

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA - A POLITÉCNICA  
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO E UNIVERSITÁRIO DE NACALA – ISPUNA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS  
MULTIFUNCIONAIS. CASO DE ESTUDO DE PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS DA  
EMPRESA LF – CONSTRUÇÕES. LDA, CIDADE DE NAMPULA, 2021 – 2023**

**CHALE ALIFO MANUEL**

Nacala-porto, 2023

CHALE ALIFO MANUEL

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS  
MULTIFUNCIONAIS. CASO DE ESTUDO DE PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS DA  
EMPRESA LF – CONSTRUÇÕES. LDA, CIDADE DE NAMPULA, 2021 - 2023

Monografia Científica a ser submetida à universidade Politécnica, Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala (ISPUNA), como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciada em Engenharia Civil.

Supervisor: Eng. Xadrique Charles

---

Nacala-porto, 2023

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Avaliação da qualidade de estruturas de edifícios multifuncionais. caso de estudo da LF – Construções Lda, Cidade de Nampula, 2021 – 2023.

Monografia a ser apresentada à Universidade Politécnica, Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala (ISPUNA), para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil, tendo sido atribuída a nota final (\_\_\_\_\_), \_\_\_\_\_ valores

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/ 2023

Os Júris

---

---

---

Presidenta da mesa

---

Oponente

---

Supervisor

---

(Lic. \_\_\_\_\_)

**Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família em especial a minha mãe Rosalina Mário.

## **Agradecimento**

Chegado o momento de agradecer aos que me apoiaram desde o início do curso até então, quero agradecer à minha família especialmente à minha mãe Rosalina Mário, meus irmãos Cássimo Alifo, Abu Alifo, Nuro Alifo, Ancha ALifo, Amade Alifo, e à minha esposa Lurdes Ali, aos meus filhos Zaide Aldair Chale Alifo pelo suporte e paciência que vêm me prestando. Agradeço aos docentes do curso de Engenharia Civil com maior destaque o meu supervisor Eng. Xadrique Charles pela paciência, atenção e companhia, pelos ensinamentos e orientações sem quais não me seria possível realizar este trabalho. Também agradeço aos meus colegas do curso que torceram pela minha vitória, em especial Sumalgi Arlindo, ao Hortência Samuel e Jaime Liquitai a todos que se envolveram na realização da pesquisa, o pessoal da empresa LF – Construções Lda da Cidade de Nampula em especial ao Técnico de Construção Civil Giramos Rajabo.

À todos que directa ou indirectamente me ajudaram durante o curso vai o meu extensivo muito obrigado!

## Resumo

O presente trabalho tem como objectivo avaliar a qualidade de estruturas de edifícios multifuncionais construídos pela empresa LF – Construções. Lda na Cidade de Nampula, entre 2021 – 2023. A pesquisa traz uma investigação patológica em cinco edifícios multiuso, apresentando um diagnóstico da situação e um plano de ações interventivas para os sistemas construtivos mais deteriorados, através do uso da metodologia de análise de patologias. Trata-se de uma pesquisa mista que teve abordagem qualitativa e quantitativa na discussão de resultados, uma pesquisa exploratória, onde a colecta de informações foi na forma de pesquisa bibliográfica, utilizando livros, artigos, monografias e teses, bem como, pesquisa de estudo de caso com carácter dedutivo usando teorias conhecidas. A metodologia abordada faz uso de fluxogramas e organização dos dados colectados em campo que procurou inovar e incrementar os modelos através da catalogação das patologias por meio de formulação de diagnósticos e planos de intervenção para as manifestações patológicas encontradas. Nessa ordem, a assimilação dos dados de manifestações patológicas colectados nas edificações quando traçado um comparativo com as principais manifestações patológicas ocorridas ficou evidente, considerando-se que as patologias da edificação investigada apresentaram-se maioritariamente na forma de fissuras e causadas pela humidade excessiva. Por se tratar de edifícios multifuncionais com elevado fluxo de pessoas diariamente, mostra-se fundamental a realização dos reparos e ações interventivas propostas pelo trabalho, a fim de estabilizar os níveis de desempenho dos elementos construtivos que apresentaram patologias aumentando a vida útil dos edifícios. Pelo que, propõe-se que a realização das acções correctivas e reparos sejam realizados da forma sistemática, realizando-se análises da engenharia financeiro-orçamentária de cada patologia de forma isolada, tendo em vista a necessidade de arrecadação de verbas para que a realização dos reparos propostos ocorra de forma gradativa.

**Palavras-chave:** Avaliação, Estruturas, Edifícios multifuncionais, Patologias, Diagnóstico, Planos de intervenção.

## **Abstract**

The present work aims to evaluate the quality of structures of multifunctional buildings built by the company LF – Construções. Lda in the City of Nampula, between 2021 – 2023. The research brings a pathological investigation in five multipurpose buildings, presenting a diagnosis of the situation and a plan of interventional actions for the most deteriorated construction systems, through the use of pathology analysis methodology. It is a mixed research that had a qualitative and quantitative approach in the discussion of results, an exploratory research, where the collection of information was in the form of bibliographical research, using books, articles, monographs and theses, as well as research of study of deductive case using known theories. The methodology addressed makes use of flowcharts and organization of data collected in the field that sought to innovate and increase the models through the cataloging of pathologies through the formulation of diagnoses and intervention plans for the pathological manifestations found. In this order, the assimilation of data on pathological manifestations collected in the buildings when a comparison was drawn with the main pathological manifestations that occurred was evident, considering that the pathologies of the investigated building were presented mainly in the form of cracks and caused by excessive humidity. As these are multifunctional buildings with a high flow of people on a daily basis, it is essential to carry out the repairs and interventional actions proposed by the work, in order to stabilize the performance levels of the constructive elements that presented pathologies, increasing the useful life of the buildings. Therefore, it is proposed that corrective actions and repairs be carried out systematically, carrying out analyzes of the financial-budgetary engineering of each pathology in isolation, bearing in mind the need to raise funds so that the carrying out of the proposed repairs take place gradually.

**Keywords:** Evaluation, Structures, Multifunctional buildings, Pathologies, Diagnosis, Intervention plans.

## Índice

FOLHA DE APROVAÇÃO .....	iii
Dedicatória.....	iv
Agradecimento.....	v
Resumo .....	vi
Abstract.....	vii
Lista de gráficos.....	x
Lista de Tabelas .....	xi
Lista de abreviatura, siglas .....	xii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Problematização.....	2
1.3. Objectivos da Pesquisa .....	3
1.3.1. Objectivo Geral.....	3
1.3.2. Específicos .....	3
1.4. Perguntas específicas da pesquisa .....	4
1.5. Justificativa .....	4
CAPÍTULO II: QUADRO TEÓRICO .....	5
2.1. Conceito de qualidade.....	5
2.2. Conceito de patologia das construções .....	5
2.2.1. O conceito de desempenho .....	6
2.2.2. Vida útil e durabilidade .....	7
2.3. Tipos de patologias da construção civil .....	8
2.3.1. Patologia das estruturas de concreto armado .....	9
2.3.2. Patologia das fundações.....	11
2.3.3. Patologia dos revestimentos .....	13
2.3.4. Patologia das impermeabilizações .....	14
2.3.5. Patologia das alvenarias.....	15
2.4. Principais causas dos problemas patológicos .....	16
2.3.1. Manifestações durante a concepção do projecto .....	17
2.3.2. Manifestações durante a construção .....	18
2.3.3. Manifestações durante a utilização .....	18
2.4. Sintomatologia e procedimento para resolução de patologias.....	19

2.4.1. Levantamento de subsídios .....	20
2.4.2. Diagnóstico .....	21
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE PESQUISA.....	24
3.1. Tipos de pesquisa.....	24
3.2. Técnicas de recolha de dados .....	25
3.3. Técnicas e instrumentos de análise de dados.....	26
3.4. Universo e amostra da pesquisa.....	26
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	27
4.1. Detecção de manifestações patológicas em visitas técnicas .....	27
4.2. Análise dos resultados .....	27
4.3. Diagnóstico .....	28
4.3.1. Vigas de concreto armado .....	30
4.3.2. Revestimentos de argamassa .....	31
4.3.3. Alvenarias de vedação .....	32
4.3.4. Pilares de concreto armado .....	33
4.3.5. Pisos .....	34
4.4. Alternativas de intervenção e definição de conduta .....	35
4.4.1. Principais causas das manifestações patológicas dos edifícios. ....	35
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E SUGESTÕES .....	38
5.1. Conclusão .....	38
5.2. Sugestões .....	39
Bibliografia .....	40
APÊNDICES .....	43
Apêndice 01: Ficha de Observação .....	44
Apêndice 02: Desagregação do concreto.....	45
ANEXOS .....	46

**Lista de gráficos**

Gráfico 1 – Patologias das vigas de concreto armado .....	29
Gráfico 2 – Fissuração dos revestimentos externos dos edifícios .....	31
Gráfico 3 – Fissuras dos elementos de vedação .....	32
Gráfico 4 – Patologias em pisos de revestimento .....	34

**Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Percentual das principais causas de patologias na construção civil.....	9
Tabela 2 – Lista para vistoria ao local da obra. ....	21
Tabela 3 – Quantitativo de manifestações patológicas por edifício .....	27
Tabela 4 – Percentual de patologias por sistema construtivo da edificação. ....	28
Tabela 5 – Alternativas de intervenção para os revestimentos de argamassa dos edifícios .....	37

**Lista de abreviatura, siglas**

CBIC    Câmara Brasileira da Indústria da Construção

Lda    Limitada

LF

VUP    Vida Útil de Projeto

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

A presente pesquisa tem como tema "*avaliação da qualidade de estruturas de edifícios multifuncionais*", um caso de estudo de patologias em edifícios da empresa LF – Construções. Lda, sediada na Cidade de Nampula, um estudo que se estende de 2021 à 2023, cujo objectivo centrou-se na identificação e descrição de problemas patológicos ligados à qualidade das estruturas dos edifícios projectados pela empresa acima mencionada, tendo em vista a formulação de diagnóstico e proposta de alternativas de intervenção para os principais problemas encontrados.

Partiu-se do entendimento de que o homem sempre possuiu a necessidade de ter um abrigo ou alguma espécie de estrutura para se instalar. Estas estruturas normalmente são dirigidas aos mais diversos tipos de actividades e funções a serem desempenhadas pelo ser humano. Um edifício é uma construção com a finalidade de abrigar tais actividades e cada um caracteriza-se pela sua finalidade, podendo ser, habitacional, cultural, de serviços, industrial, entre outros.

O processo de construção de um edifício segue assim, a ideia inicial, planeamento prévio, projecto, fabricação dos materiais para uso no canteiro de obras, execução das partes componentes da edificação e uso. Durante tais processos, podem ocorrer falhas ou descuidos dos mais variados tipos, que acabam por gerar vícios e problemas de construção das etapas previamente citadas. O gerenciamento destes processos e a melhoria constante através do controlo de qualidade e desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas é desafio constante na engenharia civil (Helene, 2003).

Corroborando com Do Carmo (2003), a partir do estudo das fontes dos vícios, é possível de se evitar que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo comum nas edificações modernas, daí que fomos optimistas em acreditar que pode-se gerar melhorias no processo de construção através de um controlo de qualidade mais criterioso no canteiro de obras, a fim de aperfeiçoar a matéria-prima utilizada nas construções e os processos ou técnicas de construção em si, fazendo com que não se torne comum o surgimento de fenómenos patológicos nas edificações. Todavia, se mesmo assim exista a ocorrência de manifestações patológicas, sua identificação e solução se

dão através da aplicação de métodos de análise de problemas. Estes conhecimentos desenvolvem-se basicamente a partir do conhecimento teórico e prático do profissional e pela divulgação e difusão dos métodos empregados no tratamento dos problemas apresentados através da colecta de informações e dados relevantes, onde podem existir pesquisas de aprofundamento dos métodos, técnicas e tecnologias empregadas durante o processo de resolução do problema, razão pela qual realizou-se esta pesquisa.

## **1.2. Problematização**

A preocupação pela garantia de qualidade das estruturas de edifícios é de suma importância, embora esta temática seja pouco discutida no contexto nacional na perspectiva de sensibilizar os engenheiros para a necessidade de executarem os seus projectos, cada vez, com maior rigor, uma vez que esta componente tem implicações determinantes no sucesso de todo o ciclo das actividades associadas ao processo de construção. Aliado a isso, a informação existente sobre esta temática é escassa e, porventura em muitos casos, desactualizada.

O problema que se levantou nesta pesquisa surgiu da observação pessoal do autor em relação à obras edificadas pela empresa LF – Construções . Lda na Cidade de Nampula, concretamente edifícios de médio porte e multiuso (entre dois a quatro pisos), que geralmente o rés-do-chão é reservado para fins comerciais e o restante, destina-se para fins residenciais.

Essas obras são caracterizadas por apresentar menor secção e maior altura, isto é, são edifícios muito estreitos consoante as medidas do terreno (que parecem não ter tido em conta o levantamento planimétrico) o que nos levou a inquietação sobre a qualidade da estrutura desses edifícios, pelo conhecimento de que num edifício desse tipo quando menor for a secção em relação a altura menor será a resistência desse edifício, o que por sua vez pode dar origem a ocorrência de patologias dos edifícios.

Sendo assim, pode ser que estejam colocando em risco os residentes e todos aqueles que lá frequentam como trabalhadores ou clientes que procuram por algum produto ou serviço, num possível desabamento do edifício a médio ou longo prazo, o que também causaria danos às construções vizinhas.

Não obstante, surge que entre outros aspectos, a garantia da qualidade visa, por um lado, a satisfação dos objectivos do cliente e, por outro, o controlo dos processos e procedimentos de modo a reduzir ao máximo a possibilidade de existência de defeitos e falhas. Pelo que as peças escritas e desenhadas de um projecto de estruturas devem estar elaboradas de modo a proporcionar uma fácil interpretação dos seus conteúdos e, permitindo uma execução em obra que esteja de acordo com o planeamento e a preparação aprovados pela gestão da obra.

Embora exista uma entidade fiscalizadora que avalia e aprova a qualidade dos projectos das edificações (CMCN) o que inclui as estruturas de forma a garantir o seu controlo, é como aponta Brito (2007), que tais projectos têm sido laxistas em vários domínios, o que tem permitido uma concorrência desleal e uma diminuição da qualidade. Segundo Brito (2007), a causa da falta de qualidade das estruturas dos edifícios é devida a interesses económicos, falta de preparação dos projectistas, prazos inaceitavelmente curtos, falta de deontologia profissional de alguns dos intervenientes, má utilização das ferramentas de cálculo, falta de supervisão durante a aprovação dos projectos e deficitária fiscalização das obras em construção. Apesar dessas descrições acima apresentadas surge a seguinte pergunta de partida:

*Qual é a qualidade das estruturas dos edifícios multifuncionais construídos pela empresa LF – Construções. Lda na Cidade de Nampula, em termos de resistência?*

### **1.3. Objectivos da Pesquisa**

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

Avaliar a qualidade de estruturas de edifícios multifuncionais construídos pela empresa LF – Construções . Lda na Cidade de Nampula.

#### **1.3.2. Específicos**

- Identificar os problemas patológicos de natureza estrutural dos edifícios multifuncionais construídos pela empresa LF – Construções. Lda;
- Descrever os erros cometidos durante as fases do seu processo de concepção (planeamento/projecto, execução) que serviram como agentes causadores das manifestações patológicas nos edifícios;

- Formular diagnóstico e proposta de alternativas de intervenção para os principais problemas encontrados.

#### **1.4. Perguntas específicas da pesquisa**

- Quais problemas patológicos de natureza estrutural apresentam os edifícios multifuncionais construídos pela empresa LF – Construções Lda?
- Quais são os erros comumente cometidos durante as fases do processo de concepção que serviram como agentes causadores das manifestações patológicas nos edifícios?
- Como se caracterizam esses erros causadores das manifestações patológicas nos edifícios?
- Que propostas técnicas podem ser alternativas na intervenção para os principais problemas?

#### **1.5. Justificativa**

Sendo o objectivo principal da pesquisa mostrar os problemas ligados a qualidade de estruturas de edifícios multiusos edificados pela empresa LF – Construções Lda, procurando tratar o tema de forma simples, com a finalidade de alertar os profissionais de engenharia civil, abordando de forma sucinta causas e efeitos do mau dimensionamento e falta de planeamento na implantação de edificações com estes fins, importa referir que as patologias das edificações não acontecem de forma isolada e sem motivo, geralmente têm origem relacionada a algum erro cometido em ao menos uma das fases do processo de concepção de uma edificação, sendo importante o conhecimento da origem do problema e o histórico da construção para que se possa apontar em que fase do processo aconteceu o erro que veio a gerar determinado problema patológico.

Assim, efectuar um estudo que aborda a qualidade de estruturas de edifícios multiusos constitui uma motivação pessoal do autor sendo estudante do curso de Engenharia de Construção Civil que procura acrescentar um contributo positivo para a melhoria da qualidade do resultado deste sector de actividade, no melhoramento e actualização do estágio de conhecimento relativo à avaliação da qualidade de estruturas de edifícios. Outrossim, objectiva que este trabalho se torne numa ferramenta útil aos profissionais de engenharia, procurando guiar o profissional em estudos de fenómenos patológicos em edificações na Cidade de Nampula e, particularmente para a empresa LF – Construções . Lda.

## **CAPÍTULO II: QUADRO TEÓRICO**

### **2.1. Conceito de qualidade**

A qualidade é um conceito subjectivo directamente relacionado à percepção do cliente final sobre o que ele espera sobre determinado produto ou serviço.

No entendimento de Deming (1993) a qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente. Nesse sentido, Juran (1992) também menciona que aos olhos dos clientes, quanto melhores as características do produto, mais alta a sua qualidade, ao passo que, quanto menos defeitos, melhor a qualidade.

Essas definições de autores clássicos remetem a uma época onde qualidade era focada na inspeção do produto final em um sistema de produção artesanal. Picchi (1993) explica que, nesse sistema, o mesmo indivíduo realizava todas as etapas do processo de produção e havia uma relação direta entre a qualidade do que ele produzia e o mercado consumidor. A compreensão de qualidade naquela época se alinha à definição de Crosby (1986), que afirma que a conformidade do produto às suas especificações, sem ocorrência de defeito, é o que gera a qualidade. Por meio da inspeção dos produtos acabados, os operários procuravam garantir qualidade em seus produtos a fim de obterem boa reputação entre seus clientes (Carvalho e Paladini, 2005).

### **2.2. Conceito de patologia das construções**

Desde os primórdios da civilização o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades, com isso a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, o que permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas. Apesar disto e por ainda existirem limitações ao desenvolvimento científico e tecnológico, além das inevitáveis falhas involuntárias, têm-se constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, gerando as patologias da construção civil (Ripper; Souza, 1998).

Patologias das construções é a área da engenharia civil que analisa o desempenho insatisfatório de elementos que compõem uma edificação, desempenho este, actualmente regido por normas

técnicas, a análise do defeito em questão é o que trata o ramo de patologias, fazendo uma análise através dos tipos de manifestações, causas e origens, a engenharia utiliza o termo como a área de estudo das origens e mecanismos de ocorrência das diversas falhas que afetam aspectos estruturais e estéticos de uma edificação (Cremonini, 1988).

As causas de ocorrência dos fenômenos patológicos podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais e usuários que optam pela utilização de materiais fora das especificações ou não realizam a manutenção correta da estrutura, muitas vezes por razões econômicas, dentre outras. (Ripper e Souza, 1998).

O estudo das patologias nas construções é de grande importância na busca de qualidade dos processos construtivos e na melhoria da habitabilidade e durabilidade das edificações. Para evitarmos o surgimento de manifestações patológicas, é necessário fazer um estudo detalhado das origens para melhor entendimento do fenômeno e auxiliar nas decisões de definição de conduta e planos de ação contra os problemas (Nazario e Zancan, 2011).

### **2.2.1. O conceito de desempenho**

O conceito de desempenho é voltado para a produção de edifícios e componentes que atendam determinadas exigências durante suas vidas úteis. Durante o processo de construção, para que sejam satisfeitas as exigências e as normas técnicas vigentes, são determinadas incumbências a cada profissional envolvido no empreendimento, segundo a norma técnica, cabe ao incorporador contratar os profissionais e serviços que possam prover as informações necessárias que podem ou não trazer riscos à elaboração e entrega do produto final, como exemplos, pode-se citar a presença de aterro sanitário na área edificável do lote, presença de agentes agressivos no solo e demais passivos de natureza ambiental bem como agentes que podem manifestar-se durante as diversas fases da vida da edificação (Thomaz, 1989).

As edificações devem satisfazer condições mínimas de aspectos de habitabilidade, manutenção e uso, normalmente expressas através de padrões ou critérios estabelecidos pela norma técnica. Estas condições são regulamentadas e descrevem as condições que devem ser atendidas pelos materiais e componentes das edificações. A qualidade na construção civil pode ser abordada por várias vertentes, através de análises comparativas entre diferentes métodos construtivos nas mais

variadas etapas do processo de construção, referindo-se a etapas básicas de concepção do edifício, projecto, execução e uso do produto final (CBIC, 2013).

O conceito de desempenho mostra-se uma ferramenta útil aos projetistas, que ao optarem por determinadas soluções terão uma ideia do que esperar da estrutura projetada, sendo que atualmente os órgãos fiscalizadores e as normas técnicas vigentes são criteriosos sobre o padrão de qualidade e os níveis de desempenho apresentados pelos produtos comercializados (Cremonini, 1988).

Pode-se dizer ainda, que no que tange o desempenho de edificações, que se em certo momento da vida útil de determinado elemento este apresentar desempenho insatisfatório, não significa que ele esteja necessariamente condenado. A avaliação desta situação talvez seja o objectivo maior da patologia das construções, tendo em vista que este é o momento que requer intervenção técnica, de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura, postergando sua vida útil (Ripper; Souza, 1998).

Normalmente os problemas patológicos estão relacionados à queda de desempenho das edificações, esta queda está diretamente relacionada com os danos e vícios construtivos que aparecem na edificação ao decorrer do tempo (Do Carmo, 2003).

Para que o surgimento dos problemas patológicos não se torne comum nas edificações já finalizadas e em processo de uso, o usuário deverá fazer uso adequado da edificação, obedecendo às exigências feitas pelos projetistas e incorporadores e realizando as manutenções preventivas e corretivas de acordo com o manual de uso, operação e manutenção formatado, redigido conforme a norma técnica, operação e manutenção das edificações, efetuando registros documentados das manutenções (CBIC, 2013).

### **2.2.2. Vida útil e durabilidade**

A concepção de uma construção durável é decorrente de um conjunto de decisões e procedimentos adotados nas fases preliminares do projeto, levados em conta desde o planejamento inicial, tais decisões são as que garantem à estrutura e aos materiais um desempenho satisfatório durante sua vida útil, parâmetros que definem um adequado sistema de

qualidade e produção são os mesmos que definem a durabilidade do edifício (Ripper; Souza, 1998).

A modelização do mecanismo de estudo da durabilidade passa pela avaliação e compatibilização entre a agressão ambiental e a qualidade da matéria-prima e do processo adotado durante a execução do elemento em questão, tais critérios são relacionados e analisados nas normas técnicas vigentes durante as fases de concepção, execução e uso da estrutura (Zarcar, 2007).

Caso haja a ocorrência de algum problema, fazendo com que o desempenho da estrutura venha a se tornar insatisfatório, deve-se fazer uma análise para auxiliar na tomada de decisões, sempre se adotando a opção mais conveniente e respeitando os pontos de vista técnicos, econômicos e socioambientais. (Ripper e Souza, 1998).

O termo durabilidade expressa o período esperado de tempo em que um produto tem potencial de cumprir as funções a que foi destinado, num patamar de desempenho igual ou superior àquele pré-definido, para tanto, há necessidade de correta utilização, bem como realização de manutenções periódicas em estrita obediência às recomendações do fornecedor do produto, sendo que as manutenções devem recuperar parcialmente a perda de desempenho resultante da degradação. Diz-se então, que durabilidade é a capacidade da edificação de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso e manutenção previamente especificadas (CBIC, 2013).

### **2.3. Tipos de patologias da construção civil**

As edificações estão sujeitas a perda de desempenho durante sua vida útil de projeto (VUP), tal processo pode avançar de forma natural ou ser acelerado por diversas razões externas de origem em qualquer uma das etapas do processo construtivo, dentre as mais variadas formas de manifestações patológicas (Cremonini, 1988).

As patologias da construção civil podem ser:

- Patologia das estruturas de concreto armado
- Patologia das fundações
- Patologia dos revestimentos

- Patologia das impermeabilizações
- Patologia das alvenarias

Para haver entendimento de fenômenos patológicos que ocorrem em uma edificação, normalmente se busca a origem do problema exposto, uma relação de causa e efeito que possa ter gerado tal manifestação. Os problemas patológicos normalmente têm origem em algum erro ou falha cometida em ao menos uma das fases do projeto, as fases onde podem acontecer as causas que têm como efeito possíveis defeitos futuros, são: planejamento, projeto, fabricação das matérias primas, execução e uso, porém, das etapas previamente listadas, algumas são mais contundentes quando se aborda o surgimento de patologias, podendo ressaltar as fases de execução, controle de materiais e uso (Helene, 2003).

Uma classificação das principais causas de ocorrência de problemas patológicos, em função do tipo de falha cometida é apresentada na Tabela 1 disposta a seguir:

**Tabela 1** – Percentual das principais causas de patologias na construção civil.

<b>Tipologia</b>	<b>Percentual (%)</b>
Causas diversas	1,6%
Disposições defeituosas	2,5%
Erros de concepção	3,5%
Fenômenos químicos	4,0%
Erros nas hipóteses de cálculo e uso dos materiais	8,5%
Falhas de execução	16,5%
Deformações excessivas e sobrecargas	19,7%
Falhas resultantes de variações dimensionais	43,7%

Fonte: Adaptado pelo autor de Do Carmo (2003, p. 06).

### **2.3.1. Patologia das estruturas de concreto armado**

O concreto armado foi considerado durante muitos anos um material perene, que não necessitava de cuidados ao longo de sua vida, dispensando a manutenção. Recentemente este conceito passou a ser revisto, levando em consideração a grande quantidade de edificações com problemas de degradação em componentes estruturais (Helene, 2003).

Lapa (2008, p. 9) afirma que os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e

eletromagnéticos. Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação.

A combinação destes fatores faz com que os componentes estruturais se desgastem ao longo do tempo, tais processos de degradação dependem do meio no qual o concreto armado está inserido (Lapa, 2008).

Conforme Thomaz (1889, p. 45), a atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Estas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode também estar ocorrendo a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista.

Sobrecargas previstas ou não, podem provocar trincas em estruturas de concreto armado, sem que isso implique necessariamente em ruptura ou instabilidade da estrutura, a ocorrência de fissuras num determinado componente estrutural produz uma redistribuição de tensões ao longo do componente fissurado e até mesmo nos componentes vizinhos de maneira que a solicitação externa geralmente acaba sendo absorvida de forma globalizada pela estrutura ou parte dela (Thomaz, 1989).

Para evitar que o concreto seja fissurado, tendo uma ruptura brusca do concreto tracionado, devido a um excesso de carga, torna-se necessária uma armadura de tração  $A_s'$  que seja suficientemente capaz de assegurar à viga uma resistência à flexão, com o concreto já fissurado, pelo menos igual àquela que possuía no concreto sem fissuras (Cunha, 2011).

As manifestações de problemas patológicos estruturais podem ser de alta complexidade, porém, uma análise detalhada do quadro de fissuração das peças estruturais de edificação auxilia na definição da magnitude do problema, Vitório (2003) traz uma definição do grau de fissuração em edificações dividindo-as em ativas e passivas:

Os problemas patológicos nas estruturas de concreto geralmente se manifestam de forma bem característica, permitindo assim que um profissional experiente possa deduzir qual a natureza, a

origem e os mecanismos envolvidos, bem como as prováveis consequências. Um dos sintomas mais comuns é o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas.

- Fissura é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm.
- Trinca é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm.
- Rachadura é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm.
- Fenda é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, com espessura superior a 1,5mm (Vitório, 2003, p. 25).

Para estruturas de concreto armado, os componentes são em geral dimensionados prevendo a fissuração na parte tracionada da estrutura, onde se busca somente estética, deformabilidade e durabilidade da peça. A formação de fissuras normais à armadura longitudinal poderá ser calculada com as seguintes hipóteses: a deformação de ruptura do concreto, a flexão no diagrama de tensões de compressão, as seções transversais planas permanecem planas, deverá ser levado em conta sempre o efeito de contração (Thomaz, 1989).

Pode-se citar também, a ocorrência de fissuras por dimensionamento inadequado e sobrecarga das estruturas, quando não há conhecimento técnico ou especificações em manuais de uso e manutenção de que variações bruscas no carregamento do elemento estrutural, podem vir a causar manifestações patológicas nas peças.

### **2.3.2. Patologia das fundações**

A escolha de uma fundação adequada, bem como a sua execução correta conforme as técnicas são os factores que irão garantir a estabilidade da edificação ao longo de sua vida útil. Pode-se dizer que se executadas conforme os padrões mínimos exigidos a partir de investigações geotécnicas, as fundações das edificações não acarretaram no surgimento de maiores problemas

de desempenho estrutural do edifício. Em contrapartida, se as mesmas forem executadas erroneamente e sem sondagens de reconhecimento do tipo de solo em que será instalada a edificação, os problemas decorrentes da má execução das fundações podem ser inúmeros (Marcelli, 2007).

A escolha correta do tipo de fundação é fundamental para garantir vida longa e estabilidade para uma edificação, um bom alicerce é indispensável para a execução de qualquer obra, e quando diz respeito ao não surgimento de problemas na edificação, a fundação é extremamente importante para garantir níveis de desempenho satisfatórios (Marcelli, 2007).

A realização de ensaios de percussão para haver um entendimento abrangente das características do solo a fim de optar-se pela utilização da alternativa de fundação mais adequada através de hipóteses de cálculo baseadas nos dados coletados pelos ensaios é de suma importância para contribuição ao não surgimento de fenômenos patológicos (Thomaz, 1989).

Dentre as principais causas de patologias em fundações, podemos citar a ausência ou insuficiência de investigações geotécnicas, má interpretação dos dados coletados pelos ensaios realizados, avaliação errada dos valores dos esforços provenientes da estrutura, adoção inadequada de tensão admissível do solo, modelos matemáticos defasados para cálculo de fundações, má execução por imperícia e falta de treinamento de mão de obra, sequência construtiva inadequada, influências externas como escavações e deslizamentos e ampliações de áreas e acréscimo de pavimento sobrecarregando a fundação (Do Carmo, 2003).

O diagnóstico do problema é de grande importância para permitir um plano de ação adequado na recuperação e reforço das fundações e dos danos decorrentes dos recalques diferenciais. O diagnóstico visa entender o mecanismo e as causas dos danos ocorridos, resultando na definição do reforço a ser empregado, para se chegar a um quadro da situação adequado, devem-se inventariar os danos ocorridos e interpretar o comportamento mecânico das movimentações geradas bem como executar novas sondagens e ensaios geotécnicos e instrumentar a obra a fim de avaliar a magnitude das deformações (Do Carmo, 2003).

### 2.3.3. Patologia dos revestimentos

Os revestimentos nas edificações habitacionais exercem um papel de fundamental importância para a garantia da durabilidade do edifício como um todo, uma vez que têm como uma de suas principais funções a proteção das vedações contra os diversos agentes agressivos e intempéries. É de extrema importância a manutenção dos revestimentos acima dos níveis mínimos de desempenho, para que estes possam exercer suas devidas funções previstas no projeto original (Resende, Barros e Medeiros, 2001).

A utilização de revestimentos de argamassa tem como principal finalidade, causar melhorias no aspecto estético da edificação e melhoria da higiene dos ambientes, a execução dos revestimentos são satisfatórias, porém existem ainda incidências de problemas patológicos em revestimentos exteriores e interiores, dentre as manifestações mais comuns, têm-se as manchas, bolor, deslocamentos, fissuras, desagregação e as vesículas, problemas que não interferem no desempenho estrutural da edificação, porém causam grande insatisfação dos usuários, gerando sensação de desconforto ao conviver com estes ambientes tidos como insalubres (Do Carmo, 2003).

A manifestação de tais problemas, muitas vezes é decorrência da umidade remanescente da própria argamassa ou até mesmo dos tijolos, vazamentos em tubulações e falhas do sistema de impermeabilização, tais eflorescências são causadas pela umidade ( $H_2O$ ), que reage com os elementos químicos do cimento trazendo as manifestações patológicas à tona. A presença da umidade causa também a desagregação da argamassa e descolamentos por baixa aderência das camadas do revestimento, causadas por erros de execução (Do Carmo, 2003).

Fissuras em revestimentos de argamassa são extremamente comuns em edificações, estas podem ser de conformação variada, ocorrendo normalmente na forma de mapa durante a fase plástica, quando já em fase rígida, estas fissuras são normalmente causadas pela perda de umidade nas primeiras idades, gerando movimentos de retração e tensões internas de tração. As fissuras de retração de argamassas de revestimento apresentam distribuição uniforme, com linhas mapeadas que se cruzam, formando ângulos próximos a  $90^\circ$ , se duas fissuras se cruzam com ângulos muito distintos de  $90^\circ$ , ao menos uma delas não é de origem dos mecanismos atuantes nas argamassas (Thomaz, 1989).

A vida útil de um edifício está directamente relacionada com a manutenção do desempenho dos revestimentos acima dos níveis mínimos especificados. Para isso, deve-se ter um conhecimento preciso dos factores de degradação ao qual o revestimento estará submetido, uma vez que a deterioração ocorre em função da natureza do componente e das condições de exposição. Deve-se desenvolver um projecto de revestimentos em que sejam especificados materiais que apresentem maior durabilidade do que os usuais e, além disso, elaborar um programa de manutenção preventiva, que deve descrever como realizar a manutenção dos revestimentos, a periodicidade das actividades de limpeza, alertar sobre descolamentos ou falta da pintura, presença de manchas de humidade e fungos bem como envelhecimento do selante das juntas (Resende, Barros e Medeiros, 2001).

#### **2.3.4. Patologia das impermeabilizações**

A umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos na engenharia civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas. A frequência de incidência e as causas de problemas patológicos nos sistemas prediais hidráulico-sanitários têm sido ainda pouco pesquisadas, tal fator ocorre por demandar recursos onerosos, longos períodos de observação, ensaios in situ e de laboratório, simulações e testes destrutivos em escala real em edificações existentes dentre outros, para que os dados resultantes sejam considerados consistentes (Gnipper e Mikaldo Jr, 2007).

Os problemas relacionados com a humidade nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e degradam a construção rapidamente, sendo as soluções destes problemas extremamente onerosas. O aparecimento frequente de problemas ocasionados por humidade é decorrência das características construtivas adoptadas assim como os novos materiais e sistemas construtivos empregados que muitas vezes não são executados correctamente, e a falta de manutenção e limpeza em locais onde há possibilidade de acúmulo de água da chuva e humidade. Por outro lado, as técnicas de projectar trabalhos de manutenção não evoluíram, dando importância por parte dos interessados na construção civil, apenas ao projecto estrutural e de instalações eléctricas e hidráulicas. Essa postura já está sendo modificada actualmente, surgindo uma cultura de realização de manutenções preventivas em edificações a fim de diminuir os níveis

de surgimento de manifestações devido a problemas dos sistemas de impermeabilização (Souza, 2008).

Conforme Souza “Os defeitos e falhas decorrentes da impermeabilização na construção civil, são ocasionados pela penetração de água nos componentes do edifício ou devido à formação de manchas de umidade e bolor” (Souza, 2008, p. 08).

As patologias das impermeabilizações podem ser dos mais variados tipos, dentre os principais pode-se citar a corrosão dos elementos de aço componentes da edificação, degradação do concreto por dissolução de sais e lixiviação, degradação de forros e elementos de gesso através de bolor ou descolamento da pintura, desagregação dos elementos de argamassa decorrente da perda gradual do caráter aglomerante do cimento, desagregação dos blocos cerâmicos por exagerados níveis de pressão hidrostática interna, eflorescências e estalactites causadas por gotas provenientes de acúmulos de água, crescimento de vegetação e formação de vesículas (Do Carmo, 2003).

### **2.3.5. Patologia das alvenarias**

As alvenarias são compostas por elementos cerâmicos ou de concreto assentados com auxílio de argamassa, as principais manifestações patológicas que aparecem em elementos de vedação do tipo alvenaria, são as fissuras e rupturas dos diversos tipos de alvenaria existentes, seccionando os elementos componentes da estrutura, e são geralmente causadas por tensões excessivas, deformações da estrutura, ação do vento, choque ou vibrações, quanto a sua classificação as fissuras podem ser ativas ou passivas (Do Carmo, 2003).

A resistência da alvenaria à tração é relativamente pequena e muito variável sendo, na maior parte das aplicações, considerada nula. Por outro lado, há ocasiões em que ela é utilizada como, por exemplo, em paredes confinadas submetidas a solicitações coplanares ou em paredes submetidas a cargas perpendiculares ao seu plano. Problemas mecânicos que surgem na alvenaria são frequentemente resultado da sua fraca resistência à tração. Na maior parte dos casos, patologias e colapso ocorrem devido a tensões que ultrapassam a resistência à tração dos materiais. (Ramires, 2007).

Com o uso do concreto armado, as paredes passaram a ter como função principal a de vedação, deixando de ser autoportantes, resultando assim em paredes mais esbeltas, a utilização de pré-fabricados e de novos materiais que trouxeram consigo as juntas de dilatação também colaborou para que o surgimento de patologias nas alvenarias se tornasse um dos problemas mais aparentes nesta área da engenharia civil (Souza, 2008).

Além da forma da alvenaria outros fatores intervêm na fissuração e na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão, tais como resistência mecânica dos componentes de argamassa e alvenaria, módulo de deformação longitudinal e transversal dos componentes de alvenaria e da argamassa. A argamassa pode perder a aderência com o tijolo, retenção de água, elasticidade e retração da argamassa (Ramires, 2007).

Existem ainda outros tipos de manifestações patológicas nas alvenarias, sejam estas estruturais ou de vedação, pode-se citar a eflorescência, decorrente de depósitos salinos de metais alcalinos na superfície das alvenarias, é caracterizada pela alteração na aparência da alvenaria, muitas vezes pode ser agressiva e causar desagregação profunda, este fenômeno é facilmente identificado e seu diagnóstico também é considerado simples, não sendo comprometedora a estrutura da edificação (Corrêa, 2010).

#### **2.4. Principais causas dos problemas patológicos**

Como mencionado anteriormente, o processo de concepção de um edifício ocorre em diferentes fases, a junção destas etapas nos leva a um resultado final desejado, a edificação e sua determinada função. As patologias da construção civil podem ocorrer das mais variadas formas e em todas as etapas do processo conceitual.

As causas das patologias da construção civil podem ser externas, quando os agentes causadores não são gerados por erros humanos, decorrência de agentes nocivos do meio ambiente, ou internas, são as que têm origem durante o processo construtivo e podem ser subdivididas em três:

- **Congênitas:** originárias na fase de planejamento e projeto.
- **Construtivas:** originárias na etapa de construção, por falta de qualidade de materiais ou mão de obra qualificada.

- **Uso:** decorrentes do uso inadequado da estrutura projetada e da falta de realização de manutenção.

### **2.3.1. Manifestações durante a concepção do projecto**

A etapa de idealização do edifício, engloba dois sub processos, o planejamento e o projeto, na etapa de planejamento, é onde é definida a função da edificação a partir das necessidades determinadas pelo usuário, já na etapa de projeto, a função e o desempenho da edificação relacionam-se com o âmbito técnico, é uma etapa muito importante, pois é nesta que serão escolhidos os métodos e materiais a serem utilizados, bem como o projeto da estrutura como um todo e gerenciamento do processo construtivo (Helene, 2003).

Durante a fase de concepção, pode-se dizer que a edificação é gerada, sendo base para todo o restante do processo construtivo, sendo uma das etapas mais importantes à contribuição do não surgimento de problemas patológicos. Na fase de concepção serão definidas as características esperadas dos produtos empregados na construção, as condições de exposição previstas para o ambiente exterior, o comportamento em uso projetado do edifício construído, e principalmente a viabilidade da construção (Pina, 2013).

A falta de critério e uma má definição das ações atuantes na edificação, como por exemplo, escolha inadequada do modelo analítico, deficiência de cálculo da estrutura ou da avaliação da capacidade portante do solo, incompatibilidade do projeto arquitetônico com os demais (estrutural, hidráulico, elétrico, etc.), seleção inadequada de materiais, má execução, desrespeitando as normas técnicas de projecto e execução, erros de dimensionamento, especificação do cobrimento incorrecto de acordo com a agressividade do ambiente dentre outros, são exemplos de falta de conduta e profissionalismo que acabam gerando diversos problemas patológicos no futuro. Todas estas implicações discorrem durante a fase de concepção do projecto, daí a importância desta fase do processo relacionada com o não surgimento de patologias (Pina, 2013).

Estudos mostram que um elevado percentual das manifestações patológicas nas edificações é originado nas fases de planejamento e projeto. Essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos.

### **2.3.2. Manifestações durante a construção**

Durante a etapa de execução do projeto, os problemas na maioria das vezes são relacionados à qualidade da mão de obra, a falta de treinamento e qualificação dos operários. Dito isso, é evidente a necessidade de treinamento dos operários, tendo em vista que a relação custo benefício é relativamente boa, o treinamento de equipes para a execução de serviços específicos do processo, agiliza e otimiza a perda de materiais (Silveira et al., 2002).

Nesta etapa, é incisiva a necessidade do controle de qualidade e dos processos construtivos para haver a não prorrogação dos problemas patológicos no futuro, pois cabe aos profissionais fazer o controle dos materiais utilizados durante a execução, bem como fiscalizar se eles estão de acordo com o especificado no projeto e se sua utilização está sendo feita de forma correta e gerando o mínimo de perdas e insumos (Cremonini, 1988).

### **2.3.3. Manifestações durante a utilização**

As manifestações patológicas que surgem durante a fase de uso da edificação, normalmente são decorrentes da má utilização e falta de manutenção da edificação por parte do usuário, porém, não se pode inibir os empreendedores e responsáveis técnicos pela estrutura, pois por falta de cartela à profissão, é comum que não haja a formulação de manuais de uso e manutenção das edificações, fator que auxilia o surgimento de problemas (Dal Molin, 1988).

Muitas patologias que surgem durante a fase de utilização são originadas pelos usuários, através de diversos fatores como: sobrecargas não previstas no projeto, alterações estruturais indevidas em função de reformas, utilização de produtos químicos com agentes agressivos, falta de programações de manutenção adequada, falta de inspeções periódicas para detecção de sintomas patológicos, danificação de elementos estruturais por impactos, erosão por abrasão, retração do cimento, excesso de deformação das armaduras (Pina, 2013).

A formatação de um manual de uso e manutenção é a melhor ferramenta de defesa, tanto para o comprador/usuário do imóvel quanto para o responsável técnico, este documento além de auxiliar na manutenção e afetar diretamente a vida útil e durabilidade do edifício, cessa os compromissos entre adquirente e vendedor. Em contrapartida há o compromisso de vender um produto de

qualidade, que oferece garantias ao consumidor como qualquer outro produto disponível no mercado, pois apesar de as construções aparentarem serem perenes as mais diversas ações, provasse o contrário através do presente trabalho (CBIC, 2013).

#### **2.4. Sintomatologia e procedimento para resolução de patologias**

A resolução de um problema patológico envolve um conjunto complexo de procedimentos a serem feitos, a prática profissional usada na análise destes problemas tem sido muitas vezes caracterizada pela falta de uma metodologia cientificamente reconhecida e comprovada prevalecendo em muitas situações a experiência profissional do engenheiro, obtida ao longo dos anos e a utilização de métodos empíricos de análise prévia, tal fato é relevante quando se mostra necessária uma análise pormenorizada e individualizada do problema, quando estes se mostram mais complexos (Ripper; Souza, 1998).

Dal Molin discorre que:

A investigação necessária para o diagnóstico da(s) causa(s) responsável por algum defeito na edificação deve ser realizada de maneira completa e sistemática. Assim como em um projeto, um procedimento linear direto é raramente possível o processo é, inevitavelmente, iterativo (cíclico) (Dal Molin, 1988, p. 175).

Com o objetivo de tornar o processo de estudo de caso de problemas patológicos mais simples e objetivo, é recomendado o uso de uma metodologia, uma estrutura básica de análise de problemas. Lichtenstein (1985) propõe um fluxograma básico fundamentado em uma sequência de três etapas, subdivididas em processos de análise e estudo, e é apresentado na Figura 4 a seguir:

Etapas da metodologia de análise de patologias da construção civil utilizadas na investigação do edifício.

**Parte 1** – Subsídios: problema → vistoria do local → Anamnese → Ensaios em laboratório →

**Parte 2** – Diagnostico: Diagnóstico →

**Parte 3** – Definição conduta: Alternativas de intervenção → Decisão da terapia → Resolução do problema

#### **2.4.1. Levantamento de subsídios**

O levantamento de subsídios consiste em acumular o maior número de informações necessárias que levarão ao entendimento dos fenômenos que estão acontecendo, as informações coletadas sobre os danos e análise do histórico construtivo e de uso do edifício estão inseridas na fase de sintomatologia (primeira fase da metodologia), processo iniciado pela vistoria no local da obra. Este processo consiste de um exame utilizando-se dos sentidos humanos e experiência profissional para posterior entendimento do problema, o entendimento total ou aproximado irá depender da quantidade de sintomas expostos pelo elemento em questão. O exame pode estender-se à edificação, quando os sintomas estão disseminados, na insuficiência de informações para elaboração do diagnóstico, pode ser necessário um olhar mais amplo incluindo-se o exame de circunvizinhança e se possível, conversas com os projetistas e pessoas que trabalharam nas etapas de planejamento/projeto e execução do edifício (Do Carmo, 2003).

Na fase de levantamento de subsídios, há o colhimento de informações para entender o problema e diagnosticá-lo, as informações são obtidas através de quatro formas, vistoria no local, anamnese, exames complementares e pesquisa (Figueiredo, 1989).

Parte considerável dos eventos que demandam a realização de vistorias e perícias em edificações, decorre de manifestações patológicas muitas vezes identificadas através da simples observação do quadro de fissuração, o que facilita o diagnóstico dos problemas existentes (Vitório, 2003).

A vistoria consiste no exame por visita técnica e formatação de relatórios fotográficos, utiliza-se basicamente dos sentidos humanos e alguns determinados instrumentos. Tem como principal objetivo o levantamento de dados a uma primeira vista, que possibilitem um entendimento parcial das manifestações (Do Carmo, 2003).

Uma boa vistoria ao local da obra deve acompanhar de um sistema de verificação de dados encontrados. Estes deverão ser cuidadosamente selecionados a fim de facilitar o processo de

análise e diagnóstico. Uma tabela de análise de manifestação de problemas que podem manifestar-se na edificação segue abaixo.

**Tabela 2** – Lista para vistoria ao local da obra.

<b>Tipologia</b>	<b>Anomalias ou falhas</b>
Estrutura	Humidade ascendente, armadura exposta, trincas e fissuras, quebras, deslocamento de placa, oxidação da armadura.
Alvenaria	Humidade ascendente, manchas, trincas e fissuras, infiltração.
Forros	Quebras.

Fonte: ABAPE/SP (2009) citado por CBIC (2013).

Apesar da vistoria no local ser uma análise preliminar das manifestações patológicas, uma vistoria completa, acompanhada por relatório fotográfico e análises instrumentais adequadas, pode gerar um grande entendimento do problema e suas causas e efeitos, uma técnica que pode ser adotada para a realização da vistoria é baseada em eliminações subsequentes, abrangendo todo universo de causas hipotéticas ou agentes patológicos (Thomaz, 1989).

A anamnese é o levantamento do histórico da construção, método que faz uso de entrevistas com usuários, construtores e projetistas da edificação, mostrando-se uma maneira altamente humana e empírica de análise do problema e pré-diagnóstico (Do Carmo, 2003).

Quando se trata de problemas patológicos, existem alguns casos em que apenas a observação visual do problema e o levantamento de informações através de anamnese, não são suficientes para a formulação do diagnóstico, sendo necessária a realização de ensaios específicos, estes in situ ou de laboratório, os mesmos são realizados por técnicos altamente especializados na interpretação dos dados obtidos através dos exames complementares. Os exames necessários são definidos a partir das hipóteses formuladas pelo técnico, para sanar alguma dúvida quanto à provável causa do problema, reforçando ou afastando alguma hipótese (Do Carmo, 2003).

#### **2.4.2. Diagnóstico**

O diagnóstico das patologias pode ser definido como a identificação da natureza e origem dos defeitos, este processo caracteriza-se por não ser de fácil concepção. Descobrir as principais causas dos problemas não é tarefa fácil tendo em vista o número de processos apresentados pelas diversas etapas construtivas (Cremonini, 1988).

O diagnóstico é o entendimento dos fenômenos, trata-se das múltiplas relações de causa e efeito e entendimento dos principais motivos de ocorrência a partir de dados conhecidos, tentando-se determinar a possível origem do problema através do seu efeito (Do Carmo, 2003).

Helene afirma que “a definição do estado actual e/ou o estudo de danos deverá constituir um documento abrangente, ainda que com um nível de informações diferente conforme o diagnóstico seja de dano leve ou grave” (Helene, 2003, p. 162).

Após a formulação do diagnóstico e das hipóteses causadoras dos problemas deve estar explícito nas conclusões e recomendações, a necessidade do projeto de recuperação dos elementos que tiveram seu desempenho comprometido, especificando os processos e materiais utilizados para realização dos reparos, muitas vezes este projeto requer a formatação de plantas e memoriais descritivos, fato este, que dependerá diretamente do nível e complexidade dos problemas patológicos apresentados (Helene, 2003).

A fim de contornar as dificuldades apresentadas na formatação de um diagnóstico completo, deve-se separar o processo de diagnose em etapas bem definidas, de maneira a não obtermos uma resposta errada da situação em debate, fato que na maioria das vezes acaba agravando a situação (Cremonini, 1988).

O diagnóstico exige criteriosamente que seja levada em conta a sensibilidade das hipóteses e modelos a fim de associar cientificamente o efeito à causa da patologia. Se não houver informações suficientes para se entender a relação causa e efeito por motivos financeiros, se pode optar pela técnica de definição da estrutura a partir do seu comportamento, tal estudo é realizado através de métodos estatísticos englobados nas técnicas da análise multivariável, que definem o estado atual da edificação através da instrumentação das variáveis mais significativas.

No entanto, a instrumentação de variáveis, e criação de modelos estatísticos e probabilísticos, muitas vezes esbarra em um deficiente grau de conhecimento técnico e científico, impedindo assim a realização de um diagnóstico criterioso e completo (Do Carmo, 2003).

Actualmente, a quantificação de dados por modelos matemáticos tornou-se mais viável pelo surgimento de novas tecnologias no que tange a avanços de instrumentos e métodos utilizados na análise de problemas patológicos, a maioria dos instrumentos utilizados são conhecidos pelas

universidades brasileiras, porém, infelizmente o mercado ainda não possui conhecimento destas técnicas. Tais equipamentos são mais usados para formatação de trabalhos acadêmicos e por variados motivos não são de conhecimento do público geral, fato este que não impede a realização destes tipos de exames em situações que ocorrem no dia a dia, mas ainda há poucos casos de aplicações no campo profissional dessas técnicas e análises, o que impede a modelagem de dados não linear e geração de diagnósticos completos (Santucci, 2015).

Em cada uma das etapas do processo de diagnóstico, sempre deve ser levado em conta se existem informações suficientes para estabelecer o diagnóstico da patologia, se tais condições não forem atendidas após a realização de todos os procedimentos recomendados é necessário conduzir uma pesquisa científica para haver entendimento da causa que acarretou em tal problema. Quando não for possível estabelecer com certeza a causa do problema, as decisões do responsável técnico deverão ser tomadas como explícitas, tendo em vista o dever ético do profissional para com a engenharia (Helene, 2003).

A formatação de um diagnóstico completo passa por diversas etapas, que remetem a informações coletadas desde a primeira vistoria do local, a coleta de dados para posterior formulação do diagnóstico. A observação local acompanhada de um relatório fotográfico pode fornecer dados significativos à solução do problema, no levantamento de campo é importante à utilização de instrumentos que possam medir a amplitude dos defeitos, como fio de prumo, nível, higrômetro, termômetro de contato, pacômetro, lupa graduada, testemunhos para medir evolução das fissuras dentre outros, ensaios in situ simples e possíveis de realizar no local, ensaios de laboratório onde se analisa amostras retiradas da edificação, informações orais obtidas através de entrevistas com usuários e informações escritas obtidas através do estudo das plantas, cadernos de encargos, memoriais descritivos etc. (Santucci, 2015).

Como podemos observar o diagnóstico da manifestação patológica nos permite estabelecer parâmetros quanto ao estado de conservação do edifício, auxiliando na tomada de decisão quanto ao tipo de intervenção adequada a cada situação que nos deparamos.

## CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente capítulo é reservado ao desenvolvimento metodológico o qual tem por finalidade auxiliar no alcance dos objectivos propostos. Para Santos (2000) as pesquisas podem ser caracterizadas segundo os objectivos, e os procedimentos de colecta, ou ainda, segundo as fontes utilizadas na colecta de dados. Em outras palavras a metodologia numa pesquisa é o caminho a seguir para seleccionar as principais estratégias da sua execução para atingir os objectivos pré-estabelecidos. Nesta parte da pesquisa, faz-se referência de como foi realizada a pesquisa e define-se:

### 3.1. Tipos de pesquisa

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema o estudo apresenta a modalidades de **pesquisa qualitativa e quantitativa**, conforme sugere o objectivo geral avaliar a qualidade de estruturas de edifícios multifuncionais.

Segundo Triviños (1987), *“na pesquisa qualitativa considera-se o ambiente natural como fonte directa de obtenção de dados. Ou seja, é uma pesquisa descritiva em que os investigadores examinam os dados de maneira indutiva e privilegiam o significado”*.

Nessa perspectiva, o autor ficou mais interessado em colher dados qualitativos onde fez análise de projectos de construção já executados, a fim de identificar as causas das manifestações patológicas nos edifícios; não obstante, o pesquisador precisou de informações quantitativas para agregar mais significância ao seu estudo, razão pela qual a pesquisa é definida como sendo mista.

Portanto, o trabalho fez-se um estudo preliminar qualitativo, utilizando métodos e modelos de análise de problemas, fazendo uso de tipologias e conceitos que foram colectados durante a revisão bibliográfica e aplicando a metodologia básica para resolução de problemas.

Em relação aos objectivos é uma **pesquisa exploratória**. Segundo Gil (2008:28), **a pesquisa exploratória** visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Desse ponto de vista, estudo é de carácter exploratório sobre os conceitos relevantes para a construção de uma base teórica com o objectivo de propor uma aplicação ordenada e sistemática sobre patologias na construção civil ligadas a qualidade estrutural dos edifícios. E, mediante as fontes que foram utilizadas na colecta de dados, pode-se dizer que o trabalho apresenta características de revisão bibliográfica, pois os dados por obtidos no campo de colecta foram tidos como matéria-prima para raciocínios e conclusões a respeito dos fenómenos e manifestações patológicas já catalogadas (Moretti, 2003).

A pesquisa no que diz respeito aos procedimentos, é **estudo de caso**. De acordo Yin (2005, p.32), “trata-se de um estudo empírico que investiga um fenómeno actual dentro do seu contexto de realidade, quando os limites entre o fenómeno e o contexto não são claramente definidos e no qual são utilizadas várias fontes de evidência”.

Nesta linha de orientação, fez-se apuramento das características do contexto em que foi feito o estudo, explicando as variáveis causais da problemática da qualidade de estruturas dos edifícios multiusos construídos pela empresa LF – Construções. Lda, sediada na Cidade de Nampula, no que concerne a sua resistência.

Quanto à natureza o trabalho é definido como sendo pesquisa aplicada, pois a sua realização versou-se em gerar conhecimentos úteis a fim de auxiliar no processo de formulação de planos de acção.

### **3.2. Técnicas de recolha de dados**

O procedimento de colecta de informações foi na forma de pesquisa bibliográfica, utilizando livros, artigos, monografias e teses, bem como, pesquisa de estudo de caso com carácter dedutivo usando teorias conhecidas em premissas verdadeiras.

Outrossim, usou-se a técnica de entrevista não estruturada com pessoas envolvidas na concepção dos edifícios, que forneceram informações ligadas ao histórico das edificações, o que ampliou mais o campo de análise da pesquisa. A escolha deste tipo de entrevista foi para permitir ao entrevistador fazer perguntas em função das observações que viria constatar no momento,

tornando assim uma conversa descontraída com os entrevistados, de forma a lhes deixar livre e com a sensação de como se não estivessem sendo entrevistados Lakatos e Marconi (2007).

### **3.3. Técnicas e instrumentos de análise de dados**

As técnicas utilizadas para a análise das manifestações patológicas apresentadas nos edifícios basearam-se em dados que foram colectados durante visitas técnicas previstas para o estudo, onde o pesquisador, fez análise do histórico das edificações com pessoas envolvidas na concepção dos edifícios, as técnicas de construção adoptadas, formulação de relatórios fotográficos, análise de memórias descritivas, plantas disponíveis etc. Com objectivo de elaborar um diagnóstico acessível e de fácil compreensão que propunha possíveis alternativas de intervenção para as patologias encontradas.

### **3.4. Universo e amostra da pesquisa**

Constituiu universo desta pesquisa, os edifícios multiusos construídos pela empresa LF – Construções . Lda, na Cidade de Nampula. A amostra foi constituída por quatro (04) edifícios seleccionados por amostragem aleatória simples.

## CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 4.1. Detecção de manifestações patológicas em visitas técnicas

Foram realizadas visitas técnicas com objetivo de catalogar as manifestações patológicas detectadas na edificação, estas visitas foram acompanhadas de uma tabela resumo das patologias, elaborada pelo autor conforme a bibliografia pesquisada. A tabela 3 apresenta o resumo das patologias encontradas, mapeadas conforme o tipo e provável causa geradora do defeito a fim de sistematizar a análise dos dados.

**Tabela 3** – Quantitativo de manifestações patológicas por edifício

Patologia	Edifícios Característica	Número de ocorrências por edifício				
		1°	2°	3°	4°	5°
Desagregação do concreto	Perca do teor aglomerante do cimento	20	24	17	26	24
	Quebras	16	02	26	21	09
Exposição da armadura	Oxidação da armadura	16	23	11	28	15
	Não apresenta oxidação	19	23	8	52	07
Desagregação argamassa revestimento		63	33	46	67	23
Fissuras nos revestimentos		13	38	20	31	15
Fissuras em vigas		70	36	59	31	24
Fissuras em pilares		38	41	8	25	19

Fonte: Autor, 2023.

### 4.2. Análise dos resultados

Por meio dos dados colectados através da tabela de vistoria, foi realizado o mapeamento de patologias por elemento construtivo, através da elaboração de uma tabela, com a finalidade de analisar qual dos elementos construtivos que compõe a edificação possui o desempenho mais comprometido, necessitando da formulação de diagnóstico para posterior elaboração de um plano de ações interventivas. A tabela 4 apresenta os níveis percentuais de patologias separados por elemento construtivo.

**Tabela 4** – Percentual de patologias por sistema construtivo da edificação.

Elemento	Quantidade de manifestacoes					Percentual (%)				
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°
Alvenaria de vedação	36	26	43	47	33	14,12%	11,64%	22,05%	16,73%	24,26%
Revestimento	89	94	74	98	45	34,90%	42,72%	37,94%	34,87%	33,08%
Pilares	38	41	8	25	19	14,90%	18,83%	4,10%	8,90%	13,97%
Vigas	76	36	59	83	24	29,80%	16,36%	30,25%	29,50%	17,64%
Pisos	16	23	11	28	15	6,28%	10,45%	5,66%	10,0%	11,05%
<b>Total de patologias</b>	<b>255</b>	<b>220</b>	<b>195</b>	<b>281</b>	<b>136</b>	<b>100,00%</b>				

Fonte: Autor, 2023.

O mapeamento das manifestações patológicas por elemento construtivo teve como principal objectivo analisar a real necessidade da realização de um plano de acção, abalizando as manifestações conforme a que apresentou o pior desempenho, procurando diferir elementos estruturais dos demais a fim de analisar a conduta adequada a ser realizada conforme o nível dos agravos encontrados.

Os sistemas construtivos que possuíram maior comprometimento de seu desempenho foram os revestimentos externos e internos da edificação, porém cabe ressaltar o quantitativo de patologias encontradas nas vigas de concreto armado, havendo um grande quadro de fissuração, desagregação e exposição das armaduras de aço. Não se mostrou necessária a intervenção emergencial para estes sistemas construtivos, porém faz-se necessário a realização de reparos localizados e actuações de prevenção e protecção a fim de manter os níveis de desempenho a padrões mínimos de aceitabilidade sensorial e procurando reduzir os mecanismos de ocorrência de patologias nestes elementos, visando a segurança, saúde e conforto dos usuários dos edifícios.

### 4.3. Diagnóstico

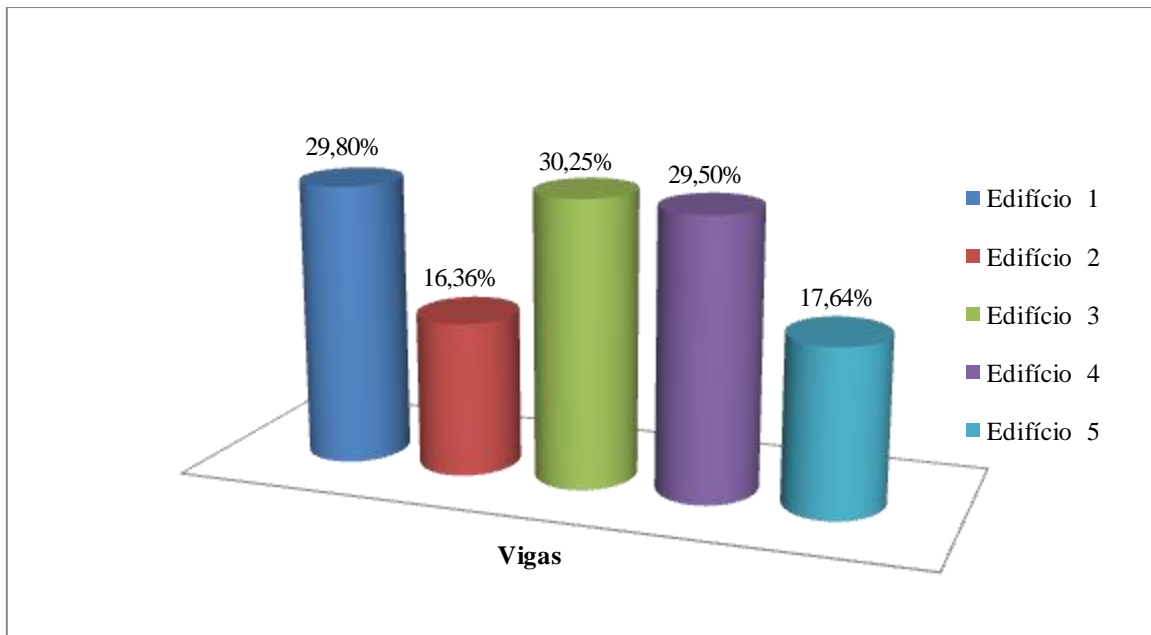
O processo de diagnóstico das manifestações patológicas encontradas foi realizado com base nas vistorias feitas no local da obra, através da observação dos principais problemas encontrados no edifício, analisando sua aparente relação com as características do problema.

Para a formatação do diagnóstico, não houve necessidade de realização de ensaios laboratoriais, tendo em vista a possibilidade de entendimento dos fenômenos e formulação de sua hipótese causadora.

Com intuito de direcionar a investigação para os elementos construtivos que apresentaram um elevado quadro de patologias, primeiro foram analisados os sistemas que tiveram maior incidência de manifestações, através da organização dos dados colectados os quais foram apresentados na tabela 4 (anterior).

Através da análise dos dados coletados e organizados na tabela acima mencionada, foi criada uma ordem de importância para formulação do diagnóstico das manifestações patológicas de cada elemento. Como se pode observar, o elemento que apresentou maior quantidade de patologias fora o revestimento de argamassa, porém por não se tratar de um elemento estrutural e não havendo necessidade de atuações emergenciais por riscos de colapso ou segurança dos usuários, optou-se em primeira instância pela formulação do diagnóstico das patologias das vigas de concreto armado para os edifícios 1º, 3º e 4º conforme mostra o seguinte gráfico.

**Gráfico 1** – Patologias das vigas de concreto armado



Fonte: Autor, 2023.

#### 4.3.1. Vigas de concreto armado

Dentre os problemas mais visualizados nas vigas da edificação, se pode citar a desagregação do concreto, exposição das armaduras, falta de cobrimento e elevado quadro de fissuras.

Tais patologias não possuem mecanismos isolados de ocorrência, havendo uma relação intinseca entre estes fenômenos gerando assim uma cadeia que causa o aumento do grau das patologias caso não houver ações de intervenção a fim de frear os mecanismos de ocorrência.

As patologias encontradas nas vigas de concreto armado da edificação são das mais diversas configurações, porém cabe ressaltar a formação dos chamados ninhos de concretagem, saturação das partes inferiores das vigas e a desagregação do concreto por efeito da expansão volumétrica do aço, gerado pelos produtos químicos decorrentes da corrosão das armaduras, como por exemplo, o óxido ferroso. A expansão volumétrica das barras de aço da armadura acabou por criar um quadro de fissuração e desagregação do concreto

As armaduras distribuídas nas peças de concreto armado são colocadas nas proximidades de suas superfícies, no caso de falta de cobrimento ou de concreto mal adensado há a exposição das barras de aço a água e o próprio ar, tais elementos geram o desencadeamento de processos de corrosão, que inevitavelmente comprometem o desempenho das peças.

Conforme Thomaz (1989, p. 124), *as reações de corrosão, independentemente de sua natureza, produzem óxido de ferro, cujo volume é muitas vezes maior do que o original do metal são. Essa expansão provoca o fissuramento e o lascamento (“spalling”) do concreto nas regiões próximas às armaduras [...].*

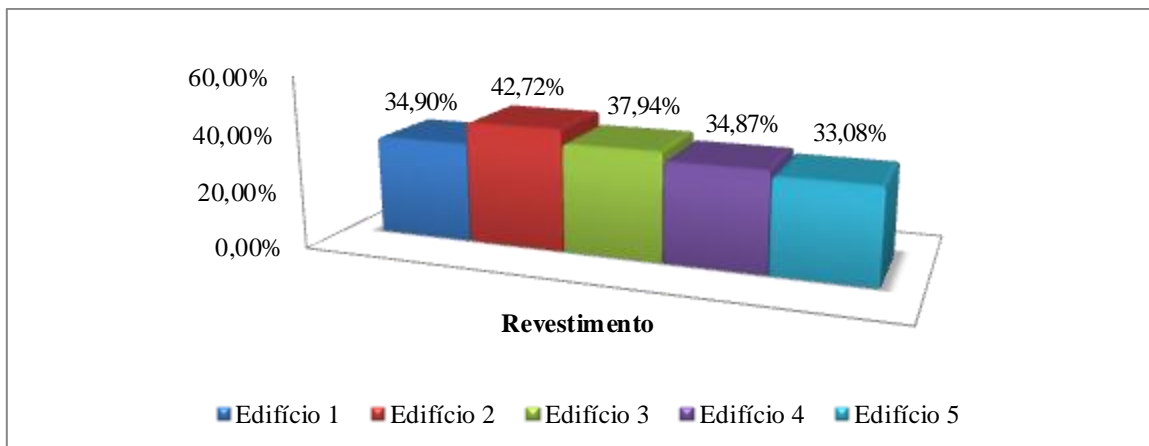
Dentre os principais agentes causadores deste determinado tipo de patologia, se pode citar a falta de qualidade das matérias primas utilizadas na execução das peças, além do concreto ser preparado manualmente por betoneiras no próprio canteiro de obras, não havendo garantias quanto à sua resistência estrutural. Outra possível causa geradora destas manifestações patológicas refere-se à fase de planejamento e projecto da edificação, que não prevê um cobrimento maior das barras de aço, facilitando assim sua exposição à água e ao ar do ambiente, causando maiores agravos ao problema, porém, a maioria das peças foi executada atendendo os

critérios pré-dispostos na norma técnica vigente que especifica cobertura mínimo de armaduras em 1,00 cm para elementos de concreto armado moldado in loco.

#### 4.3.2. Revestimentos de argamassa

O elemento que apresentou maior grau de deterioração e desempenho abaixo dos níveis originais aos quais projectados foram os revestimentos de argamassa, gerando um percentual da ordem de 34.90%, 42.72%, 37.94%, 34.87% e 33.08% para os edifícios 1º, 2º, 3º, 4º e 5º respectivamente, do total das manifestações, conforme analisado previamente. O gráfico apresenta o quadro de fissuração dos revestimentos externos dos edifícios.

**Gráfico 2** – Fissuração dos revestimentos externos dos edifícios



Fonte: Autor, 2023.

Nota-se que a característica das fissuras não se assemelha, apesar de manifestarem-se no mesmo sistema construtivo, mostrando que suas prováveis causas são distintas e decorrentes dos mais variados factores.

Dentre as principais possíveis causas de surgimento de patologias de revestimento, têm-se: a qualidade dos produtos utilizados para execução do revestimento, argamassa com baixo consumo de cimento, chapisco com elevado teor de material pozzolânico, baixa coesão ou compacidade da argamassa, desagregação por insuficiência de teor aglomerante do cimento, areia com presença de material silto-argiloso, erro na aplicação das espessuras das camadas, presença de umidade e expansão da argamassa de assentamento (Do Carmo, 2003).

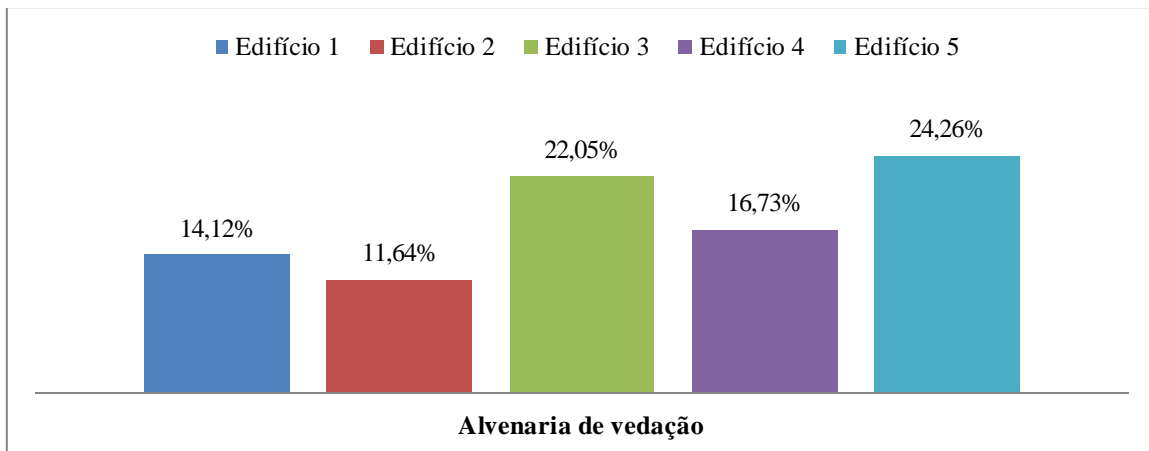
Como citado, são inúmeras as possíveis causas que contribuem com a formação de manifestações patológicas em revestimentos argamassados, sendo, da mesma forma, inúmeras as possíveis terapias a serem adoptadas para estas patologias.

#### 4.3.3. Alvenarias de vedação

As manifestações patológicas que englobam os elementos de alvenaria de vedação da edificação se caracterizam principalmente por fissuras com as mais diversas causas e mecanismos de formação, podendo ter sido causadas por tensões excessivas, deformações dos elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e fundações), acção do vento nas fachadas ou choques e vibrações (Do Carmo, 2003).

As fissuras dos elementos de vedação no 3º e 5º edifício, possuem um elevado grau de abertura e tamanho sendo de 22,05% e 24,26% respectivamente, conforme mostra a tabela 4 e o gráfico 3.

**Gráfico 3** – Fissuras dos elementos de vedação



Fonte: Autor, 2023.

Por se tratar de fissuras com diversas possíveis causas e mecanismos de formação e seu entendimento ser extremamente empírico, para realização do diagnóstico destas fissuras, mostrou-se adequada a realização de exames complementares destrutivos e semi-destrutivos, como remoção das camadas de revestimento para análise da trinca na alvenaria (fissura ativa ou não), com intuito de propor a alternativa de intervenção mais adequada, se analisado que este tipo

de manifestação tende a reincidir com o passar do tempo se não for tomada a decisão correto quanto a sua terapia.

Segundo Thomaz (1989, p. 19), as movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura; a magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade de movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material. As trincas de origem térmica podem também surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento e entre os componentes de um sistema.

A movimentação térmica dos elementos estruturais causou destacamentos entre as alvenarias e as estruturas dos edifícios.

#### **4.3.4. Pilares de concreto armado**

As manifestações patológicas em pilares de concreto armado restringiram-se a fissuras causadas por alterações químicas dos materiais empregados na construção civil, não havendo grande número de manifestações como se pôde analisar previamente.

Os materiais de construção são suscetíveis à deterioração por ação de substâncias químicas, principalmente soluções ácidas.

As edificações, mesmo não estando em contato direto com meios fortemente agressivos que apresentem elevados teores de produtos químicos (ambientes industriais ou com grande concentração de poluentes) podem reagir com elementos básicos que compõem o meio-ambiente, como por exemplo, a água e o ar. Os materiais de construção são compostos pelos mais variados elementos químicos, que se em contato direto com estes elementos ( $H_2O$  e  $O_2$ ) desencadeiam reações químicas que alteram suas propriedades, os convertendo em compostos ácidos, que dão o surgimento de manifestações patológicas (Thomaz, 1989).

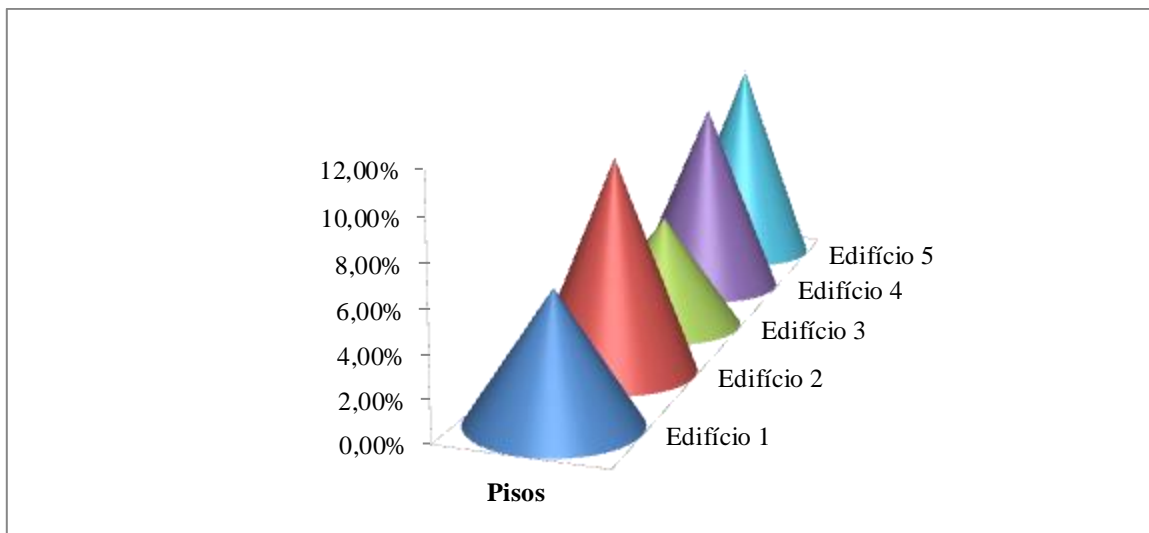
A corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado acontece através de processos eletroquímicos, que tendem a manifestar-se em meios com alto teor de umidade aumentando com a heterogeneidade da estrutura e por cobrimentos insuficientes das armaduras de aço (Thomaz, 1989).

Os casos de manifestações patológicas encontrados no edifício remetem a fissuras decorrentes de alterações químicas por corrosão de armaduras, fator este facilitado, analisando-se a falta de cobertura nas peças de concreto armado.

#### 4.3.5. Pisos

As patologias em pisos de revestimento não englobaram quantidades significativa das manifestações patológicas, e por se tratar de um elemento que não possui atribuições estruturais, não houve grandes preocupações quanto à formatação de um diagnóstico detalhado das patologias deste sistema construtivo tampouco formulação de alternativas de intervenção.

**Gráfico 4** – Patologias em pisos de revestimento



Fonte: Autor, 2023.

As principais causas e mecanismos de ocorrência de manifestações patológicas nos pisos internos e externos da edificação remetem à elevada presença de água, seja por falta de limpezas periódicas ou pela ação das águas pluviais. O desenvolvimento de fungos em decorrência dos níveis de umidade acentuados acaba gerando a alteração estética do piso com a formação de manchas de tonalidades escuras. Como principal alternativa de intervenção para esta determinada patologia tem-se a realização de limpeza utilizando escovas e produtos desengordurantes à base de cloro, não devendo utilizar-se produtos de base ácida.

#### **4.4. Alternativas de intervenção e definição de conduta**

Para realização do plano de acções interventivas, organizaram-se os dados colectados de forma sistemática com a intenção de criar prioridades para os elementos que requerem maior necessidade quanto à realização de reparos. Foram analisados os dados referentes aos elementos construtivos que possuíram maior nível de patologias, mostrado previamente na tabela 4, relacionando-os com as suas principais causas e mecanismos de ocorrência. A organização e gerenciamento dos dados foram baseados nas informações colectadas seguindo o quantitativo total de manifestações patológicas apresentados no **Anexo 1**.

##### **4.4.1. Principais causas das manifestações patológicas dos edifícios.**

- Deformabilidade excessiva;
- Recalques diferenciais;
- Ações externas;
- Retração de produtos a base de cimento;
- Movimentações higroscópicas/humidade (humidade excessiva).

Levando-se em consideração a importância da estabilidade estrutural, segurança dos usuários e impacto visual, bem como, o nível percentual apresentado para as patologias em vigas de concreto armado, que foi de 29.80%, 16.36%, 30.25%, 29.50% e 17.64% (para os cinco edifícios respectivamente) do total de manifestações catalogadas. Tais factores, relacionados ao elevado nível de patologias decorrentes das alterações químicas sofridas pelos materiais de construção, optou-se pela realização de um plano de intervenção que recupere as vigas de concreto armado, com intuito de aumentar sua vida útil e durabilidade, e reduzir os mecanismos geradores das alterações químicas que causaram as manifestações patológicas as quais as peças de concreto estão submetidas.

Dentre os principais aspectos a serem considerados na seleção da alternativa de intervenção, deve-se levar em consideração que as possíveis soluções são diversas e todas igualmente válidas, eficazes e viáveis se houver um estudo aprofundado quanto à sua aplicação e materiais a serem utilizados.

Um fator importante para se selecionar a alternativa mais adequada é a quantidade de argumentos para optar-se por determinada opção, estes devem fornecer embasamento teórico à alternativa escolhida. Dentre os principais fatores a serem observados para escolha da alternativa podem-se citar: aspectos técnicos, econômicos, operacionais, arquitetônicos e ambientais (Helene, 2003).

Para as vigas de concreto armado, a partir do diagnóstico gerado e da quantidade de manifestações catalogadas com origem a partir do quadro de corrosão das armaduras por alterações químicas dos materiais, propôs-se uma alternativa de intervenção, que tende a remediar a patologia e manter o desempenho das peças à níveis satisfatórios estabilizando as principais causas geradoras. Como as diversas alternativas para este tipo de manifestação patológica têm-se: remoção do concreto carbonatado, reparo superficial por toda a peça, reforço com armadura extra ou por substituição, realcalinização do concreto ou proteção superficial.

Antes de qualquer intervenção em uma estrutura afetada é essencial determinar qual a melhor estratégia a ser utilizada no caso estudado. O tipo da intervenção vai depender de como a manifestação patológica está apresentada. Para haver uma correcta seleção da alternativa de intervenção conforme o nível dos agravos e a disponibilidade de materiais na região onde está inserida a edificação deve haver a análise do tipo de terapia a ser adoptada (Moreira, 2006).

A partir da análise das manifestações foi possível selecionar o tipo de intervenção para este determinado fenómeno, como não há riscos de colapso evidentes às vigas não há necessidade de actuações emergenciais nem tanto utilização de reforços ou substituição da estrutura, optando-se pela realização de actuações de prevenção/protecção e reparos às peças através da actuação directa localizada nas peças.

Como método destrutivo propõe-se a remoção do concreto carbonatado das peças atingidas através do uso de ferramentas comuns e de grande utilização na engenharia civil, a remoção das camadas de cobrimento e primárias das peças não trazem grandes dificuldades, observando-se que concreto carbonatado não apresenta muita resistência devido ao seu baixo nível de pH.

Analisando os níveis de manifestações patológicas catalogadas nos revestimentos argamassados dos cinco edifícios (34.90%, 42.72%, 37.94%, 34.87% e 33.08% respectivamente). Fez-se necessário a formulação de um plano de intervenção para estes sistemas construtivos elaborando-se uma série de ações de recuperação por reparos diretos localizados.

O grau da alternativa de intervenção deverá ser conforme o nível dos agravos e o tipo de patologia apresentada no local. A fim de facilitar o entendimento deste factor, elaborou-se uma tabela que apresenta o tipo de patologia catalogada neste sistema construtivo e uma possível solução para o determinado problema.

**Tabela 5** – Alternativas de intervenção para os revestimentos de argamassa dos edifícios.

<b>Tipo de patologia</b>	<b>Alternativa de intervenção</b>
Fissuras mapeadas causadas por retração da argamassa de base	Renovação completa do revestimento; Renovação da pintura.
Fissuras verticais causadas por movimentações higroscópicas	Renovação completa do revestimento; Estabilização dos níveis de umidade com atuação direta através de limpeza periódica.
Fissuras horizontais	Renovação completa do revestimento após hidratação da cal base da argamassa.
Deslocamento em placa	Renovação completa do revestimento; Aplicação de chapisco com argamassa de traço adequado para aumento da aderência .
Vesículas	Renovação da camada de reboco.

Fonte: Autor, 2023.

Através da análise das alternativas de intervenção propostas para cada sistema construtivo que apresentou patologias nos edifícios gera uma sequência seguindo uma ordem de importância para realização dos reparos conforme o nível dos agravos, atribuições estruturais dos elementos danificados, acção contínua das causas geradoras sobre as manifestações existentes e execução dos reparos dos edifícios.

Desta forma, conforme a ordem dos factores citados acima, pode optar-se primeiro pela prioridade quanto à aplicação das alternativas de intervenção propostas para as vigas de concreto armado do edifício, por se tratar de sistemas construtivos com atribuições estruturais, causar sensação de desconforto aos usuários do edifício, possuir mecanismos de ocorrência actantes e activos sobre os pontos que apresentaram patologias, além do facto, de que os reparos localizados propostos para as vigas são aplicáveis para os demais elementos estruturais, como pilares, podendo ser realizados para todos os demais elementos que apresentaram patologias na forma de desagregação do concreto decorrente de efeitos da corrosão das barras de aço.

## CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E SUGESTÕES

### 5.1. Conclusão

O estudo levado a cabo neste trabalho referente a *avaliação da qualidade de estruturas de edifícios multifuncionais*, no caso específico de patologias de edifícios do contexto da empresa LF – Construções . Lda, sediada na Cidade de Nampula, permitiu a identificação e descrição de problemas patológicos ligados à qualidade das estruturas dos edifícios construídos pela empresa supracitada, a formulação de diagnóstico e proposta de alternativas de intervenção para os principais problemas encontrados nos cinco edifícios estudados.

Portanto, percebemos que as patologias da construção civil podem ter suas origens em qualquer uma das etapas do processo de construção civil. Devido a tal factor nota-se a importância do controlo, padronização e qualidade na execução dos serviços que constituem o processo como um todo.

Nessa ordem, a assimilação dos dados de manifestações patológicas colectados nas edificações quando traçado um comparativo com as principais manifestações patológicas ocorridas na empresa LF – Construções. Lda é evidente, se analisado que as patologias da edificação investigada apresentaram-se maioritariamente na forma de fissuras e causadas pela humidade excessiva.

Por se tratar de edifícios multifuncionais com elevado fluxo de pessoas diariamente, mostra-se fundamental a realização dos reparos e ações interventivas propostas pelo trabalho, a fim de estabilizar os níveis de desempenho dos elementos construtivos que apresentaram patologias aumentando a vida útil dos edifícios. A importância de realização de manutenções periódicas nos elementos após a realização das ações interventivas também se mostra uma das principais ferramentas para colaboração com o não surgimento de manifestações patológicas futuras nos edifícios.

Ainda pode-se concluir que a investigação patológica de um edifício para posterior formulação de plano de ações interventivas envolve uma série de decisões técnicas, havendo necessidade de entendimento dos fenómenos como um todo para que a decisão tomada seja a mais adequada conforme o quadro de patologias apresentado.

## 5.2. Sugestões

Diante das constatações feitas ao longo do trabalho, como sugestão para um trabalho futuro, por se tratar de alternativas de intervenção que actuarão praticamente em todos os sistemas construtivos componentes das edificações que englobam um elevado valor financeiro, além de não haver possibilidade de cessão temporária das actividades realizadas nos edifícios, por suas atribuições funcionais, propõe-se que a realização das acções correctivas e reparos sejam realizados da forma sistemática, realizando-se análises da engenharia financeiro-orçamentária de cada patologia de forma isolada, tendo em vista a necessidade de arrecadação de verbas para que a realização dos reparos propostos ocorra de forma gradativa.

## Bibliografia

- Brito, J. (2007). "*Qualidade no projecto de estruturas*. Seminário Software, projecto e erros". Exponor-Porto.
- Carvalho, T. (2008). "*Análise da qualidade do projecto de estabilidade de edifícios*". Escola de Engenharia, Universidade do Minho. Relatório de projecto individual.
- CBIC, (2013). "*Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma*". Câmara Brasileira da Indústria da Construção. 2ª ed. Gadioli Cipolla Comunicação,. Brasília.
- Corrêa, E. S. (2010). "*Patologias decorrentes de alvenaria estrutural*". Pará.
- Cremonini, R. A. (1988). "*Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção*". Porto Alegre.
- Cunha, Danilo J. Evangelista. (2011). "*Análise de fissuração em vigas de concreto armado*". Fortaleza.
- Dal Molin, D. C. C. (1988). "*Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul*". Porto Alegre.
- De Pina, G. L. (2013). "*Patologia nas habitações populares*". Rio de Janeiro.
- De Souza, M. F. (2008). "*Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações*". Belo Horizonte.
- Do Carmo, P. O. "*Patologia das construções*". Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.
- Figueiredo, E. J. P. "*Terapia das construções de concreto: Metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto*". Porto Alegre, 1989.

- Gil, A.C. (2008). "*Métodos e técnicas de pesquisa social*". 6ª ed. Brasil, São Paulo: Atlas.
- Gnipper, S. F. e Mikaldo Jr. J. (2007). "*Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicosanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto*". Curitiba.
- Helene, P. R. Do L. (2003). "*Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto*". São Paulo, Red Rehabilitar.
- Lakatos, E. M. e Marconi, M. de A. (2007). "*Metodologia Científica*". 5ª ed. 3. Reimpr. Brasil, São Paulo: Atlas.
- Lapa, J. S., (2008). "*Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto*". Belo Horizonte.
- Marcelli, M. (2007). "*Sinistros na construção civil: Causas e soluções para danos e prejuízos em obras*". 1ª ed. São Paulo: Pini.
- Moretti, N. (2003). "*Metodologia Científica: como elaborar trabalhos acadêmicos*". Brasil, Santa Catarina: Cafelândia.
- Nazario, D.; Zancan, E. C. (2011). "*Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde*". Santa Catarina.
- Ramires, L. D. (2007). "*Estudo teórico-experimental de reforço para construções de alvenaria empregando revestimento de argamassa armada*". Porto Alegre.
- Resende, M. M.; Barros, M. M. S. B; Medeiros, J. S. (2001). "*A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios*". São Paulo.
- Santos, L. C. (2000). "*Pesquisa documental: Um procedimento metodológico*". São Paulo.
- Santucci, J. (2015). "*Patologia e desempenho das construções*". Crea-RS – Conselho em revista, Porto Alegre.

- Silveira, D. R. D. Da; Azevedo, E. S. De; Souza, D. M. O. De; Gouvinhas, R. P. (2002). "*Qualidade na construção civil: Um estudo de caso em uma empresa da construção civil do Rio Grande do Norte*". Natal.
- Thomaz, E. (1989). "*Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação*". 1ª ed. São Paulo, Pini.
- Trivinões A. N. S. (1987). "*Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a Pesquisa Qualitativa em Educação*". São Paulo: Atlas.
- Vitório, A. (2003). "*Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia*". Recife.
- Yin. R. K. (2005). "*Estudo de caso: planejamento e métodos*". 3 ed., Porto Alegre: Bookman.
- Zarzar, F. C. Jr. (2007). "*Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseada no método dos fatores*". Recife.

**APÊNDICES**

**Apêndice 01:** Ficha de Observação

**Levantamento quantitativo de patologias catalogadas na edificação**

Patologia	Edifícios Característica	Número de ocorrências por edifício				
		1°	2°	3°	4°	5°
Desagregação do concreto	Perca do teor aglomerante do cimento	20	24	17	26	24
	Quebras	16	02	26	21	09
Exposição da armadura	Oxidação da armadura	16	23	11	28	15
	Não apresenta oxidação	19	23	8	52	07
Desagregação argamassa revestimento		63	33	46	67	23
Fissuras nos revestimentos		13	38	20	31	15
Fissuras em vigas		70	36	59	31	24
Fissuras em pilares		38	41	8	25	19

## Apêndice 02: Desagregação do concreto



Fonte: Autor, 2023

**ANEXOS**