# UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS**

**Curso de Graduação em Engenharia Civil**

**ANDRÉ FONSECA LOTTERMANN**


# PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO


**Ijuí/RS**

**2013**

**ANDRÉ FONSECA LOTTERMANN**

# PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Bóris Casanova Sokolovicz

Ijuí/RS

2013

**ANDRÉ FONSECA LOTTERMANN**

# PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora

Banca examinadora

_____

Prof. Bóris Casanova Sokolovicz, Msc - Orientador

_____

Prof. Eder Claro Pedrozo, Msc

Ijuí, 26 de NOVEMBRO de 2013

*Ambição é o caminho para o sucesso. Persistência é o veículo no qual se chega lá.* *(Bill Eardley)*

**AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela vida que me destes e por sempre me manter firme e forte nesta caminhada em busca da realização dos meus sonhos.

Ao meu pai Ecio por ser base de tudo para mim, pelo incentivo e conhecimento transmitidos, pela compreensão e carinho, pois sem ele eu não estaria aqui.

A minha mãe Ivete pelo amor, carinho, compreensão, ensinando-me a persistir nos meus objetivos e ajudando a alcançá-los.

Ao meu irmão Alex pela companhia e bons momentos convividos diariamente.

A minha noiva Jéssica pela compreensão, amor e carinho principalmente nas horas difíceis durante esses anos e por ser indispensável para minha felicidade.

A todos os amigos que estiveram presentes no decorrer do curso, agradeço a amizade e tenho certeza de que todos contribuíram de alguma forma: Ana Zagonel, Cândida Bernardi, Eduardo Pasche, Fausto Ruschel, Fernando Zamin, Gracieli Borré, Jeovani Jacques, Joana Bellé, Jonas Führ, Leonardo Donatti, Marcos Vinícius de Moura, Matheus Sperotto, Monir Wozniak, Nardéli Schio, Osmar Vieira Filho, Pamela Sossmeier, Roque Dalmas, Thiago Hermes, entre outros.

Ao meu orientador professor Bóris Casanova Sokolovicz, pela oportunidade em compartilhar seus conhecimentos, auxiliando no desenvolvimento das atividades no decorrer do curso e em especial à concretização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

A meus avós e demais familiares e amigos que direta ou indiretamente participaram dessa conquista. A todos minha sincera gratidão.

*André Fonseca Lottermann*

# RESUMO

O presente estudo revelou as manifestações patológicas de um edifício residencial localizado no município de Ijuí/RS, cuja identificação foi vetada visando não ferir a imagem do empreendimento e do proprietário. Para desenvolvimento do estudo de caso utilizou-se a metodologia proposta por Lichtenstein (1985), que consiste basicamente em três etapas: levantamento de subsídios, através de vistoria do local, identificando a natureza e origem das patologias; diagnóstico da situação, buscando o entendimento dos fenômenos em termos de interpretação das relações de causa e efeito que caracterizaram as manifestações patológicas; e definição de conduta, ou seja, a descrição do trabalho a ser executado para resolver o problema. Optou-se por esse método por ser disponível e conhecido, além de contar com vários exemplos práticos para pesquisa. O estudo tem como objetivo principal expor as principais causas do aparecimento de manifestações patologias em estruturas de concreto em edifícios residenciais e propor soluções para as manifestações detectadas no edifício em questão. Notou-se no decorrer dessa pesquisa que as principais manifestações patológicas estão ligadas a projetos deficientes de detalhamento e incompatibilidade entre os mesmos, falhas durante a execução e falta de vistoria dos profissionais responsáveis, resultando em vários problemas nas estruturas comprometendo o desempenho das mesmas. Chegou-se ao entendimento que um programa eficiente de inspeção/manutenção constante traz possibilidades de assegurar a durabilidade das edificações, permitindo determinar prioridades para as ações necessárias ao cumprimento da vida útil prevista.



Palavras-chave: Manifestações Patológicas, diagnóstico, terapia.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Deterioração de estrutura de concreto armado .....14
Figura 2: Vida útil das estruturas de concreto armado .....16
Figura 3: Vida útil x Desempenho.....17
Figura 4: Desagregação de estrutura de concreto armado .....18
Figura 5: Recuperação de armadura com corrosão.....19
Figura 6: Rachadura em concreto armado .....21
Figura 7: Patologias nas etapas de processo de construção .....23
Figura 8: Exposição da estrutura de concreto armado.....24
Figura 9: Segregação da estrutura de concreto armado .....27
Figura 10: Desagregação da estrutura de concreto armado .....28
Figura 11: Fissuras.....31
Figura 12: Trincas.....32
Figura 13: Rachaduras .....33
Figura 14: Modelo de vida útil / Processo .....35
Figura 15: Tipos de corrosão e fatores que as provocam.....36
Figura 16: Fluxograma do procedimento.....39
Figura 17: Vigas de sustentação do pavimento térreo .....42
Figura 18: Detalhamento de ancoragens.....44
Figura 19: Cruzamento de vigas de sustentação do pavimento térreo.....44
Figura 20: Viga de sustentação do pavimento térreo.....46
Figura 21: Rampa de rolagem / Entrada do estacionamento.....49
Figura 22: Detalhe de consolo.....50
Figura 23: Trinca em viga de sustentação do pavimento térreo.....51
Figura 24: Fissuração típica em viga solicitada à flexão .....52
Figura 25: Fissurômetro .....53
Figura 26: Comparador de fissuras.....53
Figura 27: Base de pilar no subsolo.....54

Figura 28: Viga do hall de circulação .....56
Figura 29: Processo da capilaridade .....57
Figura 30: Processo de infiltração .....58
Figura 31: Fissuras diagonais .....59
Figura 32: Fissuração de aberturas em alvenaria submetida à sobrecarga .....60

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA – Concreto Armado

cm – Centímetro

H2S – Sulfeto de Hidrogênio

H2SO4 – Ácido Sulfúrico

mm – Milímetro

PH – Potencial Hidrogeniônico

% – Porcentagem

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO** ..... 11
**1 REVISÃO DA LITERATURA** ..... 13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS ..... 13
1.2 DURABILIDADE ..... 13
1.3 PATOLOGIAS ..... 20
**1.3.1 Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência** ..... 25
**1.3.2 Concreto segregado** ..... 26
**1.3.3 Concreto desagregado** ..... 28
**1.3.4 Fissuras** ..... 29
**1.3.5 Trincas** ..... 32
**1.3.6 Rachadura** ..... 33
**1.3.7 Corrosão** ..... 34
**1.3.7.1 Corrosão da armadura** ..... 34
**1.3.7.2 Corrosão no concreto** ..... 35
**2 METODOLOGIA** ..... 37
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA ..... 37
2.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA ..... 37
**2.2.1 Procedimento de coleta e interpretação dos dados** ..... 38
**2.2.2 Análise dos dados e conclusão** ..... 40
**3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS** ..... 42
3.1 DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLOGICAS ENCONTRADAS ..... 42
**3.1.1 Vigas de sustentação do pavimento térreo** ..... 42
**3.1.2 Cruzamento de vigas de sustentação do pavimento térreo** ..... 44
**3.1.3 Vigas de sustentação do pavimento térreo** ..... 46
**3.1.4 Rampa de rolagem / Entrada do estacionamento** ..... 49
**3.1.5 Trinca em viga de sustentação do pavimento térreo** ..... 51
**3.1.6 Base de pilar no subsolo** ..... 54
**3.1.7 Viga do hall de circulação / Circulação da escada** ..... 56
**3.1.8 Janela do dormitório e banheiro / 4º pavimento** ..... 59
**CONCLUSÃO** ..... 61
**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** ..... 62

# INTRODUÇÃO

Desde o inicio das civilizações o homem tem a prática da construção, e seus métodos vem passando de geração para geração. Com o passar do tempo, houve um aprimoramento de algumas práticas, assim agregando novos conhecimentos nesta área.

O desenvolvimento em ritmo acelerado da construção civil para atender uma demanda crescente por edificações sejam elas laborais, industriais ou habitacionais, impulsionado pela própria modernização da sociedade, promoveu um grande salto científico e tecnológico (AMBROSIO, 2004).

Embora esse crescimento da construção muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido a falhas involuntárias, imperícias, a má utilização dos materiais, envelhecimento natural, erros de projetos, enfim vários fatores contribuem para a degradação da estrutura. Diante dessas falhas, dá-se muita importância para o estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e degradação das estruturas; este estudo recebe o nome de Patologia das Estruturas.

As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. Dentre essas patologias, destacam-se as estruturais, sendo que as mesmas são objetos de estudo da presente pesquisa.

Nesse contexto, destaca-se o concreto, que é um dos materiais mais utilizados na construção de estruturas em edifícios, sendo composto por cimento, areia, pedra e água. Quando o concreto recebe uma armadura de aço, é chamado de concreto armado, utilizado na construção de estruturas de concreto. São essas estruturas que através do seu projeto e execução, irão delimitar o possível surgimento de patologias e a intensidade das mesmas.

A movimentação de estruturas é fato comprovado por diversos pesquisadores, ou seja, toda estrutura de concreto “trabalha”. Dessa maneira, a mesma está sujeita a uma série de patologias, sendo elas consequentes de problemas de projeto e execução. A partir desta

informação, este trabalho se propõe a responder quais são as principais causas de fissuras, trincas, rachaduras, entre outras patologias presente em estruturas de concreto nas edificações.

Para responder tais questões, buscou-se como objetivo geral, avaliar as principais causas e consequências das fissuras, trincas, rachaduras entre outras patologias em edificações, decorrentes de problemas de projeto, execução e manutenção. Assim, apresentando soluções pós-ocupação para a correção das patologias, abordando métodos tradicionais e inovadores.

Assim, o objetivo específico é verificar qual a manutenção que deve ser executada para impedir a amplificação dessas patologias; consequentemente, verificar a viabilidade técnica, econômica e ambiental das soluções tradicionais e inovadoras; levando em consideração o cronograma físico para cada um dos métodos de correção das patologias estruturais em edificações e a interferência que cada correção irá causar na estrutura, alvenarias e revestimentos.

Para que se obtenha sucesso, é necessário dar importância ao desenvolvimento sustentável, à preocupação com o desenvolvimento de materiais alternativos, incluindo tratamentos de resíduos agroindustriais no concreto, pois há uma preocupação muito grande no que se refere à vida útil das estruturas, onde os gastos com reparos e manutenção são muito elevados. Dessa maneira, têm-se investido muito em materiais alternativos e reciclados que visam melhorar o desempenho de edificações.

Dentro deste contexto, essa pesquisa busca fazer uma analise e adotar soluções para o tratamento de fissuras, trincas e rachaduras provenientes de movimentações estruturais. Dentre esses processos, serão abordados processos inovadores, que além de corrigir esses problemas, visando uma solução rápida e com menor impacto financeiro e ambiental.

Assim, busca-se ampliar o tempo de vida útil dessas estruturas de concreto que apresentam patologias.

# 1 REVISÃO DA LITERATURA

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. Dentre essas patologias, destacam-se as estruturais, sendo que as mesmas são objetos de estudo da presente pesquisa.

Nesse contexto, destaca-se o concreto, que é um dos materiais mais utilizados na construção de estruturas em edifícios, sendo composto por cimento, areia, pedra e água. Quando o concreto recebe uma armadura de aço, é chamado de concreto armado, utilizado na construção de estruturas de concreto. São essas estruturas que através do seu projeto e execução, irão delimitar o possível surgimento de patologias e a intensidade das mesmas.

Em vista desses problemas, cresce, cada vez mais, a exigência por produtos e serviços com qualidade, obrigando as empresas a buscarem novas técnicas para se adaptarem a essas modificações e buscarem soluções para as exigências do mercado que se torna cada vez mais competitivas.

Dessa forma, observa-se a grande preocupação com a qualidade do concreto para que se obtenha a durabilidade, fator importante para diminuir o risco de possíveis patologias.

## 1.2 DURABILIDADE

A durabilidade é um fator importante quando se trata de patologia no concreto; ela é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura, à armadura ou ao concreto. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes funções de durabilidade no tempo, segundo suas diversas partes, até dependente da forma de utilizá-la.

Para a NBR 6118:2003 da ABNT, item 5.1.2.3, durabilidade “consiste na capacidade da 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”. No item 6.1 prescreve que “as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”.

Sabe-se que nenhum material é intrinsecamente durável, pois suas propriedades variam em decorrência da interação da sua estrutura, mais especificamente, da sua microestrutura com o meio ambiente. As variações decorrem ao longo do tempo e a vida útil de um determinado material é finalizada quando suas propriedades tornam seu uso inseguro ou antieconômico. Discorrendo sobre o tema, atribui-se o problema atual da pouca durabilidade das construções à carência de conhecimento quanto aos materiais e componentes das estruturas de concreto. No caso de materiais e componentes "tradicionais", o conhecimento do seu uso constitui uma fonte preciosa de dados para a estimativa de vida útil destes produtos, no entanto, quando se trata de materiais e componentes de características novas é necessário recorrer a métodos de ensaio que simulem o seu uso em obra. A durabilidade é uma das exigências do usuário que tem sido responsabilizada como a menos atendida. Porém, ela apresenta uma especificidade de que somente pode ser avaliada concomitantemente com outras exigências, tais como, segurança estrutural e bom desempenho em serviço.

A durabilidade não é simplesmente uma característica dos materiais, mas um resultado da interação de um material ou componente com o meio ambiente. Esta interação provoca alterações na capacidade de atendimento das demais necessidades dos usuários, ou seja, pode provocar uma degradação.

Figura 1: Deterioração de estrutura de concreto armado

Fonte: Associação Brasileira de Patologia das Construções, 2007

De acordo com Sokolovicz (2013), a durabilidade do concreto é a capacidade que esse material/componente da construção possui frente à desagregação e deterioração, desempenhando as funções ao qual o mesmo foi projetado. Dizer que um concreto é durável, não significa dizer somente que o mesmo possui elevada resistência, mas sim que o concreto deve possuir uma microestrutura compacta, de tal maneira que a entrada de agentes agressivos externos através do mesmo seja impedida ou retardada até o cumprimento da sua vida útil.

A durabilidade do concreto está ligada diretamente a sua vida útil. Essa verificação é realizada em função da resistência do concreto para resistir aos efeitos da agressividade dos ambientes que o mesmo é exposto.

Para Medeiros, Andrade e Helene (2011), alguns trabalhos apresentam o impacto econômico da consideração da durabilidade. Em função destes trabalhos, algumas pesquisas apresentam os significativos gastos com manutenção e reparo de estruturas em países desenvolvidos (UEDA; TAKEWAKA, 2007), conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadros 1 – Gastos em países desenvolvidos com manutenção

| **País** | **Gastos com construções novas** | **Gastos com manutenção/reparo** | **Gastos totais com construções** |
|---|---|---|---|
| França | 85,6 Bilhões de Euros(52%) | 89,6 Bilhões de Euros(48%) | 165,6 Bilhões de Euros(100%) |
| Alemanha | 99,7 Bilhões de Euros(50%) | 99,0 Bilhões de Euros(50%) | 198,7 Bilhões de Euros(100%) |
| Itália | 58,6 Bilhões de Euros(43%) | 76,8 Bilhões de Euros(57%) | 135,4 Bilhões de Euros(100%) |
| Reino Unido | 60,7 Bilhões de Euros(50%) | 61,2 Bilhões de Euros(50%) | 121,9 Bilhões de Euros(100%) |

*Nota: todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se refere ao ano de 2002.*

Fonte: Adaptado de Medeiros, Andrade e Helene (2011).

De acordo com Helene (1997), pode-se classificar a vida útil de uma estrutura conforme os tópicos abaixo:

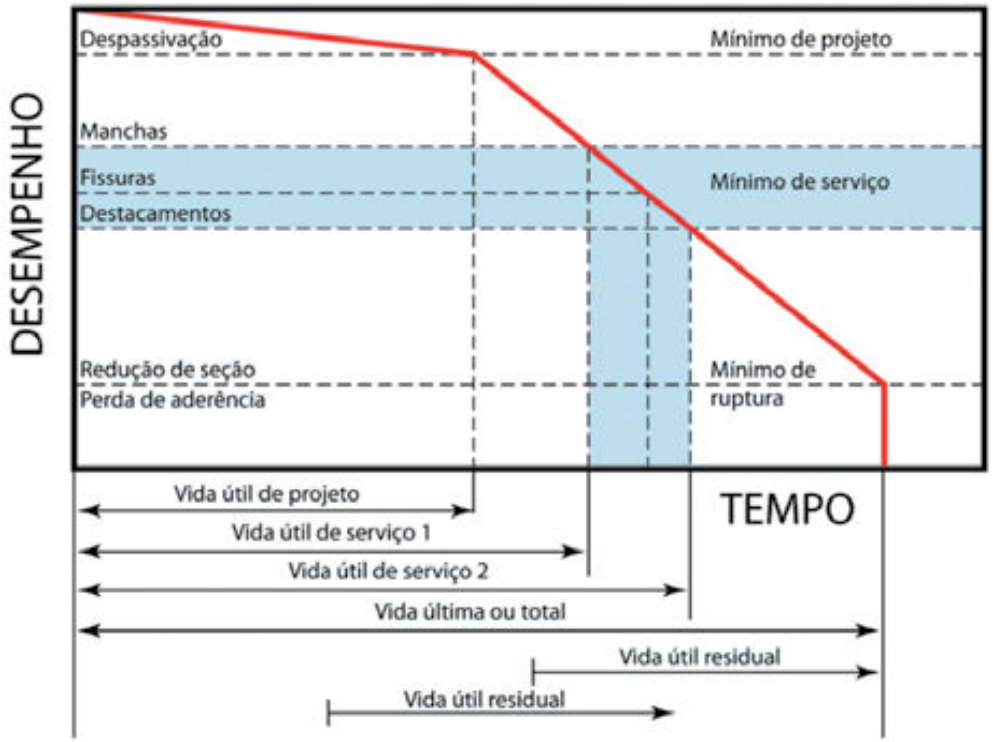
a) *Vida útil de projeto*: Período de tempo até o término do processo de despassivação da armadura, não significando que necessariamente haverá corrosão importante;
b) *Vida útil de serviço*: Período onde se começam a manifestar os efeitos dos agentes agressivos, desde o aparecimento de manchas na superfície do concreto até o destacamento do cobrimento;

c) *Vida útil última ou total*: Período de tempo em que a estrutura entra em colapso parcial ou total.

d) *Vida útil residual*: Período em que, a partir de uma vistoria, a estrutura ainda será capaz de desempenhar as funções para a qual foi projetada.

A Figura 2 apresenta as classificações de vida útil graficamente.

Figura 2: Vida útil das estruturas de concreto armado

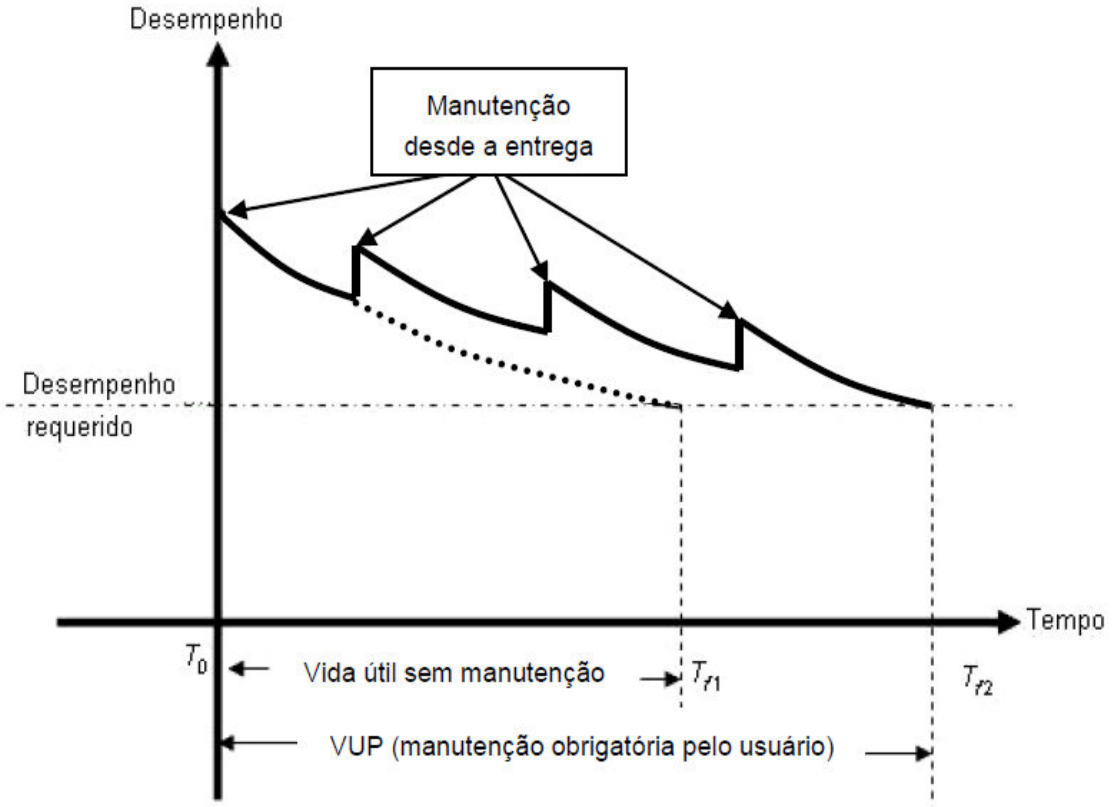



Fonte: Helene, 1997

De acordo com a NBR 15575:2013, a durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

A mesma norma ressalta que normalmente a vida útil da estrutura pode ser prolongada através de ações de manutenção, como mostra a Figura 3.

Figura 3: Vida útil x Desempenho




Fonte: NBR 15575:2013

Segundo Amorim (2010), a falta de manutenção e de conhecimento por parte dos usuários sobre elementos agressivos e sobre a estrutura de concreto como a exposição prolongada a umidades, aplicação de produtos agressivos ao concreto e às armaduras, podem gerar graves problemas para a estrutura, vindo a comprometer todo o trabalho até então realizado nas etapas anteriores.

Um bom programa de manutenção reduz muito os custos com reparação, mas na maioria dos casos não se tem cuidado com a manutenção da edificação.

Segundo Ferreira (2000), apesar do concreto ser o material de construção mais consumido no planeta, o conhecimento e divulgação das práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento da atividade de construção, ocasionando seguidos descuidos nas obras, e reduzindo a capacidade do concreto em proteger as armaduras contra a corrosão. Com o tempo, a tecnologia de fabricação do concreto foi avançando, com a melhoria das propriedades dos aditivos, adições e ligantes, possibilitando uma redução significativa nas seções das peças de concreto armado em função do aumento das resistências mecânicas.

Até o final da década de 80, a resistência à compressão ainda era, praticamente, o único parâmetro adotado para avaliar a qualidade do concreto. Em função disto, está ocorrendo uma degradação mais acelerada nas estruturas de concreto armado, obrigando a comunidade que trabalha com este material a definir novos parâmetros, de forma a garantir seu desempenho.

Os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos.

São processos complexos, determinados pelas propriedades físico-químicas do concreto e da forma como está exposto. Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Na realidade a deterioração do concreto ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos.

Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação.

Figura 4: Desagregação de estrutura de concreto armado

Fonte: Construtora Geminiani Luigi, 2004

De acordo com Ambrosio (2004), embora se tenha agregado conhecimento ao longo do desenvolvimento da engenharia civil, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido às falhas involuntárias, imperícia, a má utilização de materiais, envelhecimento natural, erros de projetos, enfim a uma série de fatores que contribuem para a degradação das estruturas.

Tornou-se evidente, diante dos fatos expostos, que seria necessário promoverem alterações de métodos e técnicas que permitissem a sistematização dos conhecimentos na área da engenharia estrutural, apontando para o surgimento de um novo campo, cujo objetivo é abordar cientificamente o comportamento e os problemas das estruturas.

Procura-se assim, de forma objetiva, destacar a importância da identificação e do correto diagnóstico das causas de deterioração das estruturas para a precisa determinação dos métodos e técnicas de recuperação destas e assim garantir a vida útil, a segurança, durabilidade e estética das peças, minimizando custos de manutenção e até mesmo construção, assim eliminando alguns dos fatores negativos à formação de patologias nas estruturas.

Figura 5: Recuperação de armadura com corrosão

Fonte: ClubedaCasa Miari e Cia, 2013

## 1.3 PATOLOGIAS

O termo "patologia", que é um dos fundamentos desta pesquisa, é derivado do grego (*pathos* - doença, e *logia* - ciência, estudo) e significa "estudo da doença". Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações. Essas patologias podem se manifestar de diversos tipos, tais como: trincas, fissuras, rachaduras, entre outras. Por ser encontrada em diversos aspectos, recebe o nome de manifestações patológicas.

Segundo Fernández (1988), patologia faz parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e as origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é complicado, sendo necessário verificar o projeto; investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestem novamente.

Sabe-se que a finalidade da patologia das estruturas é encontrar explicações técnicas e científicas para as irregularidades encontradas no comportamento das estruturas. Isso pode ocorrer na fase de construção, durante a execução dos serviços, assim é possível que se determine as suas consequências em relação à segurança e à confiabilidade da obra, analisando qual a decisão mais correta e segura quanto à utilização posterior das estruturas em análise. Levando-se em conta sua duração residual, o objetivo da patologia das estruturas é procurar definir a conveniência da recuperação, do reforço ou mesmo da demolição pura e simples dos elementos ou da estrutura danificada (MACHADO, 2002).

De acordo com Souza e Ripper (1998), o crescimento muito acelerado da construção civil, provocou a necessidade de inovações, trazendo também a aceitação de certos riscos, estes os quais, aumenta a necessidade de um maior conhecimento sobre estruturas e materiais, através de análises dos erros acontecidos, que têm resultado em deterioração precoce ou acidentes. Apesar disto tudo, tem sido constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, confrontando-as com as necessidades as quais se propunham. Este conjunto de fatores gera o que se chama de deterioração estrutural. As causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento “natural” da estrutura até os acidentes, até mesmo a irresponsabilidade de profissionais que optam pela utilização de materiais duvidosos, alegando fator econômico.

Figura 6: Rachadura em concreto armado

Fonte: Bocaberta, 2010

Há a necessidade de estabelecer uma sistematização dos conhecimentos nesta área para que possa ser alcançado o objetivo básico, seja ele qual for, o de abordar de maneira científica, a problemática do comportamento estrutural ao longo do tempo, isto é, desde a sua concepção até a manutenção da estrutura, com um enfoque sobre as etapas de projeto e construção.

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), as possíveis causas de falhas que podem ocorrer durante a etapa de estudo da futura edificação são aquelas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojetos equivocados, enquanto que as falhas geradas na realização do projeto final geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser por diversos fatores, como:

- Projetos inadequados (deficiência no cálculo da estrutura, avaliação da resistência do solo, má definição do modelo analítico, etc.);
- Falta de compatibilidade entre a estrutura e a arquitetura, bem como os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das convenções;
- Erros de dimensionamento.

Seguindo a sequência lógica do processo de construção civil, deve-se iniciar a execução após o término da concepção, com conclusão de todos os seus estudos e projetos.

Os principais defeitos que podem ocorrer na etapa de execução são:

- Falhas na armação (estribos, ancoragem, emendas, cobrimento, espaçamento);
- Falhas na concretagem (lançamento, adensamento, cura, fôrmas, outros);
- Diferença entre a planta de armação e a lista de ferro;
- Quando a armadura desloca sua posição quando da concretagem;
- Projetos inadequados ou avaliação da resistência do solo.

Já Pedro et al. (2002), destaca a origem das patologias pode ser classificada em:

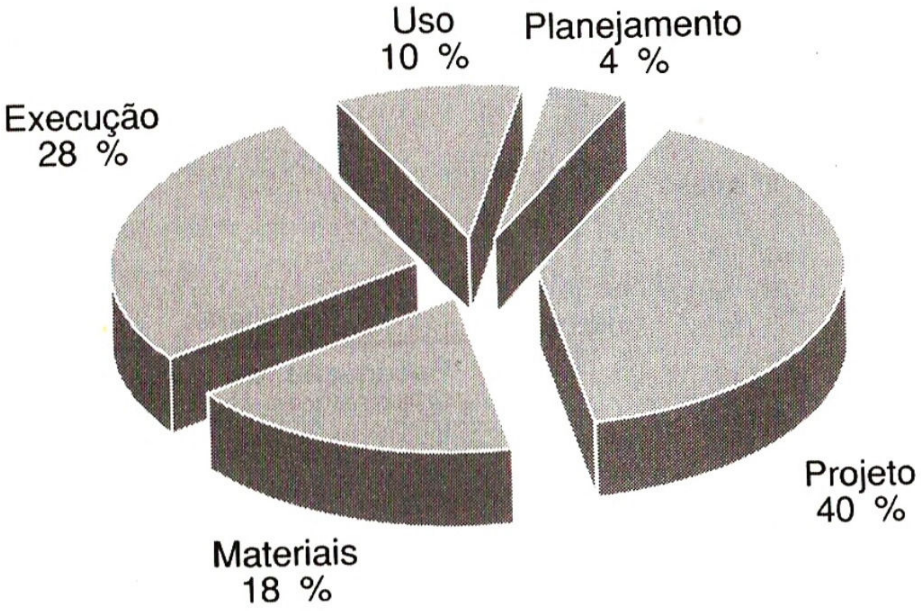
- *Congênitas* – São aquelas que surgem ainda na fase de projeto, e ocorrem pela falta de observação das normas técnicas, também por falhas e descuidos dos profissionais, que acabam tendo como conseqüência falhas no detalhamento e execução inadequada das construções;
- *Construtivas* – O surgimento dessas patologias está relacionado na etapa de execução da obra, e tem ocorrência no emprego de mão-de-obra desqualificada, materiais não certificados e ausência de metodologia para execução dos serviços;
- *Adquiridas* – Essas patologias aparecem durante a vida útil da edificação e são causadas pela exposição ao meio em que se inserem;
- *Acidentais* – São as patologias causadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum.

As manifestações patológicas referentes às fases de planejamento, projeto, fabricação e construção surgem no período inferior a dois anos, porém durante a utilização os problemas podem aparecer depois de muitos anos. Por isso, é muito importante identificar em qual etapa surgiram os vícios construtivos, até mesmo para a atribuição de responsabilidades civis (MACHADO, 2002).

Helene e Pereira (2007) afirmam que os processos de construção e uso podem ser divididos em até cinco etapas, sendo elas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e elementos fora da obra, execução propriamente dita e uso. Grande parte dos problemas tem origem nas fases de planejamento e projeto, conforme mostra a Figura 7. As falhas de

planejamento e projetos são, em geral, mais graves que as falhas da qualidade dos materiais e de má execução. Por isso, recomenda-se dedicar mais tempo em fazer projetos mais detalhados e completos.

Figura 7: Patologias nas etapas de processo de construção




Fonte: Helene, 1992

Mesmo que as etapas de concepção tenham sido de qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos originados da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado.

Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou pela ausência total de manutenção, têm sua origem ligada no desconhecimento técnico, na incompetência e em problemas econômicos.

A manutenção periódica pode evitar problemas patológicos sérios e, em alguns casos, a própria ruína da estrutura.

Alguns dos procedimentos inadequados durante a utilização podem ser divididos em dois grupos: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais. Nas ações previsíveis, podemos compreender o carregamento excessivo, devido à ausência de informações no projeto e/ou inexistência de manual de utilização. No caso das ações imprevisíveis temos alterações das condições de exposição das estruturas, incêndios, abalos provocados por obras vizinhas, choques acidentais, etc.

Figura 8: Exposição da estrutura de concreto armado

Fonte: O Gestor Imobiliário, 2010

Segundo Helene (2002), é importante salientar que uma análise correta dos problemas, é aquela que nos permite definir claramente a origem, causas, consequências, a intervenção mais adequada e o método de intervir. Mais adiante, alguns problemas serão apresentados e tratados individualmente.

Helene e Pereira (2007) destacam que os problemas comuns, de maior efeito no concreto, são as eflorescências, as fissuras, as flechas excessivas, a corrosão da armadura, as manchas no concreto aparente, os defeitos de aterro e compactação e problemas devido à segregação dos componentes do concreto. Geralmente, as manifestações patológicas aparecem de forma bastante característica e com ocorrência bem estabelecida estatisticamente.

Quando se tem a analise das patologias, é possível identificar a origem e natureza dos problemas, bem como suas consequências. Na Tabela 1 a seguir, (MACHADO, 2002) relaciona as principais manifestações patológicas, em ordem crescente de ocorrência estatística:

Tabela 1: Incidência de Manifestações Patológicas

| Manifestações Patológicas | Ocorrência % |
|---|---|
| Deterioração e degradação química da construção | 7% |
| Deformações (flechas e rotações) excessivas | 10% |
| Segregação dos materiais componentes do concreto | 20% |
| Corrosão das armaduras do concreto armado | 20% |
| Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado | 21% |
| Manchas na superfície do concreto armado | 22% |

Fonte: Machado, 2002

### 1.3.1 Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência

De acordo com Miotto (2010), as formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência.

Quadro 2: Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência

| | |
|---|---|
| **Infiltrações** | *Infiltração ocorre quando a quantidade de água é maior ela pode pingar, ou até fluir resultando numa infiltração.* |
| **Manchas** | *A água ao atravessar uma barreira fica aderente, resultando daí uma mancha.* |
| **Bolor ou mofo** | *O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas. O termo emboloramento, de acordo com Allucci (1988) constitui-se numa "alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma conseqüência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos". O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas.* |

Quadro 2: Continuação

| | |
|---|---|
| **Eflorescência** | *Formações salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco; Criptoflorescência: Formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais. Causam rachaduras e até a queda da parede; Gelividade: Ação da água depositada nos poros e canais capilares dos materiais que ao se congelar podem causar a desagregação dos mesmos devido ao seu aumento de volume.* |

Fonte: Shirakawa, 1995

### 1.3.2 Concreto segregado

Como o concreto é um elemento composto por areia, pedras (brita), água e cimento, quando preparado e lançado corretamente, transforma-se em uma mistura homogênea, onde todas as pedras estão completamente envoltas pela pasta de cimento, areia e agua. Se ocorrer um erro de lançamento ou de vibração, as pedras se separam do resto da pasta, formando um concreto cheio de vazios, permeável, que permite a passagem de agua facilmente.

Piancastelli (1997) traz que esse processo de separação pode ser provocado, entre outras causas, por:

- Lançamento livre de grande altura;
- Concentração de armadura que impede a passagem da brita;
- Vazamento da pasta pela fôrma;
- Má dosagem do concreto;
- Uso inadequado de vibradores.

De acordo com Ambrosio (2004), o concreto segregado pode ser avaliado através do estado que se encontra a superfície:

- *Superficial*: com falhas apenas na argamassa superficial do concreto, sem aparecimento de agregados graúdos;
- *Média*: com grandes falhas na superfície do concreto, com aparecimento dos agregados graúdos;

- *Profunda*: com profundas imperfeições na superfície do concreto, com desprendimento do agregado graúdo; ou sem falhas na superfície, com argamassa de cobrimento dando conformação a peça, porem contendo vazios interiores.

Ainda pela mesma autora, as anomalias do concreto segregado são geralmente constatadas com mais frequência nas seguintes regiões dos elementos estruturais:

- Junto à base (de pilares, paredes e elementos estruturais verticais);
- Junto à face inferior (de vigas, lajes e elementos estruturais horizontais);
- Em junta de concretagem (elementos estruturais em geral);
- Em junta de dilatação (elementos estruturais em geral);
- Em junção de elementos;
- Concreto segregado geral.

Figura 9: Segregação da estrutura de concreto armado

Fonte: Block System, 2013

### 1.3.3 Concreto desagregado

A desagregação do concreto é um fato no qual o cimento vai sendo retirado pela ação externa da agua ficando, consequentemente, os agregados livres da união que lhes proporciona a pasta (AMBROSIO, 2004).

Segundo Piancastelli (1997) a desagregação inicia-se, geralmente, com a alteração da coloração do concreto. A seguir surgem fissuras cruzadas em todas as direções, que aumentam rapidamente de abertura, devido à expansão da pasta de cimento. Um abaulamento da superfície do concreto pode também ser observado.

A desagregação do concreto pode ser provocada por:

- Ataques químicos, como o de sulfatos;
- Reação álcali-agregado;
- Águas puras (águas que evaporam e depois condensam) e as águas com pouco teor de sais (águas de chuva), que arrancam-lhe sais pelos quais são ávidas;
- Águas servidas (esgotos e resíduos industriais) em dutos e canais, em função da formação, dentre outros, do gás sulfídrico ($H2S \Rightarrow$ bactérias $\Rightarrow H2SO4$);
- Micro-organismos, fungos, e outros, através de sua ação direta e suas excreções ácidas;
- Substâncias orgânicas como: gorduras animais, óleos e vinho;
- Produtos altamente alcalinos (mais raramente).

Figura 10: Desagregação da estrutura de concreto armado

Fonte: Pini Web, 2008

### 1.3.4 Fissuras

Fissuras, trincas e rachaduras se diferem através de suas aberturas, que são referentes à ordem de gravidade de cada uma. São classificadas formalmente em função de fenômenos físicos entre diferentes elementos da construção. Para cada uma delas existem soluções diferentes e tratamentos diferentes.

Segundo Oliveira (2012), fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões dos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme sua espessura será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha.

As fissuras apresentam-se geralmente como estreitas e alongadas aberturas na superfície de um material. Usualmente são de gravidade menor e superficial, como, por exemplo, fissuras na pintura, na massa corrida ou no cimento queimado, não implicando problemas estruturais. Porém, toda rachadura começa como uma fissura.

De acordo com a NBR 9575:2003, fissura é a abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, com abertura inferior ou igual a 0,5mm.

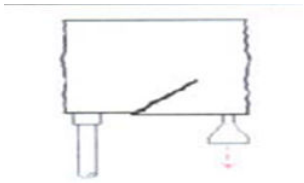
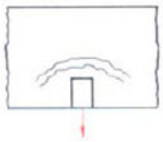
A NBR 15.575:2013 apresenta a fissura de componente estrutural como: seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais.

Segundo Piancastelli (1997) a sua posição em relação à peça estrutural, a abertura, a direção, e sua forma de evolução (com relação à direção e à abertura), dão indicações das causas prováveis. Há que se destacar que fissuras são também ocorrências inerentes ao concreto armado, visto que as seções são dimensionadas nos Estádios II (seção fissurada) ou Estádios III (ruptura), não sendo, portanto, sempre, manifestação patológica.

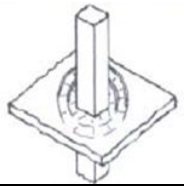
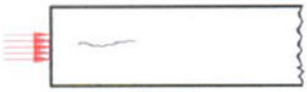
As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações hidrotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante), ou seja, para a especificação de um correto tratamento, é de vital importância que se verifique se a fissura analisada é ativa (viva ou instável) ou inativa (morta ou estável). São chamadas de ativas, as fissuras que apresentam variação de abertura, e de inativas aquelas em que tal variação não ocorre. Tal verificação é feita, geralmente, através da utilização de “selos” rígidos, que são gesso ou plaquetas de vidro coladas, que se rompem caso a fissura apresente variação de abertura, ou através da medição direta (fissurômetro) dessa variação (PIANCASTELLI, 1997).

Ambrosio (2004) traz algumas origens de fissuras em estruturas:

Quadro 3: Origens de fissuras em estruturas

| TIPO DE FISSURA | PEÇAS MAIS SUJEITAS | CONFIGURAÇÃO TÍPICA | EXEMPLO |
|---|---|---|---|
| Recalque Diferencial da fundação | Paredes / Vigas | → Inclinada, se afastamento da região que menos recalcou;<br>→ Abertura variável. |  |
| Cisalhamento | Qualquer elemento | → Mais inclinadas junto ao apoio, verticalizando-se em direção ao meio do vão;<br>→ Abertura variável, desaparecendo ao atingir a região comprimida da peça. | |
| Flexão | Qualquer elemento;<br><br>Lajes, junto aos cantos. | → Mais concentradas junto às regiões de máximo momento fletor e aumento gradativamente o espaçamento, ao se afastarem dessa região;<br>→ Abertura variável, desaparecendo ao atingirem a região comprimida;<br>→ Diagonal, formando um triângulo aproximadamente isósceles com os cantos. | |
| Torção | Peças lineares, com cargas não coincidentes com seu eixo longitudinal. | → Em forma de hélice ao longo do eixo longitudinal | |
| Tração | Qualquer elemento tracionado longitudinalmente | → Perpendiculares à direção da carga de tração, seccionando a seção transversal;<br>→ Mais fechadas junto as armaduras. | |
| Tração | Peças de suporte | → Perpendiculares à direção da reação de apoio das peças apoiadas indiretamente. |  |

Continua...

| TIPO DE FISSURA | PEÇAS MAIS SUJEITAS | CONFIGURAÇÃO TÍPICA | EXEMPLO |
|---|---|---|---|
| Punção | Lajes / Sapatas / Paredes, com cargas perpendiculares a seu plano | → Tronco-crônicas, contornando a carga concentrada, em forma de "teia de aranha", em planta |  |
| Fendilhamento | Qualquer peça protendida junto as ancoragens / Pilares / Paredes com cargas concentradas aplicadas segundo seu plano | → Paralelas à direção de aplicação da carga; → Abertura variável, mais abertas aproximadamente à metade da maior dimensão da seção transversal da peça, a partir da face carregada. |  |

Fonte: Ambrosio, 2004

Figura 11: Fissuras

Fonte: Fórum da Construção, 2013

### 1.3.5 Trincas

As trincas são aberturas mais profundas e acentuadas. O fator determinante para se configurar uma trinca é a "separação entre as partes", ou seja, o material em que a trinca se encontra está separado em dois. Uma parede, por exemplo, estaria dividida em duas partes. As trincas podem ser muito difíceis de visualizar e categorizar, exigindo equipamentos especializados. Por isso, sempre desconfie se o que parece uma fissura não é, na verdade, uma trinca.

As trincas são muito mais perigosas do que as fissuras, pois apresentam ruptura dos elementos, como no caso mencionado da parede, e assim podem afetar a segurança dos componentes da estrutura de sua casa ou prédio.

Muitos profissionais do meio técnico segundo Junior (1997) utilizam os termos fissura e trinca indiscriminadamente, não fazendo qualquer distinção entre eles, o que pode gerar dúvida na descrição deste problema patológico.

De acordo com a NBR 9575:2003, as trincas são aberturas ocasionadas por ruptura de um material ou componente com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1,0 mm.

A NBR 15.575:2013 apresenta as trincas como: expressão coloquial qualitativa aplicável a fissuras com abertura maior ou igual a 0,6mm.

Figura 12: Trincas

Fonte: Zap Imóveis, 2009

### 1.3.6 Rachaduras

As rachaduras têm as mesmas características das trincas em relação à "separação entre partes", mas são aberturas grandes, profundas e acentuadas. São bastante pronunciadas e facilmente observáveis devido à amplitude da separação das partes.

Para serem caracterizadas como rachaduras, essas aberturas são de tal magnitude que vento, água e até luz passam através dos ambientes. Portanto, apresentam aberturas mais pronunciadas, da ordem acima de 5,0 mm.

Por terem as mesmas características das trincas, mas em um estágio mais acentuado, as rachaduras requerem imediata atenção, buscando o fechamento da mesma. Porem antes do fechamento, deve-se solucionar o problema que esta a originando.

Figura 13: Rachaduras

Fonte: Clickindiscreto, 2011

### 1.3.7 Corrosão

#### 1.3.7.1 Corrosão da armadura

Helene (2002) define a corrosão das armaduras de concreto como um fenômeno de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. No concreto armado, o aço encontra-se no interior de um meio altamente alcalino no qual estaria protegido do processo de corrosão devido à presença de uma película protetora de caráter passivo (CASCUDO, 1997).

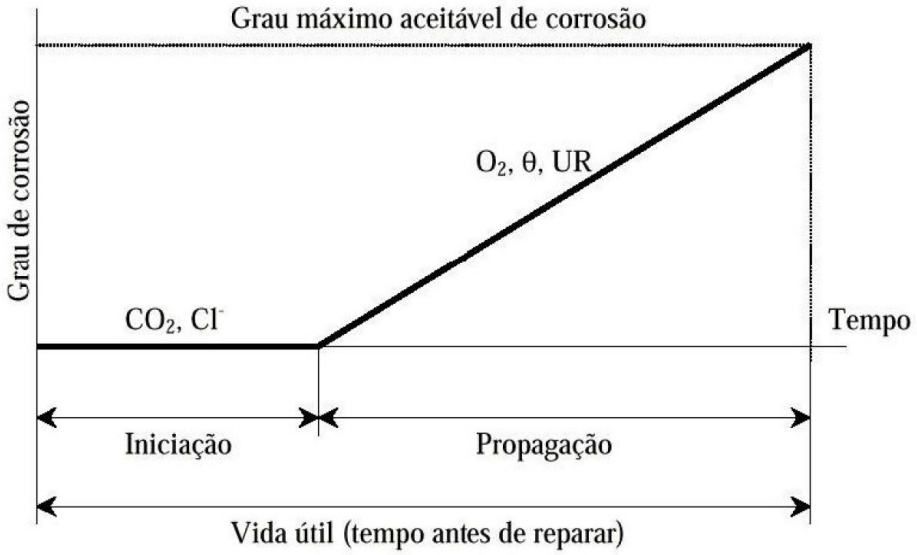
A corrosão do aço é a mais importante, costuma se apresentar inicialmente em pequenos trechos localizados, logo se generalizando. Essa armadura atua na sua forma passiva, visto que está mergulhada em meio alcalino (básico no concreto), e somente irá sofrer alterações quando houver contato com cloretos, sulfatos e sulfetos, que podem estar na própria massa do concreto ou proveniente do meio ambiente.

Segundo Miotto (2010) os danos causados pela corrosão de armadura geralmente são manifestados por fissuras no concreto paralelas à direção da armadura, delimitando e ou desprendendo o recobrimento. Em componentes estruturais que apresentam uma elevada quantidade de umidade, os primeiros sintomas de corrosão evidenciam-se por meio de manchas de óxido nas superfícies do concreto. Ao produzir-se por efeito da corrosão óxido expansivo, com aumento de volume de aproximadamente oito a dez vezes do volume original, criam-se fortes tensões no concreto, que levam a que este se rompa por tração, apresentando fissuras que seguem as linhas das armaduras principais e, inclusive, dos estribos, se a corrosão foi muito intensa (CÁNOVAS, 1988).

De acordo com Pólito (2006), o processo físico-químico gerador dos óxidos e hidróxidos de ferro é devido à formação de uma célula de corrosão, com eletrólito e diferença de potencial entre pontos da superfície. A partir do momento que os óxidos e hidróxidos formados no processo de corrosão ocupam um volume maior que as barras de aço originais há a ocorrência de um fenômeno expansivo no interior do concreto, o que pode levar a tensões elevadas, ocasionando, até, uma desagregação (desplacamento) do cobrimento de concreto.

De acordo com Tuutti (1982), Figura 14, observam-se dois períodos de corrosão. O primeiro é período de iniciação, que compreende desde a entrada do agente agressivo até o processo de despassivação da armadura. O segundo período corresponde à propagação, onde o processo de corrosão uma vez consolidado aumenta gradualmente, em escala exponencial, ocasionando danos severos às armaduras.

Figura 14 – Modelo de vida útil / Processo




Fonte: Tuutti, 1982

### 1.3.7.2 Corrosão no concreto

O concreto armado, além de suas características mecânicas que o tornam resistente a ações estruturais externas, deve ser dosado e moldado de modo a poder resistir a ações de caráter físico e químico, internas e externas (LAPA, 2008).

Miotto (2010) diz que a corrosão e a deterioração observadas em concreto podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos, biológicos ou químicos. O Quadro 4 descreve os fatores determinantes da corrosão de concreto.

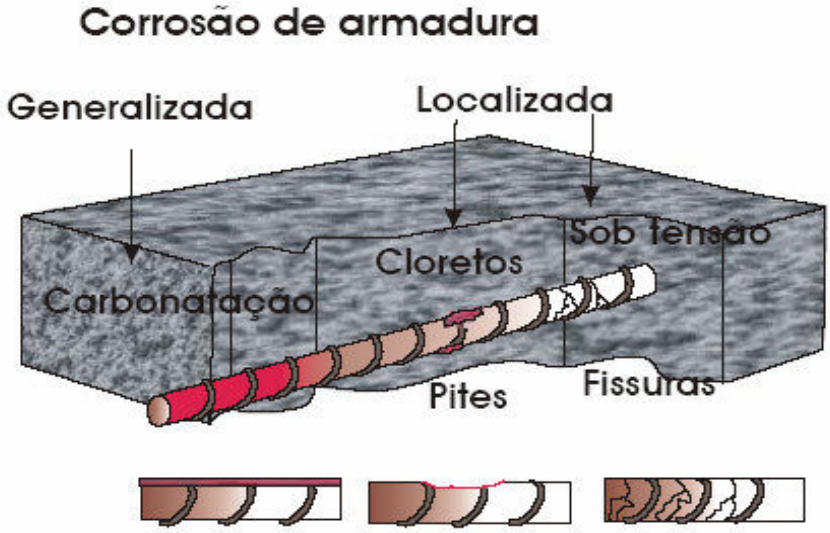
Quadro 4 – Fatores determinantes da corrosão em concreto

| Fatores determinantes da corrosão em concreto | |
|---|---|
| **Fatores mecânicos** | Entre os fatores mecânicos, as vibrações podem ocasionar fissuras no concreto, possibilitando o contato da armadura com o meio corrosivo. Líquidos em movimento, principalmente contendo partículas em suspensão, podem ocasionar erosão no concreto, com o seu conseqüente desgaste. A erosão é mais acentuada quando o fluido em movimento contém partículas em suspensão na forma de sólidos, que funcionam como abrasivos, ou mesmo na forma de vapor, como no caso de cavitação. |
| **Fatores físicos** | Os fatores físicos, como variações de temperatura, podem ocasionar choques térmicos com reflexos na integridade das estruturas. Variações de temperatura entre os diferentes componentes do concreto (pasta de cimento, agregados e armadura), com características térmicas diferentes, podem ocasionar microfissuras na massa do concreto que possibilitam a penetração de agentes agressivos. |
| **Fatores biológicos** | Os fatores biológicos, como microrganismos, podem criar meios corrosivos para a massa do concreto e armadura, como aqueles criados pelas bactérias oxidantes de enxofre ou de sulfetos, que aceleram a oxidação dessas substâncias por ácido sulfúrico. |
| **Fatores químicos** | Os fatores químicos estão relacionados com a presença de substâncias químicas nos diferentes ambientes, normalmente água, solo e atmosfera. Entre as substancias químicas mais agressivas devem ser citados os ácidos, como sulfúrico e clorídrico. Os fatores químicos podem agir na pasta de cimento, no agregado e na armadura de aço-carbono. |

Fonte: Gentil, 2003

Para Cascudo (1997), os principais agentes agressivos que desencadeiam a corrosão das armaduras são a ação dos íons cloretos (corrosão localizada por pite) e redução de PH do aço (corrosão generalizada → carbonatação) e corrosão localizada sobre tensão fraturante.

Figura 15 – Tipos de corrosão e fatores que as provocam




Fonte: Cascudo, 1997

# 2 METODOLOGIA

## 2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo tem como propósito a pesquisa e coleta de dados de manifestações patológicas em uma determinada edificação e a busca por soluções. Sendo assim caracteriza-se como estudo de um caso.

A pesquisa pode ser classificada como qualitativa, visto que a interpretação das informações coletadas e a atribuição de soluções são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Também se classifica como uma pesquisa teórica, onde serão investigadas situações usuais e pertinentes de patologias de movimentação estrutural na bibliografia disponível e comparado aos dados coletados na edificação.

## 2.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

Diante da enorme quantidade de edifícios com problemas relacionados a um desempenho insatisfatório, surge a necessidade de analisar parte destes problemas individualmente e a busca por implantação de métodos para tais análises.

De acordo Lichtenstein (1985), a prática profissional da analise desses problemas tem sido muitas vezes caracterizada pela falta de uma metodologia universalmente aceita. São as intuições pessoais fundamentadas na experiência que prevalecem e não podem ser transmitidas. Muitas vezes é a “habilidade” que prevalece, no lugar do método. A habilidade na Patologia das Construções não pode ser expressas e sim no máximo transmitidas a pessoas receptivas na prática.

Ainda que a patologia não deva se basear somente nas intuições pessoais, a eficiência na resolução dos problemas é função da vivência do técnico envolvido. O sucesso na resolução dos problemas depende do alcance, da abertura e plenitude da capacidade do técnico de perceber e vivenciar a própria experiência.

As pessoas segundo Reygaerts (1980) que estiverem estreitamente ligadas ao processo da construção que tiverem uma boa bagagem de conhecimento sobre a física e a química aplicada aos materiais de construções e que forem possuidoras de uma larga experiência vivenciada neste campo, tem condições de resolver a grande maioria dos problemas patológicos.

Somente os casos mais complexos, que envolvem conhecimentos específicos, exigem especialistas em Patologia das Construções ou ainda especialistas em algum tipo de problema patológico. Portanto, quem quer que seja o responsável pela resolução de um problema, deverá possuir uma conceituação firme do método a ser empregado e de cada uma das suas etapas.

A técnica e a metodologia de registro e organização dos subsídios coletados são de fundamental importância para sua utilização na formulação do diagnostico. Este registro pode ser feito manualmente, através de croquis e/ou indicações nas plantas e elevações ou pode ser feito através de registros permanentes como fitas cassetes ou fotográficas (LICHTENSTEIN, 1985).

### 2.2.1 Procedimento de coleta e interpretação dos dados

Segundo Lichtenstein (1985), o levantamento de subsídios é a etapa onde as informações essenciais e suficientes para o entendimento completo das manifestações patológicas são organizadas. Estas informações são obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento histórico do problema e do edifício e o resultado das analises.

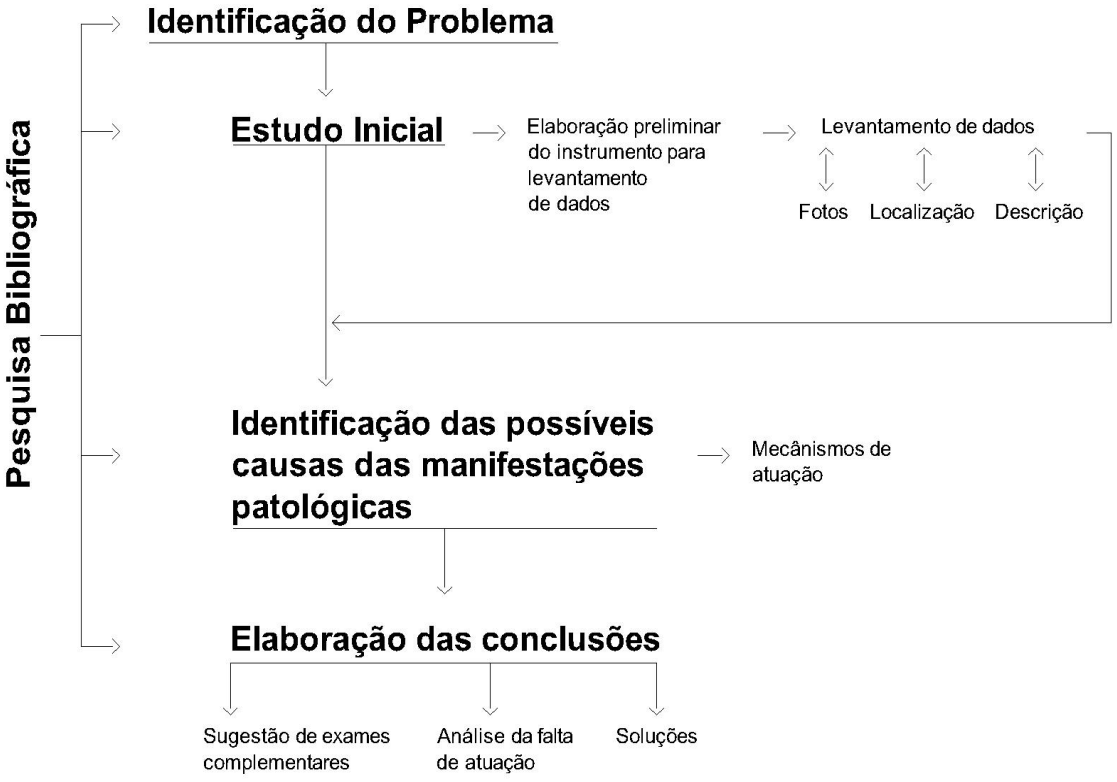
A vistoria do local será contemplada com a coleta de dados através do levantamento fotográfico das patologias de uma edificação no Município de Ijuí através de uma máquina fotográfica "*Kodak EasyShare M341*", com a devida descrição e localização das mesmas. Alguns dados serão coletados através de pesquisa verbal com moradores, construtores e proprietário.

A execução deste levantamento fotográfico é também similar à metodologia de Melville (1973), onde o exame começa no piso superior do edifício, cada cômodo sendo visitado obedecendo-se um sentido de caminhamento previamente estabelecido (horário ou anti-horário). Repete-se o mesmo processo em todos os andares ate que se chegue ao piso inferior. Concluída a inspeção interior do edifício, começa o exame do seu exterior tomando cada elevação no mesmo sentido do caminhamento do exame interno.

O levantamento de dados através de projetos, memoriais, histórico de materiais utilizados, histórico de mão-de-obra e seus métodos não serão utilizados neste estudo com o objetivo de não expor a identidade desta edificação devido ao cuidado para com a imagem e créditos da edificação e de seu proprietário.

Para melhor controle no procedimento de coleta e interpretação dos dados será usado como auxílio o fluxograma apresentado na Figura 16, que foi adaptado do trabalho de conclusão de curso realizado na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, "Manifestações patológicas em edificação construída na década de 1930 – Um estudo de caso", de Lucas Fernando Krug, no ano de 2006.

Figura 16 – Fluxograma do procedimento




Fonte: Adaptado de Krug, 2006

De acordo com Krug et al. (2006), os procedimentos para controle são:

a) Identificação do problema

• Que fatores são responsáveis pelo surgimento de patologias na edificação citada? Seja em termos de materiais, técnicas ou maneira de utilização da edificação.

• Quais os mecanismos de ocorrência dessas patologias? Para se entender como estes fenômenos surgem e evoluem.

• Quais as soluções possíveis? Buscando-se, através do entendimento dos mecanismos de ocorrência, alternativas para solucionar os fenômenos encontrados.

b) Pesquisa bibliográfica

Assim como Lersch (2003) propôs, a pesquisa bibliográfica ocorre de forma paralela às atividades da pesquisa, pois é a etapa que alimenta o desenvolvimento da pesquisa.

c) Estudo inicial

É a fase de estudo realizada para a obtenção de resultados e onde se realiza o levantamento de dados usando-se de fotografias realizando localizações e descrições.

d) Identificação das possíveis causas das manifestações patológicas

É a etapa do estudo onde se identifica os agentes causadores dos fenômenos patológicos, sejam eles remotos ou imediatos. Embora não exista a distinção em bibliografia entre tais termos, destaca-se a importância de realizar tal distinção. O agente remoto caracteriza-se como aquela causa de um fenômeno patológico que por sua vez irá gerar outro, enquanto que o agente imediato é aquele responsável diretamente pelo surgimento de um fenômeno patológico. Nesta etapa além da identificação dos agentes, também se realiza a descrição dos mecanismos de ocorrência de cada fenômeno.

e) Elaboração de conclusões

É a etapa final, onde se sugere a execução de exames complementares com maior precisão, analisa-se a situação no caso de não intervenção e, por fim, definem-se soluções possíveis para os problemas.

Entretanto, a interpretação dos dados fotográficos será visual e amparada pela bibliografia disponível, onde para cada situação de patologia serão abordadas soluções específicas.

### 2.2.2 Análise dos dados e conclusão

Segundo Lichtenstein (1985), o processo de entendimento de um problema patológico pode ser descrito como geração de hipóteses ou modelos e o seu respectivo teste. Em outras palavras, a partir de determinados dados fundamentais, o técnico elabora hipóteses de avaliação da situação e compara estes modelos ao quadro sintomatológico geral e ao conhecimento que tem da patologia.

Seguindo este raciocínio, após a coleta e interpretação dos dados, os mesmos serão detalhadamente analisados e será proposta a solução que tenha o melhor desempenho frente aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

# 3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

## 3.1 DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

A seguir, são apresentadas, através do levantamento fotográfico as manifestações patológicas, indicando sua respectiva localização na edificação, bem como os fenômenos por observação visual, e a indicação das prováveis causas juntamente com a descrição do mecanismo de ocorrência de cada patologia.

### 3.1.1 Vigas de sustentação do pavimento térreo

Figura 17 - Vigas de sustentação do pavimento térreo

Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* a figura apresenta furações em vigas realizadas de maneira indevida, posicionadas no vão central da viga, localizada abaixo da linha neutra da viga.
- *Manifestação:* Observam-se duas furações de diâmetro 100 mm em um ponto onde o esforço de tração é preponderante. Esta viga suporta a carga da laje pré-moldada com tavelas cerâmicas. Pela figura verifica-se que as vigotas de concreto descarregam os esforços de maneira diagonal.

➢ *Causas prováveis:* As causas podem ser tanto de projeto como de execução. Quando os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário não são compatibilizados, no momento da execução acaba-se decidindo a interface tubulação-estrutura. O que mostra a falta de compatibilidade de projetos, pois que a furação não foi utilizada.

➢ *Mecanismo de ocorrência:* O mecanismo é através dos esforços que a viga estaria dimensionada para suportar, reduzindo a área de contribuição de concreto num vão crítico, pode gerar problemas graves de estabilidade da viga, podendo gerar fissuras, trincas e rachaduras, que irão possibilitar o início do processo de corrosão.

➢ *Solução:* A solução desta patologia é fazer a observação constante e verificar se irão surgir fissuras na presente viga. Neste caso a solução adequada seria a colocação de um perfil metálico na parte inferior da viga, sendo este fixado na própria viga em trechos próximos aos apoios.

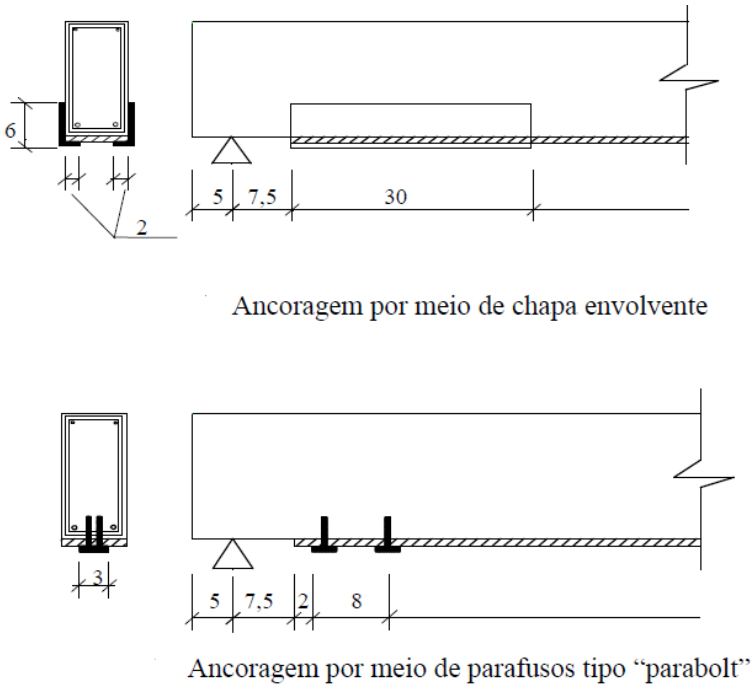
De acordo com Cánovas (1988) citado por Reis (1998), esta técnica de recuperação consiste na colagem de chapas de aço, na superfície dos elementos de concreto armado, utilizando colas epóxis. Sua eficácia está avalizada pela quantidade de obras que foram realizadas até o momento.

Dentre as inúmeras vantagens proporcionadas pela utilização de resinas epóxi no campo das reparações e reforços, percebe-se que uma das mais importantes é a de permitir a união de aço a concreto. Mediante aplicação de resinas epóxi, a armadura suplementar introduzida na viga ou elemento danificado é incorporada em forma de chapas de aço coladas ao concreto no lugar adequado. As principais vantagens observadas na aplicação desse tipo de intervenção são:

- Rapidez na execução;
- Não utilização de materiais molhados ou úmidos;
- Ausência de vibrações e baixo nível de ruídos;
- Não há necessidade de instalações auxiliares importantes;
- O acréscimo da seção é muito pequeno.

Outra opção de fixação deste perfil metálico é o uso de chumbadores para ancoragem. Para evitar descolamento na região de ancoragem, deve-se utilizar chumbadores metálicos ou estender a chapa até regiões onde ela não seja necessária (CAMPAGNOLO, 1993).

Figura 18 – Detalhamento de ancoragens




Fonte: Reis , 1998

### 3.1.2 Cruzamento de vigas de sustentação do pavimento térreo

Figura 19 – Cruzamento de vigas de sustentação do pavimento térreo

Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* pela figura visualiza-se a ausência de espaçador na armadura.
- *Manifestação:* observa-se que a armadura dos estribos está aparente. Com aço para estruturas de concreto armado está presente na natureza em forma de óxidos, ou seja, de minérios, o mesmo tende a voltar a este estado. Como o aço CA-50 e CA-60 apresenta um teor de carbono na faixa de 0,70 a 0,80%, quantidade esta que torna o aço maleável, o mesmo tem uma tendência maior à oxidação.
- *Causas prováveis:* a causa da patologia é a exposição da armadura.
- *Mecanismo de ocorrência:* o mecanismo de ocorrência da patologia inicialmente é a falta de espaçador na armadura, que expõe a armadura. Assim, pode ocorrer o processo de corrosão. Para esse processo ocorrer deve existir uma diferença de potencial, um eletrólito, oxigênio e podem existir agentes agressivos.

Os espaçadores são pequenos dispositivos usados para garantir o correto posicionamento das armaduras durante a concretagem de peças de concreto armado ou protendido. São posicionados na parte mais externa da futura peça de concreto para garantir o devido distanciamento entre as fôrmas e o aço das armaduras. O objetivo é garantir o cobrimento mínimo das armaduras, previsto pela norma técnica brasileira NBR 6118:2003, evitando a corrosão do aço pelas intempéries do tempo. Muitas vezes os espaçadores são ignorados ou posicionados inadequadamente, fazendo com que a armadura fique e contato com a forma, impedindo a passagem do concreto, e consequentemente, a futura exposição da armadura e a corrosão da mesma com o passar do tempo.

- *Solução:* Primeiramente faz-se a verificação do grau de comprometimento da armadura, para obtermos um diagnostico do estado da mesma.

Antes de qualquer processo faz-se a limpeza do local, fazendo com que o aço fique totalmente descoberto em toda a área em que se apresenta oxidado. A melhor limpeza se faz com um jato de sílica, que é indispensável para a limpeza da ferrugem. Outro modo de tratamento é utilizar inibidor de ferrugem que, aplicado sobre a ferrugem do aço, transformada em fosfato de ferro e incorpora-lhe uma fina película de asfalto.

Os aços que pouco diminuem de espessura e que se encontram enferrujados, devem ser tratados com uma imprimação de inibidor de ferrugem, que tem propriedade fosfatizante, permitindo, dessa maneira, uma proteção antioxidante, do tipo pintura, sobre a qual o concreto novo tem uma boa aderência.

Para finalizar faz-se o cobrimento da armadura através do uso de epóxi. Outra opção é o recobrimento com argamassa polimérica que é feita com mistura de cimento-cola e uma dispersão de polímeros líquidos, desenvolvidos para esse fim. A argamassa de enchimento aplica-se posteriormente ao trabalho do chapisco, que é feito com plastificante acrílico (dispersão de polímeros acrílicos a serem misturados com cimento-cola até se obter uma massa de consistência cremosa).

### 3.1.3 Viga de sustentação do pavimento térreo

Figura 20 – Viga de sustentação do pavimento térreo

Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* a figura mostra a falta de adensamento do concreto na viga e a exposição à armadura.
- *Manifestação:* Nota-se que há o aparecimento de oxidação na armadura, como descrito no item 4.1.2, porém em conjunto com segregação em determinado trecho da viga. Esta por sua vez, tem seu grau de comprometimento mais avançado que o item anterior, devido a maior parte da armadura em exposição, ficando assim mais propicia a oxidação.

Já a segregação pode ser classificada como profunda.

Segundo Ambrosio (2004), a segregação do concreto deve ser avaliada através do estado em que se encontra a sua superfície, assim podendo ser:

- Superficial: com falhas apenas na argamassa superficial do concreto, sem o aparecimento de agregados graúdos;
- Média: com grandes falhas na superfície do concreto, com aparecimento dos agregados graúdos;
- Profunda: com profundas imperfeições da superfície do concreto, com desprendimento de agregados graúdos; ou sem falhas na superfície, com argamassa de cobrimento dando conformações à peça, porém contendo vazios em interior.

Devem-se ter cuidados especiais neste caso, pois seu estagio é o mais avançado.

➢ *Causas prováveis:* De acordo com Ambrosio (2004), as estruturas de concreto armado apresentam ocorrências de corrosão das armaduras, devido aos seguintes processos desencadeadores:

- Cobrimento insuficiente da armadura;
- Concreto poroso;
- Existência de anomalias no concreto;
- Utilização de adesivos a base de cloretos e outros agentes químicos;
- Ataque externo de cloretos e outros agentes químicos;
- Outros.

Neste caso, as manifestações aparentes são decorrentes do mau adensamento do concreto, pois nota-se que o concreto nos demais trechos da viga é homogêneo.

➢ *Mecanismo de ocorrência:* Como apresentado até agora, a oxidação da armadura é decorrente de sua exposição, e esta por sua vez do mau adensamento do concreto, que é consequência da desatenção do profissional que maneja o vibrador durante o lançamento do concreto.

De acordo com Goulart (2005), na maioria das obras os vibradores de agulhas são mal empregados. As observações indicam que 70% do tempo de operação dos vibradores são desperdiçados pelas seguintes razões:

- 15% por utilizá-los fora do concreto;
- 35% por mau posicionamento dentro do concreto;
- 20% por vibrar em concreto já adensado.

Estas situações permitem um aproveitamento de somente 30% do tempo de trabalho, o que nos orienta no sentido de otimizar a utilização dos vibradores quanto ao método de inserção, tempos e posicionamento.

Uma prática bastante utilizada e que deve ser evitada é empurrar o concreto com o vibrador. Isto poderá ocasionar segregação do concreto.

- *Solução*: A solução é a mesma do procedimento descrito no item 4.1.2.

Faz-se a limpeza do local, fazendo com que o aço fique totalmente descoberto em toda a área em que se apresenta oxidado. A melhor limpeza se faz com um jato de sílica, que é indispensável para a limpeza da ferrugem. Outro modo de tratamento é utilizar inibidor de ferrugem que, aplicado sobre a ferrugem do aço, transformada em fosfato de ferro e incorpora-lhe uma fina película de asfalto.

Os aços que pouco diminuem de espessura e que se encontram enferrujados, devem ser tratados com uma imprimação de inibidor de ferrugem, que tem propriedade fosfatizante, permitindo, dessa maneira, uma proteção antioxidante, do tipo pintura, sobre a qual o concreto novo tem uma boa aderência.

Para finalizar faz-se o cobrimento da armadura através do uso de epóxi. Outra opção é o recobrimento com argamassa polimérica que é feita com mistura de cimento-cola e uma dispersão de polímeros líquidos, desenvolvidos para esse fim. A argamassa de enchimento aplica-se posteriormente ao trabalho do chapisco, que é feito com plastificante acrílico (dispersão de polímeros acrílicos a serem misturados com cimento-cola até se obter uma massa de consistência cremosa).

### 3.1.4 Rampa de rolagem / Entrada do estacionamento

Figura 21 – Rampa de rolagem / Entrada do estacionamento

Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* a figura mostra a falta de engastamento de armadura da rampa de rolagem em uma das faces do pilar, desagregação do concreto e exposição da armadura.
- *Manifestação:* Devido à exposição da armadura, a mesma dá sinais de oxidação; como os aços estão aparentes é visível à falta de ancoragem desta armadura no local. Também é notável o desprendimento de agregados.
- *Causas prováveis:* A provável causa é a má execução, pois como há segregação e desagregação de concreto no local, há sinais de deficiência e desatenção durante a execução da montagem da armadura e do adensamento do concreto. Outra hipótese é uma falha no projeto estrutural, no qual houve falta de detalhamento na ancoragem da armadura da rampa no pilar de apoio.
- *Mecanismo de ocorrência:* São vários os mecanismos de ocorrência para esta manifestação. Quanto há falta de ancoragem da armadura é notável a falta de inspeção do local antes da concretagem, ocasionando como mostra a figura, a oxidação da armadura e a sobrecarga no restante da armadura ancorada nas outras faces do pilar de apoio. Outro mecanismo de ocorrência é o mau uso do vibrador, desatenção do funcionário responsável pelo adensamento do concreto e/ou a ausência do uso do vibrador, provocando assim uma separação entre os agregados e a pasta de cimento, ou seja, um concreto não homogêneo.

A segregação e desagregação possibilitam o acúmulo de água, provocando futura percolação de agua e prováveis fissuras, trincas e rachaduras no local.

Quanto à deficiência do projeto estrutural, tem como ocorrência falta de inspeção/revisão do mesmo, ou até mesmo falta de detalhamento, tornando assim um projeto deficiente.

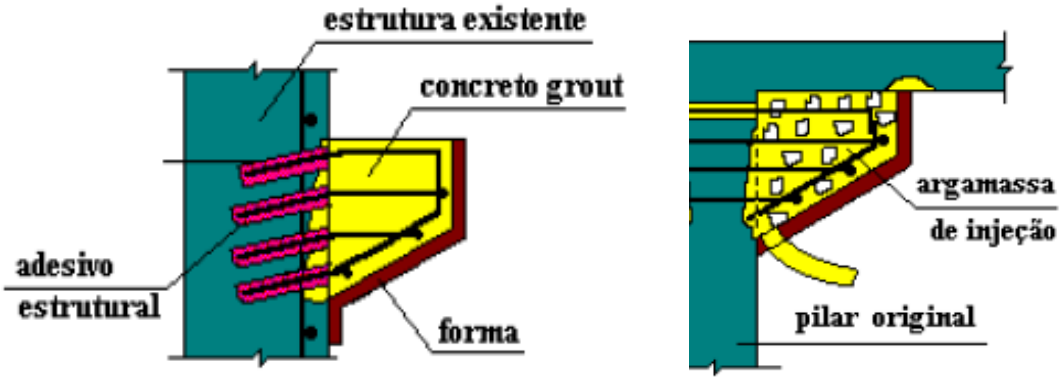
- *Solução:* Primeiramente faz-se uma vistoria detalhada do local em busca de sinais de comprometimento da área. Caso não houver, faz-se uma limpeza do local, removendo o concreto solto; também se faz uma limpeza da armadura com um jato de sílica, que é indispensável para a limpeza da ferrugem ou tratamento utilizando inibidor de ferrugem.

Posteriormente, como descrito no item 4.1.2, faz-se o cobrimento da armadura através do uso de epóxi. Outra opção é o recobrimento com argamassa polimérica que é feita com mistura de cimento-cola e uma dispersão de polímeros líquidos, desenvolvidos para esse fim.

Caso houver aparecimento de fissuras, trincas ou rachaduras na região de engaste da rampa no pilar de apoio, são necessárias o uso de reforços.

Existem vários tipos de reforços para com a rampa de rolagem, porém uma opção de reforço seria a criação de consolos curtos, como estruturas auxiliares no local deficiente, como na figura.

Figura 22 – Detalhe de consolo

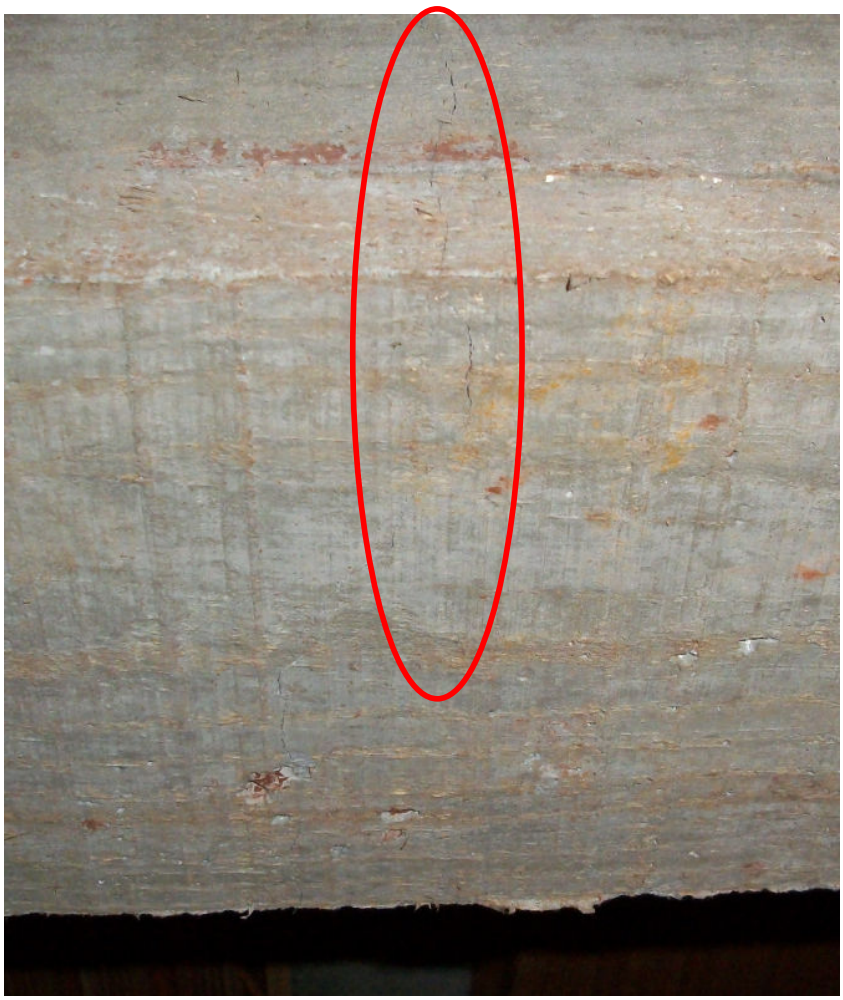



Fonte: Piancastelli, 1997

Esse método tem como objetivo o aumento da área de transmissão das cargas entre o pilar e a rampa, reforçando assim o local sujeito ao esforço cortante.

### 3.1.5 Trinca em viga de sustentação do pavimento térreo

Figura 23 – Trinca em viga de sustentação do pavimento térreo



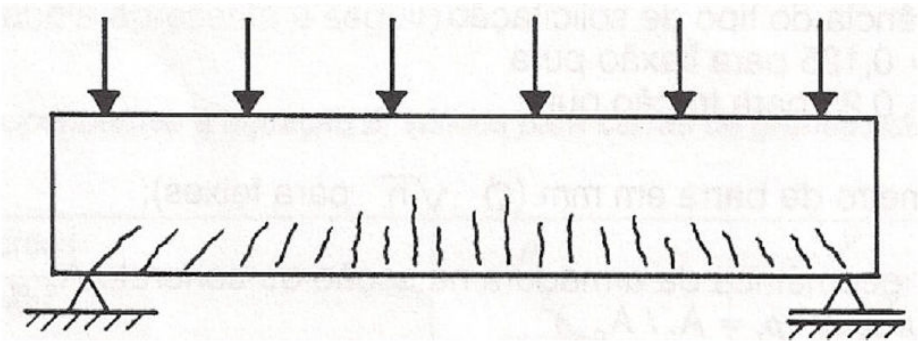
Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* a figura mostra uma trinca vertical na parte inferior da viga, localizada no trecho central da viga em relação aos apoios.
- *Manifestação:* A viga quando exposta a uma carga consideravelmente alta para com sua capacidade de resistência para que foi projetada, está sujeita a fissuras, trincas e rachaduras.
- *Causas prováveis:* A figura mostra uma trinca vertical que atinge a face inferior e lateral da viga. Diante do local onde se encontra essa trinca pode-se dizer que tem sua causa devido ao excesso de carregamento, e devido a sua forma de manifestação caracteriza-se como uma trinca por flexão.

➢ *Mecanismo de ocorrência:* Toda viga é dimensionada para suportar uma determinada carga e sobrecarga, e assim sujeita a manifestações patológicas.

De acordo com Oliveira (2012), As sobrecargas podem produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. As sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, mas pode também estar ocorrendo à solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista. Deve-se lembrar de que são raras vezes que podemos presenciar a atuação de sobrecargas em componentes sem função estrutural, normalmente pela deformação da estrutura resistente do edifício ou pela sua utilização não prevista em seu projeto original. Considera-se como sobrecarga uma solicitação externa, prevista ou não em projeto, capaz de provocar a fissuração de um componente com ou sem função estrutural.

Figura 24 – Fissuração típica em viga solicitada à flexão



Fonte: Oliveira, 2012

Segundo o mesmo autor os efeitos da sobrecarga, tendo sido prevista ou não em projeto, pode produzir o fissuramento de componentes de concreto armado sem que necessariamente isto resulta em ruptura do componente ou instabilidade da estrutura. O aparecimento de fissuração num determinado componente estrutural leva a uma redistribuição de tensões ao longo do componente fissurado bem como nos componentes vizinhos, de maneira que a solicitação externa geralmente acaba sendo absorvida de forma globalizada pela estrutura. Logicamente que esta linha de raciocínio não pode ser entendida de forma indiscriminada, já que existem casos em que é limitada a possibilidade de redistribuição das tensões, seja pelo critério de dimensionamento do componente, seja pela magnitude das tensões desenvolvidas ou, ainda, pelo próprio comportamento conjunto do sistema estrutural adotado.

➢ *Solução:* Faz-se uma analise do grau em que se encontra a trinca. Pelo que pode-se notar na figura, a trinca é caracterizada como anomalia sujeita a atenção, pois está aproximadamente entre 0,3mm e 0,7mm.

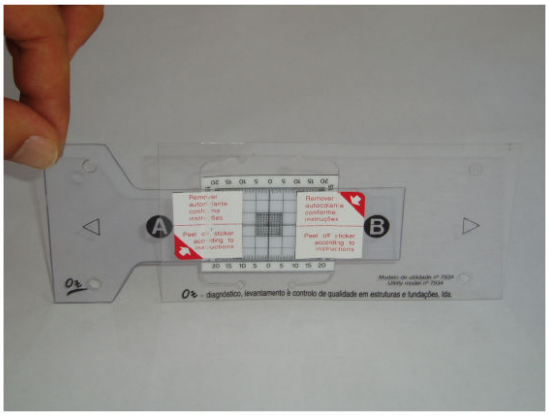
Ambrosio (2004) traz que a faixa de variação padrão das aberturas de fissuras esta apresentada nos níveis de alerta, dados a seguir:

- Normal: abertura entre 0,05mm e 0,3mm (ocorrência);
- Atenção: abertura entre 0,3mm e 0,7mm (anomalia);
- Crítico: abertura superior a 0,7mm (anomalia).

Devem-se fazer testes para diagnosticar se a trinca é progressiva, ou seja, se está tendo um aumento de abertura com o passar do tempo, para então saber se há necessidade de fazer um reforço na viga. Existem aparelhos que permitem medir a variação dessas aberturas (deflectómetros), que são colocados sobre as fissuras constituídos por calços de gesso, tiras de vidro ou de papel, que apenas permitem detectar, grosseiramente, eventuais acréscimos da abertura.

O fissurômetro é um pequeno instrumento destinado a medir esse tipo de abertura de forma rápida e econômica. Pode-se utilizar outro instrumento, como o comparador de fissuras, que permite quantificar, com menor ou maior rigor a abertura das trincas.

Figura 25 – Fissurômetro



Fonte: Google, 2013

Figura 26 – Comparador de fissuras

Fonte: Google, 2013

Caso houver necessidade da aplicação de um reforço na viga, é aconselhável a colocação de um perfil metálico na parte inferior da viga, sendo este fixado na própria viga em trechos próximos aos apoios, como descrito no item 4.1.1, ou fixado diretamente nos apoios.

### 3.1.6 Base de pilar no subsolo

Figura 27 – Base de pilar no subsolo

Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* a figura mostra a segregação do concreto de classe média na base do pilar.
- *Manifestação:* observa-se que a superfície do concreto está apresentando imperfeições. Classifica-se como classe "médio risco", devido ao aparecimento dos agregados graúdos, porém sem o desprendimento dos mesmos.
- *Causas prováveis:* A provável causa é o lançamento de concreto de grande altura ou uso inadequado do vibrador.

➢ *Mecanismo de ocorrência:* Quando o concreto é lançado de uma altura considerada grande, há uma separação dos agregados graúdos da pasta formando essas imperfeições. Outro mecanismo é a má vibração do concreto, fazendo com que o concreto não fique homogêneo em alguns locais, principalmente na base de pilares, devido a dificuldade de acesso do vibrador.

A norma NBR 14.931:2003 prescreve que o concreto não deve ser lançado de altura superior a 2 metros. Então, no caso de pilares ou paredes, o concreto das primeiras 4 camadas deve ser lançado através de um tubo de 100 ou 150 mm para que este não perca argamassa no caminho (ao se chocar com a armadura) e não se desagregue pelo impacto no fundo. A cada lançamento o tubo deve ser retirado, vibrado e, posteriormente recolocado o tubo repete-se a operação. Essa talvez seja a recomendação mais importante de todas, onde a broca em pilar é patologia gravíssima. Não adianta tampar com "argamassa forte", pois não é suficiente. Esse tipo de patologia pode levar o edifício à ruína, ou seja, o prédio pode cair em função de resistência insuficiente dos "pilares brocados".

➢ *Solução:* Primeiramente faz-se a verificação do grau de comprometimento do concreto, para posteriormente escolher o método mais adequado para solução.

Para segregação de concreto, sempre falando genericamente, têm diversos tipos de soluções, sendo que o preparo inicial deverá ser mantido em todas as opções de soluções, conforme característica de cada obra.

O procedimento que antecede todas as soluções é a remoção de todo material solto ate chegar ao concreto são por meios mecânicos ou manuais. Executando assim a limpeza do local afetado, e sempre analisar a estabilidade do pilar durante o serviço.

Algumas soluções são:

- Recomposição da área com argamassa cimento/areia, colada com epóxi;
- Recomposição da área com argamassa sintética (epóxi + areia ou quartzo granulado);
- Recomposição com resina epóxi pastosa;
- Recomposição com argamassa tipo "*DRY PACK*" de fechamento, e injeção de calda de cimento para preenchimento de vazios internos.

### 3.1.7 Viga do hall de circulação / Circulação da escada

Figura 28 – Viga do hall de circulação

Fonte: Próprio Autor

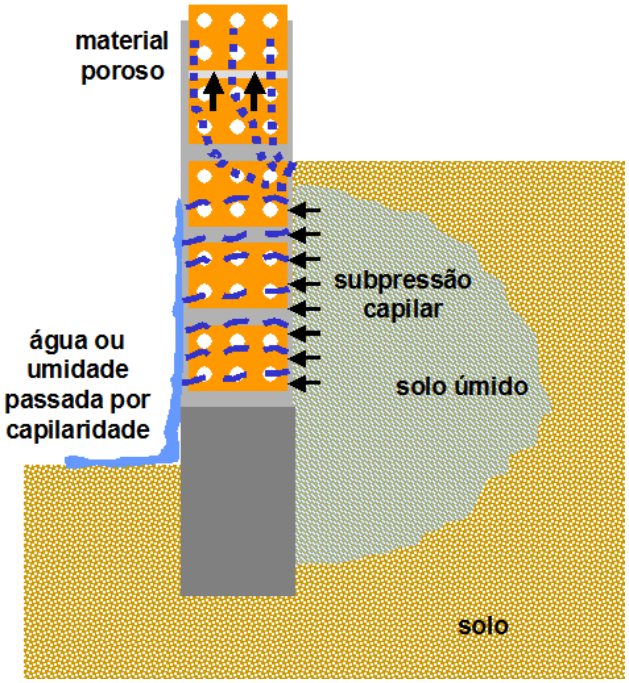
- *Descrição visual:* Infiltração ao longo da viga. Nota-se que há um desprendimento de material em determinados pontos.
- *Manifestação:* A manifestação da infiltração ocorre com o aparecimento de manchas como mostra a figura. Também é aparente a degradação da pintura que é outra manifestação de fácil identificação.
- *Causas prováveis:* Umas das causas prováveis é a má impermeabilização ou não impermeabilização do local. Essas falhas podem ser por motivos de má execução da impermeabilização ou por erros de descrição do serviço no projeto.

*Mecanismo de ocorrência:* Quando não há absorção suficiente da agua, há o desprendimento dos materiais, devido ao excesso de agua. Esse excesso de água pode ser devido a chuvas intensas no local ou pelo mecanismo de capilaridade quando aparece em interiores de residenciais como este, trazendo consigo o deslocamento das pinturas.

O deslocamento da pintura como mostra na figura tem sua ocorrência devido à reação de sais das eflorescências que lixiviados ate a interface da pintura prejudicando a aderência, acarretando seu deslocamento.

A capilaridade ou ação capilar é a propriedade física que os fluidos têm de subirem ou descerem em tubos extremamente finos. Essa ação pode fazer com que líquidos fluam mesmo contra a força da gravidade ou à indução de um campo magnético. Se um tubo que está em contato com esse líquido for fino o suficiente, a combinação de tensão superficial, causada pela coesão entre as moléculas do líquido, com a adesão do líquido à superfície desse material, pode fazê-lo subir por ele. Esta capacidade de subir ou descer resulta da capacidade de o líquido "molhar" ou não a superfície do tubo.

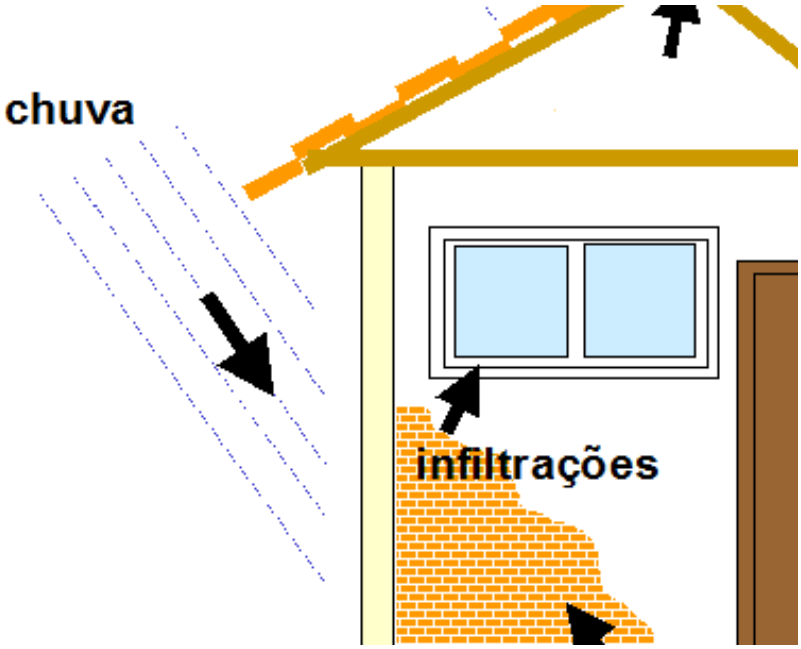
Figura 29 – Processo da capilaridade




Fonte: Google, 2013

“Em tempos chuvosos é favorável o aparecimento de infiltração nas construções, quando águas e vapores podem entrar nos imóveis por alguma fonte específica. Dentre os vários motivos, na época de chuva uma das causas mais prováveis para o problema é a batida da chuva em planos externos das construções que possam apresentar trincas, resultando em manchas, bolores e excesso de umidade. Este processo em que a água bate e escorre não parece danoso, mas quando há uma exposição contínua, pode provocar umidade interna", pontua o gerente técnico da Mactra, Vicente Parisotto Júnior.

Figura 30 – Processo de infiltração




Fonte: Google, 2013

Portanto, além da atuação desses mecanismos, há como consequência a deterioração dos materiais empregados, fazendo assim com que os mesmos percam suas qualidades e fiquem propícios ao aumento de patologias no local.

➢ *Solução:* A eliminação definitiva da umidade no local devida às falhas na impermeabilização pode ser obtida com a injeção de produtos cristalizantes em furos executados nas bases do local danificado de modo a impedir a ascensão da umidade por capilaridade.

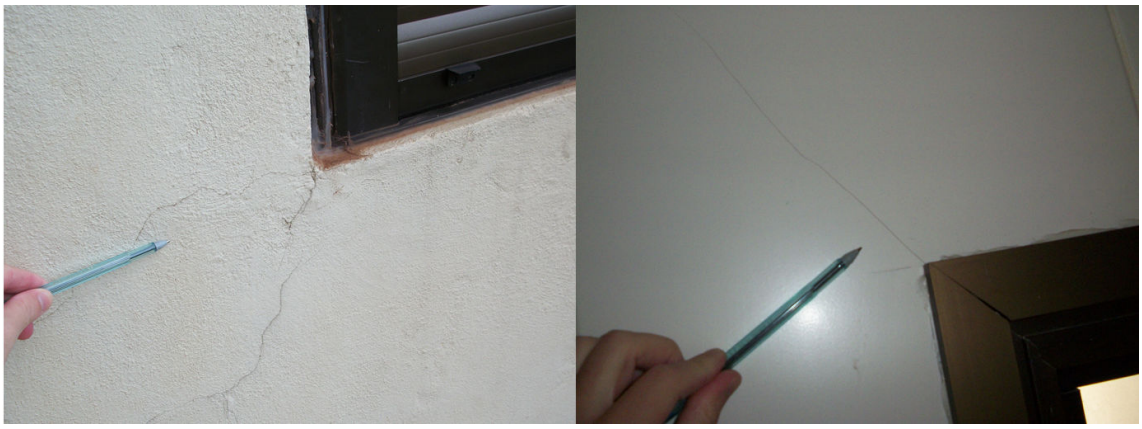
É uma opção prática, fácil e definitiva para corrigir infiltrações de umidade na parte inferior de paredes de alvenaria ou estruturas de concreto ocorridas após a ocupação do imóvel, pois não implica na interdição do local.

Consiste na aplicação de um produto cristalizante a base de cimentos especiais e aditivos minerais que atuam por penetração osmótica nos capilares da alvenaria, argamassas e concretos, formando um gel que se cristaliza no processo de cura. Deve ser aplicado em materiais encharcado (quanto mais umidade maior poder de penetração do produto). Pode-se aplicar diretamente sobre as superfícies ou por meio de furos feitos com brocas de aço para aumentar o poder de penetração.

Outra solução mais radical para esse tipo de problema frequente é escarificar o local danificado, limpar e regularizar a superfície. Posteriormente fazer a nova impermeabilização do local com argamassa composta por aditivos impermeabilizantes, ou impermeabilizantes elásticos.

### 3.1.8 Janela do dormitório e banheiro / 4º pavimento

Figura 31 – Fissuras diagonais

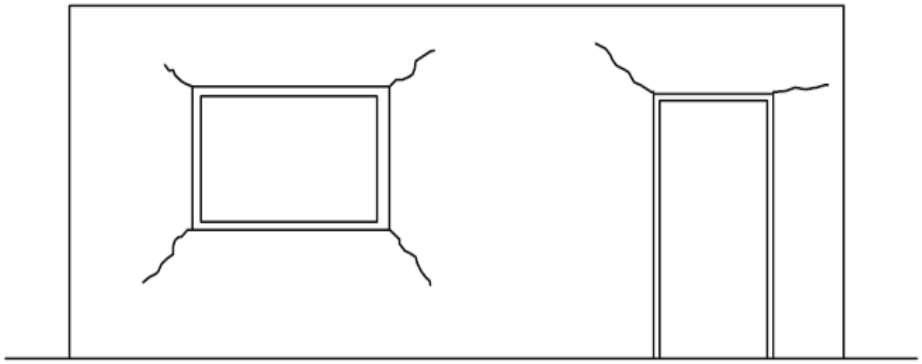


Fonte: Próprio Autor

- *Descrição visual:* a figura apresenta fissuras a 45 graus tanto na parede de alvenaria quanto na cerâmica, partindo dos cantos das esquadrias.
- *Manifestação:* Pode-se notar o aparecimento de fissuras a 45 graus, partindo dos cantos das esquadrias, pois é o local onde os esforços de tração são mais intensos.
- *Causas prováveis:* Ausência estruturas de concreto para absorção dos esforços (verga e contraverga), ou até mesmo esforços superiores aos admitidos para as vergas e contravergas executadas no local.
- *Mecanismo de ocorrência:* As fissuras por sobrecarga em torno de aberturas ocorrem em paredes de alvenaria descontínuas, com uma ou mais aberturas, submetidos a carregamentos de compressão e têm como característica a formação de fissuras à partir dos vértices das aberturas (THOMAZ, 1989).

Essas fissuras podem apresentar-se com diversas configurações, em função de diversos fatores como dimensão da parede e aberturas, materiais constituintes das paredes, dimensão e rigidez de vergas e contravergas, deformação e comportamento da alvenaria e de seu suporte.

Figura 32 – Fissuração de aberturas em alvenaria submetida à sobrecarga



Fonte: Thomaz, 1989

Segundo o mesmo autor, os diversos elementos que compõem as construções estão expostos à variação de temperatura sazonais e diárias que provocam movimentações de dilatação e contração que, associadas às diversas restrições existentes à sua movimentação, resultam em tensões que provocam fissuras; são chamadas de fissuras causadas por variações de temperatura.

Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, diárias e sazonais. Essas variações dão origem a uma variação dimensional dos materiais de construção (dilatação ou contracção). Os movimentos de dilatação e contracção são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se nos materiais, por este motivo, tensões que poderão provocar o aparecimento de fissuras.

- *Solução:* Os vãos na alvenaria que recebem janelas e portas são considerados regiões de concentração de tensões. Para reduzir o risco de surgirem fissuras nas paredes, é preciso, portanto, melhorar a distribuição das cargas. Isso é obtido com o uso das vergas e contravergas. A solução ideal seria a execução de verga e contraverga de concreto armado ultrapassando no mínimo 30 cm dos limites da esquadria.

Outra solução seria a remoção do revestimento argamassado e fazer um "grampeamento" da alvenaria executando furos e chumbando elementos metálicos para absorver os esforços que estão gerando as fissuras. Pode-se optar por um revestimento final com características elásticas, para serem flexíveis dentro de certos limites de movimentação. Seria aconselhável o uso de aditivos para tornar a argamassa flexível, onde posteriormente deve-se aplicar uma pintura elastomérica (emborrachada).

# CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal descobrir quais as principais causas de fissuras, trincas, rachaduras, entre outras patologias presente em estruturas de concreto nas edificações, e por fim mostrou-se satisfatório, pois teve seu objetivo atingido.

Pôde-se notar durante a pesquisa que para diagnosticar manifestações patologias o profissional precisa ter uma boa bagagem de conhecimento sobre a física e a química aplicada aos materiais de construção e estar estreitamente ligado ao processo de construções, tem condições e resolver a grande maioria dos problemas patológicos; pois através do diagnóstico é que são identificadas as origens do problema, suas causas precisas, os fenômenos intervenientes e seus mecanismos de ocorrência.

Além disso, durante esse estudo pode-se entender que as principais causas das manifestações patologias nas edificações podem ser evitadas, e são consequências da incompatibilidade dos projetos arquitetônicos, estruturais, hidrossanitários, elétricos e da má execução da obra.

Através da quantidade e diversidade de manifestações encontradas e expostas nesta pesquisa, é possível notarmos a gravidade dos futuros problemas na obra quando se tem projetos deficientes e com falta de detalhamento, má execução e a devida inspeção do engenheiro responsável.

Segundo Miotto (2010) é importante a realização de estudos que buscam avaliar, caracterizar e diagnosticar a ocorrência de danos em edificações, pois são fundamentais para o processo de produção e uso das edificações; permitem conhecer ações eficientes para atenuar a ocorrência de falhas e problemas, o que tende a melhorar a qualidade geral das edificações e otimizar a aplicações dos recursos.

Por fim, cabe salientar, que mesmo ocorrendo melhorias tecnológicas das técnicas construtivas e o emprego da compatibilidade dos projetos pode continuar aparecendo manifestações patológicas nas edificações por outros motivos, por isso deve-se haver um programa eficiente de inspeção/manutenção constante para assegurar a durabilidade das edificações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Marília. **Comuns, mas perigosas**. 2009. Disponível em: <http://revista.zap.com.br/imoveis/comuns-mas-perigosas/>. Acesso em: 07 de maio.

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. 128 p.

AMORIM, Anderson Anacleto. **Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes**. 2010. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 74 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118** : Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2003. 170 p.

_____. **NBR 9575** : Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

_____. **NBR 14931** : Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 53 p.

_____. **NBR 15.575-2** : Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho; Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013. 31 p.

BARROS, Carolina. **Edificações técnicas construtivas**. Disponível em: <http://edificaacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria.pdf>. Acesso em: 16 de novembro.

BÉRGAMO, Luis Ricardo. **Espaçadores para armadura**: Peças garantem o cobrimento adequado do concreto, evitando desgaste do aço. 2013. Disponível em:

<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/140/artigo299163-1.aspx>. Acesso em: 13 de novembro.

BOCABERTA, **Bactéria modificada conserta rachaduras em concreto**. 2010. Disponível em: <http://bocaberta.org/2010/11/bacteria-modificada-conserta-rachaduras-em-concreto.html>. Acesso: 15 de novembro.

BOIÇA, Stella Marys Rossi. **Desempenho de estruturas em concreto**: Proposta de modelo de análise comparativa entre sistemas construtivos: Estudo de caso. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 109 p.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução de Maria Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1988. 522 p.

CASCUDO, Oswaldo. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto**: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. São Paulo: Pini, 1997. 237 p.

CLICKINDISCRETO, **Cemitério Municipal de Esteio em situação preocupante**. 2011. Disponível em: <http://clickindiscreto.blogspot.com.br/2011/09/cemiterio-municipal-de-esteio-em.html>. Acesso em: 15 de novembro.

FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000. 246 p.

FIGUEIREDO, Enio Pazini. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) **Concreto**: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 2, cap. 27, p. 828- 855. ISBN 85- 98576- 04- 2.

FORUMDACONSTRUÇÃO, **Patologias na construção civil**. Disponível em: < http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1339>. Acesso em: 15 de novembro.

FRANK, Rafael. **Infraestrutura**: Belo Horizonte tem 15 obras de infraestrutura com patologias graves. 2008. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/infra-estrutura/belo-horizonte-tem-15-obras-de-infra-estrutura-com-patologias-graves-94781-1.aspx>. Acesso em: 24 de outubro.

GENTIL, VICENTE. **Corrosão**. 4º ed. Editora LTC. Rio de janeiro, 2003. 341p.

GONTIJO, Joana. **Época de chuvas é mais propensa ao aparecimento de infiltrações**. 2011. Disponível em: <http://correiobraziliense.lugarcerto.com.br/app/noticia/ultimas/2011/12/21/interna_ultimas,45402/epoca-de-chuvas-e-mais-propensa-ao-aparecimento-de-infiltracoes.shtml>. Acesso em: 24 de outubro.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

JÚNIOR, Alberto Casado Lordsleem. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**: Avaliação da capacidade de deformação. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 195 p.

KRUG, Lucas Fernando. **Manifestações patológicas em edificação construída na década de 1930**: um estudo de caso. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006. 74 p.

LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 56 p.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de concreto**: princípios básicos da construção de pontes de concreto. Vol. 6. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 1979. 241 p.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuição para a Identificação dos Principais Fatores e Mecanismos de Degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre**.

2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. 180 p.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Boletim técnico 06/86: Patologia das Construções**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. 35 p.

LUIGI, Paulo. **Recuperação Estrutural**: Principais mudanças relacionadas à durabilidade. 2004. Disponível em: <http://paulo.luigi.blog.uol.com.br/arch2004-03-21_2004-03-27.html>. Acesso em: 05 de maio.

MACHADO, Ari de Paula. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002. 271p.

MASCARENHAS, Marcos. **Patologias mais comuns nas edificações**. 2010. Disponível em: <http://ogestorimobiliario.blogspot.com.br/2010/05/patologias-mais-comuns-nas-edificacoes.html>. Acesso em: 07 de maio.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Publicas) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010. 63 p.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. 96 p.

PIANCASTELLI, Élvio M. - **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado** - Ed. Departamento de Estruturas da EEUFMG - 1997 - 160p.

POLITO, Giulliano. **Corrosão em estruturas de concreto armado**: Causas, mecanismos, prevenção e recuperação. 2006. Monografia (Especialização em Avaliação em Perícia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. 191 p.

REIS, Andréa Prado Abreu. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho**. 1998. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 239 p.

ROMANZOTI, Natasha. **Bactérias modificadas podem consertar rachaduras de concreto**. 2010. Disponível em: <http://hypescience.com/bacterias-modificadas-podem-consertar-rachaduras-de-concreto/>. Acesso em: 08 de maio.

SING, Marcella. **Trinca em parede é sinal de que o imóvel corre risco**. 2012. Disponível em: <http://www.emorar.com.br/trinca-em-parede-e-sinal-de-que-o-imovel-corre-risco/>. Acesso em: 05 de maio.

SOKOLOVICZ, Bóris Casanova. **Microestrutura e Durabilidade a Cloretos de Protótipos com Cinza de Casca de Arroz com e sem Moagem Prévia**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. 164 p.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1º Edição. Editora Pini. São Paulo, 1998. 256 p.

TEXSA, **Corrosão do concreto e das armaduras**. 2007. Disponível em: <http://www.texsa.com.br/Livro%2007.htm>. Acesso: 13 de novembro.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios**: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: PINI, 1989. 194p.