

DOUGLAS COSTA SANTOS

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: LEGISLAÇÃO,
CONDUTA E PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS EM CONCRETO
ARMADO**

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

ORIENTADORA: JULLIANA SIMAS RIBEIRO

ANÁPOLIS / GO: 2015

DOUGLAS COSTA SANTOS

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: LEGISLAÇÃO,
CONDUTA E PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS EM CONCRETO
ARMADO**

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

APROVADO POR:

**JULLIANA SIMAS RIBEIRO, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 28 de MAIO de 2015.

*“— Riem de mim todos aqueles que me vêm, /
torcem os lábios e sacodem a cabeça: /
Ao Senhor se confiou, ele o liberte /
E agora o salve, se é verdade que ele o ama!*

*—Cães numerosos me rodeiam furiosos /
e por um bando de malvados fui cercado. /
Transpassaram minhas mãos e os meus pés /
e eu posso contar todos os meus ossos.*

*—Eles repartem entre si as minhas vestes /
e sorteiam entre si minha túnica. /
Vós, porém, ó meu Senhor, não fiquéis longe, /
ó minha força, vinde logo em meu socorro!*

*—Anunciarei o vosso nome a meus irmãos /
e no meio da assembleia hei de louvar-vos! /
Vós, que temeis ao Senhor Deus, dai-lhe
louvores, /
glorificai-o, descendentes de Jacó, /
e respeitai-o, toda a raça de Israel!”*

(Salmo Responsorial 21)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me proporcionado tão grande experiência de aprendizado e ter me guiado durante todos esses anos de graduação, agradeço também a interseção de Nossa Senhora minha muito amada mãe.

Agradeço a minha namorada, parte essencial da minha vida e que em todos esses anos que estivemos juntos me ensinou, desde a sua amizade, o verdadeiro significado das palavras confiança, perdão e amor.

Agradeço a minha família pela dedicação e compreensão, em especial a minha mãe que sempre me apoiou nos momentos de dificuldade, a meu pai que batalhou muito para que eu estivesse onde estou hoje e a minha avó que sempre cuidou de mim.

Agradeço em especial a minha irmã por todo o carinho e apoio dedicado a mim durante todos esses anos de graduação.

Agradeço aos meus professores que me permitiram chegar aonde cheguei especialmente ao meu professor Sandoval Junqueira pela sua dedicação, minha orientadora Julliana Simas pela sua atenção e ao meu professor Agnaldo Antônio pelo seu apoio; sem eles esse trabalho não seria possível.

Agradeço ao meu amigo Gabriel que compartilhou comigo momentos difíceis e a meu amigo Eguimar que dividiu comigo muitas alegrias.

Ao Josué e a Marlene por terem me acolhido como verdadeiros pais em seus corações, por terem me compreendido e me incentivado a continuar a caminhada.

E a todos que eu não citei, eu agradeço e faço de mim mesmo memória viva de tudo aquilo que vocês fizeram.

RESUMO

Esse trabalho prima mostrar a necessidade atual da engenharia em desenvolver conhecimento na área de manifestações patológicas. Apesar de novos avanços e descobertas serem realizados com êxito a cada dia sabe-se que muitos métodos e técnicas adotadas baseiam-se no puro conhecimento empírico que muitas vezes se mostra ineficiente para ser desenvolvido como ciência cabendo apenas para aplicações particulares que quando adotadas como sistemas construtivos irão gerar manifestações patológicas. Entender o mecanismo de evolução de uma manifestação é apenas o primeiro passo para que o profissional possa ser capaz de eliminar uma patologia ou vício construtivo, é clara a relação entre o estudo aprofundado do tema e soluções viáveis que a engenharia precisa desenvolver para continuar evoluindo como ciência. A base de todos esses conhecimentos embora exija, na maioria dos casos, uma abordagem prática, parte de um conhecimento teórico sólido que lhe permita reconhecer mais a fundo as deficiências dos nossos métodos construtivos e aperfeiçoá-los.

Palavras-chave: manifestações patológicas; metodologia diagnóstica; legislação.

ABSTRACT

This work shows the current need for engineering to develop knowledge in the field of pathological manifestations. Despite new advances and discoveries are performed successfully every day it is known that many methods and techniques adopted are based on pure empirical knowledge that often proves inefficient to be developed as a science only fitting for particular applications when taken as systems construction will generate pathological manifestations. Understanding the mechanism of evolution of a pathology is only the first step for the professional be able to eliminate a disease or constructive addiction, it is clear the relationship between the in-depth study of the issue and viable solutions that engineering needs to develop to continue evolving as science. The basis of all this knowledge although it requires, in most cases, a practical approach starts from a solid theoretical knowledge enabling it to recognize more fully the shortcomings of our construction methods and perfect them.

Keywords: pathological manifestations; diagnostic methodology; legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma de diagnóstico de patologias.	16
Figura 2 - Modelo de vistoria local	18
Figura 3 - Classificação dos materiais usados em intervenções	26
Figura 4 - Metodologia de trabalho com patologias segundo o Instituto de engenharia	29
Figura 5 - Modelo de sustentabilidade do concreto.....	39
Figura 6 - Sobreposição dos bulbos de pressão.....	40
Figura 7- Fissura de flexão tipo 1.....	41
Figura 8 - Fissura de flexão tipo 2.....	42
Figura 9 - Fissura de flexão tipo 3.....	42
Figura 10- Fissura de cisalhamento.....	42
Figura 11 - Fissura de esmagamento.....	43
Figura 12 - Fissura de retração.....	43
Figura 13 - Fissura na parte inferior da laje tipo 1.....	44
Figura 14 - Fissura na parte inferior da laje tipo 2.....	44
Figura 15 - Fissura na parte inferior da laje tipo 3.....	45
Figura 16 - Fissura na parte superior da laje.....	45
Figura 17 - Fissura em pilar tipo 1.....	46
Figura 18 - Fissura em pilar tipo 2.....	46
Figura 19 - Fissura em pilares tipo 3.....	47
Figura 20 - Fissura em pilar tipo 4.....	47
Figura 21 - Fissuras em cantos de janelas.....	48
Figura 22 - Corrosão das armaduras de concreto armado.....	49
Figura 23 - Aumento expansivo da corrosão do ferro.....	49
Figura 24 - Corrosão das armaduras.....	49
Figura 25 - Segregação do concreto armado.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalo entre as inspeções em anos segundo FID	24
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CP's – Corpo de prova

CREA – Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia

FIP – Federação Internacional de Protensão

ISO – International Organization for Standardization

NBR – Norma Brasileira Reguladora

NR – Norma Reguladora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA.....	13
1.2 PROBLEMÁTICA	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo geral.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 METODOLOGIA.....	15
2 ABORDAGEM DE LEVANTAMENTOS DE AGENTES PATOLÓGICOS	16
2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS	16
2.1.1 Vistoria local	17
2.1.2 Anamnese do caso.....	18
2.1.3 Ensaio complementares	19
2.1.4 Pesquisa	20
2.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO	20
2.3 DEFINIÇÃO DE CONDUTA.....	21
2.4 REGISTRO DE CASO.....	22
3 MÉTODOS DE CONDUTA	23
3.1 MANUTENÇÃO.....	23
3.2 INTERVENÇÃO.....	24
3.2.1 Reparo estrutural	24
3.2.2 Reforço.....	24
3.2.3 Substituição	25
3.3 MÉTODOS DE INTERVENÇÃO	25
3.3.1 Armaduras adicionais	25
3.3.1.1 Incorporação de barras de aço	25
3.3.1.2 Utilização de chapas coladas	25
3.3.1.3 Grampeamento.....	25
3.3.1.4 Armadura adicional de protensão	26
3.3.2 Injeção de fissuras	26
3.3.3 Remodelagem do elemento estrutural	26
3.3.4 Remodelagem com argamassa.....	26
3.4 ESCOLHA DOS MATERIAIS NAS INTERVENÇÕES.....	26
3.5 CUSTO DAS PATOLOGIAS	27

4 ENGENHARIA DIAGNÓSTICA DE EDIFICAÇÃO.....	28
4.1 CRIAÇÃO DAS DIRETRIZES	28
4.2 METODOLOGIA DIAGNÓSTICA	28
4.2.1 Vistoria diagnóstica de edificação	29
4.2.2 Inspeção diagnóstica em edificação	30
4.2.3 Auditoria diagnóstica em edificação	31
4.2.4 Pericia diagnóstica em edificação.....	32
4.2.5 Consultoria diagnostica em edificação	32
4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS PREDIAIS	33
4.3.1 Anomalias Construtivas	33
4.3.2 Falhas de manutenção	33
4.3.3 Irregularidades de uso	34
5 LEGISLAÇÃO APLICADA AO EXERCÍCIO DA ENGENHARIA	35
5.1 RESPONSABILIDADES LEGAIS DA EDIFICAÇÃO	35
5.1.1 Classificação de erro técnico segundo CREA-GO	35
5.2 RESPONSABILIDADE DE DANO A TERCEIROS	36
5.3 RESPONSABILIDADE DE EXERCÍCIO DA PROFISSÃO	36
5.4 NORMA DE DESEMPENHO E SISTEMA ISSO	37
6 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO ..	38
6.1 RECALQUE DIFERENCIAL.....	40
6.2 ACÚMULO DE TENSÕES	40
6.3 FISSURAS	41
6.3.1 Fissuras de flexão.....	41
6.3.2 Fissuras de cisalhamento	42
6.3.3 Fissuras de esmagamento.....	43
6.3.4 Fissura de retração	43
6.3.5 Fissura na parte inferior da laje.....	44
6.3.6 Fissura na parte superior da laje	45
6.3.7 Fissura em pilar	46
6.3.8 Fissuras em cantos de janelas	48
6.4 CORROSÃO DAS ARMADURAS	48
6.5 SEGREGAÇÃO	50
6.6 CARBONATAÇÃO	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7.1 SUGESTÃO DE PESQUISA	52

REFERÊNCIAS	53
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O termo patologia segundo o dicionário Michaelis é aquilo que investiga e classifica as causas, os processos, os sintomas de fenômenos fora da normalidade. Na engenharia civil patologias são processos gerados a partir de problemas na fase de planejamento ou execução.

Esta pesquisa busca, dentro desse conceito, apresentar as técnicas de trabalho atuais com manifestações patológicas, bem como estudar toda a legislação que permeia sobre o assunto e padrões de qualidade existente quando tratamos de patologias, por fim será apresentado as principais patologias em concreto armado na região centro-oeste.

Devido à semelhança adotada pelos processos construtivos de cada região, a manifestação de determinado tipo de patologia pode tornar-se mais frequente devido aos padrões construtivos e de planejamento adotados naquela região, podendo assim buscar soluções adequada uma vez que é possível estudar toda a evolução do processo patológico.

1.1 TEMA

Na engenharia civil não existe um padrão de conceitos e métodos que seja amplamente aceito (LITCHTENSTEIN, 1985), a ausência desse modelo construtivo padrão faz com que diversos métodos empíricos sejam empregados na construção civil; a variedade desses métodos geralmente possui influência local além de estar presente na experiência da maior parte dos engenheiros. Apesar desses métodos se mostrarem eficientes na maioria das vezes a ausência de métodos científicos pode resultar em manifestações patológicas, ou seja, manifestações que fogem aos padrões de normalidade e aos padrões esperados e que em sua grande maioria representam depreciações econômicas e de vida útil nos projetos.

1.2 PROBLEMÁTICA

Apesar de existirem na engenharia civil um grande número de pesquisas e estudos voltados para a área de manifestações patológicas ainda não existem sistemas de responsabilidade que se responsabilizem pelos eventuais problemas e transtornos causados e que ao mesmo tempo garanta sua imediata reparação dos danos (SOUSA, 2004). Atualmente apesar de serem cada vez mais presentes normas que garantam a qualidade mínima e vida útil das edificações o surgimento de patologias muitas vezes representa um processo que pode derivar tanto da falta de uma manutenção sistemática e rigorosa (AGUIAR, 2000) prevista nas

normas de eficiência e essenciais para a conservação dos edifícios, quanto de erros construtivos ou de planejamento muitas vezes adotando padrões construtivos usados anteriormente e que a curto prazo se mostraram eficazes para sanar determinados problemas mas que a longo podem ser foco de manifestação patológicas.

As manifestações patológicas exigem estudos e métodos científicos que permitam ao engenheiro reconhecer suas principais características bem como a maneira mais eficiente para intervir e solucionar-las, para tanto o estudo das manifestações patológicas vem como resposta à necessidade atual da engenharia de encontrar soluções para os processos patológicos que se tornam cada vez mais presentes na engenharia ao passo do surgimento de novas normas que se posicionam cada vez ao lado do consumidor e tentam garantir de forma efetiva a vida útil de projeto estabelecida pelas normas vigentes. As exigências de normas qualificativas cria para a engenharia a necessidade de estudos que sejam capazes de abranger os processos construtivos atuais empregados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Investigar e classificar, as diversas manifestações patológicas no concreto armado bem como seus mecanismos de ação, apresentando soluções que visem evitar o seu surgimento, apresentar medidas que ajudem a conter os efeitos de manifestações que já se encontram em estado avançado; além de apresentar meios de trabalho e os sistemas legais que vigoram nessa área.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar os tipos mais comuns de manifestações patológicas em concreto armado;
- Apresentar os amparos legais, sistemas de controle de qualidade e padronização;
- Mostrar abordagens que permitam ao engenheiro despertar e adquirir novos conhecimentos em meios acadêmico ou profissional.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia aplicada será baseada no estudo da legislação e das diretrizes aplicadas a engenharia diagnóstica, apresentar como os meios legais serviram como base para desenvolver os métodos construtivos e sistemas de gestão de qualidade e padronização. Apresentar as evoluções das ferramentas de trabalho com manifestações patológicas e classificar as mais presentes no concreto armado.

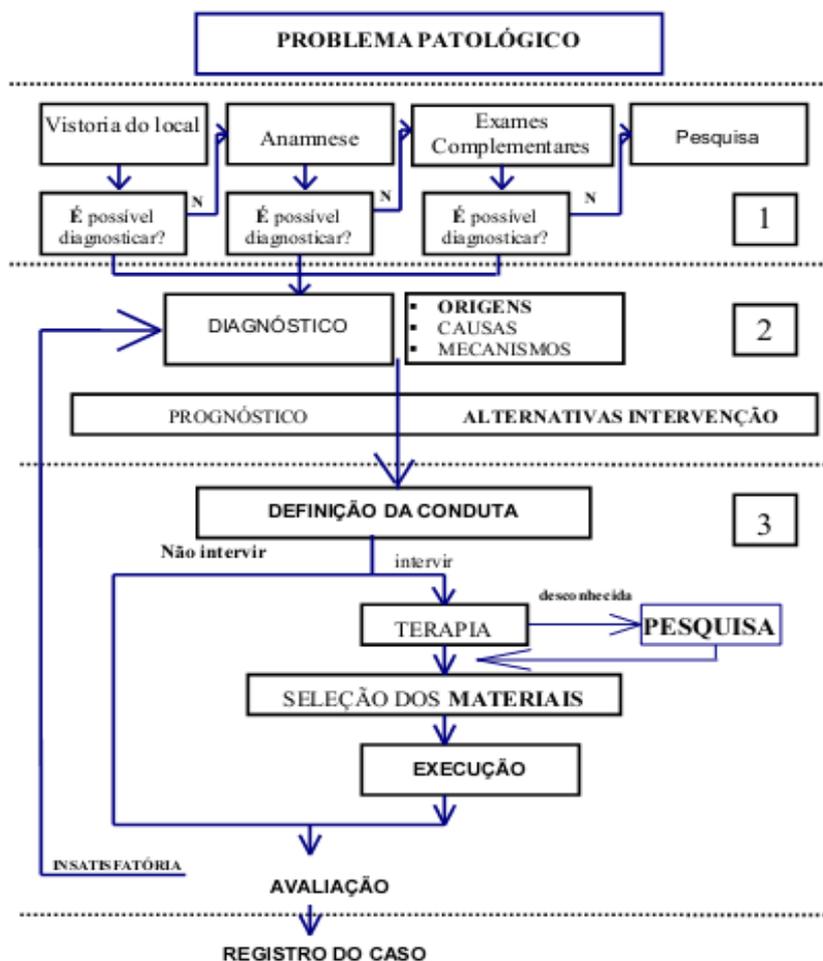
2 ABORDAGEM DE LEVANTAMENTOS DE AGENTES PATOLÓGICOS

2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente quando nos deparamos um processo patológico precisamos inicialmente buscar o máximo possível de informações que nos ajudem a identificar essa patologia.

As informações devem ser obtidas a partir de quatro fontes básicas: vistoria local, levantamento do histórico do problema e do edifício (anamnese do caso), exames complementares e pesquisa (bibliográfica, tecnológica e científica) como mostra a figura 1 (BARROS *et al.*,1997).

Figura 1 - Fluxograma de diagnóstico de patologias



Fonte: Lichtenstein, 1985

2.1.1 Vistoria local

A vistoria local pode dar-se de duas maneiras: pela busca de solução de um agente patológico observado pelo usuário do edifício ou nas manutenções periódicas necessárias para bom funcionamento e garantir a vida útil de projeto.

Em determinados casos a vistoria precisa seguir passos específicos a fim de apresentar uma conclusão objetiva, entretanto na maioria dos casos a experiência do pesquisador conta como fator fundamental para o direcionamento da pesquisa. O que apresenta-se a seguir é apenas um roteiro que busca de maneira expor alguns fatos fundamentais para iniciar os trabalhos (BARROS *et al.*, 1997).

a) Determinar a existência e a gravidade do problema patológico:

Na grande maioria das vezes, a existência de um agente patológico instalado pode ser observada mesmo sem dispor de conhecimentos técnicos sobre o assunto, em seguida busca-se por meio de uma análise comparativa entender a gravidade do processo patológico. As patologias podem apresentar diferentes gravidades, sendo algumas mais significativas que outras e passíveis de intervenção para garantir a segurança.

b) Definição da extensão e alcance do problema:

Após determinar a existência de um agente patológico e ser capaz de classificar de qualificar quanto a sua gravidade, é necessário classificar quanto a sua extensão. As patologias podem ser problemas locais ou problemas globais.

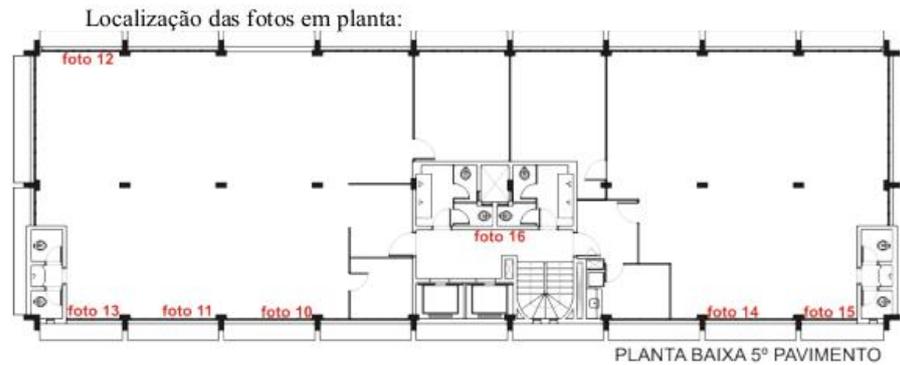
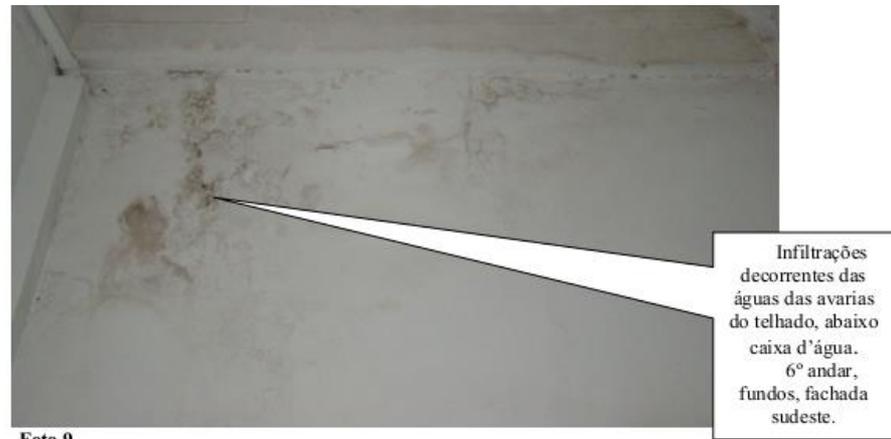
Quando se apresentam como problemas locais o estudo e a intervenção se torna mais simples pela necessidade de intervir em apenas uma área do edifício, geralmente patologias locais causam menos transtornos que as patologias globais pela sua menor área de ação torna mais fácil de buscar ações que não interfiram em larga escala no restante do edifício.

Ao se apresentarem como problemas globais sua análise se torna mais complexa porque é necessário analisar todo o conjunto a fim de buscar efeitos piramidais que possam ocorrer, como por exemplo, um recalque na fundação dependendo de sua intensidade pode criar patologias na fachada do prédio causando fissuras. Quando nos deparamos com um processo global sua extensão eleva-se exponencialmente o alcance dos problemas e exige uma intervenção maior que muitas vezes pode abranger todo o edifício.

c) Registro de resultados

O registro de resultados busca estruturar as observações feitas permitindo formular o diagnóstico do problema (BARROS *et al.*, 1997).

Figura 2 - Modelo de vistoria local



Fonte: Laner (2009)

2.1.2 Anamnese do caso

Esta fase é desenvolvida quando as informações obtidas pela vistoria local foram incompletas ou insuficientes para se definir uma conduta a fim de intervir com o processo patológico.

A anamnese deve ser entendida como: uma ação capaz de levantar o histórico do edifício, envolvendo todas as atividades realizadas durante o seu processo de produção que, de alguma maneira, possam ter contribuído para o surgimento do problema (BARROS et al., 1997).

Para obtenção dos dados para análise será necessária investigação com as pessoas que estiverem envolvidas com o empreendimento e uma verificação da documentação fornecida.

a) Investigação

Deve-se procurar o maior número de informações possíveis com as diversas pessoas relacionadas diretamente ou indiretamente com o empreendimento. Um grande fator responsável por processos patológicos está na modificação do projeto ou de materiais especificados na fase de execução.

Entretanto é válido lembrar que apesar da investigação poder apresentar informações importantes sobre o surgimento ou evolução de um processo patológico, muitas vezes essas informações podem aparecer de maneira equivocada levando a uma falsa conclusão; por isso a verificação da documentação fornecida é o próximo passo.

b) Verificação da documentação fornecida

Como os dados apresentados na investigação podem ser insuficientes ou muitas vezes equivocados, devemos buscar uma forma auxiliar de informações. Como fonte auxiliar, os documentos criados durante a fase de planejamento e execução do edifício bem como os documentos de ocupação podem ser fontes importantes de informações para a pesquisa.

Os documentos mais importantes são: diário de obra; registro de ensaios para recebimento de materiais e componentes; notas fiscais de materiais e equipamentos; contratos para execução dos serviços; cronograma físico-financeiro previsto e executado; além de documentos relativos à fase de uso do edifício como programas de manutenção (BARROS et al, 1997).

Em geral pela falta de conhecimento da sua importância muitas vezes esses documentos se apresentam desatualizados ou mesmo incompletos.

c) Registro de resultados

O registro de dados aqui, busca analisar os dados obtidos pela anamnese do caso em conjunto com os dados obtidos pela vistoria local, é importante ressaltar a importância de ambas as fontes de informação para confrontar os resultados visto que a anamnese muitas vezes pode apresentar algumas falhas devido a erros de memória ou problemas com os documentados apresentados tais como desatualização ou falta de dados.

2.1.3 Ensaio complementares

Alguns processos patológicos exigem ensaios complementares que permitem sua investigação e buscam ser fontes de mais informações, a fim de se conseguir uma maneira eficaz de se intervir no problema. Os ensaios complementares podem ser locais ou laboratoriais conforme segue:

a) Ensaaios laboratoriais

Os ensaios laboratoriais, na maioria das vezes, servem para avaliar determinadas amostras, coletadas com o objetivo de quantificar e qualificar o comportamento físico-químico dos materiais, procurando reproduzir as condições de exposição a que estão submetidos quando do seu emprego no edifício (BARROS *et al.*, 1997).

Nesta fase, a necessidade da experiência torna-se fundamental haja vista que os ensaios exigidos podem se tornar caros, além de muitas vezes demandar tempo para serem ensaiados. Assim cabe ao pesquisador buscar quais os melhores recursos a serem utilizados para o estudo da patologia.

b) Ensaaios locais

Estes ensaios caracterizam-se por serem realizados na própria obra, podendo ser de natureza destrutiva ou não destrutiva e seu campo de amostragem constitui-se de corpos de provas (CP's) pertencentes a partes danificadas e outras que não apresentem os problemas (BARROS *et al.*, 1997).

2.1.4 Pesquisa

Quando, apesar de todos os dados obtidos pela vistoria local, pela anamnese e pelos ensaios, ainda não é possível fazer o diagnóstico do problema nem definir uma conduta para a patologia recorre-se a pesquisa bibliográfica e ensaios de nível tecnológico.

A pesquisa bibliográfica nos permite procurar por situações análogas as enfrentadas e a estudar as eventuais intervenções e as condutas seguidas quanto o agente patológico. Essa fase de pesquisa é geralmente feita quando os processos para determinar as causas e o processo evolutivo da patologia não são completos ou satisfatórios necessitando de mais informações ou quando a disposição de tecnologia não consegue apresentar uma solução eficaz e viável sendo necessária a busca de outros meios para enfrentar a situação.

2.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO

Uma vez que foi possível definir qual é o problema que está sendo causado pelo processo patológico é possível traçar um diagnóstico da situação (LICHTENSTEIN, 1985).

De maneira simplificada, esse diagnóstico vem a ser a criação de um conjunto de hipóteses que visa explicar as origens, causas e mecanismos do processo patológico.

O conjunto de hipóteses é criado com base nas informações obtidas nos passos anteriores visando relacionar os dados obtidos na história, na amnésia, nos ensaios e na pesquisa; caso tenha sido efetuada; a fim de conseguir criar parâmetros que permitam entender todo o processo patológico bem como a sua origem e entender quais são os fatores que podem influenciar na sua evolução.

A partir do diagnóstico da situação, pode-se criar uma conduta que analisará a possível intervenção e seus eventuais impactos. A intervenção pode ou não ser necessária dependendo do tipo de patologia e de seu processo evolutivo além de incluir outros fatores como, por exemplo, os tipos de prejuízo causados pela mesma e os custos necessários para intervir.

Em geral, quando temos uma patologia cuja ação é global é quase que indispensável a intervenção sendo nesses casos os eventuais danos e prejuízos causados pelo processo patológico superior aos de problema com patologias locais e mais difíceis de se encontrar soluções que gerem baixo transtorno.

2.3 DEFINIÇÃO DE CONDUTA

Nessa etapa da metodologia, já é possível identificar a existência da patologia, sua extensão e conseguimos gerar hipóteses para sua origem, causa e mecanismos relacionados, agora passa-se a decidir se uma intervenção é realmente necessária para solução do problema patológico e caso seja necessária será estudado os tipos de intervenções possíveis e mais adequadas para cada situação.

Para decidir se será ou não necessária intervenção uma série de fatores deverá ser levado em consideração para conseguir fazer uma projeção da evolução dessa patologia, esses fatores são: estágio de desenvolvimento; características gerais do edifício e condições de exposição a que está submetido; com esses dados é possível fazer um prognóstico, ou seja, uma previsão de como o processo patológico se comportará futuramente. Depois de determinar a necessidade ou não da intervenção, será decidido o tipo de intervenção a ser feita levando em conta três fatores: grau de incerteza sobre os efeitos, relação custo benefício e disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços (BARROS *et al.*, 1997).

O grau de incerteza baseia-se na possibilidade das hipóteses ou dos dados utilizados estarem sujeito a erros, visto que em algumas partes do processo de diagnóstico da patologia somos defrontados com dados incompletos ou desatualizados que tornam a precisão da prognóstico mais incerta.

A relação custo benefício estuda os custos que podem ter a intervenção no processo patológico, e especificamente tenta correlacionar a vida útil de projeto da edificação com os eventuais prejuízos do processo patológico concluindo se é economicamente viável investir em uma intervenção ou se os eventuais prejuízos causados pela patologia podem ser desconsiderados quanto a vida útil e utilização do edifício.

A disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços procura fazer um levantamento tecnológico sobre as condições necessárias e as disponíveis para execução da intervenção. Nesse item, são levados em conta desde a disponibilidade de material à mão de obra especializada para executar o serviço.

Enquanto a relação custo benefício estuda a relação da intervenção com os prejuízos gerados pela patologia e influência na decisão de intervir ou não; a disponibilidade de tecnologias vai interferir em qual intervenção poderá ser executada e, além disso, também pode influenciar na decisão de intervir ou não caso as tecnologias a serem empregadas não estiverem disponíveis ou seu custo for elevado demais se correlacionando com a relação custo benefício.

Caso seja empregada uma tecnologia incompatível com o problema ou ainda, caso ocorram falhas na realização dos serviços de manutenção, o mesmo pode ser agravado podendo até mesmo tornar-se irreversível (BARROS *et al.*, 1997).

2.4 REGISTRO DE CASO

O registro de caso constitui-se no registro e fonte de consulta dos problemas abordados sendo usado posteriormente como fontes seguras caso ocorra o ressurgimento da patologia além de ser utilizado como forma de prevenção da ocorrência desses processos patológicos em outros empreendimentos.

3 MÉTODOS DE CONDUTA

3.1 MANUTENÇÃO

Manutenção é um conjunto de ações que possuem como objetivo prevenir ou identificar os danos, sendo que está intimamente ligada a decisões tomadas durante o processo de construção, controle de gestão de qualidade e normalização técnica (CEB-FIP, 1991; SOUSA, 1988).

A Federação Internacional de Protensão (FIP, 1988) estabeleceu uma metodologia sobre os intervalos de inspeção e manutenção em estruturas de concreto armado e protendido, representado na tabela 1. A seguir será apresentada a mesma:

Classe das estruturas:

- Classe 1 – a ocorrência de ruptura resultaria em consequências catastróficas, onde sua necessidade é de vital importância;
- Classe 2 – a ocorrência de ruptura resultaria na perda de vidas humanas, onde sua necessidade é de considerável importância;
- Classe 3 – a ocorrência de ruptura que resulta em danos fatais é baixa, onde sua necessidade não é vital e pode-se permanecer um período sem dispor de seus serviços.

Categorias de inspeção:

- Rotineira: realizada em intervalos regulares, com acompanhamento de técnicos responsáveis pelos projetos e pela manutenção (FIP, 1988);
- Extensiva: realizada em intervalos regulares, intercalados com as inspeções rotineiras, investiga minuciosamente os elementos da estruturas (FIP, 1988);

Condições ambientais e de carregamento:

- Muito severa: ambiente agressivo com possibilidade de fadiga devido a carregamentos cíclicos presentes;
- Severa: possui as mesmas características do ambiente muito severo, entretanto o seu carregamento presente é estático, ainda há possibilidade de fadiga;
- Normal: ambiente com condições normais e com carregamento estático, pouca ou nenhuma possibilidade de fadiga.

Tabela 1 - Intervalo entre as inspeções em anos segundo FIP

Condições ambientais e de carregamento	Classe das Estruturas					
	I		II		III	
	Inspeção rotineira	Inspeção extensiva	Inspeção rotineira	Inspeção extensiva	Inspeção rotineira	Inspeção extensiva
Muito Severa	2*	2	6*	6	10*	10
Severa	6*	6	10*	10	10*	-
Normal	10*	10	10*	-	**	**

* Intercalando rotineiras e extensivas

** Apenas inspeções superficiais

Fonte: Nince (1996)

3.2 INTERVENÇÃO

3.2.1 Reparo estrutural

Reparo estrutural diz respeito a qualquer tipo de reposição, restauração e conservação da estrutura que tem como finalidade restituir a capacidade de resistência original da estrutura (NINCE, 1996)

Para o sucesso do reparo estrutural deverá ser feito um estudo detalhado e extensivo da patologia que possa diagnosticar corretamente a necessidade do reparo. A necessidade do estudo nesses casos está no demasiado custo para implementação dessa intervenção que se feita desnecessariamente pode causar problemas financeiros ao construtor.

Após o reparo são exigidos inspeções e ensaios para garantir a eficácia do reparo.

3.2.2 Reforço

Diferente do reparo, o reforço estrutural é financeiramente mais barato e não necessita na existência de danos que possam comprometer a estrutura, é feito a partir de um conjunto de ações que visa aumentar a capacidade da estrutura em questão, esse aumento geralmente é superior a capacidade do qual o mesmo foi projetado (FIP, 1982).

3.2.3 Substituição

Diferente dos métodos apresentados anteriormente, a substituição trata-se de uma intervenção destrutiva na qual há uma demolição parcial ou total do elemento estrutural e posteriormente é levantado um novo elemento estrutural, é viável economicamente apenas em casos extremos devido ao seu altíssimo custo é usado apenas quando os danos a estrutura são de uma grande magnitude.

3.3 MÉTODOS DE INTERVENÇÃO

3.3.1 Armaduras adicionais

3.3.1.1 Incorporação de barras de aço

Técnica bastante comum, viável e a mais utilizada atualmente devido a sua facilidade de execução tamanha que não exige mão de obra especializada, consiste basicamente na adição de barras de aço novas ao elemento estrutural original que posteriormente será coberto de argamassa ou concreto. É um método comum e barato de reparação se comparado a outros.

3.3.1.2 Utilização de chapas coladas

Técnica mais avançada de reparo possui um custo maior e necessita de mão de obra especializada. Consiste basicamente em colar chapas de aço na região externa dos elementos estruturas através de um tipo de resina epóxi. Todo o processo, desde o dimensionamento da camada de resina e da chapa até o preparo da resina, exigem mão de obra especializada.

3.3.1.3 Grampeamento

Uma solução muito eficaz, mas que exige um nível de conhecimento alto, por causa da técnica aplicada para executá-la, caso a patologia não seja solucionada existe uma grande chance de que novas fissuras surjam em regiões próximas. Consiste em fixar grampos de aço na estrutura fissurada resistindo ou até mesmo elevando a sua resistência a tração.

3.3.1.4 Armadura adicional de protensão

É utilizado em peças protendidas, onde temos a aparição de fissuras decorrentes das grandes flechas. Para sua utilização esse método requer uma ancoragem de cabos que serão utilizados para transferir as forças.

3.3.2 Injeção de fissuras

Processo simples pelo qual pasta ou resina com viscosidade adequada é injetada no interior da fissura para evitar a deterioração do elemento de concreto pela corrosão (NINCE, 1996). É uma intervenção que combate fissuras e simultaneamente evita outra patologia conhecida a corrosão das armaduras.

3.3.3 Remodelagem do elemento estrutural

Consiste basicamente no aumento da seção do elemento estrutural. Para garantir uma boa aderência é comum o emprego de aditivos ou adesivos a base de material epóxi.

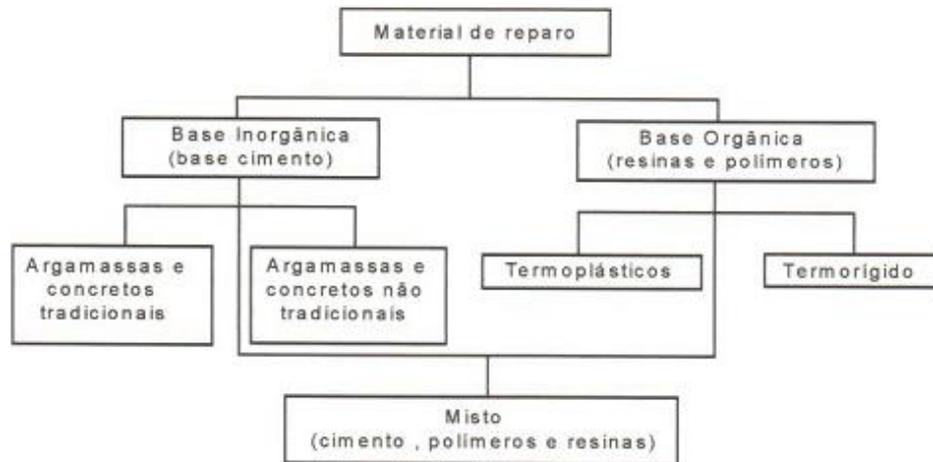
3.3.4 Remodelagem com argamassa

Consiste dos mesmos princípios da remodelagem do elemento estrutural porém é mais viável em reparação de pequenas fissuras entre 50 e 100 mm sua principal função como citada anteriormente é evitar outra manifestação patológica: a corrosão de armaduras.

3.4 ESCOLHA DOS MATERIAIS NAS INTERVENÇÕES

O autor Andrade (1992), classificou segundo a composição química os materiais usados em intervenções como mostra a figura 3:

Figura 3 - Classificação dos materiais usados em intervenções



Fonte: Andrade (1992)

3.5 CUSTO DAS PATOLOGIAS

Segundo Bernardes (1998) além de provocar graves prejuízos às imagens das empresas e profissionais, as patologias geram custos não planejados em sua pesquisa o autor concluiu que cada patologia gera um custo médio de 2,87% no valor final da obra, em valores convertidos esse custo seria de aproximadamente US\$ 16,00/m² ou R\$ 47,20/m², vale ressaltar que esses valores não incluem as manifestações patológicas que foram corrigidas durante a fase de execução.

Para calcular esse valor o autor analisou 52 obras ao longo de 5 anos analisando as patologias presentes na parte hidráulica, paredes, impermeabilização, esquadrias, azulejos, pisos cerâmicos, instalações elétricas, forros de gesso e mármore.

4 ENGENHARIA DIAGNÓSTICA DE EDIFICAÇÃO

4.1 CRIAÇÃO DAS DIRETRIZES

A criação da engenharia diagnóstica de edificação vem suprir a necessidade do mercado da engenharia no campo de manifestações patológicas. Por meio de diversos estudos e levantamentos foram criadas diretrizes que permitem uma abordagem não acadêmica e mais profissional das patologias permitindo que o engenheiro possa desempenhar satisfatoriamente seu papel.

Todas as diretrizes são publicadas feitas a partir de estudos feitos pelo Instituto de Engenharia, uma sociedade civil sem fins lucrativos que busca de forma geral melhorar o desenvolvimento da ciência da engenharia e torna-la mais eficaz e sustentável.

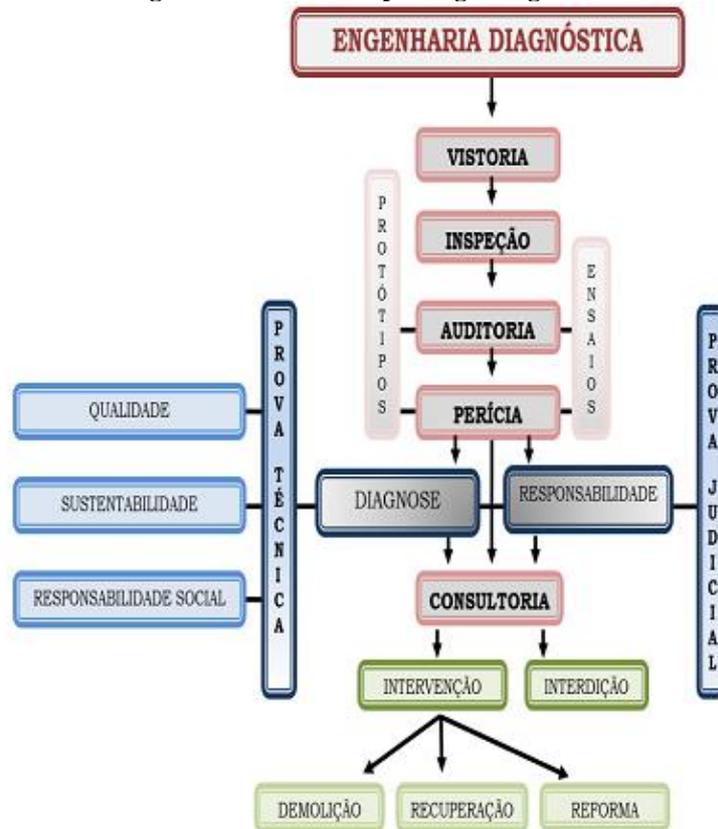
As diretrizes apresentam uma forma metódica e amplamente aceita de trabalho com manifestações patológicas que abrangem desde a identificação das patologias até o seu tratamento final passando por todos os processos necessários e recomendados para a intervenção do profissional.

4.2 METODOLOGIA DIAGNÓSTICA

A metodologia diagnóstica consiste nos estudos lógicos sequenciais através da utilização das ferramentas diagnósticas, visando objetivo técnico ou jurídico (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2014).

Na figura 4 são representados os estudos metódicos feitos a partir das diretrizes que visam o trabalho com patologias.

Figura 4 - Metodologia de trabalho com patologias segundo o Instituto de engenharia



Fonte: Instituto de Engenharia (2014)

A metodologia apresentada a seguir seguirá o modelo proposto pelo Instituto de Engenharia que criou as diretrizes da engenharia diagnóstica, por ser um trabalho recente lançado em 2014 temos poucos trabalhos que se baseiam na revisão dessa diretrizes.

4.2.1 Vistoria diagnóstica de edificação

Busca de maneira técnica a constatação do estado ou condição da edificação em determinado momento visando explorar pontos relevantes ao estudo de caso.

- a) Vistoria “*ad Perpetuam Rei Memoriam*”:

Vistoria técnica que busca constatar a condição da edificação e perpetuar sua memória.

- b) Vistoria da vizinhança:

Também chamada de vistoria cautelar, é a vistoria das edificações vizinhas a futura obra, realiza-se, normalmente, antes de iniciarem processos de demolição, construção ou reforma.

- c) Vistoria de estágio da obra:

Constatação dos serviços realizados e em andamento na data prevista da vistoria na obra.

- d) Vistoria de conclusão da obra:

Constatação das condições de funcionamento da edificação.

- e) Vistoria locativa:

Constatação das condições físicas e condições de funcionamento para entrega ou devolução da locação da edificação.

- f) Laudo técnico de vistoria

Documento escrito relando a prestação de serviços na vistoria realizada pelo engenheiro.

4.2.2 Inspeção diagnóstica em edificação

É a análise técnica de determinado fato, condição ou direito relativo a um edifício com base em informações genéricas e interpretação baseada na experiência de um engenheiro diagnóstico. Pode estar relacionada à análise específica de anomalias, falhas de manutenção, aspectos relacionados à saúde e segurança ou outro motivo de interesse técnico (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2014).

- a) Inspeção predial

Inspeção que abrange a construção, manutenção e uso da edificação.

- b) Inspeção da vizinha

Inspeção que abrange as características técnicas aparentes de uma edificação vizinha a uma reforma, demolição ou construção.

- c) Inspeção de estágio de obra

Inspeção dos serviços realizados e em andamento na edificação focando a qualidade dos trabalhos realizados.

- d) Inspeção de conclusão ou recebimento de obra

Inspeção das condições de funcionamento da edificação focando na qualidade. É feita, normalmente, antes da entrega do imóvel para seu proprietário.

- e) Inspeção locativa

Inspeção das condições de funcionamento da edificação focado na entrega ou devolução da locação do edifício.

- f) Inspeção de obras em garantia

Inspeção de quaisquer anomalias apresentadas durante o período de garantia da edificação.

- g) Inspeção de falhas de manutenção

Inspeção de quaisquer falhas inerentes à manutenção durante a fase de uso.

- h) Laudo técnico de inspeção da edificação

Documento escrito relatando os serviços prestados e as análises das inspeções da edificação.

4.2.3 Auditoria diagnóstica em edificação

É um atestamento de conformidade ou inconformidade de uma condição relativa ao edifício que deve ser confrontado com as projeções iniciais, normas de funcionamento, legislações ou contratos.

a) Auditoria de planejamento

Atestado de conformidade ou inconformidade do planejamento base da edificação.

b) Auditoria de projeto

Atestado de conformidade ou inconformidade do projeto contratual da obra.

c) Auditoria da obra

Atestado de conformidade ou inconformidade dos serviços executados na edificação baseado no contrato

d) Auditoria de técnica construtiva de edificação

Atestamento de conformidade ou inconformidade da execução de uma edificação relacionado a projetos, memoriais, processos construtivos adotados ou normas da ABNT (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2014).

e) Auditoria da manutenção em edificação

Atestado de conformidade ou inconformidade da manutenção relacionado no manual de uso, programa de manutenção ou normas da ABNT.

f) Auditoria da segurança em edificação

Atestado de conformidade ou inconformidade da segurança baseado na ABNT e das normas técnicas incluindo a do corpo de bombeiros militar.

g) Auditoria de acessibilidade

Atestado de conformidade ou inconformidade da acessibilidade de um edifício baseado na norma NBR 9050.

h) Auditoria do uso edifício

Atestado de conformidade ou inconformidade com as condições de uso do condomínio baseado no manual de uso.

i) Auditoria de desempenho

Atestamento de conformidade ou inconformidade do desempenho baseado na norma de desempenho.

j) Laudo técnico da auditoria em edificação

Documento escrito relatando os serviços prestados e os atestados decorrentes das auditorias.

4.2.4 Perícia diagnóstica em edificação

É a apuração técnica da origem, causa e mecanismo de ação de um fato, condição ou direito relativo a um edifício, visando estudos dos níveis de qualidade mediante o estabelecimento de diagnóstico ou sendo aplicável a apuração da responsabilidade de fato técnico (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2014).

a) Perícia de vizinhança

Apuração técnica procedida nos imóveis vizinhos para determinar a origem, causa e mecanismos das patologias e influência deles.

b) Perícia técnica de sistema construtivo

Apuração técnica que visa descobrir as causas, origens e ações de uma determinada patologia ou anomalia em um elemento qualquer da edificação.

c) Perícia de edificação em garantia

Apuração técnica realizada em edificações ainda na garantia para analisar as origens, causas e sistema de ação das manifestações patológicas, problemas com a manutenção ou mau uso da edificação.

d) Perícia de acidente

Apuração técnica feita em edificação para determinar a origem, causa e mecanismo de ação do fato, condição ou direito relativo ao acidente (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2014).

e) Laudo técnico de perícia em edificação

Documento elaborado pelo técnico responsável que relata os serviços que foram prestados e as conclusões periciais.

4.2.5 Consultoria diagnóstica em edificação

É definida por ser o prognóstico e a decisão do engenheiro responsável sobre a necessidade ou não de intervenção, para o mesmo é necessário que um estudo completo tenha sido realizado e que tenha tido resultados sólidos.

a) Consultoria de vizinhança

É o prognóstico e as prescrições técnicas para as patologias ou danos ocorridos em imóveis localizados na vizinhança do terreno da obra.

b) Consultoria técnica de sistema construtivo

É o prognóstico e as prescrições das manifestações patológicas visando o estabelecimento das opções para recuperação e prevenção de incidência.

c) Consultoria de acidente

É o prognóstico e as prescrições para os acidentes com ou sem vítimas nas edificações.

d) Consultoria de garantia

É o prognóstico e as prescrições para as edificações em fase de garantia com fins de indicar os reparos para as anomalias construtivas, falhas de manutenção e irregularidades.

e) Parecer técnico de consultoria em edificação

Documento escrito relatando os serviços prestados, prognósticos e as prescrições das consultorias.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS PREDIAIS

Segundo o Instituto de Engenharia (2014), a classificação das patologias prediais pode ser classificada em:

4.3.1 Anomalias Construtivas

- Endógena

Se origina partindo da edificação da fase do projeto, execução ou de materiais incompatíveis;

- Exógena

Se origina a partir de fatores não ligados a edificação, provocados por terceiros;

- Natural

Se origina a partir de fenômenos naturais.

- Funcional

Se origina a partir do uso, relativo à vida útil da edificação.

4.3.2 Falhas de manutenção

- De planejamento

Ocorrem por falhas nos procedimentos, especificações inadequadas, falta de aderência a questões técnicas, de uso, de operação, de exposição ambiental e de confiabilidade e disponibilidade das instalações unido a estratégia traçada de manutenção (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2014).

- De execução

Ocorre devido a erros de execução tais como falta ou ineficiência da manutenção, erros na fase de execução e uso de materiais que não são compatíveis com a edificação.

- Operacionais

Ocorrem por fenômenos relacionados aos procedimentos inadequados de registro, controle, ronda e demais.

- Gerenciais

Falta de acompanhamento da qualidade de execução da manutenção ou dos custos da mesma.

4.3.3 Irregularidades de uso

- Habitabilidade

Associados a estanqueidade, desempenhos térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene, qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico.

- Segurança

Associados à estabilidade estrutural, segurança contra fogo e segurança no uso e na operação.

- Sustentabilidade

Associados a durabilidade, capacidade de manutenção e impacto ambiental.

5 LEGISLAÇÃO APLICADA AO EXERCÍCIO DA ENGENHARIA

5.1 RESPONSABILIDADES LEGAIS DA EDIFICAÇÃO

No Brasil a garantia da qualidade das edificações é garantida pelo Código Civil Brasileiro em seu artigo 1245 de 1916 estabelecendo a responsabilidade de solidez e segurança no trabalho durante um período de 5 anos; revogado posteriormente pelo Código Civil de 2002; no artigo 618 do Código Civil Brasileiro.

Art. 618-Nos contratos de empreitada de edifícios ou outras construções consideráveis, o empreiteiro de materiais e execução responderá, durante o prazo irredutível de cinco anos, pela solidez e segurança do trabalho, assim em razão dos materiais, como do solo.

Parágrafo único. Decairá do direito assegurado neste artigo o dono da obra que não propuser a ação contra o empreiteiro, nos cento e oitenta dias seguintes ao aparecimento do vício ou defeito.

O conceito de solidez e segurança segundo Meirelles (2005) está relacionado não apenas com os defeitos que possam causar a ruína do edifício, mas de quaisquer patologias que possam comprometer a saúde ou a segurança dos moradores.

Outra importante norma no que se refere a legislação sobre responsabilidade de edificações é a Decisão Normativa nº 069, baixada em 23 de março de 2001 pelo Confea; Plenário do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia; uma autarquia que anteriormente era responsável por fiscalizar as profissões de Arquitetura, Engenharia e Agronomia. Segundo a normativa dispõe-se de aplicação de penalidades aos profissionais no caso de comprovação da existência de erro técnico por imperícia, imprudência ou negligência (BRANDÃO, 2007).

Também o código do consumidor delimita a responsabilidade por falhas construtivas no artigo 12, entretanto o mesmo estabelece em se tratando de patologias um prazo de noventa dias para a representação de reclamações quando se refere a produtos duráveis.

5.1.1 Classificação de erro técnico segundo CREA-GO

Segundo normativa 069, baixado pelo CREA, o erro técnico pode ser classificado em 3 categorias:

- Imperícia: acontece quando o profissional se incube de atividades as quais não possui conhecimento técnico para executar ainda que tenha legalmente as atribuições exigidas.
- Imprudência: acontece quando o profissional sendo capaz de prever as consequências negativas age de maneira imprevidente e pratica atos de imprudência sem levar em contraponto a fonte de erro.
- Negligência: também conhecida como acobertamento profissional, acontece quando o profissional não participa efetivamente na execução ou no projeto do empreendimento.

5.2 RESPONSABILIDADE DE DANO A TERCEIROS

A responsabilidade por danos a terceiros segundo Gonçalves (2003), deverão de ser ressarcidos pelos seus autores ou por quem auferir os proveitos da construção. Ainda segundo Meirelles (2005) a responsabilidade dos danos a terceiros se origina na lesividade do ato tornando-se assim independente da responsabilidade do proprietário ou construtor, ou seja, trata-se de responsabilidade sem culpa.

Após a lesão configura-se o processo de responsabilidade o qual se for comprovado de autoria do construtor o mesmo responderá por sanções ético-profissionais junto ao CREA.

5.3 RESPONSABILIDADE DE EXERCÍCIO DA PROFISSÃO

Além das responsabilidades legais previstas nas jurisprudências brasileira, o profissional também pode ser responsabilizado por princípios ético-profissionais que recaem principalmente sobre os autores do projeto e os executores das obras, bem como fiscais.

O CONFEA, órgão que responsável pelos exercícios da profissão juntamente com Crea, em seu artigo 13 da resolução 1002 dispõe os princípios de infrações éticas como sendo todo ato cometido que se atende contra princípios éticos, descumpra deveres de ofício, pratique condutas expressamente vedadas ou lese direitos reconhecidos por outrem (BRANDÃO, 2007).

Cabendo assim ao Crea aplicar as penalidades ao profissional quando julgar-se necessário.

5.4 NORMA DE DESEMPENHO E SISTEMA ISSO

Os diversos conceitos de qualidade e normalidade além de qualidade de garantia e gestão de qualidade são normalizados pela International Organization for Standardization – ISO, ele reúne diversas normas que garantem junto a ABNT, no Brasil, a qualidade e desempenho das mais diversas áreas de conhecimento humano. Devido aos padrões de qualidade da ISO diversas empresas aderiram a essas normas como uma maneira de mostrar solidez e segurança aos seus clientes.

No Brasil, a NBR 9000 de 1994 tratava das normas de gestão de qualidade e garantia de qualidade, sendo substituída mais de uma década depois pela NBR ISO 9000:2005 chamada de “Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário” trazendo os fundamentos de sistemas de gestão de qualidade aplicáveis a todas as empresas das mais diversas áreas. Além da NBR ISO 9000:2005, a ABNT publicou mais duas normas sobre a qualidade exigida de seus produtos, são elas a norma NBR ISO 9001:2000 “Sistema de gestão da qualidade – Requisitos” e a norma NBR ISO 9004:2000 “Sistema de gestão da qualidade – Diretrizes para melhoria de desempenho”; a primeira especifica os requisitos necessários para um sistema de gestão de qualidade eficiente, a segunda além de considerar o que foi anteriormente dito na ISO 9001 acrescenta requisitos de eficiência de sistemas de gestão de qualidade (BRANDÃO, 2007).

A norma 15.575 chamada de Norma de Desempenho de edificações é a recente norma da ABNT para a construção civil, que diferente das outras normas para construção civil chamadas de normas prescritivas, a norma 15.575 visa a capacidade de atendimento do sistema como um todo; e portanto não invalida as mais de 157 normas prescritivas existentes antes coordena a execução das outras e estabelece critérios de funcionamento.

Apesar da norma não ter a força de uma lei, também entra na legislação brasileira uma vez que a mesma reconhece a ABNT como o órgão que determina os padrões de qualidade mínimos exigidos para conformidade.

6 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONCRETO ARMADO

A degradação do concreto raramente é devida a uma única causa, em estágios mais avançados de degradação do material, mais de um fenômeno deletério estará em ação (METHA, MONTEIRO, 1994).

As principais manifestações que atingem o concreto armado segundo Nince (1996), Brandão (2007), Lapa (2008) e Olivari (2003) são: recalques na fundação, acúmulo de tensões, corrosão das armaduras, segregação e carbonatação que serão tratadas a seguir.

Segundo Olivari (2003) as principais causas das manifestações patológicas são:

Fase de projeto:

- Falta de detalhamento;
- Dimensionamento incorreto;
- Não prever o efeito térmico;
- Incompatibilidade;
- Sobrecargas;
- Especificação incorreta do concreto;
- Falta de cobrimento das armaduras.

Fase de execução:

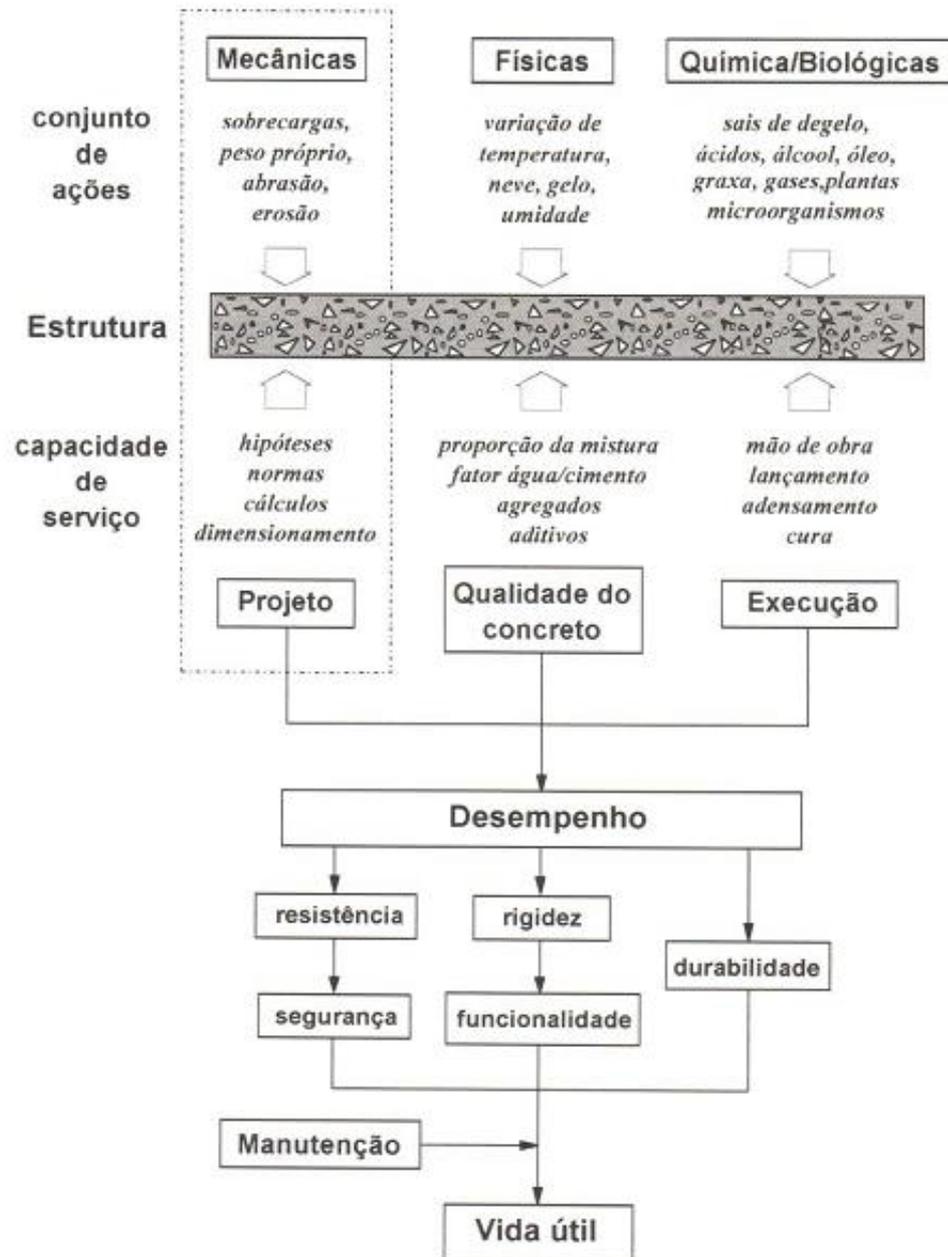
- Interpretação incorreta do projeto;
- Mal dimensionamento das armaduras;
- Ausência de espaçadores ou pastilhas;
- Desleixo com os ferros superiores das lajes;
- Problemas no lançamento do concreto;
- Problemas na cura do concreto;
- Problemas com cimbramentos e desformas;
- Problemas na vibração;
- Erro nas juntas de concretagem;
- Adição excessiva de água;
- Problema no dimensionamento das formas.

Fase de utilização:

- Ausência de um programa de manutenção;
- Elementos estruturais danificados;
- Ataques de agentes agressivos;

- Carbonatação;
- Corrosão das armaduras.

Figura 5 - Modelo de sustentabilidade do concreto



Fonte: Nince (1996)

6.1 RECALQUE DIFERENCIAL

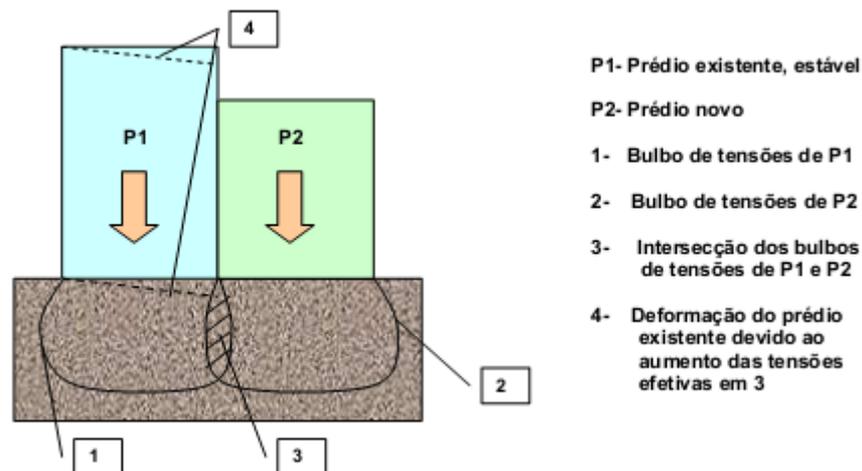
Todo solo carregado se deforma, é comum o recalque diferencial desde que o mesmo não provoque danos à estrutura (SILVA, 1993).

Segundo Thomas (2001) quando projetamos uma fundação devemos levar em conta outros fatores além da resistência do solo, tais como:

- estado de conservação das obras vizinhas;
- tipos de fundação das obras vizinhas;
- nível do lençol freático.

O surgimento de trincas ou fissuras está diretamente ligado as alterações no estado de tensão no solo, essas alterações podem ser ocasionadas devido a fatores externos podendo causar desestabilização independente da qualidade da execução da fundação. A superposição dos bulbos de pressão como mostra a figura 6, é a principal causa de recalques, pois altera as tensões efetivas atuantes nas áreas.

Figura 6 - Sobreposição dos bulbos de pressão



Fonte: Silva (1993)

6.2 ACÚMULO DE TENSÕES

O dimensionamento de peças de concreto normalmente é feito admitindo determinadas deformações e a ocorrência de fissuras na região tracionada da peça (THOMAS, 1989). A principal preocupação durante o dimensionamento de peças ou elementos de concreto é fazer com que as deformações e as fissuras não possam prejudicar a estabilidade da estrutura.

Segundo a Norma NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos, o dimensionamento de peças fletidas deve ser feito tal que caso a peça chegue ao seu estado

limite último a ruptura ocorra por compressão, por ação do momento fletor e não devido a força cortante.

6.3 FISSURAS

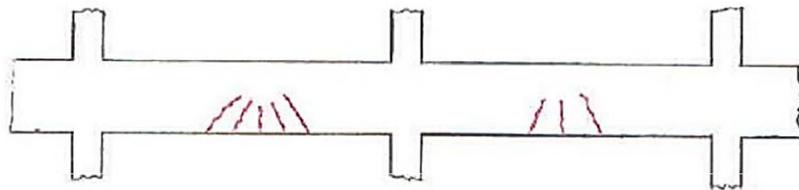
Todas as construções estão expostas a fissuras, termo usado para identificar uma patologia de causa variadas e de difícil diagnóstico, o termo designa a ruptura do concreto por ações mecânicas ou físico-químicas (JOISEL, 1981; FIGUEIREDO, 1989).

Apesar de serem manifestações patológicas de difícil identificação determinados fatores observados nos ajudam a entender as causas que as motivaram tais como: abertura, trajetória e seu espaçamento. Em sua pesquisa Dal Molin (1988) nos apresenta as principais causas das fissuras sendo elas: movimentação térmica externa com 29,71%, sobrecargas com 14,34%, passagem de eletrodutos com 13,99% e corrosão das armaduras e retração por secagem com 11,89% ambas.

Segundo a Silva (2015), as fissuras demonstradas na figura 7, podem ter as seguintes classificações quanto a causa.

6.3.1 Fissuras de flexão

Figura 7 - Fissura de flexão tipo 1

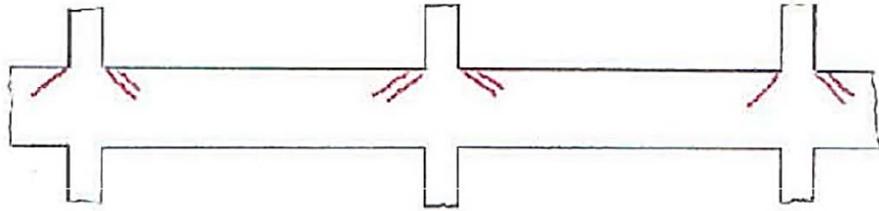


Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Armadura positiva insuficiente;
- Ancoragem da armadura positiva insuficiente;
- Sobrecargas.

Figura 8 – Fissura de flexão tipo 2

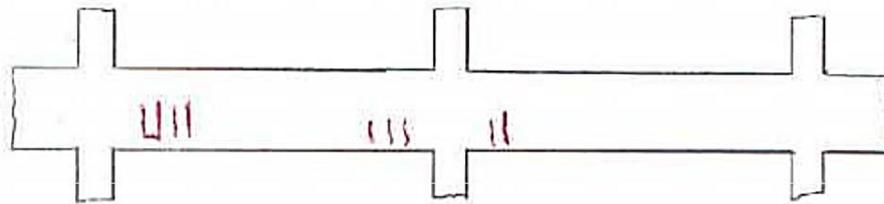


Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Armadura negativa insuficiente;
- Ancoragem da armadura negativa insuficiente;
- Sobrecargas.

Figura 9 - Fissura de flexão tipo 3



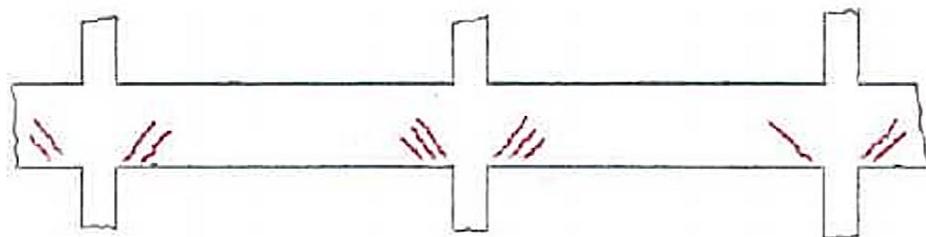
Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Falta de aderência causando deslizamento da armadura longitudinal;
- Ancoragem insuficiente da armadura;
- Sobrecarga;
- Resistência inadequada do concreto.

6.3.2 Fissuras de cisalhamento

Figura 10 - Fissura de cisalhamento



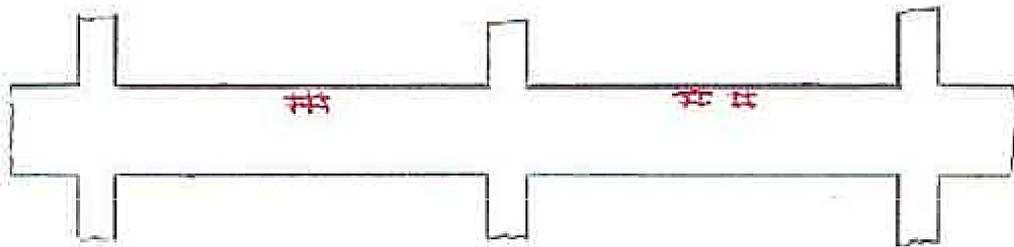
Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Insuficiência de estribos;
- Resistência inadequada do concreto;
- Sobrecarga;
- Estribos mal posicionados;

6.3.3 Fissuras de esmagamento

Figura 11 - Fissura de esmagamento



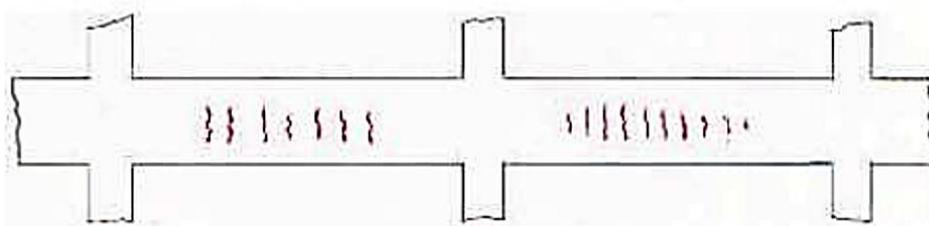
Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Sobrecarga;
- Resistência inadequada do concreto.

6.3.4 Fissura de retração

Figura 12 - Fissura de retração



Fonte: Silva (2015)

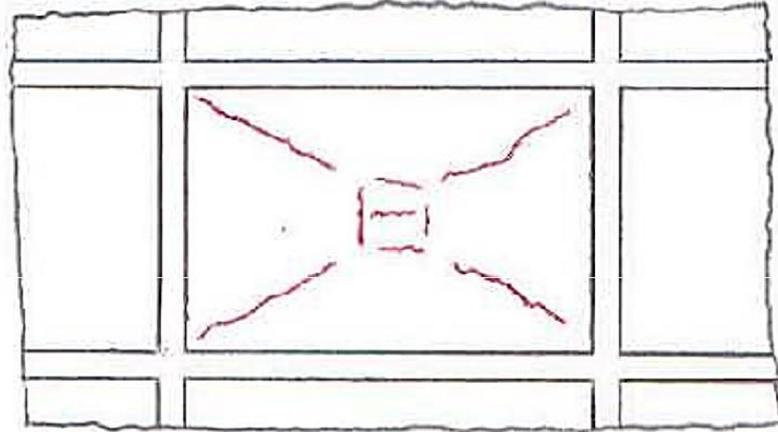
Causas prováveis:

- Cura inadequada;
- Efeito térmico;
- Relação a/c inadequada;

- Adensamento ineficiente.

6.3.5 Fissura na parte inferior da laje

Figura 13 - Fissura na parte inferior da laje tipo 1

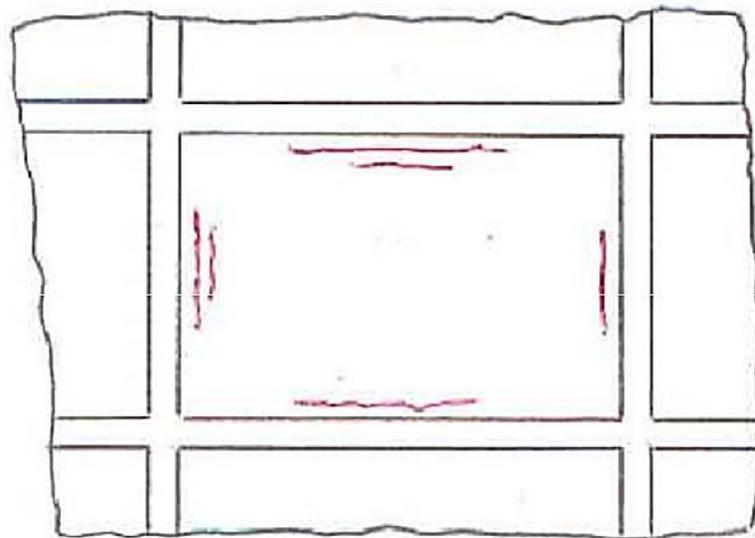


Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Armadura positiva insuficiente;
- Sobrecarga;
- Ancoragem insuficiente da armadura.

Figura 14 - Fissura na parte inferior da laje tipo 2



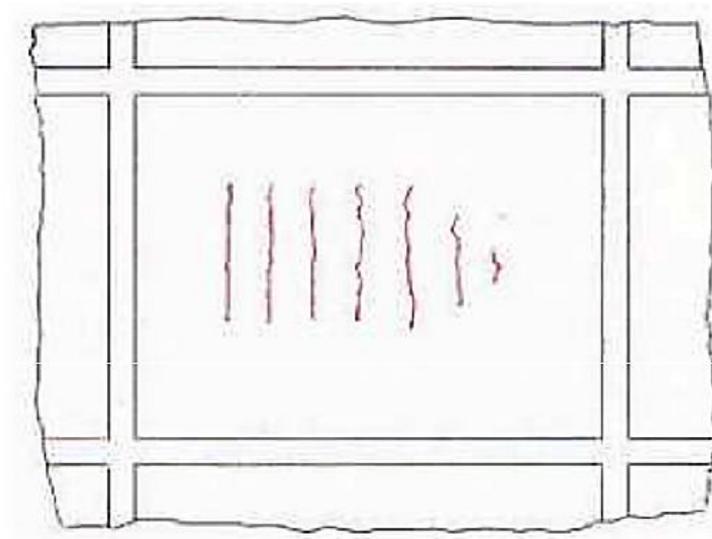
Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

Espessura insuficiente de concreto;

- Sobrecarga.

Figura 15 - Fissura na parte inferior da laje tipo 3



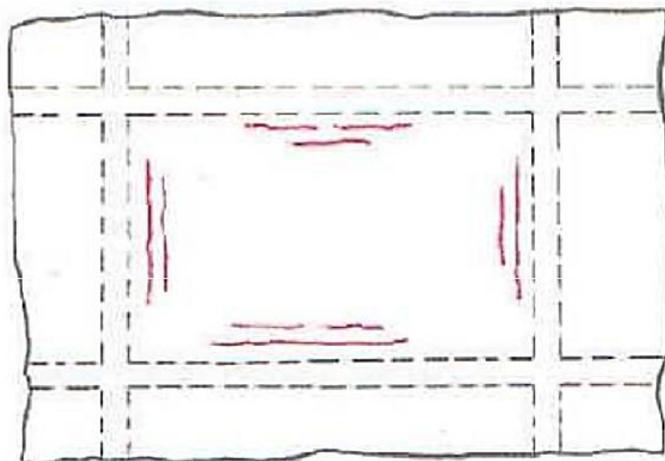
Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Cura insuficiente;
- Calor de hidratação muito alto;
- Cimento muito fino;
- Granulometria incorreta;
- Excesso de água.

6.3.6 Fissura na parte superior da laje

Figura 16 - Fissura na parte superior da laje



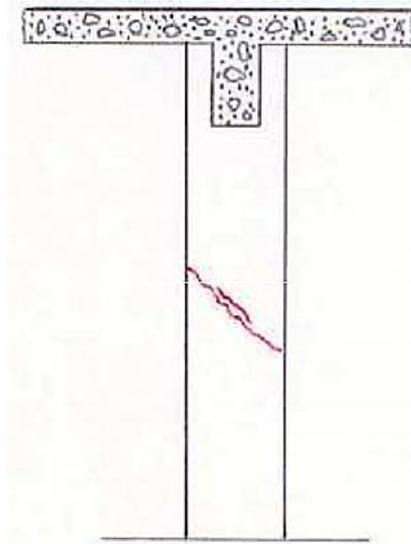
Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Armadura negativa insuficiente;
- Mal posicionamento da armadura;
- Sobrecarga.

6.3.7 Fissura em pilar

Figura 17 - Fissura em pilar tipo 1

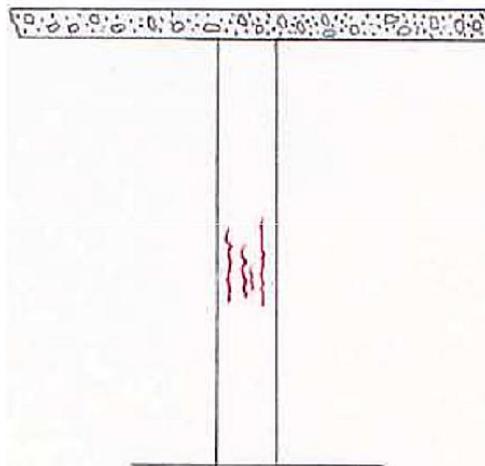


Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Recalque diferencial da fundação;
- Sobrecarga;
- Resistência inadequada do concreto.

Figura 18 - Fissura em pilar tipo 2

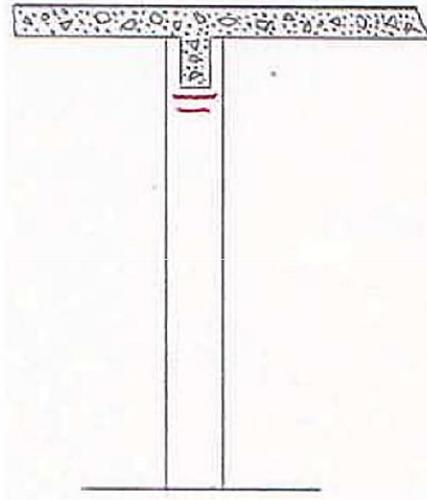


Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Estribos insuficientes.

Figura 19 - Fissura em pilares tipo 3

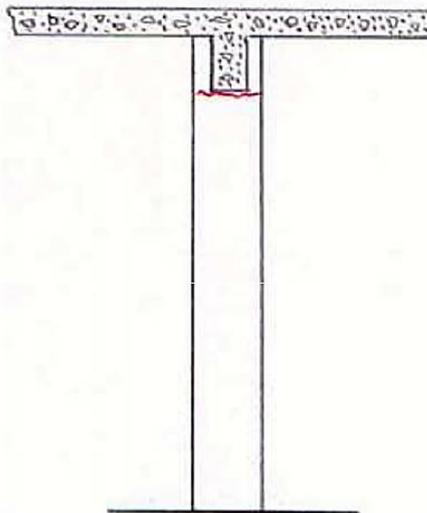


Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

- Adensamento insuficiente;
- Concreto muito fluido.

Figura 20 - Fissura em pilar tipo 4



Fonte: Silva (2015)

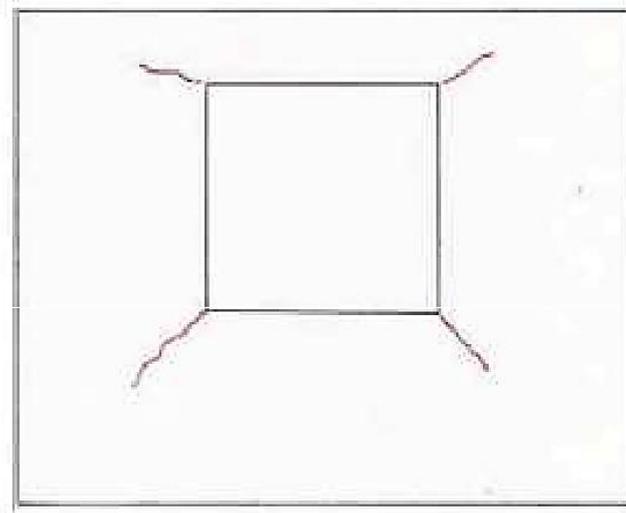
Causas prováveis:

- Juntas de concretagem;

- Topo do pilar com nata de cimento ou sujeira.

6.3.8 Fissuras em cantos de janelas

Figura 21 - Fissuras em cantos de janelas



Fonte: Silva (2015)

Causas prováveis:

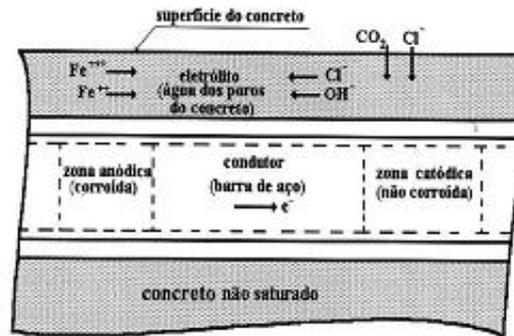
- Sobrecarga;
- Problemas ou ausência de verga e contra-verga.

6.4 CORROSÃO DAS ARMADURAS

Manifestação patológica bastante comum, a corrosão das armaduras da-se por alguns fatores tais como: alta relação água/cimento, dosagem inadequada e não garantia do cobrimento mínimo das armaduras sendo estas as principais causas de corrosão das armaduras.

O processo de corrosão ocorre quando a célula eletroquímica estabelece um processo anódico e um processo catódico. O processo anódico não pode ocorrer até que o filme protetor ou passivo de óxido de ferro seja removido ou tornando permeável pela ação de íons Cl^- (SOUZA; RIPPER, 1998).

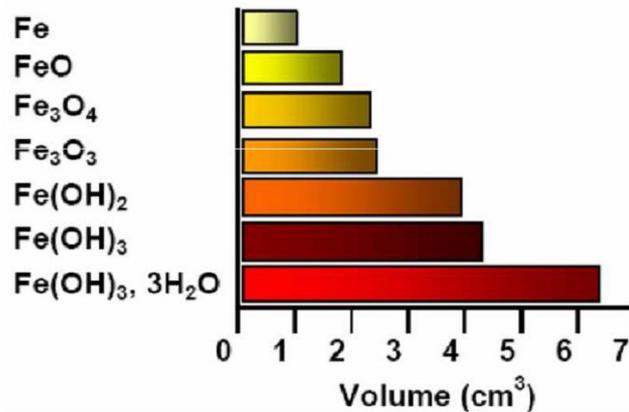
Figura 22 - Corrosão das armaduras de concreto armado



Fonte: Souza; Ripper (1998)

Segundo Cascudo (1997) a causa mais comum de corrosão é a carbonatação da pasta de cimento portland. No processo de corrosão o aço transforma-se quimicamente em ferrugem o que faz com que o volume do mesmo se expanda entre seis a dez vezes o seu tamanho original, esse aumento inesperado no volume do metal faz com que ocorra a fissuração e o desprendimento do concreto utilizado no cobrimento.

Figura 23 - Aumento expansivo da corrosão do ferro



Fonte: Cascudo (1997)

Figura 24 - Corrosão das armaduras



Fonte: UFOP (2015)

6.5 SEGREGAÇÃO

Segregação do concreto é definido como a separação do concreto fresco de maneira que a sua distribuição deixa de ser uniforme comprometendo suas propriedades, sua principal causa está na combinação inadequada, massas específicas distintas, alta densidade das armaduras, más condições de transporte e no lançamento e adensamento do concreto.

Figura 25 - Segregação do concreto armado



Fonte: Brandão (2007)

A norma NBR 14931 recomenda:

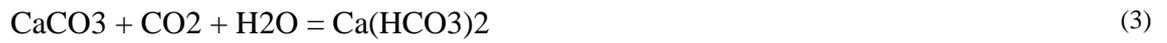
- emprego de concreto com consistência e teor de argamassa adequados;
- lançamento inicial de argamassa com composição igual a argamassa do concreto estrutural;
- usar dispositivos que conduzam o concreto tais como trombas, calhas e funis.

6.6 CARBONATAÇÃO

A carbonatação não deteriora o concreto, mas consome os álcalis da pasta e reduz seu pH (SANTOS, 2015). A carbonatação ocorre com a exposição do concreto a concentrações altas de gás carbônico presente diluído na água ou no ar, esse gás reage com um dos componentes gerados na preparação do concreto chamado de hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 ; essa reação cria o carbonato de cálcio CaCO_3 .



Novamente exposto ao gás carbônico o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 e o carbonato de cálcio CaCO_3 geram o bicarbonato de cálcio $\text{Ca(HCO}_3)_2$ que é solúvel em água podendo causar assim a lavagem ou fissuras.



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo patológico muitas vezes mostra a necessidade de um sistema em se adaptar e se desenvolver, em todos os anos que a engenharia se desenvolveu como ciência ficou claro que a necessidade de conhecimentos práticos e empíricos apesar de muitas vezes ser importante não supera em qualquer âmbito a necessidade de padronização e de sistemas de controle de qualidade.

Como foi demonstrado o processo evolutivo da engenharia está ligado diretamente à capacidade que essa ciência tem de ser um direito a todos, e por ser um direito fica claro que diversos agentes como o Estado serão de vital importância para o seu desenvolvimento.

Portanto, a engenharia civil tem por desafio desenvolver padrões e sistemas construtivos mais eficientes e que sejam capazes de unir a experiência prática profissional com os sólidos conhecimentos teóricos.

7.1 SUGESTÃO DE PESQUISA

Como sugestão de pesquisa indico um trabalho acadêmico que busque classificar as principais manifestações patológicas de uma região específica apontando os principais fatores que motivaram o seu surgimento, os métodos construtivos adotados, medidas de controle e intervenção, além de apresentar meios viáveis que permitam evitar o surgimento dessas manifestações.

Uma pesquisa que classifique de maneira quantitativa as manifestações e que seja capaz de acompanhar a evolução do processo patológico e explorar as deficiências nos métodos construtivos que permitiram o seu aparecimento. Com essas informações será possível estabelecer meios de prevenção de patologias e encontrar vícios construtivos de cada região alertando os profissionais do risco que esses vícios podem trazer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. E.; **Patologias que comprometem a durabilidade do concreto em galerias de águas pluviais.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 42º, 2000, Fortaleza. Anais em CD-ROM do 42º IBRACON Fortaleza: IBRACON, III-A-012.

ANDRADE C.; 1992 “**Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão.**” São Paulo-SP 1992. PINI, 104p.

BARROS, M. M. B. *et al.*; **Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimentos verticais.** GEPE-TGP, 1997.

BERNARDES, C.; ARKIE, A.; FALCÃO, C.M.; KNUDSEN, F.; VANOSI, G.; BERNARDES, M.; YAOKITI, T.U. **Qualidade e custo das não-conformidades em obras de construção civil.** I ed., São Paulo, PINI, 1988.

BRANDÃO, R. M. L.; **Levantamento das manifestações patológicas nas edificações, com até cinco anos da idade, executadas no estado de Goiás** – Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2007.

BRASIL. Lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990. **Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.** Diário Oficial (da) República do Brasil, Brasília, DF, 12 set. 1990. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 19 abril, 2015.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnica eletroquímicas.** São Paulo: PINI, 1997. 237 P.

COMITE EURO-INTERNECIONAL DU BETON (1991). CEB-FIP-MODEL CODE 90 (MC90) - “**Final Draft**”, **Bulletin d’Information nº 182.**

CONFEA. Decisão normativa nº 69, de 23 de março de 2001. **Dispõe sobre aplicação de penalidades aos profissionais por imperícia, imprudência e negligência e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 abr. 2001. Disponível em:<<http://www.confea.org.br/normativos>>. Acesso em: 19 de abril 2015.

_____ Resolução nº 1002, de 26 de novembro de 2002. **Adota o Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 dez. 2002. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/normativos>>. Acesso em: 15 de fev. 2015.

DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamentos de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul.** 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil -UFRGS, Porto Alegre. 1988.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE PROTENSÃO - FIP(1988). “**Guide to good practice: Inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structure**”. Londres. Thomas Telford publications. 7p.

FIGUEIREDO. E.P. **Terapia das Construções de Concreto: metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto.** 1989. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

FIUZA, R. (Coord.). **Novo código civil comentado.** São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

GONÇALVES, C.R. **Responsabilidade Civil.** 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

JOISEL, A. **Fisuras y grietas em morteros y hormigones: sus causas y remédios.** Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A 1981, 174 p.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto.** Belo Horizonte: UFMG, 2008. Monografia de especialização. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008, 56p.

LANER, Felice José. **Laudo de vistoria visual da edificação da sede da CGVS da secretaria municipal de saúde do município de Porto Alegre.** Porto Alegre, 2009.

LITCHTENSTEIN, Noberto B. **Patologias das construções.** 1986. Boletim técnico - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994. 572 p.

MEIRELLES, H.L. **Direito de Construir.** 9. ed. São Paulo; Malheiros, 2005.

NINCE, A.A; I 1996. **Levantamento de dados sobre a deterioração de estruturas na região Centro Oeste**. Dissertação de Mestrado, Publicação N°E.DM 001/96, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, DF.,176 p.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações**. Dissertação, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2003.

SANTOS, Altair. **Carbonatação do concreto**. Disponível em:
<<http://www.cimentoitambe.com.br/carbonatacao-do-concreto/>> Acesso em 30 de abril de 2015.

SILVA, D.A. **Levantamento de problemas em fundações correntes no estado do Rio Grande do Sul**. 1993. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SILVA, Guilherme Jorge Brigolini. **Patologia das estruturas de concreto**. Disponível em<
http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~guilherme/2_aula_concreto.pdf > Acesso em 7 de maio de 2015.

SOUSA, Marília Margarida Ferreira de. **Patologia da construção: Elaboração de um catálogo**. Cidade do Porto, 2004. Tese (Mestrado) - Universidade do Porto.

SOUZA. R.H.S.(1988). **Normalização, controle da qualidade e manutenção de edifícios**
In: Seminário sobre manutenção de edifícios-escolas, postos de saúde, prefeitura e prédios em geral, Anais. Porto Alegre: CPGEC/NORIE/UFRGS. v.2.p1-16.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: PINI, 1998. 255 p.

THOMAS, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora Pini: IPT: EPUSP, 1989.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: PINI, 2001.