente incorporados à obra, dessa forma podendo causar danos inerentes a estrutura.

### 2.3.2 Fatores Naturais

Defeitos construtivos podem ser originados devido a exposição dos agentes naturais do meio ambiente, tais como, chuva, neve, radiação solar, sais e fatores biológicos como fungos e insetos.

Figura 5- Proporção de defeitos construtivos devido a fatores naturais.



Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

Com o auxílio do gráfico em pizza (figura 5), nota-se que a metade dos defeitos construtivos são provenientes da umidade. Tal aspecto pode causar manifestações líquidas (água), gasosas (vapor de água) ou sólidas (gelo), sendo a última mais rara no Brasil. Dessa forma, o principal agente de deterioração construtiva é a água, haja vista a sua ação catalisadora de reações químicas. A expansão do material ocasionada pelo movimento da água com o auxílio de fatores climáticos como o resfriamento ou o aquecimento é um dos fenômenos observáveis.

Essas manifestações normalmente causam danos como: apodrecimento da madeira, redução de desempenho térmico e inchamento no revestimento interno. Localizar a fonte primária é a principal maneira de solucionar problemas decorrentes da umidade. Com relação aos motivos bioquímicos, o crescimento de fungos é a maior preocupação, visto que, ataques de insetos e apodrecimento úmido e seco afetam materiais orgânicos, como a madeira.

Movimentos estruturais podem ser gerados, dentre outros, por fatores como temperatura, umidade, demolição de prédios vizinhos, carregamento estrutural elevado. Estes podem ter uma curta ou longa implicação na estrutura, qualquer sinal de rachadura maiores que 25 milímetros são considerados como movimento. O monitoramento das estruturas ao longo do tempo e a análise dos fatores que influenciam e determinam a extensão do movimento são as melhores soluções para esses problemas.

Os tipos mais perigosos de poluentes atmosféricos também fazem parte das fontes bioquímicas, sendo eles os poluentes ácidos, os quais são formados quando os óxidos de

carbono, enxofre e nitrogênio reagem com a água formando o ácido carbônico, sulfúrico, sulfuroso, nitroso e nítrico.

O fenômeno conhecido como sulfatação ocasiona fissuras em vários materiais, além disso apresenta uma situação bastante marcante nas grandes cidades e em áreas industriais que utilizam componentes sulfúricos para promover calor e potência necessária para suas atividades. Já a cloração usualmente ocorre em estruturas que estão situadas em áreas costeiras. Ventos terrestres e névoa carregam minúsculas partículas de cloreto de sódio que são depositadas em paredes e telhados, tais partículas dissolvem e se cristalizam até nos níveis mais baixos e profundos do prédio, promovendo grandes tensões mecânicas na estrutura. O cloreto de sódio é frequentemente a causa da corrosão contínua em metais, assim como expressa a figura 6.

Figura 6 - Corrosão devido a agentes atmosféricos.



Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

O crescimento orgânico exemplificado na figura 7 também é um problema corriqueiro, prédios que são expostos a temperaturas entre 25 e 30 graus celsius e umidades relativas em torno de 70% ou mais, estão sujeitos à desintegração química e a ataques biológicos.

A desintegração química ocorre quando a umidade está presente no material, sendo ela acelerada pelo o aumento da temperatura. Em adição a isso pode-se também indicar que onde há umidade tem-se crescimento criptogâmico, sendo esse, o responsável pelo surgimento de bactérias e insetos. Exemplos de agentes biológicos que podem causar deterioração em prédios são pequenas e grandes espécies de plantas, microrganismos (crescimento criptogâmico), insetos e outros animais.

As plantas menores crescem em pedras quebradas, morrem e secam em clima seco e, por conseguinte, novamente se proliferam, formando húmus onde as plantas grandes crescem posteriormente. As raízes dessas plantas se infiltram e agem como um material pontiagudo em uma extremidade, desalojando a argamassa das juntas, soltando os blocos e causando fissuras.

Figura 7- Crescimento Orgânico.

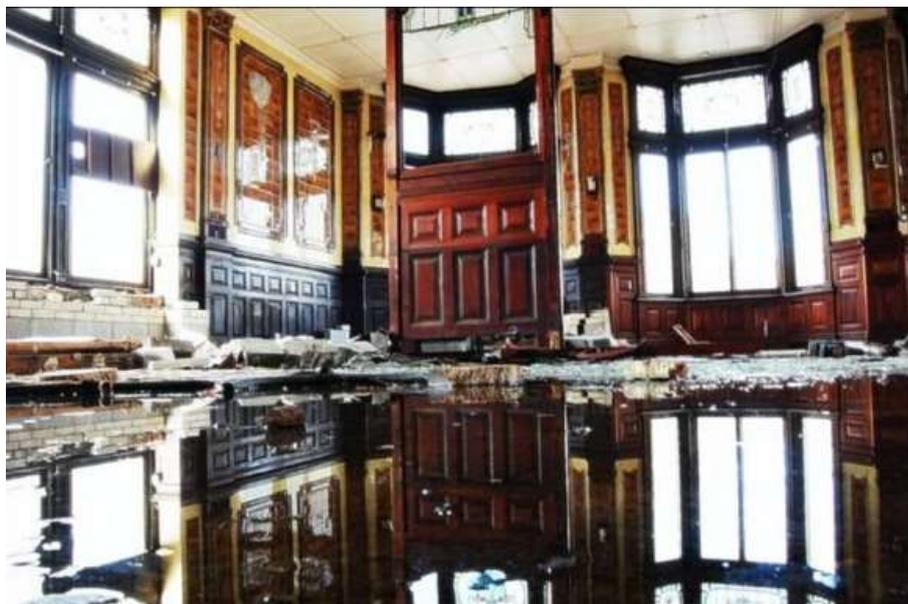


Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

A água ilustrada na figura 8 é considerada a maior causa de deterioração material. Ela pode penetrar o material pelo efeito da capilaridade pelo solo ou através da atmosfera podendo ser pela umidade ou por chuvas, por conta disso, esse fator natural é responsável por fissuras e quebras em materiais, crescimento de insetos, microrganismos na madeira, e corrosão de metais. Dos fatores citados anteriormente sem dúvida alguma a umidade é o fator principal,

visto que, o aumento da umidade pode provocar descamação, rachaduras nas estruturas e ocasionar ferrugem nos materiais, além disso, a água propicia um ambiente ideal para o crescimento de fungos, bem como para o ataque de insetos.

Figura 8 - Acúmulo de Água.



Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

Outro fator constante que contribui para o surgimento de falhas é a incompatibilidade de materiais, que possibilita a aparição da corrosão galvânica (também chamada de “corrosão de metal dissimilar”), essa corrosão retratada na figura 9 ocorre quando dois materiais distintos são englobados em uma estrutura, e devido a essa união formam um eletrólito corrosivo. Quando essa união de metais acontece, um dos metais que compõem a união se torna um ânodo e passa a corroer a estrutura mais rápido do que o comum, enquanto isso o outro passa a ser cátodo.

Figura 9 - Corrosão de uma arruela banhada em cádmio em contato com um parafuso de aço inoxidável.



Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

A madeira está sujeita a uma gama de riscos em sua vida útil, principalmente se a mesma permanecer úmida ou molhada por longos períodos – várias espécies de fungos e insetos são as principais ameaças em estruturas desse tipo. Felizmente, essas ameaças são gerenciáveis e, com especificação adequada, detalhamento e manutenção, devem ser evitáveis. Existe um pequeno risco de decomposição fúngica se a madeira estiver seca, assim como se o material apresentar um teor de umidade abaixo ou em torno de 20%. A figura 10 apresenta um exemplo de ataque biológico, onde a madeira atacada sofre alteração de cor e aspecto, além da perda de peso e resistência.

Figura 10 - Ataque biológico por fungos.



Fonte: CRUZ (2001).

Outro tipo de falhas ocasionadas por fatores naturais são movimentações formadas por expansões estruturais em blocos cerâmicos. Neste caso, os blocos cerâmicos “crescem” em uma proporção indefinida, sendo que a maioria demonstra um aumento significativo logo após sua fabricação. No entanto, um fator particular também pode gerar movimentos consideráveis, além de danos estruturais. Esse fator é nominado como expansão termal, o qual ocorre ao longo da parede formada por blocos cerâmicos quando esta se encontra exposta a energia solar. A figura 11 mostra um exemplo claro dessa expansão termal e dos danos que ela pode causar ao longo da estrutura.

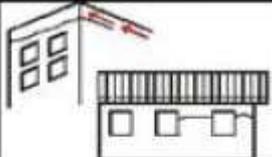
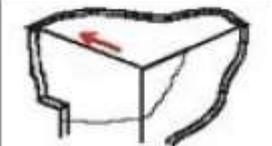
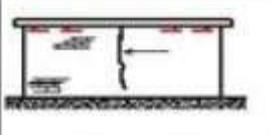
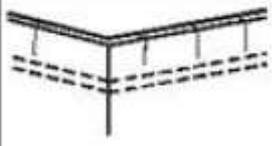
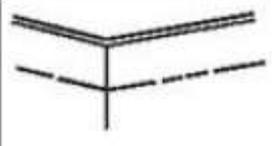
Figura 11 - Expansão termal em blocos cerâmicos.



Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

O quadro 1 abaixo, apresenta algumas configurações típicas de fissuras térmicas, assim como suas prováveis causas geradoras.

Quadro 1- Configurações típicas de fissuras térmicas.

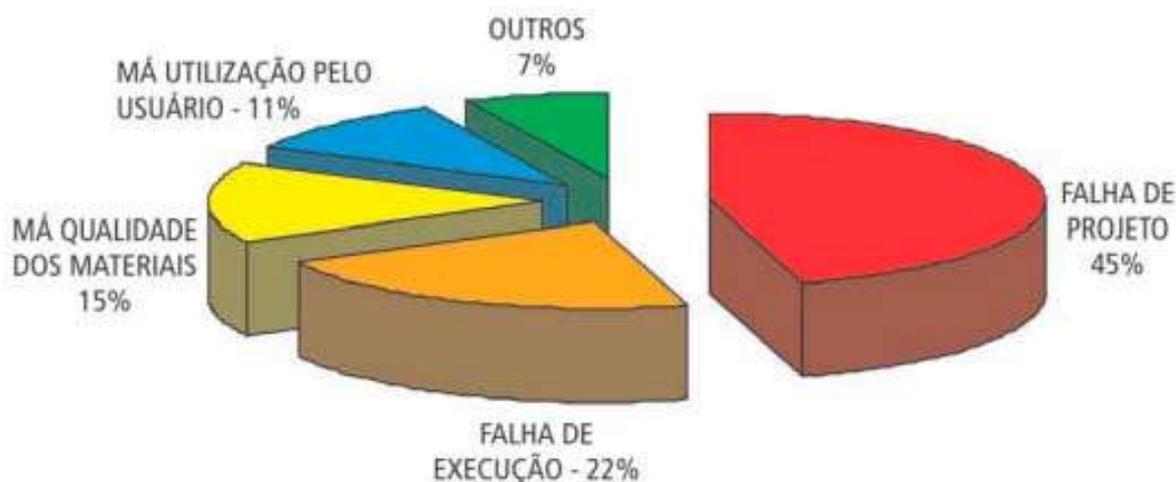
5	TERMICAS	Fissuras causadas por variações de temperatura
5.1		fissuras horizontais por movimentação térmica da laje
5.2		Fissuras inclinadas por movimentação térmica da laje
5.3		Fissuras inclinadas em paredes transversais por movimentação térmica da laje
5.4		Fissuras verticais por movimentação térmica da laje
5.5		Fissuras inclinadas por movimentação térmica da estrutura de concreto armado
5.6		Fissuras de descolamento por movimentação térmica da estrutura de concreto armado
5.7		Fissuras verticais por movimentação térmica da alvenaria
5.8		Fissuras de descolamento de platibanda por movimentação térmica

Fonte: CASTRO (2007).

## 2.4 PRINCIPAIS CAUSAS DAS FALHAS PATOLÓGICAS

Ao longo da fase de construção de um empreendimento, diversas imperfeições podem surgir. A ocorrência das mesmas é provável suceder-se em estudos preliminares (lançamento da estrutura), durante a criação do projeto de execução, assim como no processo de execução do anteprojeto. Alguns aspectos prévios ocasionam essas falhas, entretanto, a falta de planejamento e a carência de qualidade nos serviços são os principais problemas. Como se pode notar no gráfico em pizza da figura 12, as manifestações patológicas geralmente ocorrem por falhas no planejamento anterior à construção. No entanto, nota-se também que boa parte delas ocorrem na realização de uma ou mais tarefas durante a execução da obra, ou sucessivamente, quando a construção é finalizada e entregue ao proprietário.

Figura 12 - Gráfico que engloba as principais causas de patologias.



Fonte: COUTO (2007).

Baseando-se no exposto, evidencia-se a importância de profissionais habilitados e mão de obra qualificada para desenvolver as primeiras etapas supracitadas. Tendo em vista que, na maioria dos casos, o cumprimento às normas técnicas poderia evitar ou desacelerar consideravelmente os mecanismos de degradação de estruturas (AZEVEDO,2011).

Segundo estudos realizados por Azevedo (2011), a construção de um empreendimento envolve diferentes tipos de fases. Desagregando uma construção em fases, o autor referencia a primeira fase como sendo a fase de projeto ou concepção, a qual visa definir os critérios gerais a serem seguidos no desenvolvimento de um empreendimento.

A segunda fase, por outro lado, se designa por ser a fase de execução ou fase de construção. Nesta fase, Azevedo (2011) destaca as atividades de execução das fundações e a escolha e utilização dos materiais, os quais podem influenciar no desempenho da estrutura.

A terceira fase, sob outra perspectiva, se caracteriza por ser a fase de utilização e manutenção, onde a obra é concluída e entregue ao proprietário, cabendo ao mesmo cuidar para que as características da estrutura sejam mantidas.

Em suma, o processo de construção de um empreendimento é englobado por três fases bem consolidadas: concepção de projeto (que compreende a parte de planejamento, cálculos, desenhos, definições sobre que materiais utilizar e suas quantidades), execução (cumprimento do cronograma da obra de acordo com o planejamento) e utilização (apresentando coerência para o que foi projetado).

As etapas citadas anteriormente (projeto, execução e utilização) são essenciais para o resultado final do empreendimento, sendo necessário que todas apresentem o mínimo de erros possíveis para que o empreendimento cumpra sua vida útil de acordo com o que foi planejado. Quando a qualidade nessas etapas é consideravelmente atingida, há uma menor incidência de patologias e um melhor controle sobre elas, obtendo-se assim uma maior satisfação do cliente. Na tabela 1 apresenta-se um modelo de identificação da origem do problema patológico.

Tabela 1 - Identificação da origem do problema.

ORIGEM DA FALHA	RESPONSÁVEL PELA FALHA
Fase de projeto	Projetista
Qualidade do material	Fabricante
Etapas de execução	Mão de obra ou fiscalização e/ou construtora omissos
Etapas de uso	Operação e manutenção

Fonte: SILVA (2011).

A ocorrência de fenômenos naturais imprevisíveis também podem ser causas de manifestações patológicas. Caso isso ocorra, a responsabilidade será das apólices de seguros, se a edificação for assegurada (AZEVEDO, 2011, v.2, p. 1098).

### 2.4.1 Fase de Projeto (Concepção)

A concepção se caracteriza não só por ser um setor que procura alternativas construtivas eficazes, mas também por estabelecer parâmetros para as atividades já definidas. Entre esses parâmetros estão inclusos a tipologia da edificação, a definição dos usos de materiais, a identificação dos recursos locais disponíveis (mão de obra, matéria-prima, dentre outros), além de um levantamento constante do estágio de desenvolvimento da construção e uma definição de diretrizes de manutenção estratégica, sendo o custo da manutenção preventiva um fator importante a ser considerado.

De acordo com Azevedo (2011), o projetista deve indicar de forma clara, nos projetos estruturais, as especificações dos materiais e as características que possam interferir no comportamento dos elementos estruturais como: a resistência característica do concreto -seja na idade padrão ou em outras idades- o módulo da deformação longitudinal e o coeficiente de Poisson. Lembrando que tais dados devem ser conferidos durante a execução, por meio de ensaios com as amostras dos materiais empregados.

Portanto, o projetista deve não só ter um conhecimento detalhado dos materiais planejados e projetados para determinada obra como também conhecer as durabilidades dos materiais empregados na construção, com o objetivo de avaliar se atenderão ao desempenho mínimo desejado, visando a proteção da vida útil da estrutura, custo globais, custos de manutenção e operação.

Assim, conhecimento de normalização e especificação de materiais são vertentes que devem ser tratadas com bastante cuidado, uma vez que, quando não são tomadas as devidas precauções, complicações podem se suceder, como: falta de padronização, equívocos na especificação de materiais, detalhamento insuficiente e inexequível, e erros de dimensionamento. Esses problemas alavancam o surgimento de prejuízos consideráveis.

A concepção representa a maior parcela de causa de patologias na construção civil, como exemplifica a figura 15, entretanto, diferentemente da grande maioria dos países desenvolvidos -que dão uma grande importância a essa fase da construção- Alguns não apresentam essa preocupação. Em termos de custos, esta fase contabiliza em torno de 3 a 10% do custo total do empreendimento (TAN e LU, 1995). A origem das incidências patológicas varia de país para país, conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2 - Nível de incidência de país para país.

	Causas (%)			
	Projeto	Materiais	Execução	Utilização
Inglaterra	49	11	29	10
Alemanha	40	14	29	9
Bélgica	46	15	22	8
França	37	5	51	7
Espanha	32	16	39	13
Brasil	18	7	51	13

Fonte: SILVA (2011).

De forma geral, falhas de projeto elevam esses custos, visto que dificuldades relacionadas à construção e à utilização da obra geram sérios problemas patológicos na estrutura.

Segundo Couto (2007), os principais problemas correlacionados com a concepção são:

- I. Má definição das ações atuantes ou combinação mais desfavorável para a estrutura;
- II. Deficiência na avaliação de resistências do solo, podendo levar, por exemplo, a recalques inesperados ao longo da construção e nos primeiros anos de vida da edificação;
- III. Adoção de peças com espessura de cobrimento e relação água/cimento incompatíveis com tempo e as condições de exposição da estrutura;
- IV. Especificação inadequada de materiais;
- V. Dimensionamento que leva a grandes deformações na estrutura, levando ao surgimento de fissuras (peças esbeltas e utilização de grandes vãos);
- VI. Utilização de juntas estruturais sujeitas à infiltração de água, próximas aos elementos estruturais;
- VII. Falta de compatibilização entre os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrosanitário, elétrico, entre outros);
- VIII. Detalhes construtivos impossíveis de serem executados.

Azevedo (2011), em uma explanação sobre o tema indicado, destaca que, atualmente, medidas estão sendo criadas com o intuito de racionalizar a construção- para reduzir custos e evitar retrabalhos- e de minimizar problemas patológicos derivados de projetos, como o desenvolvimento de projetos ainda na fase concepção, onde é discutida e avaliada a interação de todos os sistemas inter-relacionados no processo de construção, como: arquitetura, estrutura,

fundações, instalações elétricas, hidrossanitárias, de ar-condicionado, impermeabilização, vedações, revestimentos de pisos e paredes internas e de fachada, de forma compatibilizada.

Pode-se concluir que as medidas necessárias para garantir a vida útil são determinadas a partir da importância da edificação, das condições ambientais e, em muitos casos, da vida útil estimada para a edificação. Neste sentido, é parte integrante do projeto a indicação das medidas mínimas de inspeção e manutenção preventiva, que garantam a durabilidade de materiais e componentes da edificação e assegurem a vida útil projetada (MARTIN ENGINEERING, 1998).

#### 2.4.2 Execução (Construção)

Seguindo a sequência lógica do processo de construção civil, deve-se iniciar a execução após o término da concepção, com conclusão de todos os estudos e projetos. (SOUZA; RIPPER, 1998, p.24).

Para a execução de uma obra ser bem aplicada, a construtora responsável deve realizar um bom planejamento. O planejamento de uma obra, ainda hoje, se mostra um aspecto desafiador para a grande maioria das construtoras no país. Seja por ausência de informações, de dados técnicos e econômicos, de novas alternativas construtivas, de falta de investimento em máquinas e de procedimentos que melhoram a qualidade e visam um maior lucro a longo prazo de determinado setor de uma obra, ou até mesmo por falta de investimento em ferramentas de base de dados para controle e indicadores de qualidade e produtividade.

Figueiredo & O'Reilly (2003) citam que “o ambiente hoje em dia é mais agressivo que o de décadas atrás, além disso, o aperfeiçoamento de técnicas de dimensionamento mais avançadas e, portanto, mais econômicas, também interferem negativamente na durabilidade das edificações”.

Em adição a essa citação de Figueiredo & O'Reilly (2003), que engloba técnicas e meio ambiente- é importante inferir que a falta de qualificação de quem executa, atmosfera de trabalho não agradável, soluções improvisadas, pouca afinidade entre o grupo e a falta de profissionalismo entre o gerenciamento da obra e todos os envolvidos na construção agregam para um serviço mal executado.

A ocorrência dos erros é, basicamente, devido ao processo de produção, que é bastante prejudicado, por muitas vezes refletir os problemas socioeconômicos, que provocam a baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados (SOUZA e RIPPER,1998). Assim como, também, a falta de uma fiscalização eficiente e um fraco comando de equipes, podem,

com facilidade, levar a falhas graves em determinadas atividades como: escoramento, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, entre outras (COUTO,2007).

Segundo Olivari (2003), as principais imperfeições que são originadas a partir de erros executivos e que podem ocasionar manifestações patológicas são:

- A. Falta de controle tecnológico;
- B. Uso de concreto vencido;
- C. Falta de limpeza ou estanqueidade das fôrmas;
- D. Armadura mal posicionada;
- E. Falta de espaçadores e pastilhas para garantir o cobrimento;
- F. Falta de cuidado com os ferros superiores das lajes, permitindo o seu rebaixamento;
- G. Segregação do concreto por erro de lançamento;
- H. Falta de cura ou cura mal executada;
- I. Cimbramentos mal executados e desformas antes do tempo determinado;
- J. Erros de vibração;
- K. Juntas de concretagem mal posicionadas ou mal executadas;
- L. Falta de fiscalização;
- M. Erro no dimensionamento ou no posicionamento das fôrmas.

Logo, de acordo com os exemplos citados, a qualidade no gerenciamento da obra, no recebimento dos materiais e de equipamentos e, principalmente, da execução dos serviços propriamente dita pode-se vincular à qualidade da execução. Sumarizando, é perceptível que a qualificação é um atributo indispensável para todos os setores da construção civil.

A NBR 12655:2015 retrata como etapas de execução de concreto a seguinte listagem:

1. Caracterização dos materiais componentes do concreto, de acordo com a NBR12654:2000;
2. Estudo de dosagem do concreto;
3. Ajuste e comprovação do traço do concreto;
4. Preparo do concreto.

Falhas, por menores que sejam, podem ocasionar problemas posteriores. É importante salientar que falhas em concretagem ignoradas ou não reparadas corretamente, podem causar sérios problemas na estrutura, sendo esses danos mais consideráveis em regiões agressivas ou de difícil acesso à inspeção.

Com relação à armação dos elementos estruturais, a correta disposição da ferragem, a conformidade da quantidade e o diâmetro nominal das barras com o pedido no projeto estrutural e a correta execução do cobrimento da armadura são elementos indispensáveis para o bom funcionamento de todo o conjunto. É importante destacar que uma boa execução do cobrimento

da armadura é primordial para evitar agentes despassivadores (cloretos e gás carbônico), já que quanto maior o cobrimento e melhor a qualidade do concreto, maior será o intervalo de tempo, caso agentes agressores incidam, para que esses cheguem à armadura promovendo o processo corrosivo na mesma.

Devido a todos os fatos expostos anteriormente, é necessário ressaltar o quanto a manutenção preventiva é dependente do controle de qualidade da mão de obra, bem como dos setores de gerenciamento e de projetos. Cada processo tem sua parcela de sucesso no empreendimento final, portanto, uma excelente qualidade em todos os aspectos do processo construtivo promoverá erros mínimos e certamente satisfará seus contratantes.

#### 2.4.3 Utilização (Manutenção)

Após a conclusão das etapas de concepção e de execução, mesmo que ambas tenham sido excelentes, as estruturas podem vir a apresentar manifestações patológicas originadas da falta de manutenção ou até mesmo da utilização errônea de algumas estruturas.

A ABNT NBR 14037:2011 e a ABNT NBR 5674:1999 definem as responsabilidades dos proprietários ou profissionais por esses delegados para a gestão da manutenção dos imóveis, sua abrangência e periodicidade, dentre outros requisitos.

A NBR 5674:2012 define como manutenção o conjunto de atividades que devem ser realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes para atender às necessidades e segurança dos seus usuários.

O uso de uma edificação inclui sua operação e as atividades de manutenção realizadas durante a sua vida útil. Pelo fato das atividades de manutenção em sua maioria serem repetitivas, é importante a implantação de um programa de manutenção, objetivando otimizar a utilização de recursos e manter o desempenho de projeto.

Devido à necessidade de programas de manutenção para um melhor controle sobre a utilização, empresas desenvolveram manuais para os usuários, com o intuito de informá-los sobre como utilizar e conservar a estrutura. É importante frisar que todos os manuais devem apresentar uma linguagem simples e concisa, do mesmo modo que, apresentar informações relevantes para a manutenção da edificação, como:

- 1) Especificação de procedimentos gerais de manutenção para a edificação como um todo;

- 2) Especificação de um programa de manutenção preventiva de componentes, instalações e equipamentos relacionados à segurança e a salubridade da edificação;
- 3) Identificação de componentes da edificação mais importantes em relação à frequência ou aos riscos decorrentes da falta de manutenção e à recomendação da obrigatória revisão do manual de operação, uso e manutenção. (NBR 14307:1998).

Conforme Souza e Ripper (1998), os problemas patológicos ocasionados por ausência de manutenção ou mesmo por manutenção inadequada, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de destinação de verbas para a manutenção pode vir a tornar-se fator responsável pelo aparecimento de problemas estruturais de maior gravidade, implicando em grandes gastos e, dependendo da situação, pode levar até mesmo à demolição da estrutura.

## **2.5 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS EM EDIFICAÇÕES**

### **2.5.1 Fissuras, Rachaduras e Trincas.**

De forma geral, essas anomalias geralmente são causadas por sobretensões nos materiais, em outras palavras, se os materiais envolvidos forem solicitados por um esforço maior que sua resistência, uma abertura pode surgir, e, conforme sua espessura, será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha.

O termo fissura é utilizado para designar a ruptura ocorrida no concreto sob ações mecânicas ou físico-químicas (FIGUEIREDO,1989). A fissuração pode ser considerada a patologia que mais ocorre, ou pelo menos a que chama mais atenção dos proprietários (SOUZA e RIPPER, 1998).

As fissuras, além de ocasionarem um desconforto para os usuários do empreendimento, reduzem a durabilidade dos revestimentos, da própria parede e diminuem a vida útil das edificações.

Essas patologias podem surgir depois de anos, dias ou até mesmo horas. De forma geral, as razões do surgimento dessas manifestações são várias e de diagnóstico complicado. Os principais motivos que originam fissuras segundo Sahade (2005) são recalques de fundação, atuação de sobrecargas, variações de temperatura e umidade, ataques químicos, etc.

De acordo com a NBR 6118:2014, as fissuras são consideradas preocupantes quando sua magnitude na superfície do concreto armado apresentam os seguintes valores:

1. 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré);
2. 0,3 mm para peças expostas em meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial);
3. 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso).

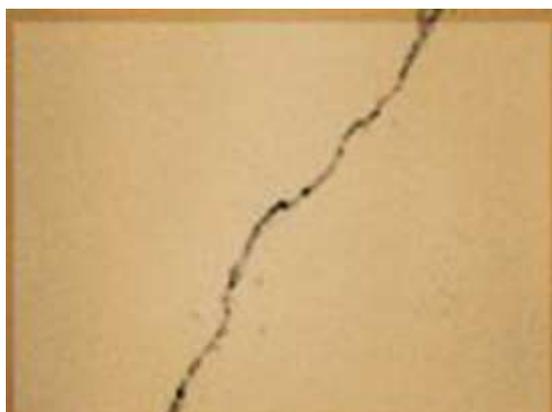
Os conceitos de fissuras, rachaduras e trinças se assemelham em alguns aspectos, entretanto, detalhes os diferenciam. Segundo a NBR 9575:2010 a abertura ocasionada por deformações ou deslocamento do substrato, que pode ser classificada em estática ou dinâmica – cíclica, finita ou infinita – e cuja amplitude é variável (a seleção do tipo de impermeabilização deve prever a amplitude da abertura e classificação da fissura, trinca ou rachadura).

Figura 13 - Exemplo de fissura.



Fonte: FÓRUM DA CONSTRUÇÃO (2014).

Figura 14 - Exemplo de trinca.



Fonte: FÓRUM DA CONSTRUÇÃO (2014).

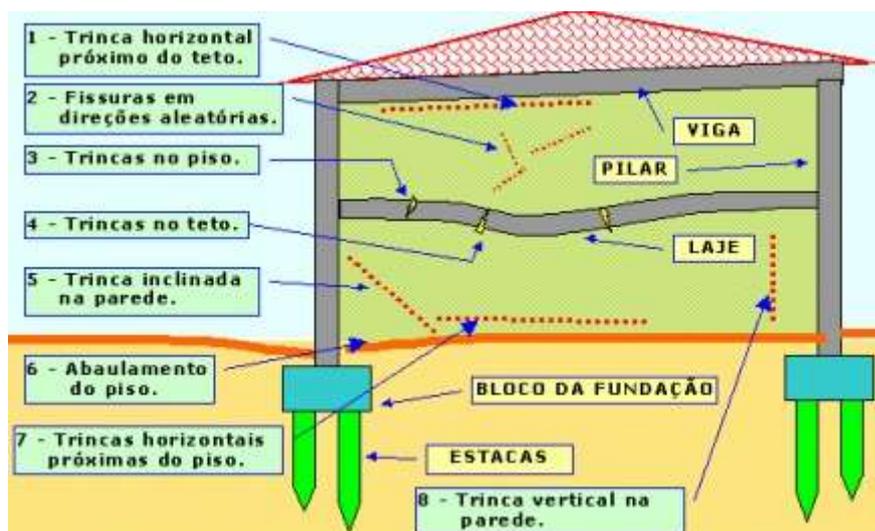
Figura 15 - Exemplo de rachadura.



Fonte: FÓRUM DA CONSTRUÇÃO (2015).

Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas comuns no âmbito da construção civil e são frequentemente observadas em pilares, vigas, lajes, entre outros elementos, assim como expõe a figura 16.

Figura 16 - Principais tipos de fissuras ou trincas encontradas em uma edificação.



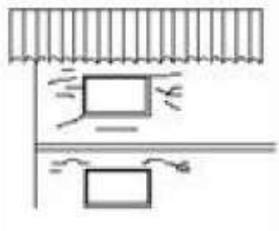
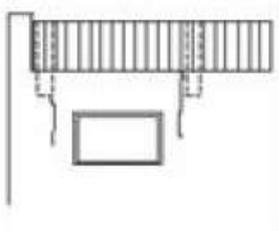
Fonte: EBATANAW (2001).

- 1) Trinca horizontal próximo ao teto: Geralmente ocorrem devido ao adensamento da argamassa de assentamento dos blocos cerâmicos, expansão da argamassa de assentamento, falta de amarração da parede com a viga superior, retração das lajes ou ainda dilatação térmica de laje de cobertura (alvenaria estrutural);
- 2) Fissuras nas paredes em direções aleatórias: Geralmente ocorrem devido à falta de aderência da pintura, retração da argamassa de revestimento, retração da alvenaria ou falta de aderência da argamassa à parede;

- 3) Trincas no piso: Geralmente ocasionadas por vibrações de motores, excesso de peso sobre a laje ou fragilidade da laje;
- 4) Trincas no teto: Geralmente causadas pelo recalque da laje, falta de resistência da laje ou excesso de peso sobre a laje;
- 5) Trincas inclinadas na parede: Geralmente se iniciam em cantos de portas e janelas e são ocasionadas por recalque de fundações, assim como pela ausência de vergas, contra vergas ou por atuação de sobrecargas;
- 6) Abaulamento do piso: Geralmente ocorre por recalque das estruturas, por expansão do subsolo ou colapso do revestimento;
- 7) Trincas horizontais próximas ao piso: Geralmente são causadas por recalque da base, ascensão capilar por causa da deficiência ou falta de impermeabilização da base e pela expansão da argamassa de assentamento;
- 8) Trinca vertical na parede: Geralmente são causadas pela falta de amarração da parede com algum elemento estrutural como pilar ou outra parede que nasce naquele ponto do outro lado da parede; quando a resistência a tração dos componentes é igual ou inferior à da argamassa ou por retração da alvenaria (retração da argamassa de assentamento por causa do tipo e composição química do cimento, natureza e granulometria dos agregados, e etc.).

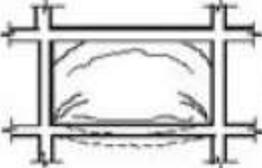
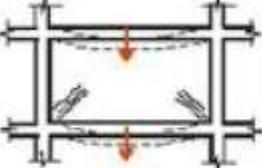
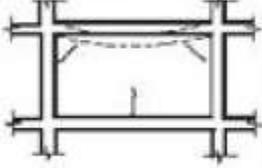
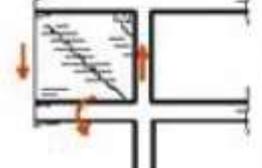
Os quadros 2, 3 e 4 abaixo apresentam algumas configurações típicas de fissuras causadas por reações químicas, por detalhes construtivos, por deformação de elementos da estrutura de concreto armado e por retração-expansão de elementos estruturais, assim como as prováveis causas geradoras de cada uma dessas patologias.

Quadro 2 - Configurações típicas de fissuras causadas por reações químicas e detalhes construtivos.

9	REAÇÕES QUÍMICAS	Fissuras causadas por reações químicas
9.1		Fissuras horizontais por expansão da argamassa
10	DETALHES CONSTRUTIVOS	Fissuras causadas por detalhes construtivos
10.1		Fissuras por ancoragem de elementos construtivos
10.2		Fissuras por deficiência de amarração

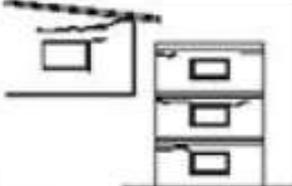
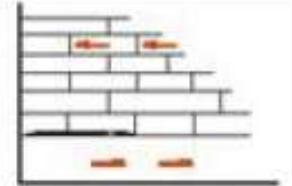
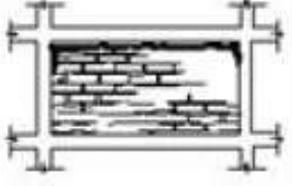
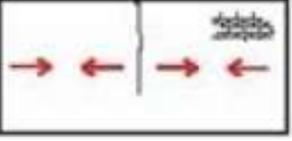
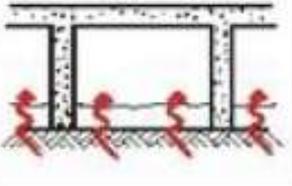
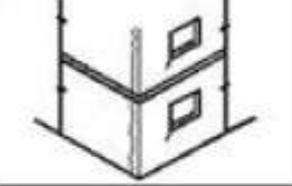
Fonte: CASTRO (2007).

Quadro 3 - Configurações típicas de fissuras devido deformações.

7	DEFORMAÇÕES	Fissuras causadas por deformação de elementos da estrutura de concreto armado
7.1		Fissuras em paredes por deformação do apoio
7.2		Fissuras em paredes por deformação das vigas de apoio e superior
7.3		Fissuras em paredes por deformação da viga superior
7.4		Fissuras em paredes com aberturas por deformação da estrutura
7.5		Fissuras em paredes por deformação de balanços
7.6		Fissuras horizontais em paredes por deformação da laje de cobertura

Fonte: CASTRO (2007).

Quadro 4 - Configurações típicas de fissuras por retração-expansão.

6	RETRAÇÃO - EXPANSÃO	Fissuras causadas por retração e expansão
6.1		Fissuras horizontais em paredes por retração da laje
6.2		Fissuras na base de paredes por retração da laje
6.3		Fissuras verticais em paredes por retração da laje
6.4		Fissuras de descolamento de paredes de alvenaria por retração
6.5		Fissuras verticais em paredes por retração da alvenaria
6.6		Fissuras horizontais por expansão da alvenaria
6.7		Fissuras verticais por expansão da alvenaria

Fonte: CASTRO (2007).

### 2.5.1.1 Fissuras ocasionadas por falhas no derramamento do concreto

De uma maneira geral, fissuras por conta de falhas no derramamento do concreto são facilmente reconhecidas e podem ser distinguidas de outros tipos de fissuras que usualmente ocorrem durante a vida útil da fundação, parede ou do chão. A figura 17 abaixo representa uma laje construída em 2006 com rachaduras ao longo de sua superfície, as quais, nesse caso, variam em largura e comprimento. Um fato que é único sobre fissuras em concreto é que, visivelmente, elas aparentam ser descontínuas, assim como mostrado na figura 17. Em outras palavras, a fissura segue um caminho não retilíneo no concreto até determinado ponto onde há uma parada, após isso, a fissura continua em uma linha paralela à primeira fissura, seguindo novamente um caminho não retilíneo na superfície do concreto. Tais fissuras apresentam uma característica peculiar do concreto que é o seu encolhimento após a perda de umidade.

Figura 17 - Fissuras em uma laje.

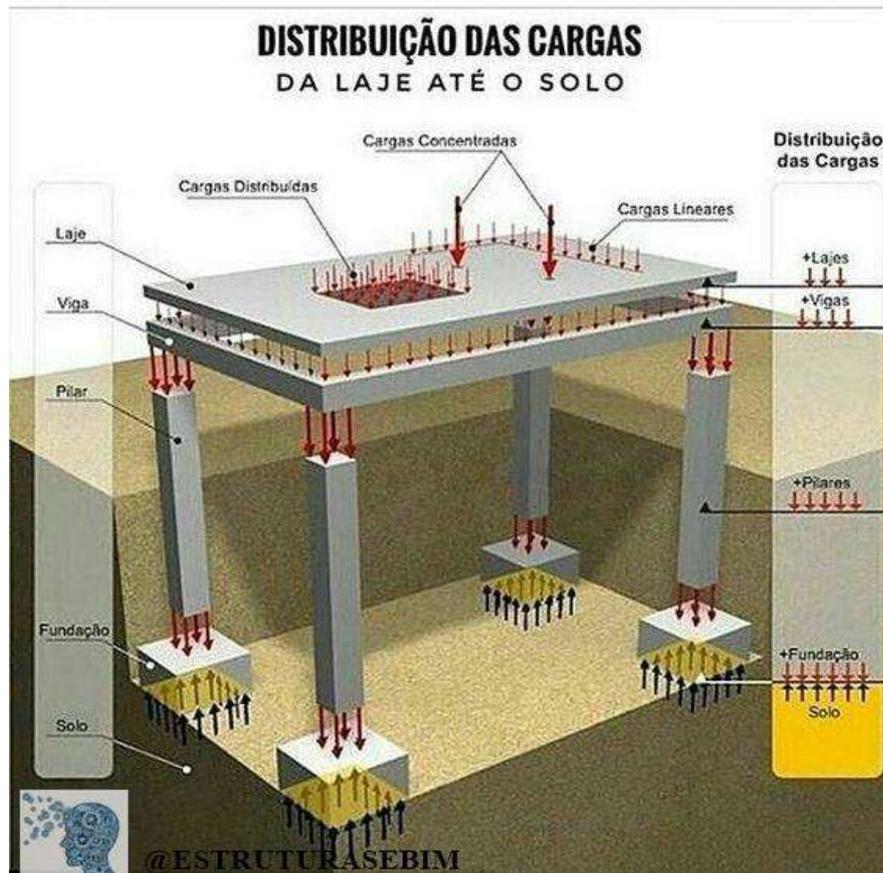


Fonte: HERIOT WATT UNIVERSITY (2016).

### 2.5.1.2 Capacidade de carga da estrutura

Um dos principais fatores que contribuem para o surgimento de patologias em alvenarias e em peças estruturais é a má distribuição de cargas em uma estrutura. A figura 18 exemplifica a maneira correta que uma distribuição deve ser realizada, entretanto, esse esquema nem sempre é seguido, e -por conta disso- patologias de diversas formas podem ocorrer.

Figura 18 - Distribuição das cargas.



Fonte: WEBSTAGRAM (2018).

Na figura 19, tem-se um pilar com trincas na vertical, tais trincas, geralmente, ocorrem por excesso de cargas e má distribuição de tensões na estrutura, outro fator bastante comum para esse tipo de ocorrência é a ausência de vigas.

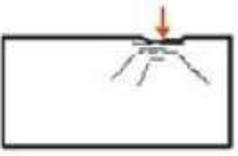
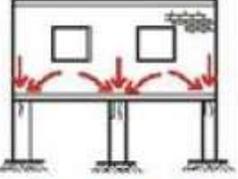
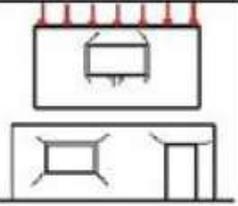
Figura 19 - Pilar com trinca vertical devido ao excesso de carga.



Fonte: EBATANAW (2001)

O quadro 5 abaixo apresenta algumas configurações típicas de fissuras causadas por sobrecargas e as prováveis causas geradoras de cada uma dessas tipologias.

Quadro 5 - Configurações típicas de fissuras causadas por sobrecargas.

4	SOBRECARGAS	Fissuras causadas por sobrecargas
4.1		Fissuras verticais induzidas por sobrecargas
4.2		Fissuras horizontais por sobrecargas
4.3		Fissuras por sobrecargas em apoios
4.4		Fissuras por sobrecargas em pilares de alvenaria
4.5		Fissuras por sobrecargas em torno de aberturas

Fonte: CASTRO (2007).

### 2.5.1.3 Fissuras causadas por recalque de fundações

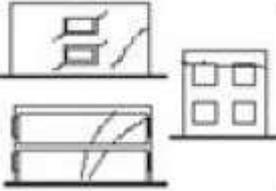
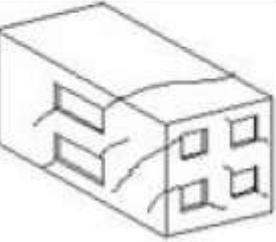
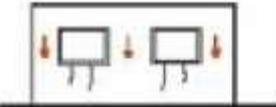
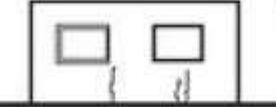
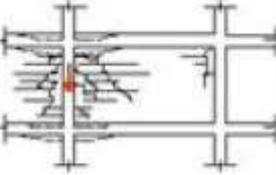
Denomina-se recalque a deformação que ocorre no solo quando submetido a cargas. Essa deformação provoca movimentação na fundação que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos a superestrutura. Segundo Milititsky (2007), recalque em fundações acontecem quando o contato entre a fundação e solo se rompe, fazendo com que a fundação

afunde mais do que o projetado, quando ocorre em toda a fundação é chamado de recalque total, quando ocorre em apenas um trecho é chamado de recalque diferencial. Os danos causados por recalque podem ser divididos em três grupos: visuais e estéticos (sem riscos de qualquer natureza), danos comprometendo o uso e a funcionalidade do prédio e danos estruturais pondo em risco a segurança dos usuários.

As fissuras ocasionadas por recalques totais apresentam aberturas menores e em diferentes pontos da estrutura, por outro lado, em recalques diferenciais, as fissuras provocadas são inclinadas e com aberturas maiores, conduzindo-se em direção ao ponto em que ocorreu o maior recalque, devido a isso, são comumente confundidas com fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais.

Entretanto, os recalques diferenciais poderão provocar fissuras com outras configurações, em função de diversas variáveis: geometria das edificações e/ou componente, tamanho e localização de aberturas, grau de enrijecimento da construção (emprego de cintamentos, vergas e contravergas), eventual presença de juntas no edifício, etc. (THOMAZ, 1989). O quadro 6 apresenta alguns exemplos de padrões típicos de deslocamentos e suas correspondentes fissuras.

Quadro 6 - Configurações típicas de fissuras causadas por recalque de fundações.

8	RECALQUE FUNDAÇÕES	Fissuras causadas por recalque de fundações
8.1		Fissuras por recalque de fundações segundo um eixo principal
8.2		Fissuras por recalque de fundações fora de um eixo principal
8.3		Fissuras verticais em peitoris por flexão negativa
8.4		Fissuras verticais junto ao solo por ruptura das fundações
8.5		Fissuras inclinadas em prédios estruturados

Fonte: CASTRO (2007).

### 2.5.2 Manchas

Uma manifestação bastante corriqueira é o aparecimento de manchas e eflorescências em fachadas, paredes, pisos e elementos de concreto armado. Os principais motivos para o aparecimento desses problemas são:

- Excesso de água de amassamento da argamassa;
- Infiltração de água através das falhas ou da porosidade do rejuntamento;
- Lavagem da fachada com solução de ácido muriático;
- Presença de impurezas nas areias, tais como óxidos e hidróxidos de ferro.

Na construção civil, manchas geram problemas agravantes como:

- Prejuízos de caráter funcional da edificação;
- Danos em equipamentos e bens presentes nos interiores da edificação;
- Desconforto dos usuários e em casos extremos os mesmos podem afetar a saúde dos moradores;
- Prejuízos financeiros.

Para a identificação dessas patologias, o usuário deve se atentar a mudanças no aspecto original do revestimento, coloração e resistência superficial, além disso é necessário efetuar uma inspeção visual em toda a alvenaria, observando-se alterações como descoloração, manchas, descascamentos, esfarelamentos, gretamentos, eflorescência, etc.

#### 2.5.2.1 Eflorescência

A eflorescência (figura 20) se caracteriza por apresentar uma formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante das águas de infiltrações ou intempéries. Quimicamente, a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água da chuva ou do solo estes sais são dissolvidos e migram para a superfície e a evaporação da água que resulta na formação de depósitos salinos. (GRANATO, 2005).

Segundo Souza (2008), a eflorescência é originada por três fatores que possuem o mesmo grau de importância. São eles: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água ou umidade e a pressão hidrostática que faz com que a migração da solução ocorra, indo para a superfície. Os três fatores devem existir, e, caso algum deles não esteja presente, não haverá a formação dessa patologia.

Figura 20 - Eflorescência.



Fonte: SILVA (2011)

#### 2.5.2.2 Microrganismos

O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas (SHIRAKAWA et al, 1995).

Segundo Alucci, Flauzino e Milano (1985), o desenvolvimento de bolor ou mofo em edificações podem ser considerados um grande problema com importância econômica e de ocorrência em regiões tropicais.

Cincotto et al. (1989) apontam como principais fatores que favorecem o acúmulo de bolor na superfície dos revestimentos: a ventilação insuficiente num ambiente e a permeabilidade da alvenaria à umidade exterior.

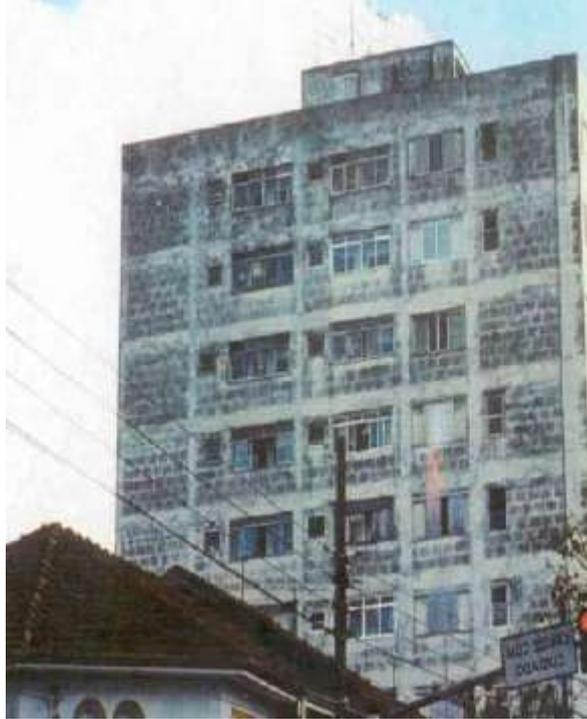
Shirakawa et al. (1995) também descrevem algumas causas extrínsecas ao material, que podem aumentar o teor de água disponível para o crescimento dos fungos, conforme as condições do substrato:

- Umidade acidental (vazamento de águas potáveis e servidas);
- Umidade relativa do ar em torno de 80%, ou superior a esse valor;
- Umidade ascendente por capilaridade;
- Umidade de condensação de vapores em ambientes fechados.

Conforme as informações dos autores citados, é possível afirmar que o emboloramento está diretamente ligado à existência de umidade e se caracteriza por ser uma alteração que pode ser constatada macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo efeito do

desenvolvimento de microrganismos pertencentes à classe dos fungos. A figura 21 abaixo exemplifica manchas ocasionadas por esses microrganismos.

Figura 21- Manchas ocasionadas por microrganismos.



Fonte: THOMAZ (1995).

### 2.5.3 Desagregação do concreto e corrosão de armaduras

Segundo Mehta (2008) “a desagregação é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção”. Outra causa provável para esse tipo de manifestação patológica relaciona-se com o processo de execução e a falta de adensamento, prejudicando assim a coesão dos componentes do concreto e resultando em um alto índice de vazios. Com essa desagregação do concreto, a armadura do componente fica exposta a fatores externos, conforme a figura 22 abaixo.

Figura 22 - Desagregação de concreto em viga e exposição da armadura.



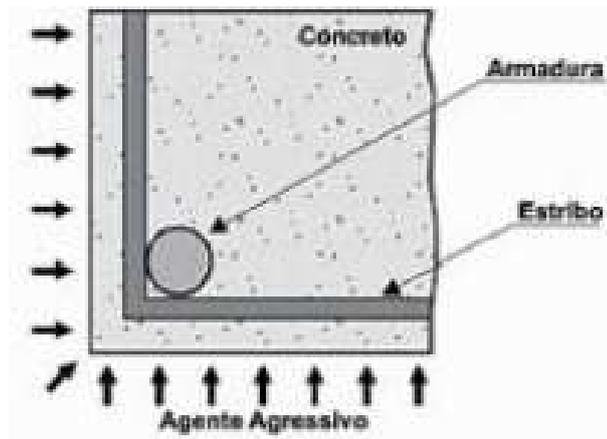
Fonte: NASCIMENTO et al. (2012).

Cascudo (2005) define corrosão de elementos metálicos como sendo a alteração de um metal em íon metálico pela sua alteração química ou eletroquímica com o meio ambiente. Em suma, a corrosão é usualmente relacionada à presença de teores críticos de íons de cloreto no concreto ou no abaixamento do seu pH devido às reações com compostos presentes no ar atmosférico, especialmente o dióxido de carbono.

Por conta da exposição das armaduras nos elementos estruturais, o aço comumente se torna um alvo fácil para a corrosão. Essa patologia faz com que haja um aumento de volume de até oito vezes na parte afetada da armadura, produzindo tensões que o concreto não resiste. Formam-se as fissuras, e as armaduras mais próximas à superfície do elemento estrutural ficam mais expostas ainda à ação de agentes externos, gerando mais corrosão, e até o deslocamento do concreto.

As causas mais comuns de ocorrência da corrosão no concreto são: má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, ambiente agressivo, proteção insuficiente, manutenção inadequada ou inexistente e presença de cloretos (HELENE, 1992). As figuras 23 e 24 demonstram, respectivamente, o ataque de agentes externos por meio da porosidade do concreto e a corrosão nas armaduras de uma laje.

Figura 23 - Penetração do agente através da porosidade do concreto.



Fonte: MARCELLI (2007)

Figura 24 - Corrosão nas armaduras de uma laje.



Fonte: SILVA (2011)

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Metodologia aplicada no trabalho.**

O trabalho exposto tem como metodologia identificar, de modo geral, manifestações patológicas em um loteamento na cidade de Arapiraca-AL, assim como suas causas e soluções mais adequadas, a fim de evidenciar o quanto é importante conhecer e interpretar essas manifestações para uma resolução viável do problema. Para que essas interpretações e sugestões de como lidar com esses problemas fossem elaboradas, este trabalho teve seu desenvolvimento fundamentado em uma revisão bibliográfica geral sobre as causas de patologias mais comuns.

O levantamento de informações e dados consistiu na consulta de artigos, monografias, dissertações, publicações de revistas, boletins técnicos, fotografias tiradas pelo autor no local do estudo e pesquisa de campo mediante o acompanhamento da obra. Tal levantamento foi primordial para o desenvolvimento desse trabalho, o qual utilizou em algumas situações citações bibliográficas de especialistas.

#### **3.2 Área de Estudo**

##### **3.2.1 Aspectos Geográficos**

O Loteamento em estudo situa-se no município de Arapiraca, que está situado numa planície com elevação ao nível do mar de 265 m .O município se encontra a aproximadamente 132 Km de Maceió – capital do estado de Alagoas e apresenta uma população de 229,329 habitantes de acordo com estimativas realizadas em 2014 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e com perspectiva de 234,185 habitantes em 2017. Segundo o IBGE, a cidade possui uma unidade territorial de 345,655 Km<sup>2</sup> com densidade demográfica de 600,83 hab./km<sup>2</sup>.

Conforme a figura 25, a cidade se encontra no agreste alagoano, mais especificamente na mesorregião do agreste alagoano e na microrregião geográfica que recebe o próprio nome do município. Tal região tem como principais vias de acesso as rodovias BR316, BR 101, AL 101 Sul, AL 110 e AL 220.

Figura 25 - Localização geográfica do município de Arapiraca em Alagoas.



Fonte: CADERNIZANDO (2017)

### 3.2.2 Características das residências do loteamento

O loteamento em estudo se localiza em um bairro que no momento está em desenvolvimento. O projeto que o envolve faz parte do programa da CEF (Caixa Econômica Federal), que visa construir residências de baixa renda.

As residências do loteamento seguem à risca as regras estabelecidas pela CEF e são entregues com acabamento aos seus proprietários, tais residências são compostas por 1 pavimento de 42 metros quadrados com dois quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço, garagem, varanda e oferecem infraestrutura básica como água, solução de esgotamento sanitário por fossa séptica, energia elétrica, vias de acesso e transportes públicos (figuras 26 e 27). De acordo com o regulamento da CEF, as residências consideradas de baixa renda podem ser entregues aos seus proprietários com ou sem acabamento a depender da construtora responsável. Por ser uma residência considerada de baixa renda, quando o construtor opta pela entrega com acabamento, muitas das vezes o material utilizado é de baixa qualidade, facilitando assim a ocorrência de patologias em um curto período de tempo.

Figura 26 - Fachada da residência e poste elétrico.



Fonte: AUTOR, 2018.

Figura 27- Garagem e Varanda.



Fonte: AUTOR, 2018.

### 3.2.3 Atual infraestrutura do loteamento

Atualmente, o loteamento ainda se encontra em desenvolvimento. 500 residências foram projetadas; no momento cerca de 60 estão prontas e 30 já foram entregues. A figura 28 especificamente, exemplifica o atual momento da obra, onde operários estão convivendo com os primeiros moradores do loteamento.

Figura 28 - Loteamento em desenvolvimento.



Fonte: AUTOR, 2018.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem como finalidade identificar os tipos de manifestações patológicas encontradas em residências do loteamento visitadas na cidade de Arapiraca – AL, no ano de 2018. Em adição a isso, o estudo objetiva sugerir soluções viáveis para o tratamento das manifestações patológicas a partir do seu diagnóstico. As manifestações expostas a seguir foram selecionadas de acordo com o tema principal do trabalho, que busca analisar as manifestações patológicas em residências no período de pré-entrega e entrega das mesmas.

### 4.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

#### 4.1.1 Caso 1: Fissuras

Fissuras verticais são bastantes observadas em alguns muros dessa obra, assim como ilustradas na figura 29. Essas fissuras se caracterizam basicamente por serem ocasionadas por erros executivos nas etapas de planejamento e levantamento da alvenaria convencional.

Figura 29 - Fissuras em muro.



Fonte: AUTOR, 2018.

Neste caso, a causa da falha poder ter sido por diversos detalhes construtivos e erros de mão de obra. Algumas das principais causas podem ter sido:

1. Falta de planejamento das fiadas de blocos cerâmicos na vertical: Após a localização da parede de alvenaria convencional no plano horizontal, o funcionário deveria planejar com precisão a localização das fiadas no plano vertical, entretanto, muitos pedreiros deixam de fazer este planejamento com a justificativa que na aplicação da massa o problema de desordenamento dos blocos pode ser sanado. No entanto, este é um vício que gera desperdício de material, levantamento de modo desordenado, dificuldade no acabamento e diminuição da resistência estrutural, o que aumenta o risco de fissuras. O correto seria prever quantas fiadas seriam necessárias para alcançar a altura do respaldo do muro, evitando recortes no final do mesmo. Além de utilização correta do prumo, promovendo um nível perfeito na disposição das diversas fiadas.
2. Falta de aderência no assentamento: Os blocos cerâmicos devem ser molhados um pouco antes do assentamento, para facilitar a aderência pela eliminação da camada de pó que costuma envolver as peças. Essa ação também serve para impedir que o bloco cerâmico absorva a umidade da argamassa, que fica com menor aderência e resistência à compressão.
3. Enchimento: Saliências maiores que 4 cm deverão ser previamente preenchidas com próprios blocos da alvenaria, sendo vetado o uso da argamassa para esse tipo de enchimento. Além de mais caro, este tipo de enchimento torna-se um possível ponto de fissura por ter resistência e coeficiente de dilatação diferentes do restante do muro.

Para a escolha da técnica de tratamento, o responsável deve se atentar às possíveis causas das fissuras, as características da mesma, ou seja, se é uma fissura passiva ou ativa (variação da fissura), se há necessidade ou não de reforços estruturais e por fim se são superficiais ou profundas. Como a fissura representada na figura 29 é superficial, a técnica de tratamento não precisa ser muito complexa. Nesse caso, o tratamento poderia ser feito fechando a fissura com material resistente/aderente, que pode ser feito pela injeção de uma resina epoxídica ou graute com o intuito de tornar a peça monolítica novamente.

A presente patologia ainda não foi solucionada pela construtora responsável e nem mesmo o proprietário da residência requereu a solução imediata do problema.

#### 4.1.2 Caso 2: Corrosão

A utilização de vergas é essencial para evitar o surgimento de fissuras acima do vão de portas e janelas. No entanto, a má execução desse material pode acarretar manifestações patológicas como a corrosão demonstrada na figura 30. De forma geral, a corrosão pode se definir como sendo um processo resultante da interação de um material com o meio ambiente, ocasionando reações de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas, levando a destruição do material empregado.

A manifestação patológica expressa na figura 30 se encontra acima de um vão de uma futura porta, a mesma foi provavelmente originada pela insuficiência ou péssima qualidade do concreto do recobrimento da armadura, visto que se apresenta como uma corrosão uniforme, ou seja, apresenta uma contaminação em toda sua extensão exposta ao meio corrosível, o que acarreta em uma perda uniforme da massa da ferragem, resultando assim em uma redução da seção dos componentes da armadura utilizada. O ataque uniforme é uma forma de corrosão eletroquímica que ocorre com intensidade equivalente ao longo da totalidade de uma superfície exposta, frequentemente deixando para trás uma incrustação, bem como demonstra a figura abaixo.

Figura 30 - Corrosão da amadura de uma contraverga.



Fonte: AUTOR, 2018.

Para tratar o problema evidenciado no caso 2, recomenda-se inicialmente uma limpeza correta em toda base, criando uma superfície aderente e marcando as áreas não deterioradas ou não aderidas. Em sequência, retira-se todo o concreto, para que se possa fazer a limpeza da

barra e revesti-la com tintas anticorrosivas e por fim preencher novamente a seção com um novo concreto.

Até o presente momento o problema não foi solucionado.

#### 4.1.3 Caso 3: Bolhas

As bolhas podem surgir por diversos fatores, tais como:

- Problemas causados por infiltração de umidade do solo;
- Aplicação de tinta base de óleo ou alquídica sobre uma superfície úmida ou molhada;
- Superfície pintada exposta à umidade, logo após a secagem, principalmente se houve inadequada preparação da superfície;
- Umidade na superfície causada por chuvas;
- Por poeiras que não foram removidas da superfície;
- Paredes contendo umidade interna;
- Aplicação de massa corrida em áreas sujeitas ao contato com água;
- Repintura sobre lixamento prévio, sobre tinta muito antiga ou de má qualidade.

No caso 3, exposto na figura 31, o problema ocorreu após o acabamento por conta do acúmulo de areia na parede externa do muro. Em outras palavras, um dos funcionários da obra apoiou uma pilha de areia na parte externa do muro com o intuito de realizar outra atividade rapidamente. Alguns dias se passaram e choveu na obra, com isso houve uma penetração de água pelo lado externo e a água que estava na superfície do muro começou a evaporar, formando assim bolhas.

Figura 31- Bolhas na parede interna do muro.



Fonte: AUTOR, 2018.

Para a correção desse caso, recomenda-se:

1. Retirar a areia acumulada e raspar toda a superfície que apresenta bolhas ou partes soltas. Em caso de afetar partes profundas, deve-se refazer os retoques com massa de reboco e aguardar a cura de 30 dias;
2. Deixar o local que foi raspado aberto por certo período de tempo, com bastante ventilação, aguardando a secagem total da superfície. Ocasionalmente, a parede aparenta estar seca, mas ainda há água para evaporar. Lixar e limpar toda a superfície;
3. Aplicar uma demão de fundo preparador de paredes e aguardar a secagem indicada. Prosseguir para o acabamento;
4. Aplicar de 2 a 3 demãos de massa corrida acrílica. Lixar e limpar toda a superfície com um pano úmido. Aplicar de 2 a 3 demãos de tinta.

Tal defeito foi solucionado pela construtora responsável por requerimento do proprietário da residência. O processo de solução utilizado foi o mesmo exposto acima.

#### 4.1.4 Caso 4: Manchas

No caso 4, exemplificado na figura 32, tem-se um muro externo de uma casa situada numa esquina do loteamento, ou seja, em um local propício a ação de agentes naturais como vento e chuva e com maior probabilidade de aparecimento de fungos e bolor. As manchas provavelmente surgiram por conta da ação constante desses agentes que promovem a umidade, pela falta de planejamento, técnicas construtivas e argamassa com aditivo impermeabilizante que visam impedir o avanço dessas patologias.

Figura 32 - Manchas na parede externa do muro.



Fonte: AUTOR, 2018.

Para o tratamento do problema, recomenda-se:

1. Remover a tinta da fachada e lavar a parede com solução de água sanitária ou outro produto desinfetante que impede a proliferação de fungos e bolor;
2. Deve-se enxaguar e aguarda a secagem da parede;
3. Aplicar uma nova pintura com tinta impermeabilizante que reforce a estanqueidade da parede.

A presente patologia ainda não foi solucionada pela construtora responsável e nem mesmo o proprietário da residência requereu a solução imediata do problema.

#### 4.1.5 Caso 5: Descascamento

No caso 5, exemplificado na figura 33, tem-se um exemplo de descascamento em um muro interno de uma casa. Casos como esse geralmente ocorrem pela perda de adesão da tinta que está diretamente relacionada com a umidade da parede. No caso exposto na figura 33, a umidade foi gerada pela mesma situação do caso 3. De maneira mais específica, o descascamento acontece, principalmente, pelo fato da umidade na superfície da pintura estar sob efeito do calor ambiental que a faz passar para o estado de vapor, pressionando o filme de tinta, que se desprende.

Figura 33 - Descascamento na parede interna do muro.



Fonte: AUTOR, 2018.

Para o tratamento do problema, a correção mais adequada se faz com a melhoria da limpeza da superfície, eliminação da umidade no substrato e no ambiente, assim como a utilização de uma tinta mais resistente e com propriedades que reforcem a estanqueidade. De forma prática, primeiramente deve-se raspar ou lixar a superfície e remover toda superfície enrugada ao redor do descascamento e, por conseguinte, esperar a secagem da parede e aplicar

um selador antes da repintura, a qual deve ser evitada sob condições de temperaturas extremas e umidade.

Tal defeito foi solucionado pela construtora responsável por requerimento do proprietário da residência. O processo de solução utilizado foi o mesmo exposto acima.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como propósito identificar as principais manifestações patológicas encontradas em uma obra de um loteamento de residências familiares.

A abordagem utilizada para a identificação dessas manifestações patológicas se deu por meio de estudo de caso, sendo inseridas ocorrências patológicas desenvolvidas durante o período de pré-entrega e conclusão das residências, ou seja, englobando manifestações que ocorreram durante a execução das residências.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, ficou evidente a importância de trabalhar com profissionais capacitados em todas as etapas da construção, visto que intervenções podem ser feitas durante todo o processo construtivo, seja previamente em projetos, visando identificar futuras manifestações patológicas, ou até mesmo durante a obra, com o intuito de evitar manifestações ocasionadas por falhas no processo executivo.

Ao longo do trabalho foram citadas falhas construtivas e de planejamento que ocorrem cotidianamente nas edificações, e que, por muitas vezes, não são corrigidas e nem mesmo analisadas, assim ocasionando erros recorrentes e agravantes na grande maioria das construções.

Nos estudos de caso foram evidenciadas manifestações encontradas em residências familiares de um loteamento na cidade de Arapiraca – AL, sendo as mesmas condizentes com o tema do trabalho, argumentando possíveis causas e soluções que deveriam ser tomadas.

Um controle tecnológico, técnico e uma política constante de vistorias seguidas de manutenções corretivas, são de essencial importância para o bom desenvolvimento e funcionamento de um empreendimento durante toda a sua vida útil, seja na visão estrutural ou de uso, que é o caso da maioria das manifestações patológicas observadas no trabalho.

Percebeu-se que o loteamento visitado mesmo possuindo uma construtora responsável, ainda apresenta erros em seu processo de manutenção periódica, visto que não identifica possíveis indícios de manifestações patológicas, o que evitaria previamente o aparecimento de algumas delas. Em outras palavras, algumas manifestações são só tratadas após estarem bem aparentes.

Conclui-se que as manifestações patológicas podem surgir por diversos motivos e podem necessitar de soluções diferenciadas a depender da sua causa. Logo, devido às assertivas indicadas anteriormente, fica claro que o envolvimento constante de profissionais habituados com as normas e com a utilização de materiais de ótima qualidade são os principais aliados para a construção de um empreendimento de ótima qualidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 5674. **Manutenção de edificações** Procedimento, 2012.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto** — Procedimento, 2014.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9575. **Impermeabilização** — Seleção e projeto, 2010.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 12654. **Controle tecnológico de materiais componentes do concreto** - Procedimento, 2000.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 12655. **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação** - Procedimento, 2015.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 14037. **Diretrizes para a elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações** - Procedimento, 2011.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15575. **Edificações habitacionais** — Desempenho, 2013.

ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. Tecnologia de Edificações, São Paulo: Pini, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1988. p.565-70. (Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT).

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas**. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005.

AZEVEDO, M.T. **Patologia das estruturas de concreto**. In: ISAIA, G.C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011.

CADERNIZANDO. **Encontro Científico e Cultural de Alagoas**. 2017. 14 slides. Disponível em: < <https://caderalizando.blogspot.com/2017/09/pensando-lugar-e-paisagem-nas-aulas-de-geografia-do-ensino-medio.html> >. Acesso em 16 jul. 2018.

CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

CASTRO, U. R. **Importância da manutenção predial preventivas e as ferramentas para sua execução**. Minas Gerais, MG, 2007. Monografia de conclusão de curso (Especialização) - título de especialista em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

CINCOTTO, Maria A. **Patologia das argamassas de revestimentos: análise e recomendações**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989. 13p.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. **Assessment of concrete structures and design procedures for upgrading (redesign)**, Bulletin, Lausanne, 1983.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projectos na redução dos custos de manutenção das construções**. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2007, 3, 2007, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.

CRUZ, H., “**Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira**”. In: Curso livre internacional de património, Santarém, 2001.

DUNSTON, Philip S. WILLIAMSOM, Craig E. **Incorporating maintainability in constructability review process**. Journal of management in engineering. September/October, v. 15, nº 5. 1999.

EBANATAW, Roberto. **Fissuras e trincas**. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/patologias/trincas.htm>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

FIGUEIREDO, E. P. **Metodologia de Avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto**. Dissertação (Mestrado): UFRS, Porto Alegre, 1989.

FIGUEIREDO, E.J.P.; O'REILLY, V. **Orientación para el diagnóstico. Capítulo 2. In: Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón: reparación, refuerzo y protección.** CYTED – XV-F. 2003, Capítulo 2, p. 111-157.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **PATOLOGIAS.** 2014. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1339>>. Acesso em: 06 de ago. 2018.

GRANATO, J. E. **Patologia das fachadas de cerâmica e granito.** Conpat, Assunção, 2005. *Anais.*

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

HELENE, P.; DIAZ, I.; ANDRADE, C.; ROMERO, A.; TROCÓNIS, O. **Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado.** 1. ed. São Paulo: PINI, 1997.

HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto.** WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos, 2001.

HERIOT WATT UNIVERSITY. Building Pathology & Inspection Unit 3 **Introduction to Building Diagnostics.** 2016. 36 slides. Disponível em: <<http://www.trentglobal.edu.sg/wp-content/uploads/2016/09/Unit-3.pdf>>. Acesso em 16 jul. 2018.

IANSEN, Daniel; TORRESCASANA, C.E. **Análise das patologias das edificações de Chapecó.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Graduação em Engenharia Civil, Unochapecó, Chapecó, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO/TC 98/ SC 2 13823: **General principles on the design of structures for durability,** 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO/TC 113/ SC 6 6421: **Hydrometry – Methods for assessment of reservoir sedimentation,** 2012.

LIMA, Helder. **A geometria do reboco**. Revista Construção. São Paulo, nº 2206, maio, 1990.

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

MARTIN ENGINEERING. **Maintenance for maximum productivity**. International comment review. June, 1998

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

MILITITSKY, Jarbas. CONSOLI, Nilo Cesar. SCHINAID, Fernando. – **Patologia das Fundações**, Editora PINI, São Paulo, Maio, 2007

NASCIMENTO DE LIMA, A, et al. **Levantamento das Patologias em Residências de Delmiro Gouveia e Região** – Causas e Soluções, Delmiro Gouveia, outubro 2012, 20.

NEVILLE, A. **Consideration of durability of concrete structures: past, present and future**. *Materials and Structures*. Nova Iorque, 2001.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. 2003. 83f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Anhembi Morumbi, 2003.

PARENTE, Lawton. **Lei de Sitter**. 2016. Disponível em: <<http://lawtonparente.blogspot.com/2016/05/quanto-custa-uma-correcao-de-estruturas.html>>. Acesso em 06 jul.2018.

PERES, Rosilena Martins. **Levantamento e Identificação de Manifestações Patológicas em Prédio Histórico – Um estudo de caso**. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2001.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de

Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

SAHADE, Renato Freua. **Avaliação de Sistemas de Recuperação de Fissuras em Alvenaria de Vedação**. São Paulo, SP, 2005. 169p. Dissertação (Mestrado em Habitação). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.

SHIRAKAWA, M. A. et al. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSA, 1995. p. 402-410.

SILVA, Adriano. **Patologia das construções**. 2011. 117 slides. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>>. Acesso em 23 jul.2018.

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

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionada pela umidade nas edificações**. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

SOUZA e RIPPER. **Patologia, Recuperação e Reforço em Estrutura de Concreto**. Pini, 1ªed. São Paulo, 2009.

TAN, Raykun R., LU, Yaw-Guang. **On the quality of construction engineering design projects: criteria and impacting factors**. International Journal of Quality & Reability Management, Vol. 12, nº 5, MCB University Press, 1995, p. 18-37.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini – USP- IPT, 1989, 194 p.

THOMAZ, E. **Como construir alvenarias de vedação**. Revista Técnica, São Paulo, n. 15 -16, 1995.

WEBSTAGRAM. **Elementos estruturais**. Disponível em: <<https://www.webstagram.pro/elementosestruturais>>. Acesso em: 16 jul. 2018