



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL PELO MÉTODO GUT: ESTUDO DE CASO EM UMA
INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR**

THAÍS FARIAS DE BRITO

**João Pessoa - PB
Junho de 2017**

THAÍS FARIAS DE BRITO

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL PELO MÉTODO GUT: ESTUDO DE CASO EM UMA
INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial obrigatório à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Germano Toscano Moura.

Co-orientador (a): Prof. Msc. Evelyne Emanuelle Pereira Lima.

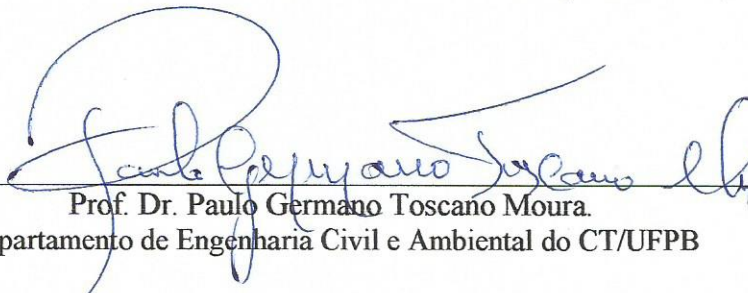
**João Pessoa - PB
Junho de 2017**

FOLHA DE APROVAÇÃO

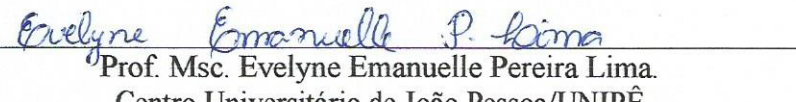
THAÍS FARIAS DE BRITO

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO MÉTODO GUT: ESTUDO DE CASO EM UM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

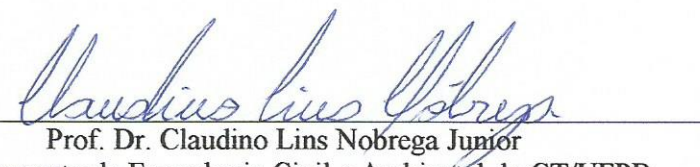
Trabalho de Conclusão de Curso em 02/06/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Paulo Germano Toscano Moura.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

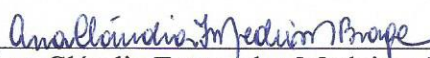



Prof. Msc. Evelyne Emanuelle Pereira Lima.
Centro Universitário de João Pessoa/UNIPÊ

APROVADA


Prof. Dr. Claudino Lins Nobrega Junior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA


Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

B862u Brito, Thaís Farias de

Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método gut: estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior./ Thaís Farias de Brito. – João Pessoa, 2017.

77 f. il.:

Orientador: Paulo Germano Toscano Moura

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Patologia das construções 2. Concreto armado 3. Manifestações patológicas 4. Método gut I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 624.9 (043)

A Deus, que revela Sua grandeza em tudo que faz.
Dedico Àquele que primeiro me amou,
todo o meu amor e este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, dou graças, pois Ele me sustentou na angústia, me fez forte e corajosa para explorar novas possibilidades e, acima de tudo, me salvou.

À **minha mãe**, pela compreensão e pelo amor incondicional que me apoia em minhas decisões e faz das minhas vitórias suas. Grata sou por ter você, mãe!

A **meu pai**, pelo apoio, pelo incentivo em meus estudos e por me ensinar a ter compromisso e responsabilidade em minhas ações. Agora sou engenheira como você é. A você, meu amor!

À **minha irmã**, Nathália, pelo cuidado, amor, atenção e auxílio que me acompanham desde que nasci. Você é preciosa na minha vida!

A **Caio Raoni**, pelo amor, companheirismo e compreensão. A você que permanece acreditando em mim até quando eu não acredito, que me mantém de pé e com os olhos focados na perfeita, boa e agradável vontade do Senhor. Por ser calma na tempestade e auxílio, não apenas neste trabalho, mas na vida. A você toda gratidão e amor!

Ao **meu orientador professor Dr. Paulo Germano Toscano Moura**, pelo tempo dedicado, pela disposição exemplar no ensino e pelo conhecimento compartilhado. Obrigada, professor!

À **amiga e professora Msc. Evelyne Emanuelle Pereira Lima**, pela atenção, paciência e por ser referencial de profissional e ser humano ético e bondoso para mim. A você, minha admiração!

Ao **amigo e engenheiro Diego de Castro**, por proporcionar e estar ao meu lado em meus primeiros passos profissionais. Obrigada por tudo que você representa nesta caminhada.

Aos **meus amigos engenheiros**, Adalice, Camila, Geórgia, Luan, Luís, Natália, Rafaelle, Roberta e Vinicius, pelo apoio, amizade e companheirismo durante todo o curso.

Aos **amigos**, Gabriella, Karolayne, Luana, Jemima, Karine, Jonathan, Wagner, Julianna, Jocasta e Brenda, por me motivarem a ser melhor a cada dia e por serem amigos como os de Provérbios 17:17.

Aos **amigos Lucas e Amanna Peixoto**, por darem abrigo, mesmo sem saber, aos meus pensamentos e momentos difíceis nesta caminhada. Minha Gratidão ao Pai que me deu vocês.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho: Muito obrigada!

“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente”. (Romanos 11:36)

RESUMO

As estruturas de concreto armado ao interagirem com o ambiente externo ao qual estão expostas podem sofrer alterações que, ao longo do tempo, ocasionem perda na capacidade da estrutura em suportar as condições para as quais foi concebida. Apesar de se tratar de um processo natural, alguns fatores influenciam diretamente na deterioração do concreto, como a utilização de material de má qualidade e a falta de manutenção periódica. Mesmo com a evolução das tecnologias utilizadas na construção civil, tem se tornado recorrente o surgimento de manifestações patológicas em edificações relativamente novas que, além de comprometer o desempenho, a estabilidade e a funcionalidade da estrutura, consomem recursos financeiros em reparações que poderiam ser evitadas. Com isso, as manifestações patológicas presentes na Universidade Federal da Paraíba motivaram o desenvolvimento deste trabalho, objetivando diagnosticá-las e propor terapêuticas adequadas para sua resolução, estabelecendo uma ordem de priorização através do Método GUT. Através da realização de uma vistoria e inspeção visual no Campus I da Instituição de ensino superior em estudo, este trabalho catalogou, diagnosticou e indicou intervenções às manifestações identificadas, verificando que 71,4% das manifestações estão relacionadas com a corrosão de armaduras em concreto armado, sendo a insuficiência do cobrimento e a qualidade do concreto os agentes causadores de maior incidência. Além disso, observou-se através da aplicação da matriz do Método GUT que os casos relacionados ao processo corrosivo de armaduras apresentavam maior grau de risco e, conseqüentemente, maior grau de priorização em sua resolução, comprovando o benefício do auxílio desta ferramenta de planejamento estratégico na área estudada.

Palavras-chaves: Patologia das construções, concreto armado, manifestações patológicas, método GUT.

ABSTRACT

When reinforced concrete structures interact with the external environment to which they are exposed, they may undergo changes that, over time, cause loss of the structure's ability to withstand the conditions for which they were created. Although it is a natural process, some factors can directly influence on the deterioration of concrete, such as the use of poor quality material and the lack of periodic maintenance. Even with the evolution of the technologies used in construction, pathological manifestations in relatively new buildings have become increasingly recurrent. In addition to compromising the performance, stability and functionality of the structure, early pathological manifestations consume financial resources in repairs that could be avoided. With this in mind, pathological manifestations present at the Federal University of Paraíba motivated the development of this academic work, which aims to diagnose them and propose appropriate therapeutics for their resolution, establishing an order of prioritization through the GUT Method. Through surveys and visual inspections at Campus I of the institution under study, this work cataloged, diagnosed and indicated interventions to the identified manifestations, verifying that 71.4% of the manifestations are related to the reinforcement corrosion of concrete structures. Insufficient cover and concrete quality are the causative agents of higher incidence. In addition, it was observed through the application of the GUT Method matrix that the cases related to the corrosive process of reinforcement bars present a higher risk and, consequently, a higher degree of prioritization in their resolution, proving the benefit of the aid of this strategic planning tool in the area of study.

Keywords: Construction pathologies, reinforced concrete, pathological manifestations, GUT method.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência

NBR – Normas Brasileiras

mm – Milímetros

pH – Potencial Hidrogênico

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

% – Por Centro

FEMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*:

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição relativa da incidência das manifestações patológicas	19
Figura 2 - Etapas de produção e uso das obras civis.....	20
Figura 3 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis	21
Figura 4 - Representação esquemática do modelo de vida útil de estruturas de concreto armado proposto por Tuutti	31
Figura 5 - Modelo Tuutti para corrosão de armaduras - modelo ajustado	32
Figura 6 - Fissuras de flexão de vigas.....	36
Figura 7 - Fissuras de cisalhamento.....	37
Figura 8 - Esmagamento do concreto	37
Figura 9 - Fissuras em lajes	38
Figura 10 - Fissuras em pilar	39
Figura 11 - Manifestação típica de corrosão de armaduras em elementos estruturais	40
Figura 12 - Ninhos de concretagem.....	41
Figura 13 - Ciclo PDCA.....	43
Figura 14 - Planta UFPB - Anos de construção.....	48
Figura 15 - Incidência de Diagnósticos.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de fissuras	35
Tabela 2 - Parâmetros do Método GUT.....	44
Tabela 3 - Critérios de Pontuação.....	44
Tabela 4 - Simulação de Matriz GUT	45
Tabela 5 - Matriz de Diagnóstico e Definição de Conduta de Manifestações Patológicas.....	49
Tabela 6 - Matriz de aplicação do Método GUT.....	49
Tabela 7 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas.....	52
Tabela 8 - Incidência de Causas	70
Tabela 9 - Matriz de aplicação do método GUT	71
Tabela 10 - Piorização para resolução das manifestações patológicas	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	15
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES	18
3.1.1 <i>Sintomatologia</i>	19
3.1.2 <i>Mecanismos envolvidos nos fenômenos</i>	20
3.1.3 <i>Origens e Causas</i>	20
3.1.4 <i>Desempenho, vida útil e durabilidade</i>	22
3.1.5 <i>Diagnóstico e Prognóstico</i>	23
3.1.5.1 Diagnóstico Preliminar	23
3.1.5.2 Prognóstico.....	24
3.1.6 <i>Terapia</i>	25
3.2 PATOLOGIA NO CONCRETO ARMADO	25
3.2.1 <i>Mecanismo de deterioração e envelhecimento do concreto</i>	26
3.2.1.1 <i>Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto</i>	27
3.2.1.2 <i>Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura</i>	28
3.2.1.2.1 <i>Modelo de Corrosão: Diagrama de TUUTTI</i>	31
3.2.1.3 <i>Mecanismos preponderantes de deterioração da estrutura propriamente dita</i>	
32	
3.2.2 <i>Diagnóstico em estruturas de concreto armado</i>	34
3.2.2.1 <i>Fissuras em vigas</i>	35
3.2.2.2 <i>Esmagamento do concreto em vigas</i>	37

3.2.2.3	<i>Fissuras em lajes</i>	38
3.2.2.4	<i>Fissuras em pilar</i>	39
3.2.2.5	<i>Corrosão de armaduras</i>	39
3.2.2.6	<i>Ninhos de Concretagem</i>	40
3.3	TÉCNICA E PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS	41
3.3.1	<i>Inspeção Visual</i>	41
3.4	MÉTODO GUT.....	42
3.4.1	<i>Parâmetros de avaliação</i>	43
3.4.2	<i>Ordem de priorização</i>	45
4.	METODOLOGIA	46
4.1	TIPOLOGIA DA PESQUISA.....	46
4.2	OBJETO DO ESTUDO DE CASO	47
4.2.1	<i>Histórico</i>	47
4.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
4.4	MATERIAIS UTILIZADOS	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1	DIAGNÓSTICO E DEFINIÇÃO DE CONDUTA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NO ESTUDO DE CASO	51
5.2	INCIDÊNCIA DE CAUSAS E DIAGNÓSTICOS	69
5.3	MATRIZ GUT.....	70
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
7	REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria da construção civil apresentou um grande crescimento nos últimos anos, acarretando no aumento do número de obras em execução. Com os embates políticos e a insatisfação da população com as obras entregues pelo governo, a questão da qualidade dessas obras tem sido cada vez mais discutida, visto que as obras públicas possuem o estigma de baixa qualidade perante a sociedade.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, as conjunturas socioeconômicas fizeram com que as obras atingissem velocidades de execução cada vez maiores, acarretando em controles pouco rigorosos dos materiais utilizados e dos serviços. Este fato aliado a cenários mais complexos, como a deficiente formação de engenheiros e arquitetos, as políticas habitacionais e os sistemas de financiamento inconsistentes, vêm provocando a queda gradativa da qualidade das nossas construções, até o ponto de encontrarem-se edifícios que, antes de serem ocupados, já estão virtualmente condenados (THOMAZ, 1989).

As obras públicas, muitas vezes, apresentam baixa qualidade devido à essa falta de seriedade do sistema e de fiscalização. Outro fator preponderante para baixa qualidade na execução dessas obras é a ineficiência na gestão e planejamento das obras.

Os problemas patológicos identificados nas edificações públicas e de forma geral são gerados por falhas no planejamento, na execução e, ao longo do tempo, por falta de manutenção adequada. Os fatores ambientais, principalmente atmosferas regionais ou localizadas, têm, hoje em dia, grande influência no desencadeamento de processos degradantes, principalmente à indução da corrosão em estruturas de concreto dos edifícios.

Para que as manifestações patológicas existentes possam ser eliminadas, é fundamental realizar um estudo detalhado das suas origens (NAZARIO; ZANCAN, 2011). Este estudo, além de fornecer um melhor conhecimento do mecanismo envolvido no fenômeno, pode auxiliar no diagnóstico dos problemas encontrados.

Segundo Tutikian e Pacheco (2013), após a etapa de diagnóstico torna-se necessário selecionar a melhor alternativa de intervenção para o problema, priorizando-as se necessário. Desta forma, é fundamental preparar um programa de intervenções para resolver os problemas de acordo com as prioridades estabelecidas.

A Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE (2012) no seu item 13 – Definição de Prioridades – recomenda que a ordem de prioridades seja disposta em ordem decrescente quanto ao grau de risco e intensidade das anomalias, sendo essas apuradas através de metodologias técnicas adequadas como o GUT (ferramenta de “gerenciamento de risco” através

da metodologia da Gravidade, Urgência e Tendência), a FEMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*: ferramenta de “gerenciamento de risco” através da metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha) ou através da listagem de criticidade decorrente da Inspeção Predial.

Com isso, neste trabalho será abordado um estudo de caso com análise de manifestações patológicas em concreto armado encontradas em uma instituição pública de ensino superior quanto aos seus graus de prioridade através da Matriz GUT.

1.1 JUSTIFICATIVA

O problema relacionado ao funcionamento e as irregularidades na execução de obras públicas causa grande indignação na população brasileira, devido aos recursos empregados em obras que apresentam baixa qualidade. Segundo informações oferecidas pela Prefeitura Universitária em resposta ao Memorando eletrônico nº 27/2017 – PROLAN – eSIC (11.01.07.09) de abril de 2017, os gastos referentes apenas às obras executadas na Universidade Federal da Paraíba no ano de 2016 são estimados em R\$ 2.587.087,06. Desta forma, essa pesquisa torna-se relevante do ponto de vista social uma vez que recursos públicos arrecadados da população são despendidos para a realização dessas obras.

Além disso, vale ressaltar a importância técnica dessa pesquisa, pois combina conhecimentos de planejamento estratégico e da área de Patologia das Construções, sendo esses aplicados na resolução das manifestações patológicas encontradas. A Universidade Federal da Paraíba e outras instituições de ensino superior poderão valer-se dos resultados obtidos para a colaboração desse ramo da engenharia, buscando as soluções sugeridas e evitando a reincidência dessas degradações.

No meio acadêmico, existem diversas pesquisas relacionadas com a área de Patologia das Construções em obras públicas no Brasil, como abordado por Zuchetti (2015), Hirt (2014), Iantas (2010), dentre outros. Do ponto de vista científico, esse trabalho corrobora para as pesquisas realizadas pelos autores anteriormente citados, acarretando no surgimento de novos pontos a serem abordados sobre este assunto.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Visto que o Método da Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) auxilia na formação de estratégias e visa estabelecer uma ordem para a resolução de problemas, essa pesquisa delimitou-se em colher informações sobre como a definição da ordem de prioridades pode influenciar no tratamento de manifestações patológicas em concreto armado em uma

edificação, tendo como referência o Centro de Tecnologia (CT) do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), situado na cidade de João Pessoa.

A necessidade de delimitação da pesquisa provém do fato da mesma possuir uma aplicação prática. Entretanto, este método não se limita a nenhum tipo de processo, podendo ser aplicada em todas as áreas do conhecimento humano.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho será dividido em cinco seções, sendo elas: introdução, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e conclusão.

A primeira seção desta pesquisa tratará de forma objetiva a situação atual do ramo da construção civil no Brasil, com enfoque na qualidade do produto final das obras executadas pelo Governo. Esta seção apresentará os objetivos propostos pelo estudo e as devidas justificativas para a escolha do tema.

Na seção 2 será abordada a fundamentação teórica sobre diversos temas referentes à Patologia das Construções e ao método que será utilizado para análise dos dados. Primeiramente, serão expostos os principais fatores que influenciam diretamente o surgimento de manifestações patológicas, com enfoque nas patologias em concreto armado, seguido da definição do Método da Matriz GUT.

Com base na revisão bibliográfica apresentada na seção anterior, a seção 3 apresentará a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, onde será descrito o objeto do estudo de caso, os procedimentos metodológicos e os materiais utilizados para obtenção e análise dos resultados.

Na seção 4 deste trabalho serão analisados os dados coletados em campo, a fim de diagnosticar as manifestações patológicas catalogadas na edificação, propor hipóteses de intervenção e aplicar o método de priorização na resolução dos problemas encontrados através da Matriz GUT.

Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões deste estudo e aborda sugestões para futuras pesquisas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicação do Método da Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) nas manifestações patológicas encontradas em uma Instituição Pública de Ensino Superior.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a aplicação da Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência em uma edificação;
- Identificar as principais manifestações patológicas encontradas nas edificações de uma Instituição Pública de ensino superior;
- Diagnosticar as principais patologias presentes; e
- Propor soluções para a correção das patologias encontradas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Zuchetti (2015), conceitua-se como edificação qualquer tipo de instalação que tenha como propósito final servir de abrigo para o desempenho das mais variadas funções do homem.

Durante seu processo construtivo podem ocorrer falhas, gerando vícios e problemas nas etapas do mesmo. O gerenciamento de cada processo e a necessidade de uma constante melhoria através do controle da qualidade e do desenvolvimento de novas tecnologias retratam um dos grandes desafios da engenharia civil. (HELENE, 2003 *apud* ZUCHETTI, 2015).

Com o avanço da tecnologia no setor de técnicas e materiais de construção, observa-se a presença de diversos tipos de patologia em um elevado número de edificações relativamente novas. A ausência de planejamento, a pouca qualificação da mão de obra, a falta de cuidado na execução, a carência de manutenção, entre outros fatores, tem criado despesas extras às edificações de gestão pública, gerando o consumo de recursos financeiros em reparações que poderiam ser evitadas ou minimizadas. (IANTAS, 2010).

Essas manifestações patológicas precisam ser identificadas e solucionadas. Para isso, é necessário a utilização de métodos de análise desenvolvidos a partir de conhecimentos teóricos e práticos, a fim de empregá-los no tratamento dos problemas apresentados através da coleta de informações e dados relevantes. (DO CARMO, 2003 *apud* ZUCHETTI, 2015). Entre esses métodos, poderão ser utilizadas ferramentas de planejamento estratégico, como a Matriz GUT, para o auxílio na ordem de priorização de resolução de problemas patológicos.

3.1 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

Patologia, de acordo com o dicionário Aurélio, é a parte da Medicina que estuda as doenças. Assim como os pacientes na Medicina, as edificações também podem apresentar “doenças”, como trincas, manchas, rupturas, corrosões, fissuras, entre outras (IANTAS, 2010).

Segundo Helene (1992), conceitua-se como Patologia a parte da Engenharia que examina os sintomas, o mecanismo, as origens e as causas das falhas das construções civis, ou seja, é o estudo de todos os componentes que formam o diagnóstico do problema.

Após o aparecimento de manifestações patológicas em uma edificação, o problema tende a se agravar rapidamente, acarretando em outros problemas secundários (HIRT, 2014). Por isso, é necessário o conhecimento de cada parte do problema para que o diagnóstico e o tratamento possam ser realizados de maneira rápida e adequada.

3.1.1 Sintomatologia

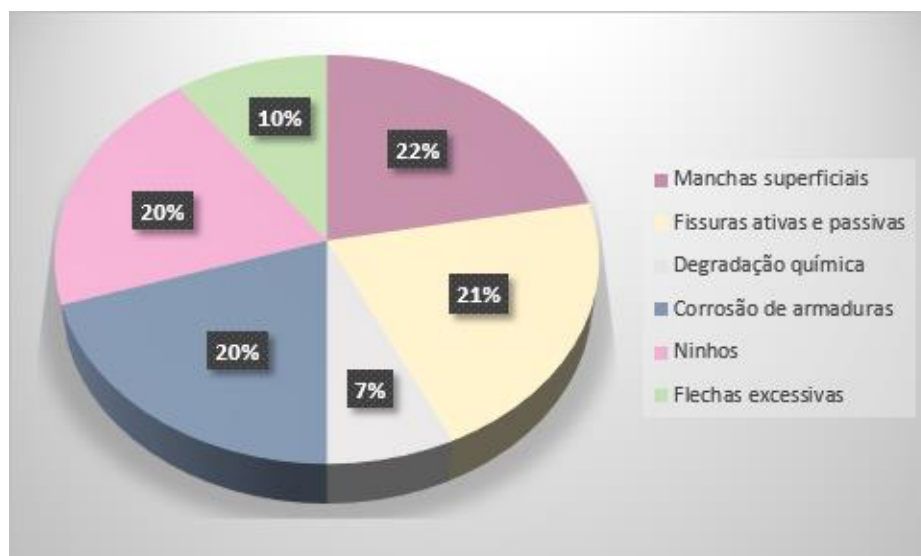
Na maioria das vezes, os problemas patológicos possuem manifestação externa com características peculiares, o que possibilita a dedução de sua natureza, sua origem, os mecanismos envolvidos no fenômeno e a suposição de suas prováveis consequências (HELENE, 1992).

Tutikian e Pacheco (2013) conceituam Sintomatologia como a área da Patologia das Construções que estuda esses sinais apresentados pela edificação, tendo como objetivo diagnosticar o problema patológico.

Para obter um diagnóstico correto de uma manifestação patológica, é fundamental coletar dados, inicialmente, através de uma inspeção visual, de forma a identificar os sintomas observados, sua localização e sua intensidade (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Como se nota na Figura 1, algumas manifestações externas apresentam maior incidência, mas este fato não reflete diretamente no grau de significância do problema do ponto de vista das consequências quanto ao seu comprometimento estrutural e quanto ao seu custo de correção (HELENE, 1992).

Figura 1 - Distribuição relativa da incidência das manifestações patológicas



Fonte: Helene (1992).

3.1.2 Mecanismos envolvidos nos fenômenos

Através de uma análise completa dos dados obtidos de uma determinada manifestação patológica em uma edificação, é possível identificar os mecanismos que originaram o seu aparecimento (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

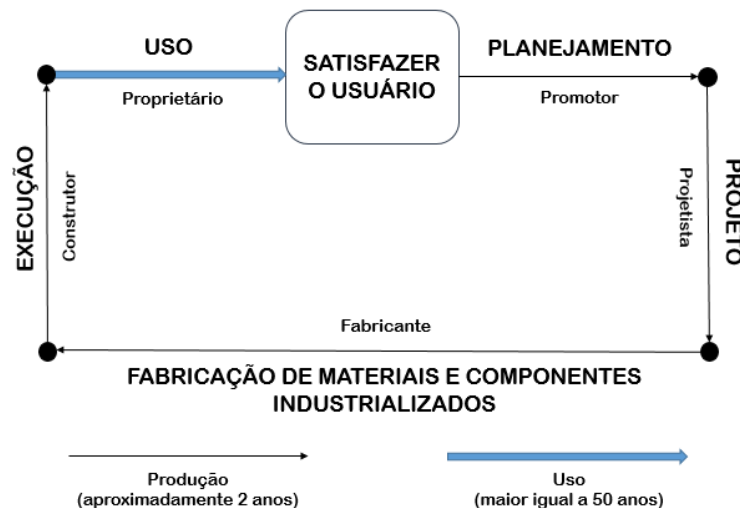
Helene (1992) afirma que todo problema patológico ocorre a partir de um processo, de um mecanismo de alguma natureza, e que para escolher uma terapêutica adequada é de extrema importância conhecer o mecanismo do fenômeno envolvido.

3.1.3 Origens e Causas

Segundo Souza e Ripper (1998), o surgimento dos problemas patológicos indica, de maneira geral, a existência de falhas durante a execução e o controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil.

Helene (1992) afirma que este processo pode ser dividido em cinco grandes etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes industrializados, execução propriamente dita e uso, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Etapas de produção e uso das obras civis



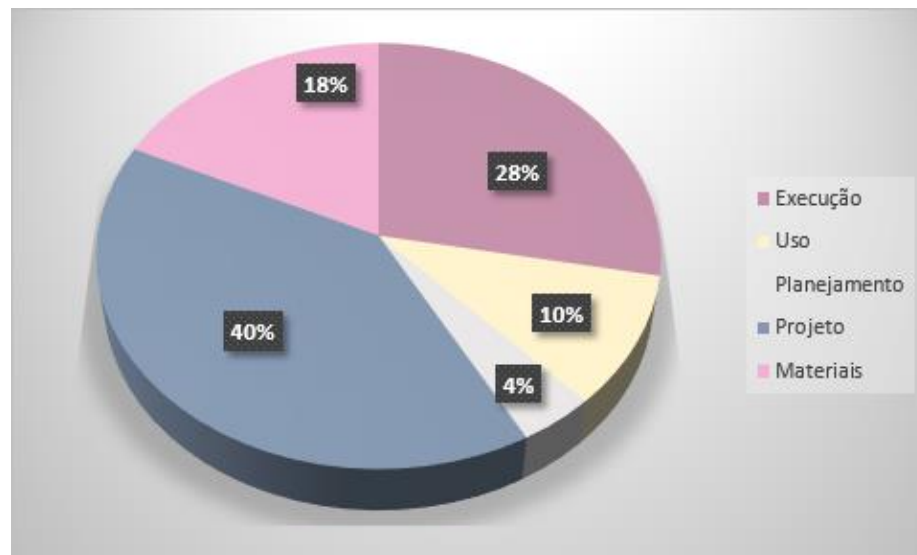
Fonte: Helene (1992).

De forma geral, as manifestações patológicas não são originadas por fatores isolados, mas por influência de um conjunto de variáveis que podem se classificar segundo o seu processo

patológico, seus sintomas, a causa geradora do problema e a etapa do processo produtivo em que ocorrem (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Helene (1992), é importante ressaltar que a determinação da origem da patologia possibilita a identificação, para fins judiciais, do responsável pela falha. Como se pode observar na Figura 3, a grande maioria das origens das manifestações patológicas ocorre nas primeiras etapas da obra, referentes às fases de projeto e planejamento. Isso se dá, segundo Vitório (2003), devido à falta de investimento dos proprietários em projetos mais elaborados, implicando na necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente em problemas funcionais e estruturais.

Figura 3 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Helene (1992).

Para diminuir ou eliminar os problemas patológicos em uma construção é necessário desenvolver um maior controle de qualidade nas etapas do processo, além de abordar a manutenção do mesmo como um dos fatores relevantes a ser considerado (OLIVEIRA,2013).

Além de identificar as origens do problema patológico, também é necessário conhecer a sua causa. De acordo com Iantas (2010), os principais agentes causadores são as cargas, a variação de umidade, as variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, a ação de agentes biológicos, a incompatibilidade de materiais, os agentes atmosféricos, entre outros.

O conhecimento das origens e causas do processo patológico é fundamental, não apenas para que se possa determinar a terapêutica adequada, mas também para garantir que, depois de reparada, a estrutura não volte a se deteriorar (SOUZA; RIPPER, 1998)

3.1.4 *Desempenho, vida útil e durabilidade*

Segundo a Norma Brasileira 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – O Desempenho de uma edificação consiste na “capacidade da estrutura de manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada”.

Pode-se observar que o conceito de desempenho está intimamente relacionado com o conceito de vida útil de uma edificação. A Norma Brasileira 15575-5/2013 – Edificações habitacionais - Desempenho – define Vida útil como o “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

Os problemas patológicos apresentados por uma edificação normalmente estão relacionados à queda de desempenho da estrutura, que ocorre a partir dos danos e vícios construtivos que surgem no decorrer do seu tempo de uso (DO CARMO, 2003 *apud* ZUCHETTI, 2015).

Uma condição importante para que uma edificação possa alcançar a vida útil para a qual foi projetada é manter adequado o uso e manutenção da mesma (IANTAS, 2010). Segundo Tutikian e Pacheco (2013), as edificações são constituídas de matérias que, ao serem expostas às condições de ambiente e serviço, envelhecem e se desgastam com o passar dos anos, podendo este processo ser agravado pela falta de manutenção da estrutura. Desta forma, pode-se concluir que a vida útil de uma estrutura está diretamente ligada a durabilidade da mesma.

A Norma Brasileira 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento – conceitua que a durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

A elaboração de uma construção durável resulta na adoção de um conjunto de decisões e procedimentos cuja finalidade é garantir à estrutura e aos materiais que a constituem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (HIRT, 2014).

É fundamental que as edificações desempenhem estas funções, pois, desta forma, o material consegue suportar o processo de deterioração ao qual venha a ser submetido, sem que provoque o surgimento de problemas patológicos na estrutura (IANTAS, 2010).

3.1.5 *Diagnóstico e Prognóstico*

Segundo Tutikian e Pacheco (2013), o diagnóstico de uma patologia não pode ser realizado de maneira imediatista, mas deve ser fruto de uma análise que considera todo o processo de evolução do caso, visto que uma manifestação pode se apresentar de maneiras distintas durante cada fase do mesmo.

3.1.5.1 *Diagnóstico Preliminar*

A palavra diagnóstico tem a sua origem no grego *diagnosticu* – *dia* = “através de, durante, por meio de” + *gnosticu* = “alusivo ao conhecimento de” – e significa conhecimento (efetivo ou em confirmação) sobre algo, ao momento do seu exame; ou a descrição minuciosa de algo, feita pelo examinador, classificador ou pesquisador (SILVA, 2011)

Conforme Mazer (2012), diagnosticar uma patologia é definir as causas do mecanismo de sua formação e da gravidade potencial da manifestação patológica, a partir da análise dos sintomas e na eventual realização de ensaios e estudos específicos.

Para que o diagnóstico seja adequado e completo é necessário que cada aspecto do problema patológico seja esclarecido, a saber, dos sintomas, mecanismo, origem, causas e consequência do evento (HELENE, 1992).

Segundo Tutikian e Pacheco (2013), o diagnóstico sempre apresentará um grau de incerteza, podendo a sua eficácia ser apenas comprovada através da resposta satisfatória da estrutura ao tratamento escolhido. Desta forma, a inspeção é uma etapa crucial para uma melhor formulação do parecer técnico e, conseqüentemente, do diagnóstico da estrutura.

Apesar disso, em alguns casos, para elaborar um diagnóstico preciso, faz-se necessário a realização de ensaios destinados a fornecer informações relacionadas às condições de resistência e ruptura de componentes da estrutura vistoriada. Entre esses ensaios podem ser destacados a esclerometria, a verificação da carbonatação e de teor de cloreto no concreto, a

determinação do potencial de corrosão, amostras de armadura retiradas da estrutura, a ultrassonografia, a prova de carga, entre outros (VITÓRIO, 2003).

3.1.5.2 Prognóstico

Segundo Silva (2011), a palavra prognóstico tem origem no latim *prognosticu* – *pro* = “antecipado, anterior, prévio” + *gnosticu* = “alusivo ao conhecimento de” – e significa juízo médico, baseado no diagnóstico e nas possibilidades terapêuticas acerca da duração e evolução de uma doença; ou predição, agouro, presságio, relativos a qualquer assunto.

Tutikian e Pacheco (2013), conceituam prognóstico como um levantamento das hipóteses de evolução do problema, necessário para a definição da conduta que deve ser seguida após o estabelecimento do diagnóstico da “enfermidade” em questão.

Para que se possa decidir a respeito de uma intervenção ou não de um problema patológico são levantadas hipóteses de evolução futura do problema a partir do seu diagnóstico, baseando-se em dados fornecidos pela tipologia do problema, seu estágio de desenvolvimento, as características gerais da edificação e as condições de exposição a que está submetido (OLIVEIRA, 2013).

De forma geral, é comum dividir as considerações a respeito do problema em dois tipos: as que afetam as condições de segurança da estrutura (associadas ao estado de limite único) e as que comprometem as condições de serviço e funcionamento da construção (associadas aos estados limites da utilização) (HELENE, 1992).

A partir dessa divisão, é possível definir qual a melhor metodologia a ser seguida na intervenção do problema. O objetivo desta intervenção poderá ser: erradicar a enfermidade, impedir ou controlar sua evolução, não intervir, estimar o tempo de vida da estrutura, limitar sua utilização ou indicar sua demolição (VIEIRA, 2016). Sendo esta última ação indicada apenas em casos onde não houver alternativa.

De acordo com Oliveira (2013), o levantamento das alternativas de intervenção é realizado a partir da consideração de 03 (três) parâmetros básicos, sendo eles o grau de incerteza sobre seus efeitos, a relação custo/benefício e a disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços.

Este grau de incerteza está diretamente ligado ao diagnóstico que foi formulado, visto que o mesmo está fundamentado em informações passíveis de erros. Já a relação custo/benefício se relaciona ao confronto estabelecido entre os benefícios alcançados na obtenção do desempenho requerido e o custo desta operação. Além dessas considerações, também deve ser

realizado um levantamento sobre as tecnologias que serão executadas, visto que, em caso do emprego de uma técnica incompatível ao problema ou em caso de falhas durante o serviço, o mesmo pode se agravar e tornar-se irreversível (OLIVEIRA, 2013).

Cabe ao profissional apresentar também um prognóstico explicando as consequências que podem surgir caso não sejam efetuadas as medidas corretivas propostas para a eliminação do problema. Desta forma, se faz fundamental a indicação de quais são estas medidas, contemplando a terapia adequada a ser executada (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

3.1.6 *Terapia*

Após as etapas de definição do diagnóstico e prognóstico, parte-se para a fase da elaboração de intervenções viáveis e da determinação da terapia que poderá ser seguida para a resolução do problema (LAPA, 2008).

Segundo Helene (1992) cabe à terapia estudar a correção e a solução dos problemas patológicos. Para que essas medidas obtenham êxito, é necessário que o diagnóstico da questão tenha sido bem conduzido.

A definição da conduta a ser seguida tanto pode incluir pequenos reparos localizados, quanto uma recuperação generalizada da estrutura. Em todos os casos é sempre recomendável que, após qualquer uma das intervenções citadas, sejam adotadas medidas de proteção da estrutura, através de um programa de manutenção periódica (HELENE, 1992).

Segundo Lapa (2008), estas intervenções podem ser realizadas através de 03 (três) ações. A primeira delas é a reparação da estrutura, que é utilizada onde há necessidade de correção de pequenos danos. A segunda corresponde à recuperação da estrutura, de forma a devolver à estrutura o desempenho original perdido. Por fim, também podem ser realizados reforços em casos onde a finalidade for aumentar o desempenho do elemento.

Para a escolha dos materiais e das técnicas utilizadas nestes procedimentos, é necessário observar o diagnóstico do problema, as características da região que será corrigida e as exigências de funcionamento do elemento que será objeto da correção (HELENE, 1992).

3.2 PATOLOGIA NO CONCRETO ARMADO

Segundo a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – as estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas de forma a conservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante a sua vida útil.

Por se tratar de um material não inerte, o concreto armado está sujeito a sofrer mudanças ao longo do tempo devido a interações entre seus elementos construtivos (cimento, areia, brita, água e aço) com aditivos ou agentes externos (ácidos, gases, sais, entre outros). (LAPA, 2008).

As mudanças causadas por essas interações caracterizam anomalias, conhecidas como manifestações patológicas, que apresentam sintomas indicando que a estrutura está “doente”. Vitório (2003) afirma que um dos sintomas mais comuns é o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas, que correspondem a aberturas de espessuras distintas que podem aparecer de maneira expressiva ou em forma de linha na superfície de qualquer material sólido.

Para Olivari (2003), além dessas aberturas, estão entre os sintomas mais comuns dos problemas patológicos nas edificações o esmagamento do concreto, a corrosão de armadura, a ruptura do concreto, as manchas e sua desagregação.

Como já foi discutido na subseção anterior, é necessário conhecer os sintomas apresentados na estrutura para que se possa determinar as causas, as origens e os mecanismos envolvidos em uma manifestação patológica, para que, desta forma, o problema seja diagnosticado adequadamente, visto que, segundo Lapa (2008), diversas vezes essas anomalias, comprometem o desempenho da estrutura e provocam efeitos estéticos indesejáveis.

Ao processo capaz de comprometer o desempenho de uma estrutura ou material se dá o nome de deterioração. A ciência do diagnóstico de patologia em edificações se preocupa em estudar a ocorrência deste processo em dois campos principais: a deterioração dos materiais e a deterioração da edificação em si. (HARRIS, 2001 *apud* HIRT, 2014)

3.2.1 Mecanismo de deterioração e envelhecimento do concreto

O conjunto de deterioração ao qual está exposta uma edificação gera diferentes tipos de anomalias. Essas anomalias podem ter diversas causas, como o envelhecimento natural da edificação, acidentes e irresponsabilidades profissionais (VIEIRA, 2016).

Segundo a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – devem ser considerados, ao menos, os mecanismos de envelhecimento e deterioração da estrutura de concreto relativos ao próprio concreto, à armadura e à estrutura propriamente dita.

3.2.1.1 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto

Os principais mecanismos causadores da deterioração do concreto podem ser classificados de acordo com sua natureza, dividindo os processos em mecânico, físico, químico, biológico e eletromagnético. Na realidade, a deterioração resulta, muitas vezes, da combinação de diversos fatores internos e externos (LAPA, 2008).

Conforme a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – a deterioração relativa ao concreto pode ser resultado de 03 (três) processos distintos: lixiviação, expansão por sulfato e reação álcali-agregado.

a) Lixiviação

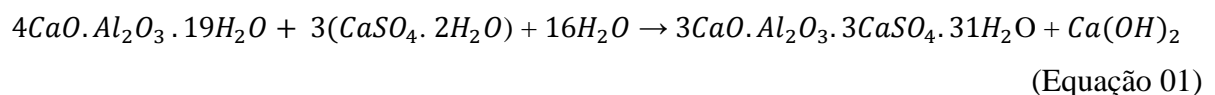
A lixiviação trata de um processo físico-químico que ocorre por ação de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas, entre outras. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), em casos onde a pasta de cimento sofre a ação de águas puras da condensação de neblina ou vapor, estas tendem a hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio, visto que podem conter pouco ou nenhum íon de cálcio. Este processo acarreta na perda de resistência do concreto e no surgimento de crostas esbranquiçadas de carbonato de cálcio na superfície, fenômeno conhecido como eflorescência.

Em outros casos, esses ataques podem ocorrer através da ação de ácidos e da água do mar, dissolvendo e removendo parte da pasta de cimento Portland endurecido (LAPA, 2008).

b) Expansão por sulfato

Consiste em um processo físico-químico que se dá pela expansão por ação de águas ou solos contaminados com sulfatos. Segundo Lapa (2008), esses compostos são potencialmente danosos ao concreto, sendo os sulfatos de sódio e cálcio mais comuns em solos, águas e processos industriais.

Segundo Olivari (2003), o sulfato de cálcio, por exemplo, encontrado principalmente em localidades costeiras, reage com o aluminato tricálcio hidratado e forma um sal conhecido como Candlot ou Etringita ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$), conforme demonstrado na Equação 01.



A Etringita possui um coeficiente de expansão de ordem de 300% e o seu mecanismo de ação química favorece o surgimento de fissuras na estrutura, pois acarreta na ocorrência de áreas com coeficientes distintos de expansão (OLIVARI, 2003).

c) Reação álcali-agregado (RAA)

A reação álcali-agregado (RAA) é conceituada pela NBR 15577-1/2008 (p. 2) – Agregados – Reatividade álcali-agregado – como uma “reação química entre alguns constituintes presentes em certos tipos de agregados e componentes alcalinos que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto”.

As reações químicas ocasionadas entre estes componentes provocam um aparecimento de um gel expansivo que fissa o concreto. Este mecanismo está condicionado ao contato do cimento e do agregado reativo com a água, simultaneamente (OLIVARI, 2003).

3.2.1.2 *Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura*

O concreto confere ao aço duas formas de proteção, visto que atua como uma barreira física que o separa do meio ambiente e, devido a sua elevada alcalinidade, permite a formação da chamada camada de passivação. Esta camada protetora consiste em uma película fina de óxido de ferro (Fe_2O_3) na superfície do aço logo após o início da hidratação do cimento (FERREIRA, 2000).

Quando ocorre a penetração de substâncias agressivas no concreto, modificando suas condições de serviço, a película passivante rompe e inicia-se o processo de corrosão das armaduras (LAPA, 2008).

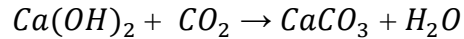
As causas mais recorrentes que possibilitam que a armadura seja atingida por estes elementos agressivos são a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento do mesmo (VITÓRIO, 2003).

Conforme a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – a deterioração relativa à armadura corresponde ao processo de despassivação da mesma que pode ocorrer através de 02 (dois) processos distintos: a carbonatação e ação de cloretos.

a) Despassivação por carbonatação

Segundo Ferreira (2000), a carbonatação é o processo pelo qual minerais do cimento hidratado reagem com o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera, principalmente com

o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), formando o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), conforme demonstrado na equação 02.



(Equação 02)

A formação do carbonato de cálcio a partir do hidróxido de cálcio é uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto, visto que trata da transformação de um elemento de pH alto em um elemento que possui um pH mais neutro. Essa perda de pH do concreto representa um grande risco, pois em seu ambiente alcalino – pH variando entre 12 e 13 -, as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, quando este PH encontra-se abaixo de 9,5, inicia-se o processo de formação de células eletroquímicas de corrosão (VITÓRIO, 2003).

De acordo com Lapa (2008), quando o aço entra em processo de corrosão ocorre uma diminuição da sua seção ou o mesmo converte-se totalmente em óxido, acarretando na redução da aderência aço/concreto e, conseqüentemente, na perda da capacidade estrutural do elemento de concreto.

A velocidade com a qual esse processo se desenvolve depende da estrutura, do teor de umidade e da umidade relativa nas imediações da estrutura. Desta forma, pode-se afirmar que a carbonatação é diretamente influenciada pela concentração de CO_2 no ar, pelo tipo de cimento utilizado e pela razão água/cimento utilizada na dosagem do concreto (FERREIRA, 2000).

As medidas preventivas para este processo, segundo a NBR 6118, consistem em dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto. Para a norma, a utilização de um concreto de baixa porosidade, a realização de um revestimento adequado das armaduras e o estabelecimento de um maior controle de fissuração, são medidas que podem minimizar este efeito.

Atualmente, existem diversos métodos laboratoriais para a determinação da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto. Um método simples e comumente utilizado para avaliar a carbonatação em um elemento de concreto armado, resulta da aplicação de fenolftaleína diluída em álcool na superfície exposta do mesmo. O hidróxido de cálcio livre reage tornando-se cor de rosa, enquanto as partes já carbonatadas permanecem incolores (FERREIRA, 2000).

Desta forma, para que o problema possa ser diagnosticado e tratado, deve-se estar atento aos sinais dados pela estrutura que se relacionam a este processo, sendo os mais comuns o surgimento de fissuras e o desprendimento da camada de cobrimento (VITÓRIO, 2003).

b) Despassivação por ação de cloretos

A ação dos íons cloretos é apontada como uma das principais causas do processo de corrosão das armaduras de concreto. O contato desses íons com o concreto pode ocorrer de diversas formas, como o uso de aceleradores de endurecimento que contêm $CaCl_2$, o contato com a água do mar ou maresia e através de processos industriais (LAPA, 2008).

Segundo Souza e Ripper (1988), os cloretos também podem ser involuntariamente adicionados ao concreto a partir da utilização de agregados e águas contaminadas, de ácido muriático em tratamentos de limpeza e da penetração no concreto, devido a sua estrutura porosa.

Esta penetração tem relação direta com a qualidade do concreto utilizado na obra e com a presença de fissuras no elemento, sendo a velocidade do processo dependente da sua abertura (LAPA, 2008).

A NBR 6118/2014 (p. 16) conceitua a despassivação por ação de cloretos como a “ruptura local da camada de passivação, causada por elevado teor de íon-cloro”. Segundo Souza e Ripper (1988), este íon tem a capacidade de romper a camada óxida protetora da armadura e corroê-la. Por isso, a presença de Cl^- é limitada, na maioria dos regulamentos, a 0,4% do peso do cimento, tornando não recomendável a utilização de concretos com dosagens de cloretos superiores a esta.

Os métodos utilizados para determinar o teor de cloreto no concreto podem ser realizados através da medição da relação de cloretos totais/livres e da medição da relação cloretos fixos/livres. O cloreto livre está presente na solução intersticial, sendo considerado de fácil extração. Já o cloreto fixo é absorvido pelas paredes dos poros, fazendo uma ligação química com a matriz cimentícia, originando os cloro-aluminatos (FERREIRA, 2000).

Para realizar estas medições é necessário retirar uma amostra de pó do concreto em diferentes profundidades da estrutura. A análise quantitativa do material pode ser feita quimicamente ou através de análise de fluorescência de Raio-X (FIGUEIREDO, 2005 *apud* LAPA, 2008).

Estes ensaios são altamente recomendados, visto que a utilização de concreto com cloretos, além de acelerar o processo de corrosão em casos de cobrimento pouco espessos, pode

resultar em corrosão eletrolítica em peças estruturais que encontram-se próximas a correntes elétricas de alta tensão (SOUZA; RIPPER, 1998).

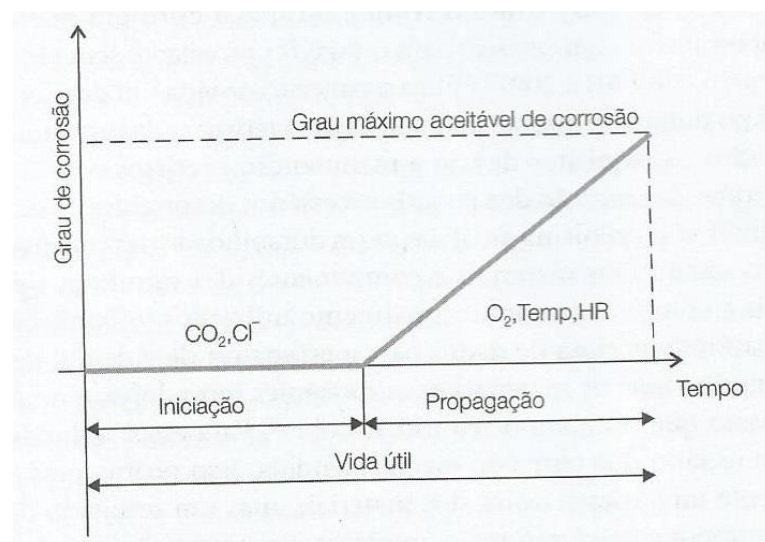
A NBR 6118 recomenda o uso de concreto de pequena porosidade, o uso de cimento composto com adição de escória ou material pozolânico, além do controle de fissuração e a realização do cobrimento adequado das armaduras, como alternativas de medidas preventivas para dificultar o ingresso destes agentes agressivos ao interior do concreto.

3.2.1.2.1 Modelo de Corrosão: Diagrama de TUUTTI

Usualmente, os modelos matemáticos relacionados à vida útil que se associam no fenômeno da corrosão se baseiam no modelo proposto por Tuutti (1982). Este modelo, na sua forma original, apresenta duas fases: a de iniciação e a de propagação da corrosão (FIGUEIREDO; MEIRA, 2013).

Segundo Polito (2006), o período de iniciação corresponde ao tempo em que os agentes agressivos levam para alcançar a armadura e despассивá-la. Já o período de propagação está relacionado ao tempo de desenvolvimento da deterioração até um limite inaceitável, conforme representado na Figura 4.

Figura 4 - Representação esquemática do modelo de vida útil de estruturas de concreto armado proposto por Tuutti



Fonte: Ribeiro *et al.* (2014)

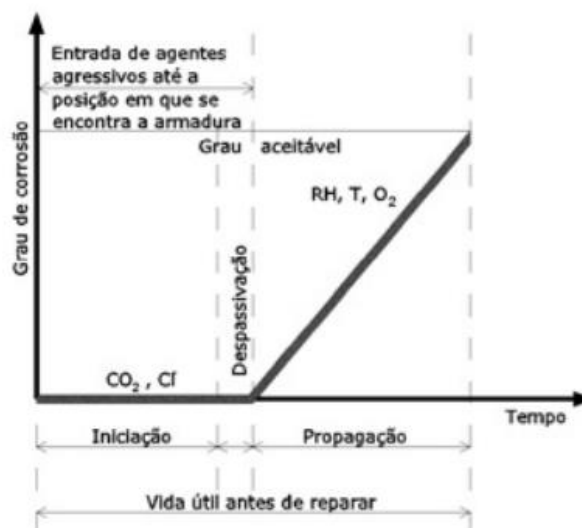
A primeira fase do modelo depende das características de agressividade do meio ambiente ao qual a estrutura está exposta e das características dos materiais envolvidos no

processo, como o tipo do cimento e do aço. Na segunda fase existe uma relação com desenvolvimento das reações de corrosão, visto que podem ser mais ou menos rápidas em função de variáveis que controlam a cinética das reações, como a disponibilidade de oxigênio, a temperatura, a resistividade do meio, entre outros (FIGUEIREDO; MEIRA, 2013).

Ribeiro *et al.* (2014) afirma que os danos apresentados no primeiro período pela estrutura são geralmente imperceptíveis, mas no período de propagação pode ocorrer o surgimento de fissuras, devido a formação de óxidos ocasionados pelo processo corrosivo das armaduras e da, conseqüente, redução da seção das mesmas, o que acelera ainda mais o processo de deterioração.

Considerando que as reações eletroquímicas envolvidas no momento de despassivação do aço demandam certo tempo para a corrosão ocorrer de forma consistente, Figueiredo e Meira (2013) propuseram um modelo adaptado ao de Tutti, respeitando este período necessário para despassivação, passando o modelo a ser dividido em três fases: a de iniciação, a de passivação e a de propagação, conforme Figura 5.

Figura 5 - Modelo Tuutti para corrosão de armaduras - modelo ajustado



Fonte: Figueiredo e Meira (2013)

3.2.1.3 Mecanismos preponderantes de deterioração da estrutura propriamente dita

De acordo com a NBR 6118/2014 (p. 16) – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – os mecanismos que provocam a deterioração da estrutura propriamente dita são “todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos,

ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, bem como as diversas ações que atuam sobre a estrutura”.

a) Movimentações térmicas

As variações de temperaturas sofridas diariamente pelos componentes de uma edificação provocam alterações na sua volumetria, resultando em movimentos de dilatação e contração (OLIVARI, 2016).

Se estas contrações e dilatações são restringidas, e a resistência do concreto for menor que as tensões de tração resultantes, poderão ocorrer fissuras. Isto ocorre, pois, ao sofrerem variações brusca de temperatura, a temperatura da superfície se ajusta rapidamente, enquanto a do interior se ajusta lentamente. Os efeitos visuais típicos deste processo são os destacamentos do concreto causado pelos choques térmicos e o levantamento dos cantos dos pavimentos (FERREIRA, 2000).

b) Deformação por retração e fluência

O concreto pode estar sujeito a condições de secagem ambiental como a carregamentos constantes, refletindo em variações volumétricas que estão relacionadas com a remoção de água da pasta de cimento. Nos casos onde a umidade ambiental está abaixo do nível de saturação, ocorre uma deformação denominada de retração por secagem. Este fenômeno independe da ação do carregamento e tem como principal causa a perda de água da pasta de cimento (LAPA, 2008).

A retração provoca uma diminuição do volume de concreto e como as peças estruturais são impedidas de movimentarem-se, visto que estão interligadas entre si e com a fundação, ocorrem tensões de tração no concreto. Se estes esforços forem superiores à resistência à tração surgirão fissuras na estrutura (OLIVARI, 2003)

De acordo com Olivari (2003), existem mais 02 (dois) tipos de retração: a retração química, provocada pela redução de volume da água quando reage com o cimento, e a retração térmica, ocasionada pelo aumento de temperatura do concreto na hidratação do cimento e posterior resfriamento do mesmo até atingir a temperatura ambiente.

Ferreira (2000) ainda acrescenta a retração por carbonatação, que é provocada pela reação do dióxido de carbono com os produtos hidratados. Este processo difere da retração seca, pois acarreta no aumento da pasta de cimento, e conseqüentemente, do concreto.

Já em casos onde houver um carregamento contínuo mantido ao longo do tempo acarretando em perda de água, ocorre uma deformação conhecida como fluência, esta pode acontecer por meio de compressão, tração ou cisalhamento. Este fenômeno existe sob duas formas: a fluência básica e a fluência por secagem, que ocorre quando há troca de umidade para o ambiente externo. Portanto, observa-se que um dos fatores externos mais importantes neste processo é a umidade relativa do meio envolvente, sendo a fluência tanto maior, quanto menor for a umidade relativa (HASPARYK *et al.*, 2005 *apud* LAPA, 2008).

c) Ondas de choque (Impactos)

Devido à natureza heterogênea do concreto, este está suscetível ao destacamento quando sujeito a ondas de choque. Esse destacamento é ocasionado pelas diferentes velocidades de transmissão com que as ondas atravessam os diferentes materiais que o compõe (FERREIRA, 2000).

Este tipo de impacto pode acontecer em lugares onde houve a ocorrência de terremotos ou através de forças de compressão exercidas por equipamentos nas fundações que os sustentam. Também pode ser gerado através de tensões provocadas durante um bombardeamento, em cravações de estacas, no manuseamento de peças pré-fabricadas, entre outras causas (GREEN, 1964 *apud* FERREIRA 2000).

3.2.2 *Diagnóstico em estruturas de concreto armado*

Em geral, os problemas patológicos são evolutivos, apresentando uma tendência a se agravar com o passar do tempo. É possível afirmar que quanto mais cedo as correções devidas forem executadas, mais baratas, fáceis e duráveis serão (HELENE, 1992). Desta forma, é fundamental estabelecer um diagnóstico preciso, informando o tipo de manifestação patológica, o grau de periculosidade e a urgência dos reparos necessários.

Para definir o grau de periculosidade e a urgência do problema em uma análise de fissuração em uma edificação, por exemplo, deve-se proceder à sua classificação e determinar se o processo encontra-se estabilizado ou se as causas ainda atuam sobre a peça (OLIVARI, 2003).

A classificação de uma fissura pode ser feita através da espessura da sua ruptura, conforme especificado no Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de fissuras

Classificação	Espessura
Fissura capilar	Menor que 0,2 mm
Fissura	0,2 mm a 0,5 mm
Trinca	0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	1,5 mm a 5 mm
Fenda	5 mm a 10 mm
Brecha	Maior que 10 mm

Fonte: Olivari (2003)

Segundo Vitório (2003), tais aberturas também podem ser classificadas como ativas ou passivas, sendo as passivas aquelas que, ao chegarem à sua amplitude máxima, estabilizam-se devido ao equilíbrio dos esforços mecânicos, e as ativas aquelas que são produzidas por ações de magnitude variáveis, provocando deformações diárias e sazonais também variáveis no concreto.

É importante compreender a fissuração em edificações, visto que o processo é, muitas vezes, um aviso de um eventual estado perigoso para estrutura, alertando quanto ao comprometimento do desempenho da obra em serviço (THOMAZ, 1989).

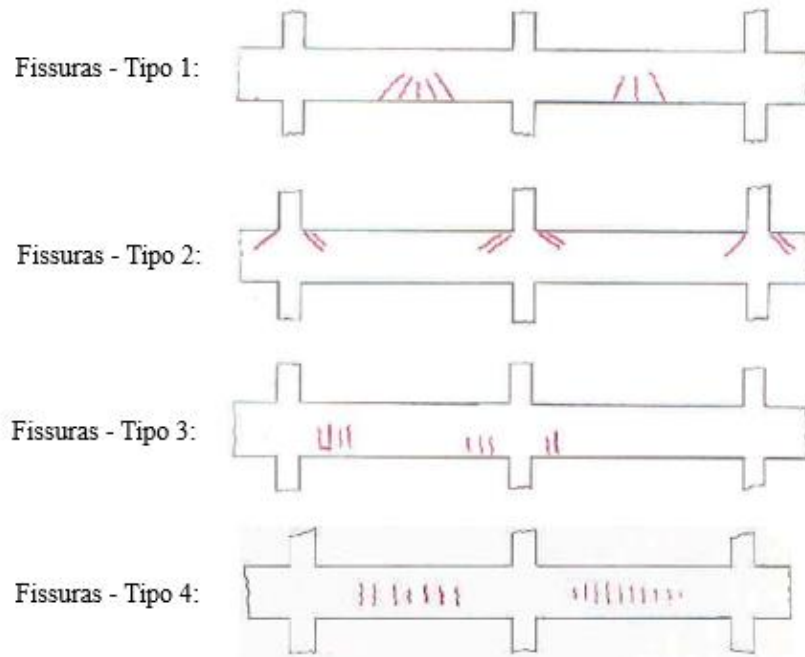
Para estabelecer diretrizes para este trabalho, serão abordados a seguir manifestações típicas relacionadas ao processo de fissuração em concreto armado e seus respectivos diagnósticos.

3.2.2.1 Fissuras em vigas

As fissuras ocasionadas pela flexão de vigas ocorrem perpendicularmente às trajetórias dos esforços principais de tração, sendo praticamente verticais no terço médio do vão e apresentando aberturas maiores em direção à face inferior da viga. A localização, número, extensão e abertura das fissuras estão relacionadas às características geométricas da peça, às propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a constituem e ao estágio de solicitação da carga (THOMAZ, 1989).

As manifestações típicas ocasionadas por este processo podem ser observadas na Figura 6.

Figura 6 - Fissuras de flexão de vigas



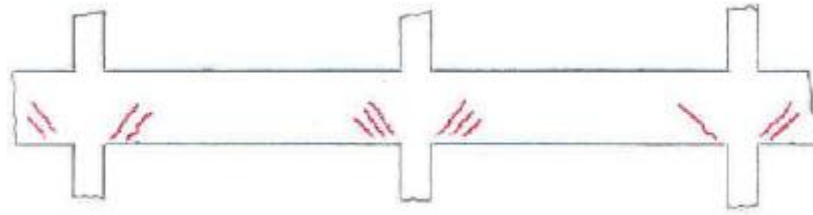
Fonte: Olivari (2003).

As fissuras do tipo 1 podem ser ocasionadas por meio de sobrecargas não previstas no cálculo estrutural e pela insuficiência de armadura longitudinal positiva ou de ancoragem referente a ela. Já as fissuras do tipo 2 ocorrem por causas semelhantes às do tipo 1, mas estão relacionadas as armaduras longitudinais negativas (OLIVARI, 2003).

O aparecimento de fissuras do tipo 3 podem ocorrer após o deslizamento da armadura longitudinal por falta de aderência. Além disso, também podem ser causadas por sobrecargas não previstas, pela ancoragem insuficiente das armaduras e pelo uso de concreto de resistência inadequada. Já o surgimento das do tipo 4 podem estar relacionadas à secagem prematura do concreto (cura inadequada), à razão água/cimento inadequada, à contração térmica devido a diferenças de temperatura e ao adensamento inadequado (OLIVARI, 2003).

Segundo Thomaz (1989), as fissuras também podem ocorrer em vigas solicitadas à flexão quando estiverem deficientemente armadas ao cisalhamento, provocando inicialmente o seu surgimento apenas nas proximidades dos apoios, conforme Figura 7.

Figura 7 - Fissuras de cisalhamento



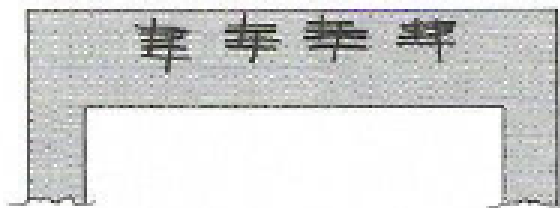
Fonte: Olivari (2003)

Outras causas apontadas como prováveis para este evento são a insuficiência de estribos ou o seu mau posicionamento, o uso de concreto de resistência inadequada e a ação de sobrecargas não previstas (HELENE, 1992).

3.2.2.2 Esmagamento do concreto em vigas

De acordo com Thomaz (1989), a execução de vigas superarmadas pode acarretar no surgimento de trincas na zona comprimida da viga, caracterizando o esmagamento do concreto. A manifestação típica deste processo é ilustrada na figura 8.

Figura 8 - Esmagamento do concreto



Fonte: Helene (1992)

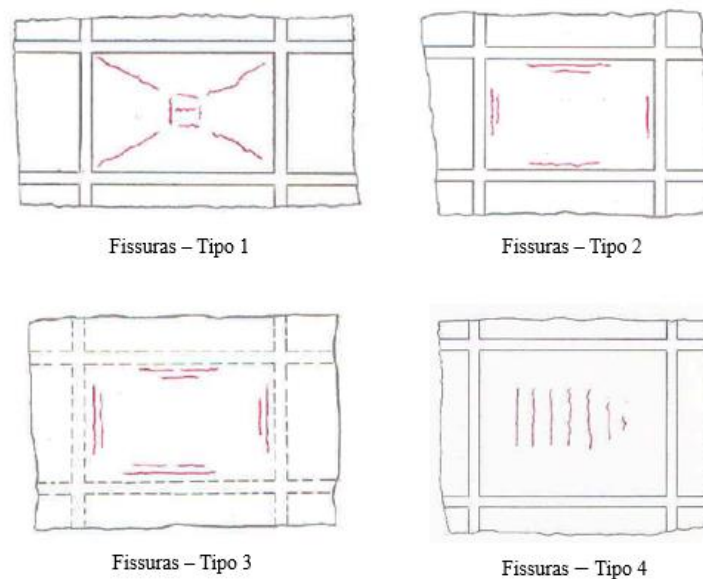
Além disso, o processo de esmagamento do concreto também pode ser ocasionado devido às sobrecargas não previstas no cálculo da estrutura e à utilização de concreto de resistência inadequada (HELENE, 1992).

3.2.2.3 Fissuras em lajes

O surgimento de fissuras em lajes pode apresentar aspectos que variam conforme as condições de contorno da laje (apoio livre ou engastado), a relação entre comprimento e largura, o tipo de armação e a natureza e intensidade da solicitação (THOMAZ, 1989).

As manifestações típicas referentes a este processo podem ser observadas na Figura 9.

Figura 9 - Fissuras em lajes



Fonte: Olivari (2003)

As fissuras do tipo 1 podem ocorrer na face inferior da laje pela desforma precoce ou pela ação de sobrecargas não previstas. Além disso, essas fissuras também surgem devido ao comprimento de ancoragem insuficiente e a armação insuficiente ou mal posicionada (HELENE, 1992).

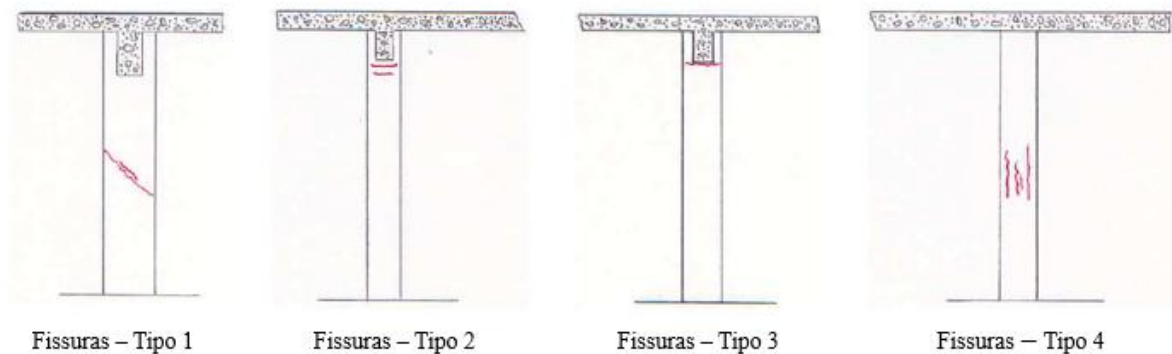
Outras manifestações que também podem ocorrer na face inferior da laje são as do tipo 2. Este processo pode ser ocasionado devido à espessura insuficiente do concreto ou à sobrecargas acima do previsto no cálculo estrutural. Já o surgimento das fissuras do tipo 3 ocorre na face superior da laje, devido à sobrecargas não previstas ou à insuficiência ou mal posicionamento da armação negativa (OLIVARI, 2003).

Segundo Helene (1992), as fissuras do tipo 4 são relativas ao processo de retração hidráulica e contração térmica, cujas possíveis causas podem ser: a cura ineficiente do concreto, o excesso de água de amassamento, a proteção ineficiente ou o excesso de calor de hidratação.

3.2.2.4 Fissuras em pilar

De acordo com Thomaz (1989), o surgimento de fissuras nos pilares pode se manifestar nas direções vertical, horizontal ou, até, ligeiramente inclinadas. Essas manifestações podem ocorrer de diversas formas, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Fissuras em pilar



Fonte: Olivari (2003)

A manifestação de fissura em pilar do tipo 1 pode ser causada devido a recalques de fundação, a ação de cargas superiores a prevista e a utilização de concreto de resistência inadequada (OLIVARI, 2003).

O segundo tipo de fissura pode ser causado pela utilização de fôrmas não estanques, pelo uso de concreto muito fluido, pela realização de concretagem simultânea dos pilares, vigas e lajes e pelo mau adensamento do concreto. Já as fissuras do tipo 3 podem ser ocasionadas pelo excesso de cimento (exsudação) ou nata no topo do pilar (HELENE, 1992).

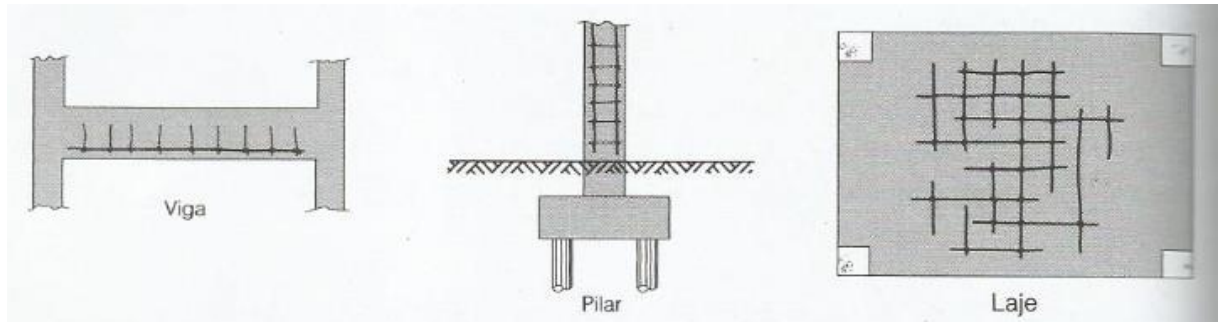
Segundo Thomaz (1989), as fissuras do tipo 4 ocorrem aproximadamente no terço médio da altura do pilar, em função da diferença entre os módulos de deformação do agregado e da argamassa intersticial, acarretando na formação de superfícies de cisalhamento paralelas a direção do esforço de compressão, indicando a insuficiência dos estribos.

3.2.2.5 Corrosão de armaduras

Nas reações de corrosão ocorre um processo de expansão devido a produção de óxido de ferro, cujo volume é consideravelmente maior do que o do metal original, provocando o fissuramento do concreto nas áreas próximas às armaduras (THOMAZ, 1989).

A manifestação típica ocasionada por este processo em vigas, pilares e lajes pode ser observada na Figura 11.

Figura 11 - Manifestação típica de corrosão de armaduras em elementos estruturais



Fonte: Helene (1992).

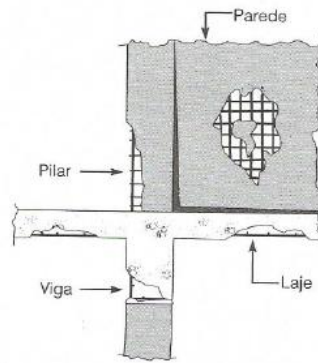
As causas prováveis referentes ao surgimento dessas fissuras podem estar relacionadas à utilização de concreto com alta permeabilidade ou com porosidade elevada, à realização de cobrimento insuficiente da armadura e à má execução do serviço (HELENE, 1992).

Outra manifestação relacionada à corrosão de armaduras ocorre através do aparecimento de manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas na superfície. Neste caso, o diagnóstico pode estar relacionado a presença de agentes agressivos (cloretos) impregnados na estrutura ou incorporados involuntariamente ao concreto (HELENE, 1992).

3.2.2.6 Ninhos de Concretagem

Segundo Zuchetti (2015), a formação de ninhos de concretagem é ocasionada devido ao efeito da expansão volumétrica do aço, gerado por produtos químicos, como o óxido ferroso, decorrentes da corrosão das armaduras. Essa expansão das barras acarreta em um quadro de fissuração, resultando na desagregação do concreto, conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Ninhos de concretagem



Fonte: Helene (1992).

3.3 TÉCNICA E PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Ao constatar que uma edificação apresenta problemas patológicos, torna-se imprescindível efetuar uma vistoria detalhada e cuidadosamente planejada para que a real condição da estrutura seja determinada (MAZER, 2012).

A realização de uma avaliação precisa da situação em que se encontra uma edificação e o estudo detalhado dos efeitos produzidos pelas manifestações patológicas presentes nela são fatores que interferem na qualidade dos serviços para a recuperação da mesma (MAZER, 2012).

Em estruturas de concreto armado, as condições de integridade dos elementos devem ser verificadas a partir de uma criteriosa inspeção. É necessário identificar todas as anomalias existentes e reunir os dados técnicos fundamentais para que o problema possa ser analisado, de forma a propor a terapêutica adequada (CARVALHO, 2009). Ou seja, a inspeção da estrutura deve possibilitar ao investigador a determinação da origem, do mecanismo e dos danos subsequentes, proporcionando uma avaliação e conclusão sobre as técnicas mais eficazes (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

3.3.1 Inspeção Visual

Carvalho (2009) conceitua inspeção visual como uma visita ao local objeto do estudo, cujo objetivo é delimitar a área estudada, detectar os tipos de manifestações patológicas presentes na edificação e definir os procedimentos técnicos fundamentais à análise das anomalias.

Segundo Mazer (2012), a inspeção visual é o primeiro ensaio não destrutivo a ser realizado em qualquer componente, visto que trata de um ensaio simples, de baixo custo operacional e que, de forma direta ou indireta, já faz parte de qualquer trabalho a ser efetuado.

O processo de inspeção deve possibilitar a identificação da forma como a manifestação patológica se apresenta, determinando se a mesma ocorre de maneira generalizada ou localizada. Deve-se observar e registrar os sinais aparentes de corrosão da armadura (manchas, extensão, grau de degradação, etc.), regiões de desprendimento do concreto com e sem exposição da armadura, degradação do concreto, fissuras (localização, direção, dimensão, abertura, etc.), assim como qualquer outra não conformidade julgada pertinente. Para isso, julga-se de alta importância a elaboração de um registro fotográfico amplo (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

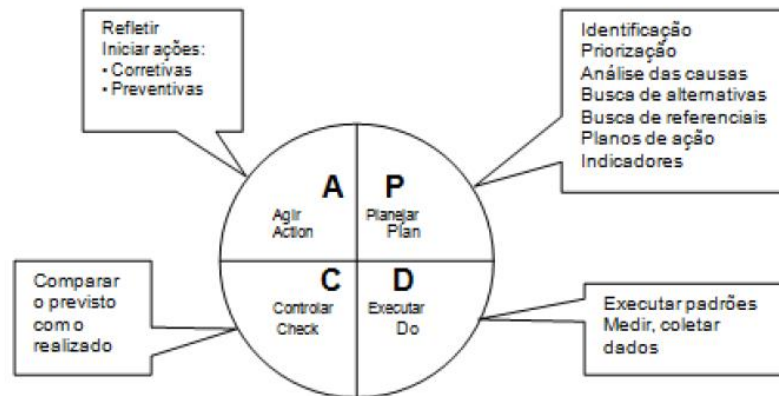
Segundo Carvalho (2009), existem outros procedimentos utilizados para o estudo da integridade dos elementos estruturais em concreto armado, como a determinação do potencial alcalino do concreto, a determinação dos teores de cloreto e sulfato no concreto e a determinação do potencial de corrosão. Porém, esses métodos não serão abordados nesta pesquisa.

3.4 MÉTODO GUT

Desenvolvido por Kepner e Tregoe na década de 1980, o método GUT surgiu da necessidade de resoluções de problemas complexos nas indústrias americanas e japonesas. (KEPNER; TREGOE, 1981 *apud* FÁVERI; SILVA, 2016).

Segundo Sotille (2014), este método complementa outras ferramentas da Gestão da Qualidade e está relacionado com o ciclo *PDCA*, sigla inglesa referente às ações: planejar (*Plan*), executar (*Do*), controlar (*Check*) e agir (*Act*), como demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - Ciclo PDCA



Fonte: Sotille (2014).

Proposta como uma ferramenta utilizada para definir prioridades dadas diversas alternativas de ação, a matriz GUT responde racionalmente às questões como: “O que deve ser feito primeiro?” ou “Por onde começar?”. A fim de responder essas perguntas, a ferramenta tem como objetivo ordenar a importância das ações, levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência do fenômeno, de forma a escolher a tomada de decisão mais favorável e menos prejudicial a situação (MEIRELES, 2001).

A principal vantagem de utilizar a Matriz GUT para fins de gerenciamento é que o auxílio oferecido ao gestor possibilita uma avaliação quantitativa dos problemas em estudo, tornando possível a priorização das ações corretivas e preventivas para o extermínio total ou parcial do problema (PERIARD, 2011).

Além disso, trata-se de um método de montagem simples e fácil implementação, que permite a alocação de recursos nos tópicos considerados mais importantes, contribuindo para elaboração de um planejamento estratégico capaz de se adequar a análise e classificação de qualquer matéria em diversas áreas (SOTILLE, 2014).

A aplicação deste método pode ser dividida em 04 (quatro) etapas simples: listar os problemas ou pontos de análise a serem sanados, pontuar cada problema de acordo com os parâmetros estabelecidos, classificar os problemas quanto a sua priorização, com base nos resultados na etapa anterior, e tomar as decisões estratégicas cabíveis (SOTILLE, 2014).

3.4.1 Parâmetros de avaliação

Após a etapa de listagem dos problemas presentes em determinado ambiente, é necessário analisá-los de acordo com os 3 (três) parâmetros propostos pelo método GUT. A

definição do conceito de cada um deles foi abordada por Meireles (2001), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros do Método GUT

Variável	Conceito
Gravidade	Considera a intensidade e a profundidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele
Urgência	Considera o tempo para a eclosão dos danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema
Tendência	Considera o desenvolvimento que o problema terá na ausência de ação

Fonte: Meireles (2001)

Na segunda etapa do método, atribui-se valores, em uma escala crescente de 1 a 5, às características de cada problema. Periard (2011) recomenda que a atribuição de valores seja definida através dos critérios propostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Critérios de Pontuação

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente
4	Muito grave	É urgente	Irá piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar

Fonte: Periard (2011)

A correta atribuição desses valores depende fundamentalmente do conhecimento técnico do gestor acerca de cada problema. Desta forma, apesar desta ferramenta poder ser aplicada individualmente, obtém-se um resultado mais fidedigno quando aplicado por meio de um grupo de especialista, julgando cada caso através do consenso lógico (SCARTEZINI, 2009 *apud* FÁVERI; SILVA, 2016).

3.4.2 Ordem de priorização

Para que a ordem de priorização possa ser estabelecida e as decisões referentes a resolução dos problemas possam ser tomadas, deve-se estabelecer um ranking com os resultados obtidos através da matriz.

O cálculo desses resultados, segundo Periard (2011), é realizado através da multiplicação dos parâmetros do método, como pode ser observado na simulação da Tabela 4.

Tabela 4 - Simulação de Matriz GUT

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	G x U x T	Prioridade
A	2	3	5	30	2
B	1	2	1	2	4
C	4	4	3	48	1
D	2	5	2	20	3

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

De acordo com o exemplo acima, o produto da multiplicação do problema “C” indica que este se apresenta como maior prioridade na ordem de resoluções, visto que, em comparação com as pontuações obtidas pelos demais problemas, “C” obteve o maior valor final.

4. METODOLOGIA

Na seção metodológica deve-se buscar expor os meios e as técnicas fundamentais para que os objetivos da pesquisa sejam alcançados. Deve-se relatar como a pesquisa será realizada, a “localidade” onde os dados ou informações serão obtidos, as ferramentas utilizadas na coleta, o período de observação ao objeto, assim como quando todas as ações cronologicamente planejadas serão realizadas (BEZZON, 2005).

Esta seção tem como objetivo descrever a tipologia desta pesquisa, os procedimentos metodológicos escolhidos, os instrumentos utilizados e a Instituição de Ensino Superior que será objeto do estudo de caso, apresentando dados sobre sua implantação e localização.

4.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Prodanov e Freitas (2013) afirmam que a pesquisa científica irá conhecer um ou mais aspectos sobre determinado assunto, devendo o seu produto contribuir para o avanço do conhecimento humano. Ao pensamento do autor, infere-se, portanto, que podem existir diversos tipos de pesquisa.

Para este trabalho, utilizaremos a classificação de pesquisa abordada por Silveira e Gerhardt (2009), devendo ser a pesquisa classificada quanto à abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

Quanto à abordagem, a presente pesquisa se classifica como qualitativa. A pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, mas o ambiente natural é fonte direta para a coleta de dados do pesquisador (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Silveira e Gerhardt (2009) reiteram que as características da pesquisa qualitativa envolvem a objetivação do fenômeno, hierarquização de ações, precisão das relações entre o global e o local e busca de resultados fidedignos.

Quanto à natureza, é uma pesquisa aplicada, uma vez que gera conhecimentos para aplicação prática e soluções de problemas específicos. Rodrigues (2007) afirma ser a pesquisa aplicada uma investigação e comprovação ou rejeição de hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos.

Quanto aos objetivos, a pesquisa se classifica como descritiva. Gil (2002) conceitua as pesquisas descritivas como aquelas que tem por objetivo estudar características de um grupo, onde há preocupação com a atuação prática.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa classifica-se como bibliográfica, documental e estudo de caso. A pesquisa documental consiste na coleta de dados em documentos, escritos ou

não, de fontes primárias (MARCONI; LAKATOS, 2010). Já a pesquisa bibliográfica é caracterizada por colher conhecimentos acerca de um problema utilizando referências teóricas (CERVO; BERVIAN, 2002). Por sua vez, o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo de poucos objetos, de maneira a permitir seu amplo conhecimento (GIL, 2002).

Infere-se, ainda, as informações obtidas para a pesquisa são de caráter primário e de caráter secundário. Segundo Silveira e Gerhardt (2009), dados primários são aqueles extraídos da realidade, que são extraídos pelo próprio autor, não recebendo registro em nenhum documento anterior e os dados secundários são os já disponíveis mediante pesquisa bibliográfica e documental.

4.2 OBJETO DO ESTUDO DE CASO

As edificações em análise referem-se às instalações do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado na cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba.

4.2.1 *Histórico*

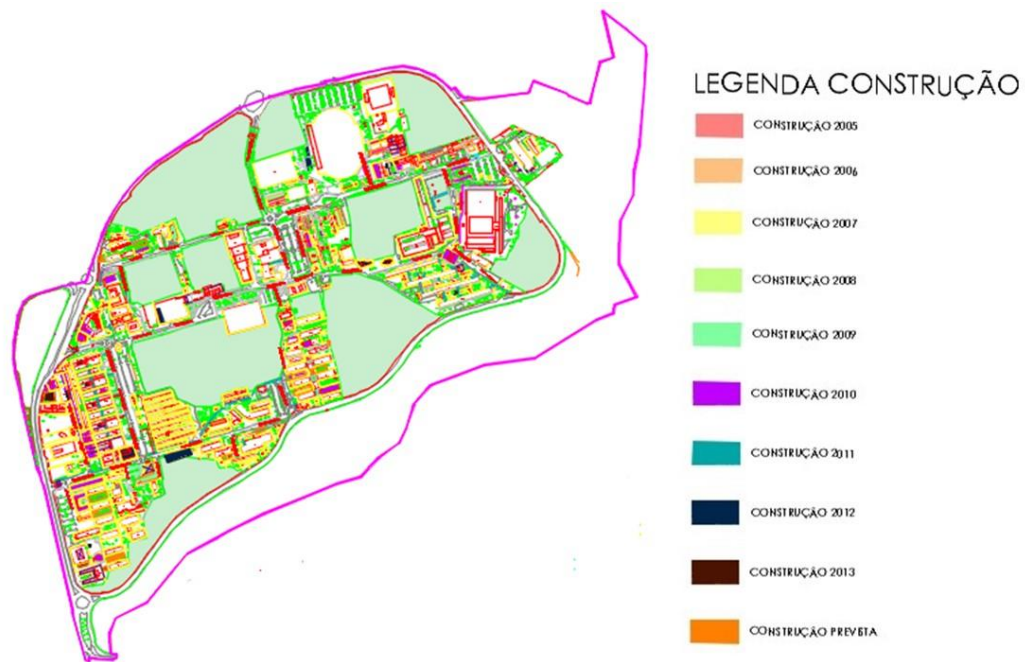
Segundo Limeira e Formiga (1986), a UFPB foi criada pela Lei Estadual nº 1.366, de 02 de dezembro de 1955 e instalada sob o nome de Universidade da Paraíba como resultado da junção de algumas escolas superiores.

Atualmente a Universidade está estruturada em quatro Campus. O Campus I está localizado na cidade de João Pessoa, que será objeto deste estudo de caso, o Campus II está localizado na cidade de Areia, o Campus III encontra-se na cidade de Bananeiras e o Campus IV está localizado nas cidades de Mamanguape e Rio Tinto.

O Campus I compreende 13 (treze) centros de ensino, sendo eles: Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN); Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes (CCHLA); Centro de Ciências Médicas (CCM); Centro de Ciências da Saúde (CCS); Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA); Centro de Educação (CE); Centro de Tecnologia (CT); Centro de Ciências Jurídicas (CCJ); Centro de Biotecnologia (CBiotec); Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR); Centro de Comunicação, Turismo e Artes (CCTA); Centro de Informática (CI) e Centro de Energias Alternativas Renováveis (CEAR).

As últimas edificações construídas na UFPB foram realizadas no ano de 2013. A planta ilustrada na Figura 14, expõe as datas das últimas construções associando-as às localidades onde foram executadas, além de indicar a previsão de construções futuras.

Figura 14 - Planta UFPB - Anos de construção



Fonte: Prefeitura Universitária da UFPB (2017).

4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Mazer (2012), a resolução de um problema patológico possui obrigatoriamente 3 (três) etapas definidas, sendo a primeira delas o levantamento de subsídios, onde se obtém as informações necessárias e suficientes para a compreensão dos fenômenos. As demais etapas são referentes ao diagnóstico da situação e a definição de conduta.

A pesquisa realizada foi um estudo de caso e considerou as condições das estruturas de uma instituição pública de ensino superior. Também identificou as manifestações patológicas presentes, definiu seu diagnóstico preliminar e determinou a terapêutica adequada.

Para obter fundamentação teórica para o desenvolvimento desses objetivos, inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica sobre Patologias das Construções, com enfoque em Patologias em Concreto Armado, demonstrando a importância do tema e as manifestações típicas referentes ao material estudado. Além disso, também foi realizado uma análise bibliográfica do Método GUT, indicando a sua aplicabilidade em diversas áreas e as vantagens de sua utilização.

Paralelamente à revisão bibliográfica, foi utilizada a técnica não destrutiva de inspeção visual para as avaliações das características visuais em função da presença de manifestações patológicas, coletando dados e registros fotográficos das mesmas. Esta inspeção ocorreu nos

dias 21, 22 e 23 de março e 04 e 05 de maio de 2017 na Universidade Federal da Paraíba, objeto deste estudo de caso.

De forma a organizar as informações colhidas em campo e analisá-las conforme o embasamento teórico contido nesse trabalho, foi elaborada uma planilha contendo os dados referentes a cada problema patológico e seus respectivos diagnósticos e terapêutica adequada, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Matriz de Diagnóstico e Definição de Conduta de Manifestações Patológicas

Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possíveis Causas	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
1					
2					
...					

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Além disso, as manifestações patológicas também foram analisadas através do Método GUT. Este considerará a gravidade, a urgência e a tendência de cada problema anteriormente diagnosticado, de forma a definir a ordem de priorização de resolução entre eles.

Para isso, foi elaborada uma matriz para a aplicação do método, de forma a classificar cada manifestação de acordo com as variáveis apresentadas na revisão bibliográfica desde trabalho, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de aplicação do Método GUT

Problema Patológico	G	U	T	GUT	Grau de priorização
Manifestação 01					
Manifestação 02					
Manifestação 03					
Manifestação 04					
Manifestação 05					
...					

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.4 MATERIAIS UTILIZADOS

Para realizar um ensaio de inspeção visual é necessária a utilização de alguns equipamentos básicos que auxiliem neste processo. Para efetuar o levantamento desses dados foram utilizados:

- Escada;
- Fissurômetro;
- Paquímetro;
- Equipamento para registro fotográfico;
- Trena;
- Lápis;
- Prancheta;
- Lupa, e
- Lanterna.


5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a obtenção dos resultados deste trabalho, foram realizadas vistorias no local objeto deste estudo de caso, cujo objetivo era catalogar as manifestações patológicas detectadas na Universidade Federal da Paraíba. As visitas às edificações dos centros da instituição resultaram na elaboração de uma tabela que acoplasse todos os passos desta parte da pesquisa, desde o registo fotográfico até a sugestão da terapêutica adequada.

5.1 DIAGNÓSTICO E DEFINIÇÃO DE CONDUTA DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NO ESTUDO DE CASO

Os diagnósticos preliminares determinados neste trabalho foram realizados através de uma inspeção visual dos problemas patológicos identificados na Instituição de ensino superior, indicando as manifestações patológicas detectadas, suas possíveis causas e apresentando terapêuticas adequadas, conforme Tabela 7. Além disso, os dados coletados nesta vistoria e a análise realizada através desta tabela fornecem informações fundamentais para a aplicação neste trabalho do método GUT.

Tabela 7 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
1		<p>Manifestação localizada em pilar externo de passarela entre a praça e a Biblioteca do Centro de Tecnologia.</p>	<p>Fissuras na direção da armadura principal do pilar, causando desagregação acentuada do concreto</p>	<p>1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Qualidade do concreto (elevada porosidade)</p>	<p>Corrosão de armaduras</p>	<p>1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção</p>

(Continua)

Tabela 8 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
2		Manifestação localizada no pilar externo de passarela entre o Bloco A e o Bloco B do Centro de Tecnologia	Fissuras na direção da armadura principal do pilar, causando desagregação acentuada do concreto	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Qualidade do concreto (elevada porosidade)	Corrosão de armaduras	1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 9 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
3		Manifestação em viga localizada no Bloco A do Centro de Tecnologia	Corrosão de armadura	1) Falha no lançamento ou adensamento da peça 2) Taxa excessiva de armadura 3) Dimensão máxima característica do agregado graúdo inadequado	Corrosão de armaduras	1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Recuperar o componente estrutural, mantendo suas dimensões, através de argamassas poliméricas base cimento ou base epóxi ou base poliéster 4) Aplicar revestimento de correção

Tabela 10 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
4		Manifestação em laje de cobertura localizada no bloco A do Centro de Tecnologia.	Corrosão de armadura	Insuficiência de cobrimento da armadura	Corrosão de armaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 11 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
5		<p>Manifestação localizada em pilar externo ao bloco de ambiente de professores e laboratório de informática, próximo ao estacionamento do Centro de Tecnologia</p>	<p>Trincas (1,2 mm) na direção da armadura principal</p>	<p>1) Insuficiência de cobertura da armadura. 2) Utilização de concreto de baixa qualidade (elevada porosidade)</p>	<p>Corrosão de armaduras</p>	<p>1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Recuperar o componente estrutural, mantendo suas dimensões, através de argamassas poliméricas base cimento ou base epóxi ou base poliéster 4) Aplicar revestimento de proteção</p>

Tabela 12 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
6		Manifestação localizada em laje de cobertura no bloco B do Centro de Tecnologia	Desagregação do concreto, manchas de umidade e de corrosão (marrom-avermelhadas)	1) Insuficiência de cobrimento da armadura. 2) Provável falha na impermeabilização da laje, causando infiltração o que acelerou o processo de corrosão.	Corrosão de armaduras e Infiltração	1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 13 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)



Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
7		Manifestação em viga ou laje do bloco C do Centro de Tecnologia	Lascamento de concreto causado por sobrecarga pontual	1) movimentação da laje térmica 2) sobrecarga não prevista	Esmagamento do concreto	1) Remover as partes soltas e limpar a superfície 2) Reforçar a viga aumentando sua rigidez através da colagem de chapas metálicas aderidas com epóxi ou da colocação de nova armadura longitudinal ou novos estribos
8		Manifestação em laje em balanço que sustenta patamar de uma escada no bloco de multimídia e informática.	Trinca (1,4mm) de destacamento entre laje e patamar de escada	Movimentação higrótérmica entre elementos de diferentes coeficientes de dilatação térmica	Deformação diferencial entre elemento estrutura e alvenaria	1) Retificar a fissura ao máximo através da utilização de um disco de desgaste 2) Aplicar um selante elastomérico a base de poliuretano, por se tratar de uma trinca, mesmo na hipótese da mesma ser classificada como ativa.

Tabela 14 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
9		Manifestação em viga localizada no bloco de Engenharia Mecânica	Desplacamento do concreto e corrosão de armadura	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Falha de execução na peça	Corrosão de armaduras	1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 15 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
10		Manifestação localizada em Laje de cobertura do bloco D do Centro de Tecnologia	Corrosão de armadura e manchas de umidade	Insuficiência de cobrimento da armadura	Corrosão de Armaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 16 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
11		Manifestação localizada em laje de cobertura do bloco D do CT, apresentando sinais de reparação anteriormente realizada	Corrosão de armadura, manchas de umidade e de corrosão (Marrom-avermelhadas)	1) Influência de cobrimento da armadura 2) Falha ou ausência de impermeabilização	Corrosão de Armaduras	1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 17 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)



Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
12		Manifestação localizada em alboxarifado do Bloco Elefante Branco próximo ao bloco Prof. José Regis do Centro de Ciências da Saúde (CCS)	Trinca no topo do pilar	Topo de pilar com excesso de nata de cimento (Exsudação) ou sujeira na execução	Fissura de junta de concretagem	Devido a abertura da trinca, deve-se injetar resina epóxi elástica
13		Manifestação localizada em alboxarifado do Bloco Elefante Branco próximo ao bloco Prof. José Regis do Centro de Ciências da Saúde (CCS)	Trinca (1,3mm) Horizontal	Topo de pilar com excesso de nata de cimento (Exsudação) ou sujeira na execução	Fissura de junta de concretagem	Devido a abertura da trinca, deve-se injetar resina epóxi elástica

Tabela 18 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
14		Manifestação localizada em laje do Bloco da direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Corrosão de armadura, manchas de umidade e de corrosão (Marrom-avermelhadas)	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Falha ou ausência na impermeabilização	Corrosão de armaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 19 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
15		Manifestação localizada em viga de Bloco próximo ao Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN)	Rachadura (1,7mm) causada por corrosão de armadura, manchas de umidade e bolor	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Falha ou ausência na impermeabilização	Corrosão de armaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 20 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
16		<p>Manifestação localizada em laje do Bloco da direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática</p>	<p>Corrosão de armadura, manchas de umidade e de corrosão (Marrom-avermelhadas)</p>	<p>1) Insuficiência de cobrimento da armadura (14 mm) 2) Falha ou ausência na impermeabilização</p>	<p>Corrosão de Armaduras</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 21 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
17		<p>Manifestação localizada em pilar externo de Bloco próximo ao Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN)</p>	<p>Desplacamento de concreto e corrosão de armadura</p>	<p>1) Insuficiência de cobrimento da armadura (21,4mm) 2) Concreto aparentemente de baixa qualidade (porosidade)</p>	<p>Corrosão de Armaduras</p>	<p>1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Na presença de agentes agressivos, efetuar a correção com primer que acarretará na proteção da armadura 4) Reforçar o componente estrutural aumentando as dimensões originais através de reforço 5) Aplicar revestimento de proteção</p>

Tabela 22 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)


Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
18		Manifestação em pilar no Bloco de Mecânica	Fissura (1,4mm) na direção da armadura principal	Qualidade do Concreto (elevada porosidade)	Corrosão de armaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Recuperar o componente estrutural, mantendo suas dimensões, através de argamassas poliméricas base cimento ou base epóxi ou base poliéster 4) Aplicar revestimento de proteção

Tabela 23 - Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

(Continuação)

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico	Terapêutica Adequada
19		Manifestação localizada em viga no Bloco da direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Desagregação de concreto no local onde a grade foi chumbada	Formação de pilha eletroquímica, devido a contato de dois metais diferentes	Corrosão de armaduras	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover cuidadosamente o concreto afetado e os produtos da corrosão 2) Reconstituir a seção original da armadura 3) Recuperar o componente estrutural, mantendo suas dimensões, através de argamassas poliméricas base cimento ou base epóxi ou base poliéster 4) aplicar revestimento de proteção
20		Manifestação localizada no Bloco da direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Trinca (1,3mm) de destacamento entre elemento estrutural e de vedação	Movimentação térmica entre dois materiais com coeficiente de dilatação térmica distintos	Deformação diferencial entre elemento estrutural e de vedação	<ol style="list-style-type: none"> 1) Retificar a fissura ao máximo através da utilização de um disco de desgaste 2) Aplicar um selante elastomérico a base de poliuretano, por se tratar de uma trinca, mesmo na hipótese da mesma ser classificada como ativa.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

5.2 INCIDÊNCIA DE CAUSAS E DIAGNÓSTICOS

Conforme observado na subseção anterior, a grande maioria dos diagnósticos referentes às manifestações patológicas detectadas estão relacionados ao processo de corrosão de armaduras, apresentando uma incidência de 71,4% entre os casos estudados. As degradações apresentadas no estudo de caso abordado nesta amostra podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 - Incidência de Diagnósticos



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Além disso, também foi observada a incidência dos agentes causadores das manifestações patológicas em estudo, sendo a insuficiência de cobertura das armaduras a causa mais recorrente, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 24 - Incidência de Causas

Porcentagem	Causas
36%	Insuficiência do cobrimento da armadura
15%	Baixa qualidade do concreto (Elevada porosidade)
15%	Falha ou ausência da impermeabilização do elemento
6%	Falha na execução da peça
6%	Topo de pilar com excesso de nata de cimento (Exsudação) ou sujeira na execução
3%	Taxa excessiva de armadura
3%	Dimensão máxima característica do agregado graúdo inadequado
3%	Movimentação térmica
3%	Movimentações higrotérmicas
3%	Sobrecargas não previstas
3%	Formação de pilha eletroquímica

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

5.3 MATRIZ GUT

Através da matriz apresentada na Tabela 9, foram classificadas as manifestações patológicas identificadas no estudo de caso de acordo com as variáveis do Método GUT. Os produtos obtidos através da aplicação do método expressam a análise da problemática de cada manifestação, resultando na seguinte ordem de priorização:

Tabela 25 - Matriz de aplicação do método GUT

Problema Patológico	G	U	T	GUT	Grau de priorização
Manifestação 01	2	3	4	24	6°
Manifestação 02	2	2	3	12	7°
Manifestação 03	2	2	2	8	8°
Manifestação 04	4	3	3	36	4°
Manifestação 05	2	2	2	8	8°
Manifestação 06	4	4	5	80	2°
Manifestação 07	2	1	1	2	9°
Manifestação 08	4	3	3	36	4°
Manifestação 09	2	2	2	8	8°
Manifestação 10	4	3	3	36	4°
Manifestação 11	3	3	3	27	5°
Manifestação 12	1	1	1	1	10°
Manifestação 13	1	1	1	1	10°
Manifestação 14	5	5	5	125	1°
Manifestação 15	5	4	4	80	2°
Manifestação 16	5	5	5	125	1°
Manifestação 17	3	4	5	60	3°
Manifestação 18	3	2	2	12	7°
Manifestação 19	2	2	3	12	7°
Manifestação 20	1	1	1	1	10°

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Os resultados obtidos na aplicação do método apontam que algumas manifestações patológicas apresentam o mesmo grau de prioridade. De forma a elucidá-los, a Tabela 10 ordena crescentemente o grau de prioridade em suas resoluções, agrupando as manifestações que apresentam a mesma pontuação final, além de estabelecer uma relação entre as manifestações e seus respectivos diagnósticos.

Tabela 26 - Priorização para resolução das manifestações patológicas

Grau de priorização	Problema Patológico	Diagnóstico
1º	Manifestação 14	Corrosão de armaduras
	Manifestação 16	Corrosão de armaduras
2º	Manifestação 06	Corrosão de armaduras e infiltração
	Manifestação 15	Corrosão de armaduras
3º	Manifestação 17	Corrosão de armaduras
4º	Manifestação 04	Corrosão de armaduras
	Manifestação 08	Deformação diferencial entre elemento estrutura e alvenaria
	Manifestação 10	Corrosão de armaduras
5º	Manifestação 11	Corrosão de armaduras
6º	Manifestação 01	Corrosão de armaduras
7º	Manifestação 02	Corrosão de armaduras
	Manifestação 18	Corrosão de armaduras
	Manifestação 19	Corrosão de armaduras
8º	Manifestação 03	Corrosão de armaduras
	Manifestação 05	Corrosão de armaduras
	Manifestação 09	Corrosão de armaduras
9º	Manifestação 07	Esmagamento de concreto
10º	Manifestação 12	Fissura de junta de concretagem
	Manifestação 13	Fissura de junta de concretagem
	Manifestação 20	Deformação diferencial entre elemento estrutura e alvenaria

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

Como observado na Tabela 10, as manifestações relacionadas à corrosão de armaduras, além de apresentar grande incidência, expressam-se de forma significativa quanto ao estabelecimento da ordem de prioridades nas resoluções para os problemas encontrados na amostra estudada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os objetivos definidos, a metodologia foi executada resultando em algumas considerações finais a respeito desta pesquisa.

As manifestações patológicas em concreto armado identificadas na Universidade Federal da Paraíba apresentam diagnósticos semelhantes nos diversos blocos analisados. Pode ser observado que, dentre a amostra, 71,4% dos problemas encontrados relacionavam-se ao processo de corrosão de armaduras.

Foi constatada também uma tendência quanto a dois grandes agentes agravantes que permitem que a camada de passivação seja atingida de forma mais rápida por substâncias agressivas neste processo durante o levantamento e a análise dos problemas detectados. A insuficiência de cobertura de armaduras e a má qualidade do concreto (elevada porosidade) são levantadas como possíveis causas em 36% e 15% das manifestações diagnosticadas, respectivamente.

Como tratado anteriormente, essa despassivação pode ocorrer através da carbonatação e da ação de cloretos, sendo possível determinar qual dos tipos de processo desencadearam estes fenômenos através de ensaios específicos. Desta forma, neste trabalho não foi possível realizar essa determinação, visto que os diagnósticos preliminares foram estabelecidos apenas com base em uma inspeção visual das manifestações detectadas.

Em relação a utilização do Método GUT para o estabelecimento da ordem de prioridade de resolução entre os problemas encontrados, foi comprovado a sua aplicabilidade individual na área de estudo, visto que tornou-se possível realizar a hierarquização de riscos referentes às manifestações patológicas avaliadas.

Apesar de alguns graus de priorização ter abrangido mais de uma manifestação patológica como resultado, pode-se notar que estas apresentavam semelhanças em seus diagnósticos, causas e, até mesmo, no nível de deterioração do elemento da estrutura.

Com posse dos resultados desses procedimentos, poderão ser estabelecidas melhorias quanto ao planejamento estratégico para o setor da Instituição responsável pela realização de manutenções, além de evitar elevados custos e metodologias complexas na recuperação ou reparação dos problemas patológicos identificados através da implementação imediata das intervenções adequadas sugeridas.

Esse estudo corrobora também com a visão das pesquisas de Moreira (2016) e Abrantes (2016), consolidando a necessidade de intervenção das manifestações patológicas encontradas na Universidade Federal da Paraíba, além de ressaltar a importância do estudo

dessa área da engenharia, visto que está ligada a cada etapa do processo de construção civil, desde a fase de projeto até a fase de uso, podendo ser agravada pela má administração e pela manutenção inadequada da edificação.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a consciência que o objeto de estudo e todos os seus aspectos não foram esgotados neste trabalho, sugerem-se as seguintes abordagens para estudos futuros, de forma a levantar novas hipóteses e abrir caminhos para outros pesquisadores:

- a) Devido à grande incidência, deve-se estimular estudos na área de corrosão de armaduras na Instituição de ensino superior estudada, como:
 - Avaliar o cobrimento médio das armaduras utilizado em obras realizadas na Instituição de ensino superior;
 - Avaliar o tipo de concreto utilizado em obras realizadas na Instituição de ensino superior, podendo-se valer de ensaios como Esclerometria, Ultrassom e Resistividade elétrica.
 - Verificar a presença de carbonatação nos processos corrosivos, através da realização de ensaios de carbonatação do concreto, estudando sua profundidade através da obtenção do pH de amostras;
 - Verificar a presença de ataques de cloretos nos processos corrosivos, através da realização de ensaios que determinem o teor de cloreto totais inseridos na amostra;
- b) Executar a aplicação do método GUT através de um grupo de especialistas da área, para que haja em suas avaliações um aprimoramento nos valores, visto que seriam obtidos por um consenso entre profissionais experientes. De forma a, também, estabelecer comparações com os resultados obtidos nesta pesquisa;
- c) Estabelecer a ordem de prioridades quanto ao grau de riscos referentes às manifestações patológicas nesta mesma Instituição de ensino superior através de metodologias técnicas adequadas como a FEMEA ou através da listagem de criticidade decorrente da Inspeção visual, assim como recomendado pelo IBAPE, a fim de estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos;

- d) Quanto a abrangência de mais de um problema no mesmo grau de priorização, Sotille (2014) sugere o uso de ferramentas sofisticadas de tomada de decisão, como o método *Analytic Hierarchy Process – AHP*, que trata de um método que auxilia em tomada de decisões complexas, permitindo prevenir o grau de importância de cada critério a ser avaliado.

- e) Realizar inspeções nos demais sistemas construtivos, como vedações, revestimentos, instalações hidrosanitárias, instalações elétricas, entre outros, a fim de aplicar o Método GUT como ferramenta e auxílio na tomada de decisões do setor de manutenção da Instituição.

7 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

____. NBR 10520: **Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.

____. NBR 6023: **Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

____. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014.

____. NBR 15575-5: **Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013.

____. NBR 15577-1: **Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto**. Rio de Janeiro, 2008.

BEZZON, L. C. **Guia prático de monografias, dissertações e teses: Elaboração e apresentação**. 3. ed. Campinas, SP: Alínea, 2005.

CARVALHO, N. F. de. **Verificação de patologias de elementos estruturais em concreto armado: sugestão de procedimentos**. Brasil, 2009. Disponível em: < <http://www.isegnet.com.br/siteedit/arquivos/Artigo%20Patologias%202009.pdf> >. Acesso em: 18 mai. 2017

FÁVERI, R. de.; SILVA, A. da. Método GUT aplicado à gestão de risco de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. **Revista ordem pública e defesa social**, Santa Catarina, v.9, n.1, jan./jun. 2016.

FERREIRA, R. M. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão**. Guimarães, 2000. Disponível em: < https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/40/1/Rui_Miguel_Ferreira_DECivil.pdf >. Acesso em: 15 mai. 2017.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **Boletín Técnico – Corrosión de armadura de estructuras de hormigón**. Merida, 2013. Disponível em: < <http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B6-Corros%C3%A3o-das-armaduras-das-estruturas-de-concreto.pdf> >. Acesso em: 19 mai. 2017

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

HOLANDA FERREIRA, A. B. de. **Novo Dicionário Aurélio**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de Engenharia. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. São Paulo, 2012.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%20E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf> > Acesso em: 10 mai. 2017

LIMEIRA, M. das D.; FORMIGA, Z. da S. UFPB: Implicações Políticas e Sociais de sua História. **UFPB/NDIHR**. João Pessoa, n.1, abr. 1986.

MARCONI, M; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba, 2012. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj75j6vsXTAhWEHpAKHTvMBqcQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fpaginapessoal.utfpr.edu.br%2Fwmazer%2Fespecializacao-em-patologia-das-construcoes%2FNotas_de_Aula_Ensaios.pdf%2Fat_download%2Ffile&usg=AFQjCNF_vchtv0gF5zlBK_NIx7hAtTBjnw&sig2=i2LWBWNjTDPVluGB8kFVg > Acesso em: 27 abr. 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MEIRELES, M. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas**. 1. ed. São Paulo: Art & Ciência, 2001.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. São Paulo, 2003

OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf> > Acesso em: 29 abr. 2017.

PERIARD, G. **Matriz GUT: Guia Completo**. 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. Belo Horizonte, 2006. Disponível em <http://polito.eng.br/upload/CORROSAO_EM ESTRUTURAS DE CONCRETO_20160405.pdf> Acesso em: 19 mai. 2017.

RIBEIRO, D. *et al.* **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, controle e Métodos de Análise**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia Científica**. Paracambi: FAETEC/IST, 2007. Disponível em: <http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.

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

SILVA, F. B. da. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. 2011. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>> Acesso em: 15 mai. 2017

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios – Causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. **Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil**. Merida, 2013. Disponível em:< http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-e-Progn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf> Acesso em: 05 mai. 2017.

VIEIRA, M. **Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento**. **IPOG – Revista On-Line Especialize**, Goiânia, v. 1, n. 12, dez. 2016.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife, 2003. Disponível em: <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf>. Acesso em: 03 de mai. 2017.