



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

**PATOLOGIAS DAS EDIFICAÇÕES DO CT NA UFPB: FATORES
CONDICIONANTES E MEDIDAS DE REABILITAÇÃO**

IVO MARCOS SIMÕES DE MENDONÇA
MATRÍCULA: 10921083

JOÃO PESSOA – PB
FEVEREIRO DE 2015

IVO MARCOS SIMÕES DE MENDONÇA

**PATOLOGIAS DAS EDIFICAÇÕES DO CT NA UFPB: FATORES
CONDICIONANTES E MEDIDAS DE REABILITAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, como requisito à obtenção de graduação em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Paulo Germano Toscano Moura.

JOÃO PESSOA – PB

FEVEREIRO DE 2015

FOLHA DE JULGAMENTO

IVO MARCOS SIMÕES DE MENDONÇA

**PATOLOGIAS DAS EDIFICAÇÕES DO CT NA UFPB: FATORES
CONDICIONANTES E MEDIDAS DE REABILITAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso em 26/02/2015 perante a seguinte Comissão Julgadora:

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

Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Enildo Tales Ferreira
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Mendonça, I. M. S.

UFPB, João Pessoa, PARAÍBA, ivoamd@hotmail.com.

RESUMO

O conjunto de edificações do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba apresenta diversas patologias que causam desde alterações estéticas, até problemas estruturais. É importante que esses fenômenos sejam sanados, visto que assim será possível manter-se a utilização desses prédios pelos próximos anos e se estará também valorizando o trabalho dos profissionais de engenharia formado nessa Universidade. Foi realizada uma inspeção geral em algumas edificações, onde os problemas detectados foram registrados e analisados. Este trabalho tem o objetivo de esclarecer as causas dessas patologias e quais medidas devem ser tomadas para cessar os processos de degradação. Ao final do presente trabalho, é apresentado um relatório de inspeção onde estão descritas todas as patologias encontradas e os procedimentos de reparos que devem ser adotados.

Palavras-chave: Patologia. Reparo. Inspeção.

ABSTRACT

The group of buildings in the Centro de Tecnologia of the Universidade Federal da Paraíba has several pathologies that cause since esthetic changes, until structural problems. It is important these phenomena are solved, as it will be possible to maintain the use of these buildings for years to come and will also be highlighting the work of the engineering professional trained in this University. A general inspection was carried out in some buildings and the problems detected were recorded and analyzed. This study aims to clarify the causes of these diseases and what action should be taken to stop the degradation processes. At the end of this study, an inspection report is presented which describes all the pathologies encountered and repair procedures that should be adopted.

Keywords: Pathology. Repair. Inspection.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	OBJETIVOS	7
2.1.	Objetivo Geral	7
2.2.	Objetivos Específicos	7
3.	JUSTIFICATIVA	8
4.	METODOLOGIA	9
5.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
5.1.	Introdução à Patologia das Construções	10
5.2.	Origem das Patologias	11
5.2.1.	Concepção	11
5.2.2.	Execução	12
5.2.3.	Manutenção	13
5.3.	O Concreto	13
5.3.1.	Compacidade	13
5.3.2.	Cura	13
5.3.3.	Cobrimento das Armaduras	14
5.3.4.	Aditivos	14
5.4.	Processos de Degradação do Concreto	15
5.4.1.	Corrosão das Armaduras	15
5.4.2.	Trincas e Fissuras	19
5.4.2.1.	Principais Processos de Fissuração	20
5.4.2.2.	Causas da Fissuração	25
5.4.3.	Eflorescências	26
5.4.4.	Reações Químicas	27
5.5.	Alvenarias	30
5.5.1.	Patologias em Alvenarias	31
5.5.1.1.	Fissuras	31
5.5.1.2.	Eflorescências	43
5.5.1.3.	Expansão por Umidade	43
5.6.	Tratamentos Superficiais em Alvenarias e Concretos Aparentes	44
5.6.1.	Introdução	44
5.6.2.	Ação das Águas Pluviais	45
5.6.3.	Alterações no Aspecto Visual das Fachadas	45
5.6.4.	Tipos de Tratamentos Superficiais	48
5.6.5.	Comparação entre os Hidrofugantes e os Vernizes	49
5.6.6.	Manutenção	51
6.	Estudo de Caso	53
6.1.	Blocos A à E do CT da UFPB	53
6.2.	Procedimentos de Reparo	64
7.	Conclusões	73
8.	Referências Bibliográficas	75

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

É comum se observar a ocorrência de fenômenos patológicos em edificações antigas e também, em outras relativamente novas. Estes processos são esperados, visto que, estruturas são projetadas com uma determinada vida útil e por estarem expostas aos mais diversos agentes agressivos, é inevitável algum tipo de degradação, especialmente se não foram feitas manutenções. Além disso, pode-se acrescentar o fato de que o conhecimento da época era limitado se comparado aos dias atuais e assim a utilização de medidas profiláticas também eram limitadas, deixando esses edifícios mais suscetíveis ao aparecimento de patologias.

No caso das edificações atuais, a presença de patologias ocorre normalmente por causa de falhas de projeto, execução, controle e falta de manutenção. Pode-se dizer que tais falhas e faltas são ocasionadas pelas condições atuais do mercado da construção civil: emprego de mão de obra pouco qualificada, acirramento da disputa entre empresas que produzem em quantidade e não em qualidade, além, do próprio desinteresse da parte do construtor e às vezes, até mesmo do proprietário (por ser leigo) achando que a longevidade do bem seja garantida de todo o modo, e ainda utilizando materiais inadequados. Tudo isso leva a uma redução da vida útil da estrutura e o aparecimento precoce de defeitos.

Na Universidade Federal da Paraíba, encontramos ambos os tipos de edificações citados e em ambas é possível ver a presença de patologias. Neste local ocorrem ainda mais dois fatores contribuintes para a degradação: a burocracia que se traduz na execução de manutenções tardias, mais onerosas e menos eficientes, geralmente afetando as edificações antigas; e a política de menor preço referente às licitações, que leva a construção de estruturas com baixa qualidade e que irão apresentar defeitos precocemente.

Com este trabalho, pretende-se esclarecer quais são as patologias mais recorrentes no Centro de Tecnologia da UFPB, suas possíveis causas e quais medidas devem ser tomadas para se fazer a recuperação das edificações.

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é estudar as patologias encontradas em alguns edifícios do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se fazer uma inspeção geral em algumas edificações do CT (Centro de tecnologia) da UFPB, em busca de patologias existentes nas alvenarias e estruturas de concreto, que serão catalogadas e fotografadas de maneira a se elaborar um relatório que poderá servir de referência para futuros orçamentos de manutenção, bem como, para embasar históricos para verificar a evolução de patologias existentes e se as ações corretivas adotadas tiveram êxito.

Em seguida, serão apresentadas as possíveis causas das patologias e quais os melhores métodos de recuperação a ser adotado para que não sejam necessárias novas intervenções de curto prazo.

CAPÍTULO 3 – JUSTIFICATIVA

O estudo de patologias em edificações é de fundamental importância haja vista que seu aparecimento, pode além de causar uma insatisfação estética e funcional, caracterizar uma condição de risco aos que se utilizam dessas estruturas.

É importante citar que quanto maior é a demora na intervenção sobre o problema, mais nocivo e oneroso este se torna para ser corrigido, retirando assim recursos da Universidade que poderiam ser aplicados em outros projetos e/ou levando a processos judiciais que desgastam a relação entre contratante (Universidade) e contratado (Construtora responsável pela construção da edificação).

Essas intervenções também servem para que se estenda a vida útil das edificações e no caso da UFPB, a conservação do seu patrimônio edificado valorizará o trabalho profissional de engenharia, principalmente de muitos profissionais formados nessa Universidade.

Por último, o relatório de inspeção terá importância futura para a correção das patologias caso haja interesse das autoridades responsáveis. No caso das edificações já construídas, poderão ser feitas intervenções nas fases iniciais dos problemas o que demandará menores custos nos processos corretivos. Quanto aos novos projetos, pode-se dizer que muitos problemas poderão ser eliminados futuramente desde que se adotem medidas mitigadoras nas fases de planejamento e execução.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse trabalho foi realizada uma inspeção visual dos prédios em busca de sinais de degradação, como trincas, fissuras e manchas que foram catalogadas através de registro fotográfico e anotação de suas localizações. Não foi possível ter acesso à todos os ambientes pois lugares como a cobertura e salas fechadas são de acesso restrito aos funcionários da Universidade que nem sempre estavam disponíveis para auxiliar nesta pesquisa.

Foram consultadas bibliografias acerca do tema, de modo a melhor caracterizar patologias encontradas, definir os possíveis fatores ocasionadores e as medidas de recuperação que podem ser adotadas e que já foram aplicadas com sucesso em outros casos.

Foi de grande valia também a consultoria prestada pelo professor orientador que por ser especialista na área colaborou com sua experiência na avaliação das causas envolvidas.

O trabalho é concluído com a apresentação de um relatório onde estão catalogados os fenômenos patológicos encontrados em cada edifício, sua localização, suas causas, efeitos e medidas de recuperação a serem adotadas.

CAPÍTULO 5 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 INTRODUÇÃO A PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

A ciência denominada Patologia das Construções enfoca o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequência das falhas construtivas que geram um desempenho insatisfatório para edificações. Desempenho insatisfatório deve ser entendido como uma redução da vida útil do elemento, ocasionada pela aplicação inadequada das técnicas construtivas e materiais. De maneira geral, o aparecimento de patologias está associado a fatores extrínsecos e/ou intrínsecos, sendo o meio ambiente, um dos maiores agressores das estruturas.

Fatores extrínsecos são aqueles que ocorrem por causa da ação de terceiros e que não podem ser previstos ainda na fase de execução da obra.

Fatores intrínsecos são aqueles que ocorrem por causa de falhas nas fases de projeto, execução ou utilização, bem como devido à degradação natural dos elementos.

As ações da natureza são aquelas provocadas pelo meio ambiente, não sendo portanto por ação humana.

Segundo SOUZA E RIPPER (1995), a determinação das causas das patologias em uma edificação é difícil e possivelmente não pode ser alcançada de forma única e coerente. Esta dificuldade está associada à:

- A grande variedade de elementos e de materiais que constitui um edifício;
- A multiplicidade de funções que são desempenhadas pelos vários componentes de um edifício e a diferenciação existente entre os critérios de aceitabilidade de ocorrências prejudicando diferentes funções;
- A grande complexidade do meio ambiente que envolve um edifício e as ações provocadas pelos usuários;
- As várias fases que um edifício deve passar como concepção, projeto, construção, utilização, manutenção e demolição;
- A grande ligação entre causa e efeitos dos vários fenômenos que podem se desenvolver simultaneamente, o que gera situações em que um mesmo acontecimento é consequência de um de um fenômeno a montante e ao mesmo tempo é causa de um fenômeno a jusante.

O estudo das patologias em uma edificação também permite que se determine quem é o responsável pelas falhas e quem deve responder pelas demandas judiciais. Os projetistas devem ser responsabilizados quando a origem do problema ocorre no projeto; os fabricantes, quando há falta de qualidade do material; da mão-de-obra, do fiscal ou do construtor, quando se constata a falha na fase de execução; e no caso de falta de manutenção ou erro de operação, são responsáveis do proprietário.

No âmbito regional, a maioria das manifestações patológicas ocorre devido a falta de qualidade dos materiais e métodos construtivos. Ocorrem também as falhas de planejamento e projeto e normalmente estas se configuram como um risco grave, além do mais, são mais onerosas de serem corrigidas.

A falta de investimento dos contratantes em projetos mais elaborados e detalhados ocasiona a necessidade de adaptações que criam situações não previstas levando a problemas de ordem funcional e estrutural.

No caso dos materiais e métodos construtivos, é necessário investir no controle da qualidade dos materiais, na fiscalização dos serviços e na qualificação da mão-de-obra.

5.2 ORIGEM DAS PATOLOGIAS

5.2.1 CONCEPÇÃO

Durante a etapa de concepção da estrutura podem ocorrer falhas no estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia (SOUZA E RIPPER, 1995).

Na maioria dos casos, quanto mais “cedo” ocorre uma falha nesta etapa, maiores são as dificuldades para corrigi-lo, pois as dificuldades técnicas e o custo associado se tornam altos. Assim, uma falha no estudo preliminar irá necessitar de uma solução muito mais complexa e onerosa do que uma falha que venha a ocorrer no anteprojeto.

Mais especificamente é possível notar que as falhas ocorridas em um estudo preliminar ou anteprojeto normalmente conduzem ao encarecimento do processo construtivo, enquanto as falhas ocorridas no projeto de execução são responsáveis pela ocorrência de fenômenos patológicos (SOUZA E RIPPER, 1995), exemplo:

- Elementos de projeto inadequados: má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas, escolha infeliz do modelo analítico, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, etc.;
- Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento;

5.2.2 EXECUÇÃO

Em tese, a etapa de execução deve vir logo após ser concluída toda a concepção do projeto. Na prática porém esta situação raramente ocorre, levando a adoção de modificações e adaptações dos projetos de forma a adequá-los para a execução. É situação comum por exemplo o conflito entre instalações e o partido estrutural, levando adaptações deste último como execução de furos e cortes em posições não previstas que podem levar ao aparecimento de patologias.

A atividade da construção civil pode ser considerada ainda bastante artesanal no Brasil e poderia obter muitas vantagens caso fosse adotada uma política de industrialização, que levasse à redução de riscos e incertezas, proporcionando a diminuição de custos e prazos. Em termos práticos, a industrialização da construção civil é obtida através de um sistema de controle da qualidade, da produtividade da mão- de-obra, bem como, à adoção de uma política de incentivos para evitar o desânimo e a sabotagem.

Ainda concorre para o surgimento de patologias nesta etapa o fato de se usar mão de obra pouco qualificada e também não haver o interesse por parte das empresas em investir na ampla distribuição de informações técnicas para seus funcionários, o que poderia levar ao produto final melhor qualidade.

Por último, deve-se citar a indústria de materiais também como responsável por uma parte das patologias que ocorrem na etapa de execução. A qualidade destes produtos, a sua normatização e fiscalização são os pontos chave para que se obtenham resultados satisfatórios quando de seu uso na construção.

5.2.3 MANUTENÇÃO

É situação comum que induz a ocorrência de patologias devido a falta de conservação do bem edificado. Grande parte das administrações dos condomínios, são pessoas leigas, que não possuem o conhecimento adequado para fazerem no tempo certo à profilaxia das estruturas da edificação.

5.3 O CONCRETO

No estudo da Patologia das Construções, as principais propriedades do concreto que devem ser consideradas serão apresentadas a seguir.

5.3.1 COMPACIDADE

A compactidade do concreto é a relação entre o volume sólido e o volume aparente total. Assim, quanto maior é a compactidade, menor é a quantidade de espaços vazios e menor é a porosidade do concreto. Concretos pouco porosos são mais resistentes aos agentes agressivos externos como os cloretos, sulfatos e a carbonatação, por impedirem sua difusão pelo ar ou pela umidade.

Um concreto de boa compactidade é obtido através:

- Do controle de qualidade dos materiais usados e pela proporção entre os componentes;
- De uma execução adequada, onde o transporte e a vibração do material não levem a segregação.

5.3.2 CURA

A cura é uma etapa importante na prevenção do aparecimento de patologias no concreto, pois assegura que o compósito não será submetido a tensões devido à retração por secagem e

diferenças térmicas. A cura pode ser aquosa ou química. Uma cura má executada, conduz a concretos cuja superfície é fraca, porosa e permeável a agentes agressivos, pois a reação de hidratação será afetada pela perda de água.

5.3.3 COBRIMENTO DAS ARMADURAS

O cobrimento de concreto sobre as armaduras atua como uma barreira física e química que impede o contato da armadura com os agentes agressivos dependendo das condições de exposição desse elemento estrutural. A proteção física é obtida através de um bom grau de compactidade do concreto e para que a execução seja correta não se deve deixar nichos de concretagem expondo as armaduras. Já a proteção química ocorre devido ao alto teor alcalino do concreto, proveniente da reação de hidratação dos silicatos de cálcio, que geram hidróxido de cálcio que é alcalino. Num ambiente deste tipo, forma-se na superfície do aço uma camada de caráter passivo que protege a armadura de reações de oxidação.

No entanto, por se tratar de uma região que não possui armadura, é necessário que não se ultrapasse os limites estabelecidos pela NBR6118, pois cobrimentos espessos podem sofrer processos de fissuração que irá reduzir a efetividade desta camada protetora pois as fissuras permitem a entrada de agentes agressivos.

5.3.4 ADITIVOS

Os aditivos tem a função de melhorar as propriedades do concreto e hoje pode ser considerado como o seu quarto elemento componente. Existem diversos tipos, sendo que os mais importantes no que tange a Patologia das Construções são os plastificantes.

Para que a reação de hidratação do cimento ocorra, é necessário um mínimo de 25% a 30% de água em relação ao peso do cimento. No entanto tal proporção conduz a concretos não trabalháveis, ou seja, este não pode ser moldado em formas. Devido a isso, normalmente se utilizam proporções água/cimento de 55% a 65%. O concreto se torna mais trabalhável, porém

quantidade de água excedente deverá evaporar, tornando o concreto mais poroso ou gerando fissuras por retração.

Os aditivos plastificantes atuam melhorando a fluidez do concreto, deixando-o mais trabalhável sem elevar de maneira considerável a quantidade de água de amassamento na mistura.

5.4 PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DO CONCRETO

Existem muitos fatores que podem gerar patologias no concreto, apresentar todas as possibilidades de degradação tornaria a leitura desse trabalho uma atividade exaustiva e desnecessária para o nível acadêmico exigido. Assim, aqui serão apresentadas apenas as patologias representativas do nosso estudo de caso.

5.4.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS

A corrosão das armaduras é considerada um dos principais fenômenos patológicos associados ao concreto.

O concreto é um material poroso, que reage às condições ambientais sob vários aspectos e é esperado que entre essas reações, se processem oxidações do aço. Mas a questão principal é que tem se verificado que a corrosão das armaduras tem ocorrido de maneira prematura.

As falhas de execução citadas a seguir são as principais causas para o desencadeamento da corrosão prematura do concreto (GRANATO, 2002):

- Cobrimento das armaduras com espessura inferior aos valores recomendados pela ABNT nas suas normas.
- Fator água/cimento elevado, levando o concreto a ser poroso e podendo causar fissuras de retração.
- Cura inadequada que gera redução da compacidade, fissura, porosidade, entre outros.
- Lançamento e vibração incorretos levando a formação de ninhos de concretagem e a segregação do concreto.

Existem dois tipos de corrosão associadas ao concreto armado: a química e a eletroquímica.

A corrosão química se trata da reação entre o oxigênio presente na atmosfera e o aço que forma óxidos de ferro. Esse tipo de corrosão não causa grande preocupação por ser um processo lento que não gera deterioração substancial.

Já a corrosão eletroquímica pode ser considerada a principal forma de corrosão das estruturas, pois é um processo de oxidação rápido e agressivo. Nesta reação, ocorre a formação de “pilhas” dentro do concreto armado onde ocorre a movimentação de cargas positivas e negativas, gerando a corrosão. Essas pilhas são formadas quando existem eletrólitos, diferença de potencial e presença de oxigênio.

O ácido carbônico presente na pasta de cimento, como também os cloretos presentes na atmosfera marinha, o gás sulfídrico em regiões industriais atua como eletrólitos.

A diferença de potencial se configura quando uma parte da armadura atua como ânodo por ter potencial menor e outra parte atua como cátodo, que tem potencial maior. Nesta condição, ocorre a formação de uma corrente elétrica. As diferenças de potenciais são provocadas por diferenças de umidade, concentração salina, aeração ou tensão diferenciada entre dois pontos da armadura.

A presença de oxigênio é que promove a formação do óxido de ferro. A ação da “pilha” faz com que o íon ferro se separe do aço na região do ânodo. Esse íon na presença de oxigênio (normalmente dissolvido na água) forma a ferrugem.

A oxidação é um processo que gera tensões de tração no concreto, pois o aço que se encontra confinado no concreto passa a se expandir. Este processo leva a formação de fissuras e desprendimento do concreto, o que também facilita a continuidade da reação pois a exposição ao meio ambiente é aumentada.

Os principais tipos de corrosão eletroquímica são (adaptado de GRANATO, 2002):

• **Corrosão em espaços confinados:**

A corrosão em espaços confinados ocorre quando existem regiões na superfície do aço onde não há circulação de oxigênio, gerando assim regiões de diferença de potencial. Essa situação ocorre por exemplo quando é executado um reparo na estrutura que já apresenta sinais de corrosão. Esse reparo pode vir a confinar oxigênio em uma região, iniciando o processo. Vide figura 1.

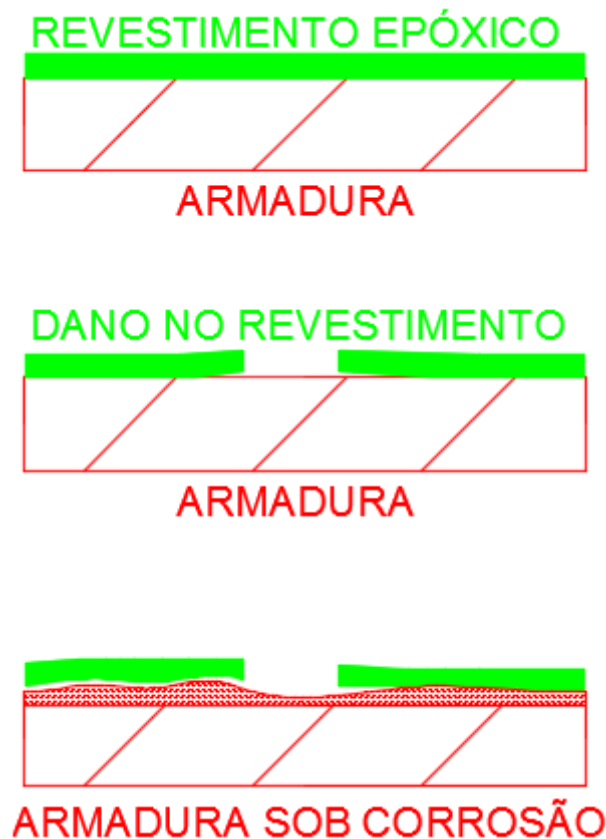


Figura 1 – Corrosão em espaço confinado

Fonte: GRANATO, 2002 (Adaptado)

• **Corrosão por correntes de interferência:**

Esta corrosão ocorre quando existem correntes elétricas circulando pela estrutura, como por exemplo, correntes de fuga das instalações elétricas prediais. Esta situação no entanto só pode ocorrer se a estrutura estiver despassivada, pois conforme dito anteriormente, é necessário que haja eletrólitos em contato com aço para a formação das “pilhas”.

• **Corrosão generalizada uniforme:**

Ocorre quando há despassivação da armadura. Essa despassivação pode ser provocada pela carbonatação do concreto, pela presença de cloretos ou ainda pela lixiviação dos produtos alcalinos constituintes do concreto ocasionada pela percolação de água.

• **Corrosão galvânica:**

Caso haja outro tipo de metal próximo ao aço e este possuir alguma falha na passivação, é possível que aconteça troca de cargas entre os 2 metais, levando assim a oxidação. Vide figura 2.

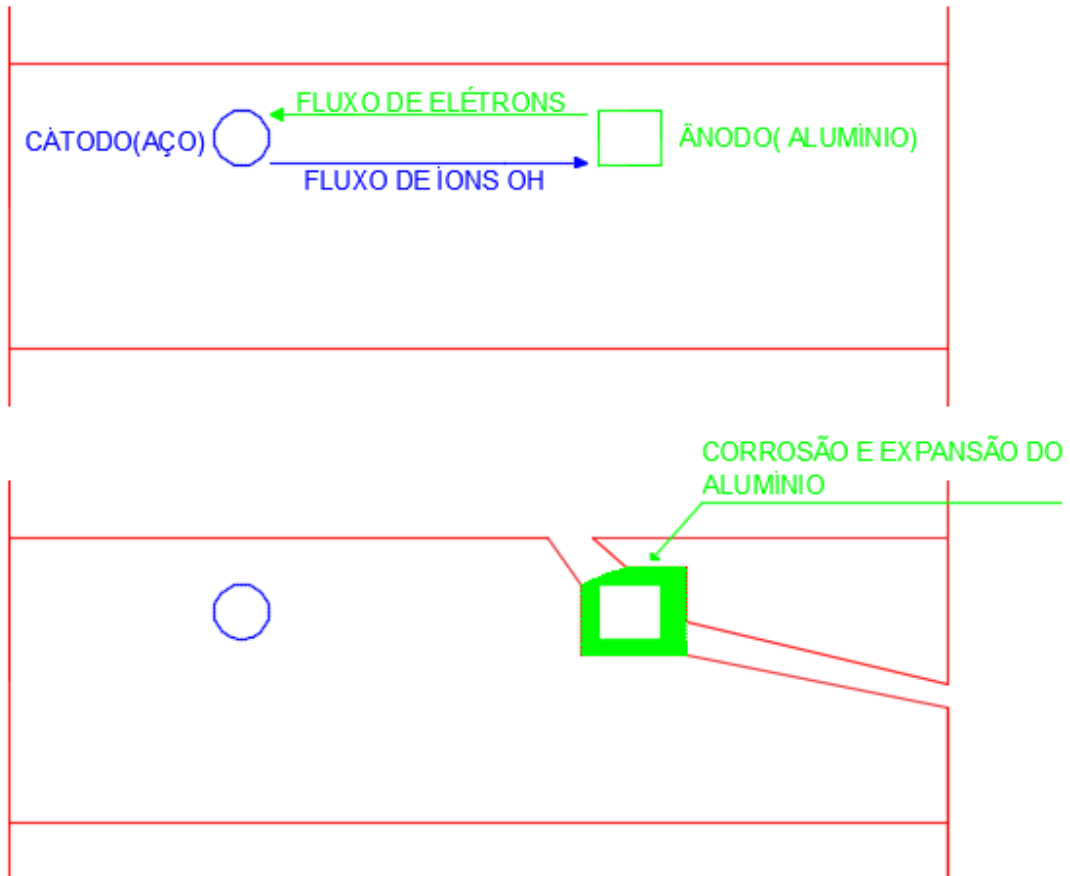


Figura 2 – Corrosão Galvânica

Fonte: GRANATO, 2002 (Adaptado)

• **Corrosão por cloretos:**

Os cloretos atuam destruindo a camada passivadora, gerando assim diferenças de potencial entre pontos com e sem camada. A presença de cloretos pode ocorrer por conta de contaminação de algum constituinte do concreto ou pelo ambiente onde a estrutura se encontra. Trata-se de um processo contínuo, pois as reações dos cloretos são auto catalíticas, liberando assim o cloreto para reagir novamente.

5.4.2 TRINCAS E FISSURAS

A fissuração do concreto normalmente está associada a tensões de tração no concreto superiores a que este pode resistir. Os principais mecanismos para o aparecimento de trincas e fissuras são (VITÓRIO, 2003):

- Movimentos no interior do concreto: quando os movimentos do concreto são restringidos. É o caso por, exemplo, das fissuras ocasionadas por expansões e contrações térmicas, onde um elemento pode ter sua dilatação ou contração impedida por outra parte da estrutura gerando um estado de tensões imprevisto.
- Expansão de materiais no interior do concreto: reações expansivas no interior do concreto causam tensões de tração. Como exemplo pode ser citada a reação álcali-agregado;
- Condições externas impostas: associadas à ação de cargas ou deformações na estrutura, como os recalques diferenciais.

As fissuras podem ser classificadas em ativas e passivas.

As fissuras ativas são aquelas geradas por cargas variáveis que causam deformações variáveis no concreto. Como exemplo podem ser citadas as fissuras produzidas por movimentações térmicas e de flexão causadas por ações dinâmicas.

As fissuras passivas são aquelas que se estabilizam ao longo do tempo, ou seja, não irão ter variações dimensionais. Como exemplos há fissuras causadas pela retração plástica do concreto e as causadas por recalques diferenciais estabilizados.

Segundo VITÓRIO (2003), os defeitos existentes em uma estrutura podem ser bastante variados.

Há defeitos localizados e de pouca importância que não afetam a integridade da estrutura e que podem ser identificados imediatamente, sem depender de maiores estudos e de ensaios de laboratório.

Porém há outros defeitos que necessitam de um conhecimento global da obra, envolvendo ainda todo o histórico da estrutura, a análise do projeto e todas as informações que possam identificar as causas que motivaram a sua patologia.

O estudo das patologias que se apresentam na estrutura, implica na análise das causas que as produziram. Nesse sentido, a localização e o tipo de fissuras são de fundamental importância, pois na maioria das vezes, a observação do quadro de fissuração permite que se obtenham conclusões que permitam diagnosticar os fatores que as ocasionaram.

5.4.2.1 PRINCIPAIS PROCESSOS DE FISSURAÇÃO

• RETRAÇÃO OU ASSENTAMENTO PLÁSTICOS

A retração plástica ocorre quando o concreto está no estado fresco e a perda de água por evaporação supera a quantidade de água que exsuda. Nesta situação, irão aparecer forças capilares nos poros do concreto que acarretam tensões de compressão no interior da peça e de tração na superfície.

Normalmente ocorrem em lajes principalmente se não existirem elementos de enrijecimento como vigas paralelas às armaduras e em vigas nas proximidades dos apoios. Vide figuras 3,4 e 5.

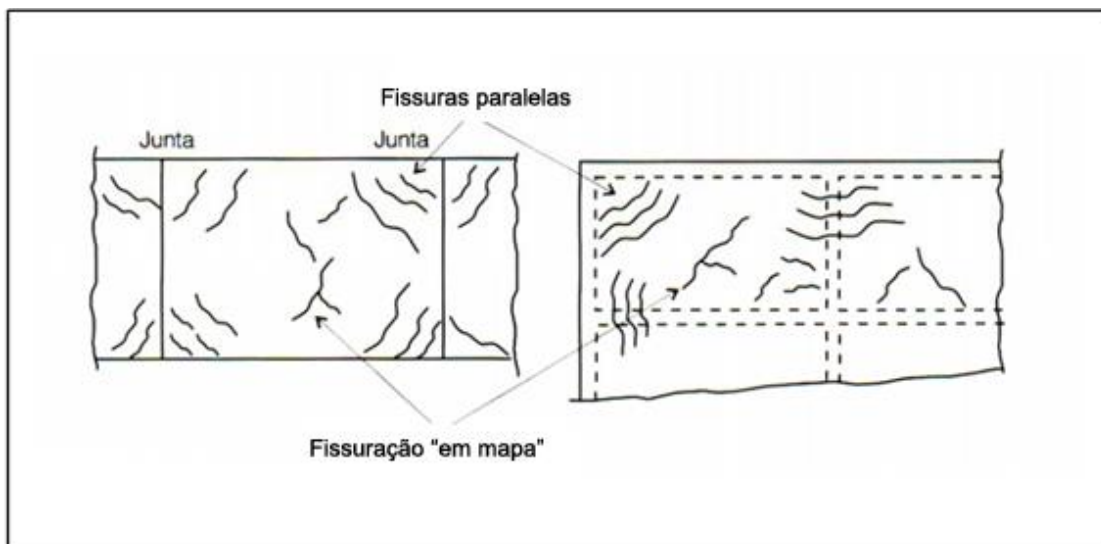


Figura 3 – Fissura por retração em lajes

Fonte: GRANATO, 2002 (Adaptado)

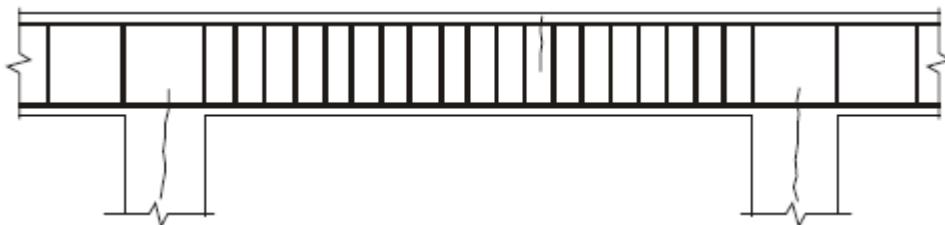


Figura 4 – Fissura por retração em vigas contínuas

Fonte: VITÓRIO, 2003

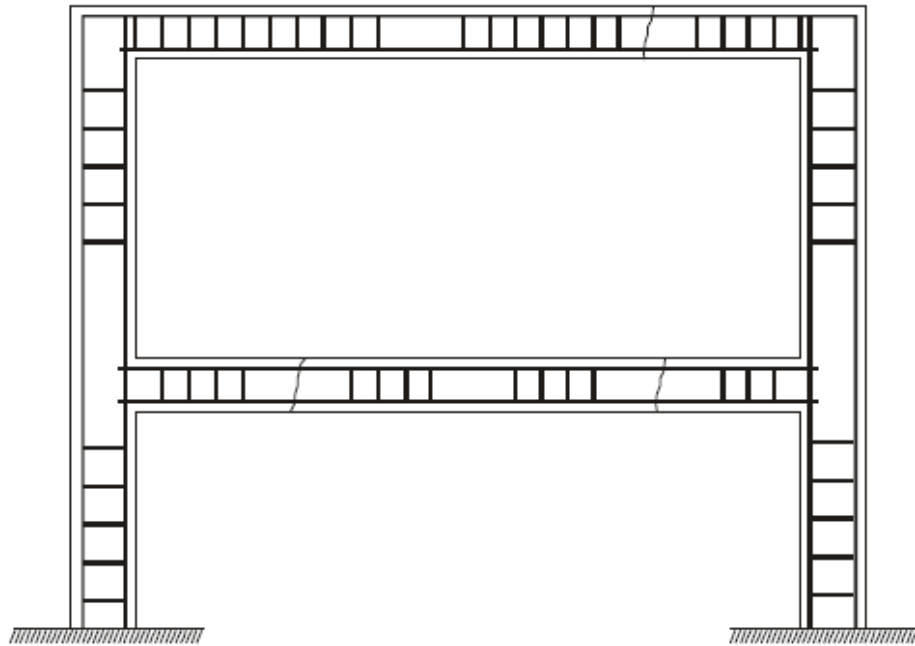


Figura 5 – Fissura por retração em pórticos

Fonte: VITÓRIO, 2003

Já o assentamento plástico ocorre quando há a acomodação das partículas sólidas e exsudação, levando a uma distribuição não homogênea das partículas sólidas que causa fissuras.

• AÇÃO DE CARGAS DIRETAS

As fissuras causadas pelos esforços que solicitam a estrutura podem representar ou não riscos a integridade estrutural. É esperado que apareçam fissuras de largura pequena na direção paralela à tensão principal de tração, pois as estruturas são projetadas normalmente para serem econômicas e funcionarem próximas ao limite de escoamento.

Porém, quando as fissuras apresentam larguras grandes, é provável que tenham ocorridos falhas, que podem ser no cálculo da carga atuante, no cálculo da armadura, ou ainda um erro de posicionamento da armadura.

Os principais tipos de carregamentos que causam fissuras são:

Tração Axial – conforme já citado anteriormente, o concreto possui baixa resistência à tração. Elementos tracionados podem vir a apresentar fissuras perpendiculares a armadura principal atravessando toda a seção. Vide figura 6.

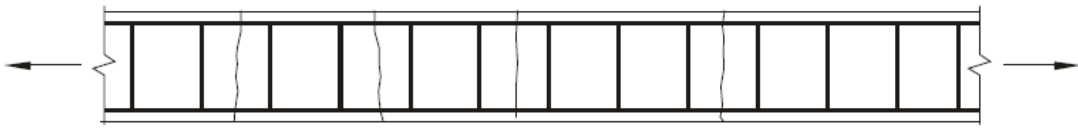


Figura 6 – Fissuração em elemento estrutural tracionado

Fonte: VITÓRIO, 2003

Compressão Axial – é o esforço a que normalmente estão submetidos os pilares. Nesta situação as fissuras se apresentam como mostrado na figura 7, que são semelhantes às aquelas encontradas em corpos de provas.

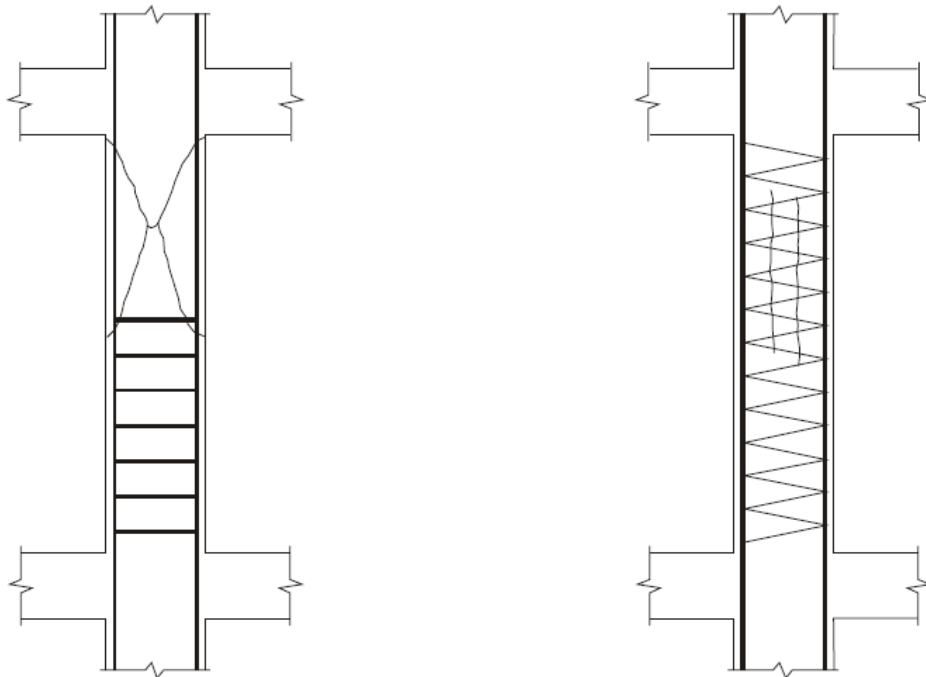


Figura 7 – Fissuras em pilares

Fonte: VITÓRIO, 2003

Compressão Excêntrica – as peças submetidas a compressão excêntrica, como pilares com cargas não centralizadas, podem vir a apresentar fissuras como as da figura 8:

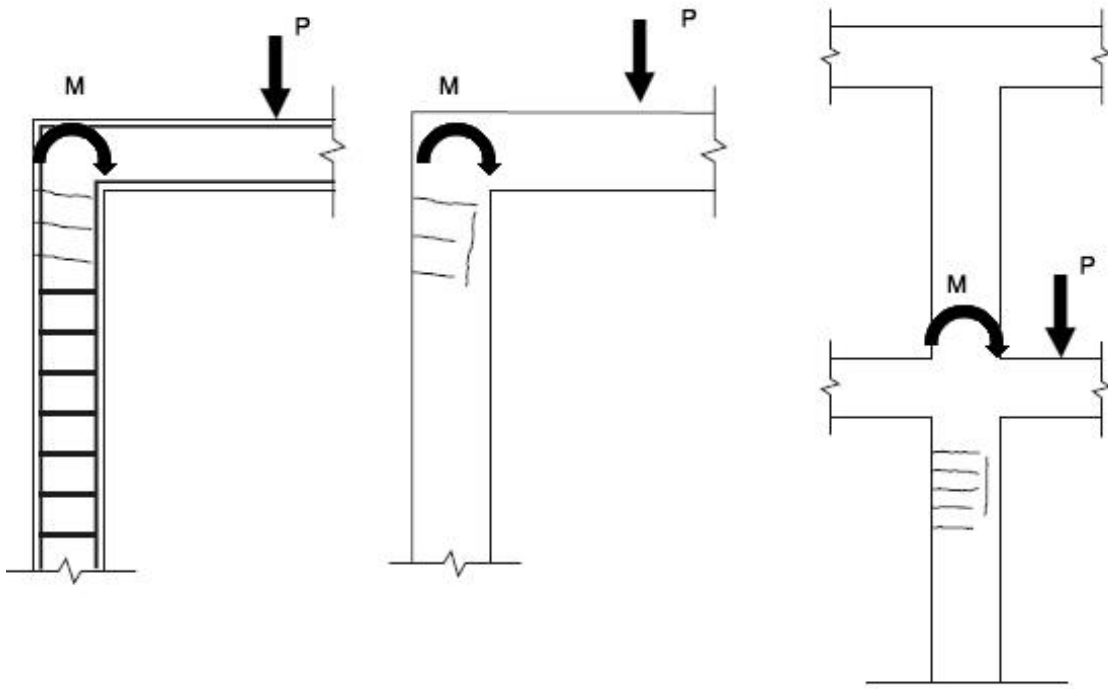


Figura 8 – Fissuras causadas por cargas excêntricas

Fonte: VITÓRIO, 2003 (Adaptado)

Flexão – elementos sob flexão normalmente apresentam fissuras nas regiões tracionadas. Vide figuras 9, 10 e 11.

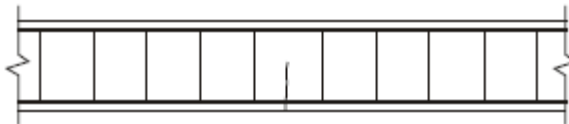


Figura 9 – Fissuras de flexão em viga

Fonte: VITÓRIO, 2003

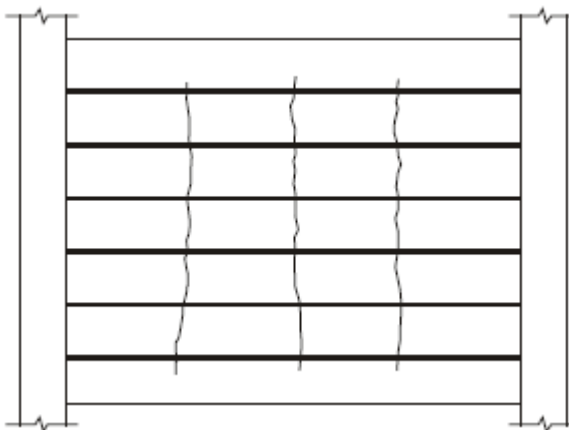


Figura 10 – Fissuras de flexão em parede estrutural

Fonte: VITÓRIO, 2003

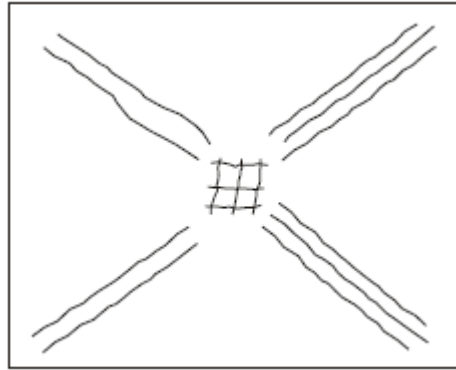


Figura 11 – Fissuras de flexão em laje

Fonte: VITÓRIO, 2003

Cisalhamento – provoca fissuras inclinadas e surgem nas proximidades do apoio. Normalmente estão associadas a deficiências na armadura de cisalhamento como as da figura 12.

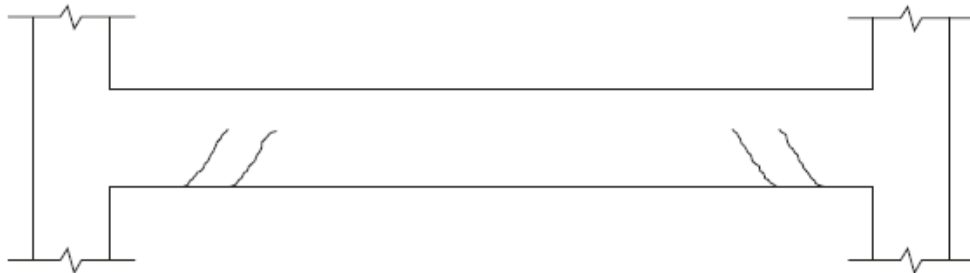


Figura 12 – Fissuras em viga causadas por esforços cisalhantes.

Fonte: VITÓRIO, 2003

Torção – os esforços de torção surgem da aplicação de cargas excêntricas, como é o caso de marquises engastadas em vigas. A torção gera fissuras de formato helicoidal em todas as superfícies livres da estrutura. Vide figura 13.

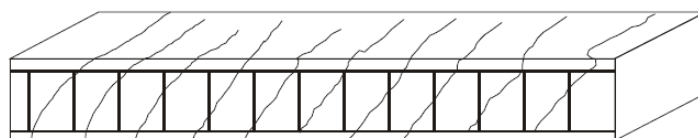


Figura 13 – Fissura em elemento de concreto armado causada por esforço de torção

Fonte: VITÓRIO, 2003

• DEFORMAÇÕES IMPOSTAS

As fissuras causadas por deformações impostas, geralmente estão associadas a estruturas muito coesas que se opõem ao movimento quando estão sob ações externas como recalque ou aumento da temperatura da estrutura com consequente dilatação.

5.4.2.2 CAUSAS DA FISSURAÇÃO

• EXECUÇÃO

As fissuras que surgem devido a falhas de execução têm potencial de degradar a estrutura pois deixam sua superfície exposta aos agentes agressivos. As falhas de execução normalmente afetam o cobrimento, o posicionamento das armaduras, a compacidade e a homogeneidade do concreto.

• FORMA E DISPOSIÇÃO DAS ARMADURAS

As armaduras podem ocasionar fissuras no concreto através da transmissão de cargas ao mesmo que sejam superiores a sua resistência. Um exemplo desta situação é a utilização de armaduras com comprimento de ancoragem curtas que provocam tensões de tração elevadas.

O posicionamento das armaduras também pode provocar patologias como falhas no cobrimento e o aparecimento de nichos, pois podem vir a impedir a dispersão do concreto durante o lançamento. Tal situação ocorre por exemplo, em blocos de coroamento de pilares, que são densamente armados e tradicionalmente em arranques de pilares pela altura excessiva da queda do concreto, segregando-o.

• DOSAGEM DO CONCRETO

A dosagem do concreto influi na sua permeabilidade. Uma dosagem ineficiente irá produzir um concreto poroso e/ou que pode apresentar fissuras por retração ou assentamento plásticos, devido ao excesso de água, a não utilização de aditivos, baixa quantidade de cimento, etc.

• GEOMETRIA E COESÃO DA ESTRUTURA

A geometria e a coesão da estrutura, tanto interna como externa, provocam o surgimento de tensões que podem levar a fissuração. Segundo GRANATO (2002), a coesão interna entre partes finas e grossas de uma mesma seção, ou entre o interior e a superfície de uma seção, vem influir nas diferenças de temperaturas produzidas durante as primeiras fases de endurecimento do concreto, durante o uso e pela disposição das armaduras.

5.4.3 EFLORESCÊNCIAS

As eflorescências são deposições salinas na superfície da estrutura de concreto ocasionadas pela percolação de água. A água dissolve os sais e estes migram para a superfície, onde ocorre a evaporação e deposição dos sais. São constituídas de metais alcalinos e alcalino-ferrosos.

As eflorescências não representam um risco iminente de colapso da estrutura, porém sua presença indica a presença de umidade, sendo que esta última pode favorecer os diversos processos de corrosão da armadura que já foram citados anteriormente.

Para sua ocorrência devem existir:

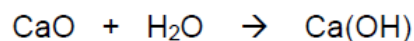
- Teor de sais solúveis elevado
- Pressão hidrostática para que haja a migração para a superfície
- Tempo elevado de exposição à água
- Elevação da temperatura
- Porosidade na estrutura

5.4.4 REAÇÕES QUÍMICAS

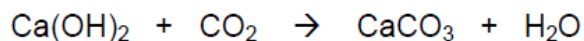
• CARBONATAÇÃO

A carbonatação é o processo de formação de carbonato de Cálcio no concreto.

Na preparação do concreto ocorre a formação de hidróxido de Cálcio devido a reação de hidratação dos silicatos e da cal presentes na sua composição, conforme a reação a seguir:



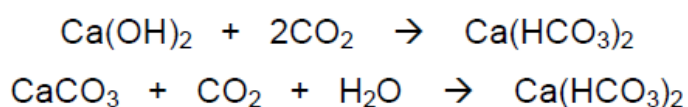
O gás carbônico presente no ar, ao penetrar no concreto através de seus poros, reage com o hidróxido de Cálcio e forma o carbonato de Cálcio:



Se trata de um processo gradual que ocorre do exterior para o interior do concreto e é muitas vezes chamado de frente de carbonatação. A frente de carbonatação atua numa superfície da estrutura e quando essa superfície já não mais possui hidróxido de Cálcio, ocorre a interiorização da frente.

A formação de carbonato de cálcio ocasiona uma redução da alcalinidade da estrutura que por consequência causa a despassivação da armadura e em última instância à corrosão.

O carbonato de Cálcio pode ainda continuar a reagir com o gás carbônico, formando o bicarbonato de Cálcio:



O bicarbonato de Cálcio é solúvel, portanto sua formação pode acarretar a formação de eflorescências e aumento da permeabilidade.

Os principais condicionantes da reação de carbonatação são:

- **Composição do Cimento** – quanto maior o teor de cal na composição do cimento, menor será a carbonatação, pois a cal irá formar uma película carbonatada que formará uma barreira impedindo a penetração de gás carbônico.
- **Dosagem** – concretos com altos teores de cimento tem mais compactidade, o que impede a penetração de ar na estrutura. Também é importante citar que quanto mais cimento existir, mais hidróxido existirá para ser carbonatado, o que reduz a velocidade de penetração da frente de carbonatação. A quantidade de água também influencia, pois o excesso de água leva a formação de poros no concreto.
- **Umidade do ar** – uma umidade relativa em torno de 50% a 60% é a que mais favorece a reação de carbonatação. Quando a umidade é muito baixa não haverá água para catalisar a reação e quando há muita umidade ocorre a saturação dos poros do concreto, impedindo a entrada de gás carbônico na estrutura. O gráfico mostrado na figura 14:

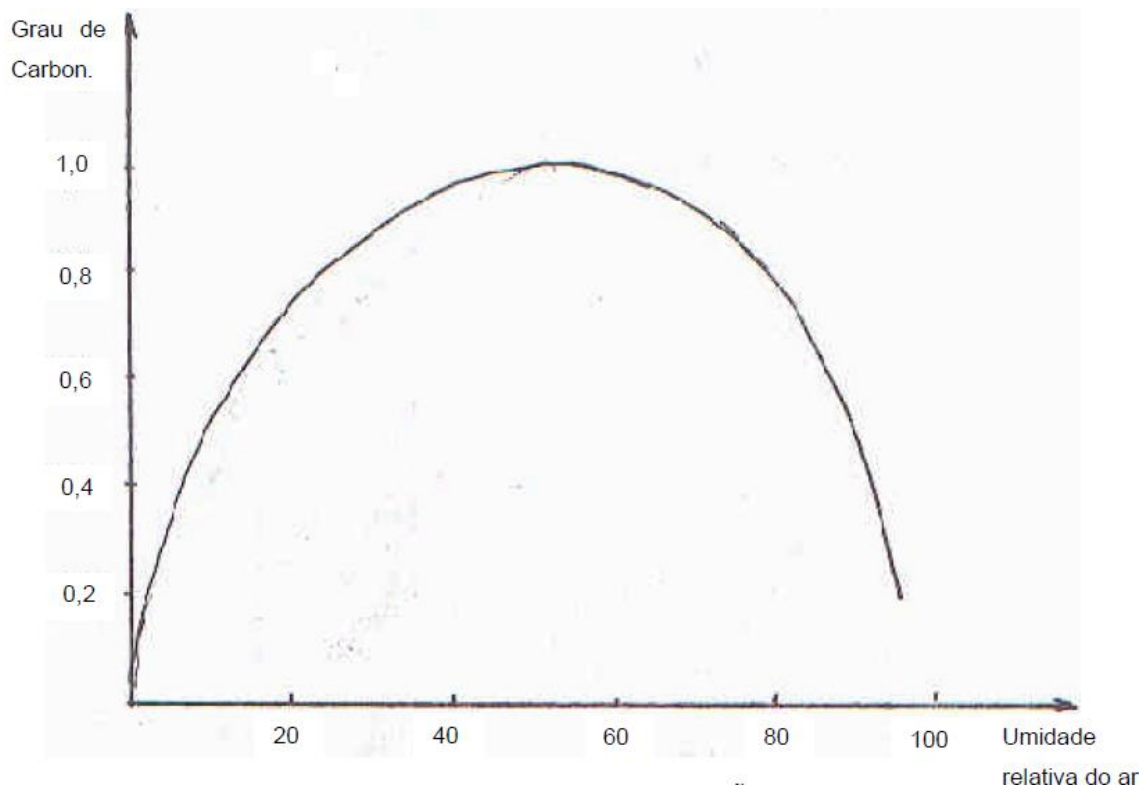
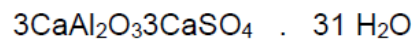
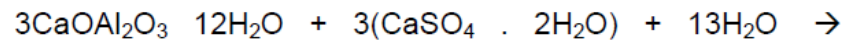


Figura 14 – Relação entre umidade relativa do ar e grau de carbonatação.

Fonte: OLIVARIO, 2003

•SULFATO DE CÁLCIO

O sulfato de cálcio reage com o aluminato tricálcio hidratado, que é um dos componentes do cimento, para formar o sulfo aluminato tricálcio hidratado, também conhecido por Sal de Candlot. A reação é a demonstrada a seguir:



Normalmente o sulfato de cálcio provém do meio ambiente onde a estrutura está inserida, como no ar das zonas costeiras ou no solo da fundação.

A formação do Sal de Candlot leva a fissuração da estrutura pois possui coeficiente de expansão muito alto ocasionando zonas com diferenciais de tensão.

•ÁLCALI-AGREGADO

A reação álcali-agregado ocorre quando os agregados não são de qualidade adequada e apresentam sílica amorfa e carbonatos que reagem com os álcalis do concreto na presença de água, formando um gel expansivo que fissa o concreto.

A reação pode ser inibida através da utilização de cimento que contenham pozolana ou escória de alto forno. A adição de meta-caulim também tem sido usada como medida para evitar a reação.

•GASES DE COMBUSTÍVEIS DE FÓSSEIS

Os gases produzidos pela queima de combustíveis fósseis podem reagir com a umidade do ar, produzindo ácidos carbônicos. Esses ácidos podem tanto corroer as armaduras quanto o próprio concreto, especialmente se o cobrimento for pequeno ou ainda se o concreto for permeável.

•URINA

A urina possui em sua composição ácido úrico que reage com metais em processos de oxidação.

Este processo é mais acentuado em locais públicos, como estádios esportivos e obras de arte públicas como pontes, onde as pessoas podem vir a urinar por falta de bom senso. Também pode ocorrer o processo em caso de infestação de animais como morcegos e pombos, sendo que neste caso o teor de ácido úrico na urina é maior e portanto causa mais danos.

5.5 ALVENARIAS

Para VITÓRIO (2003), as anomalias manifestadas nas alvenarias que compõem as paredes de uma edificação, são, de modo geral, bastante visíveis pela própria natureza dos materiais e do comportamento desses componentes.

Devido a função portante das alvenarias estruturais, o aparecimento de patologias pode representar um risco a estabilidade da edificação.

No caso das alvenarias de vedação, o aparecimento de patologias em geral não representa risco, mas causa desconforto dos mais diversos tipos aos seus usuários, como por exemplo a sensação de insegurança transmitida pelo aparecimento de trincas ou a presença de mofo por infiltrações que podem causar doenças.

O principal fator que influencia no aparecimento de manifestações patológicas em alvenarias é a não utilização de processo construtivos que compatibilizem as diferentes propriedades físicas dos materiais que foram usados, causando o aparecimento de fissuras e daí decorrendo outros problemas. Como exemplo, podemos citar as fissuras causadas pela falta de juntas de dilatação e/ou pela ausência de telas de ligação entre a estrutura e a alvenaria ou ainda, as causadas pela falta de vergas em portas e janelas.

As alvenarias também são muito sensíveis às movimentações das estruturas como o recalque diferencial das fundações ou a flexão.

5.5.1 PATOLOGIAS EM ALVENARIAS

5.5.1.1 FISSURAS

As fissuras são o tipo de patologias mais recorrente em alvenarias e normalmente estão relacionadas a esforços de tração, flexão e de cisalhamento que são introduzidas por alguma falha construtiva em elementos que estão associados a estas.

Alguns fatores que influenciam na resistência das alvenarias são (JÂCOME,2005):

- A resistência da alvenaria é inversamente proporcional a quantidade de juntas de assentamento;
- Componentes assentados com juntas travadas, produzem alvenarias com resistência significativamente superior àquelas onde os componentes são assentados com juntas verticais aprumadas;
- A resistência da parede não varia linearmente com a resistência do componente da alvenaria, nem com a resistência da argamassa de assentamento;

Segundo VITÓRIO(2003), os principais fatores que influenciam na fissuração de alvenarias são:

- Heterogeneidade resultante da utilização conjunta de materiais diferentes, com propriedades mecânicas e elásticas diferenciadas;
- Geometria, rugosidade e porosidade dos componentes;
- Retração, aderência e retenção de água da argamassa de assentamento;
- Esbeltez, geometria da edificação, presença ou não de armadura, existência de paredes de contraventamentos;
- Cintamentos, amarrações, tipos e dimensões de aberturas de portas e janelas;
- Tubulações embutidas;
- Movimentações higroscópicas e térmicas;
- Tipo de fundação, recalques diferenciais.

Para BAUER(2000), as principais causas de fissuras em alvenarias são, de acordo com o tipo de fissura:

- Fissuras Verticais- deformações na argamassa de assentamento em paredes submetidas a uma carga vertical uniformemente distribuída; Movimentação higroscópica da alvenaria, principalmente nos cantos de alvenarias e em alvenarias extensas; Retração por secagem nos pontos de tensões mais altas ou com seções enfraquecidas; Expansões na argamassa de assentamento causadas por reações como hidratação retardada da cal ou entre sulfatos e o cimentos.
- Fissura Horizontal- deformações excessivas da laje que provocam esforços de flexocompressão na alvenaria; Movimentações térmicas da laje de cobertura que gera esforços horizontais; Expansão da argamassa de assentamento; Expansão da alvenaria por movimentação higroscópica em áreas submetidas à umidade constante como a base da alvenaria; Retrações de secagem nas lajes que geram tensões horizontais e que ocorrem normalmente em vãos abertos como janelas.
- Fissura Inclinada- Recalques diferenciais causados por falhas de projeto, rebaixamentos de lençol freático, variações de solo ou influência de fundações vizinhas; atuação de cargas concentradas diretamente sobre a alvenaria; falhas na execução de vergas e contravergas nos vãos de portas e janelas; carregamentos desbalanceados em vigas sapatas corridas ou vigas baldrame flexíveis; movimentação térmica da platibanda que causa fissuras na extremidade da alvenaria.
- Fissuras em lajes mistas- movimentações térmicas e diferenças de coeficientes de dilatação das vigotas e os blocos cerâmicos.

A seguir são explicados os tipos de fissuras anteriormente citados.

As fissuras decorrentes da ação de sobrecargas verticais uniformemente distribuídas são geralmente verticais e estão associadas a deformação transversal da alvenaria ou da argamassa (figura 15). Em algumas situações também é possível que apareçam fissuras horizontais devido a ruptura de blocos cerâmicos que por algum motivo apresentem baixa resistência ou a ruptura da argamassa de assentamento.

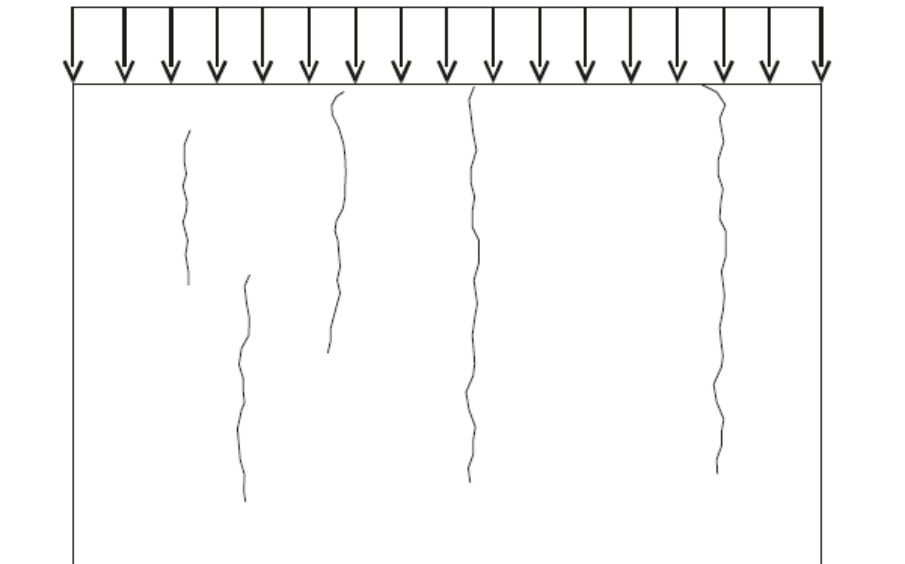


Figura 15 – Fissuras causadas por sobrecarga na alvenaria

Fonte: VITÓRIO, 2003

As coberturas planas (lajes) estão mais expostas a radiação solar e às mudanças térmicas do que os paramentos verticais da edificação e por isso ocorrem movimentos diferenciados entre elementos verticais e horizontais.

Também ocorre que os elementos construtivos possuem coeficientes de dilatação térmica distintos que produzem movimentações diferenciais.

Por último, é importante salientar também que ocorrem movimentações diferenciadas entre as faces superior e inferior das lajes de cobertura, onde a face superior recebe diretamente o calor irradiado pelo Sol e a inferior apenas recebe parcela calor absorvido.

Todas essas movimentações induzem tensões aos elementos da edificação e assim podem vir a provocar fissuração.

A dilatação da laje e seu abaulamento irão gerar tensões de tração e cisalhamento nas paredes da edificação levando a fissuras como as mostradas nas figuras 16, 17, 18 e 19.

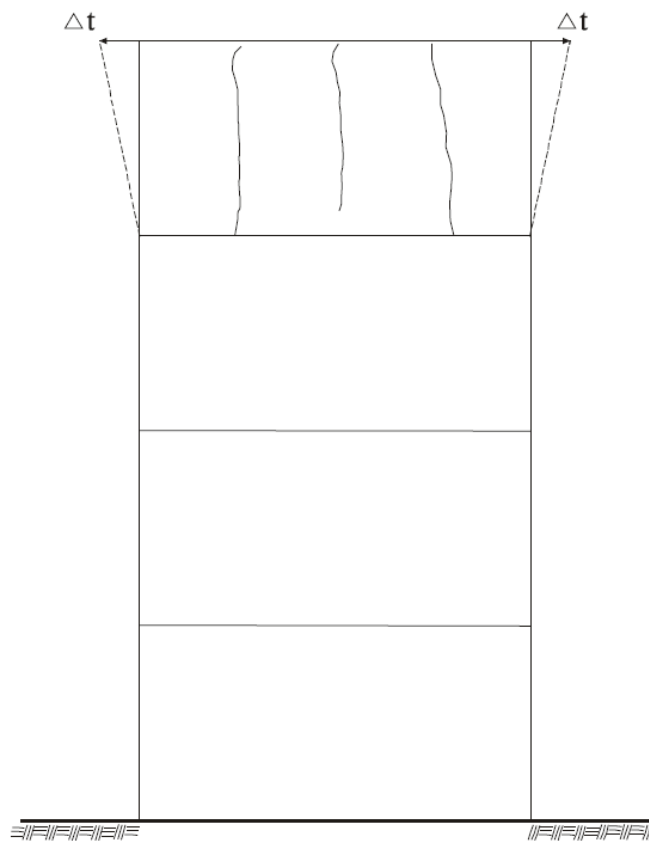


Figura 16 – Fissuras verticais causadas por dilatação térmica da laje de cobertura.

Fonte: VITÓRIO, 2003

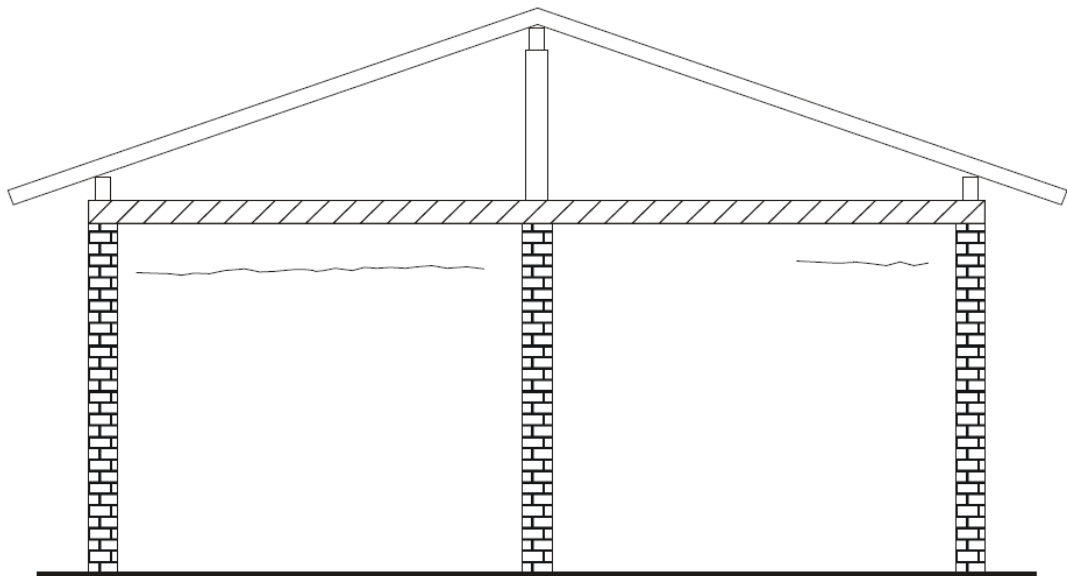


Figura 17 – Fissuras horizontais causadas por dilatação térmica da laje de cobertura.

Fonte: VITÓRIO, 2003

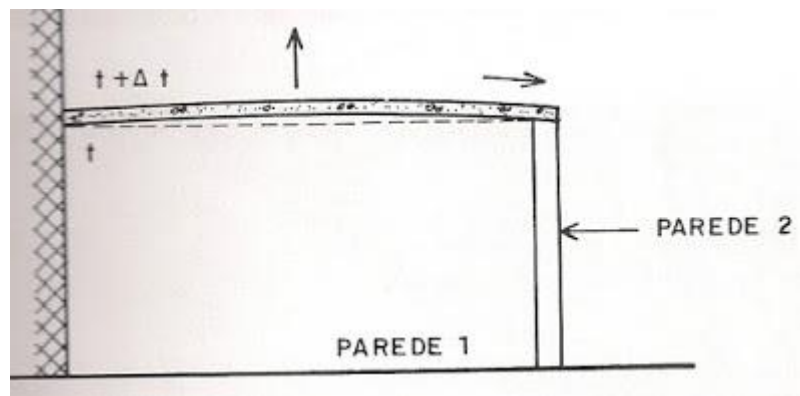


Figura 18 – Abaulamento da laje causado por dilatação térmica.

Fonte: VITÓRIO, 2003

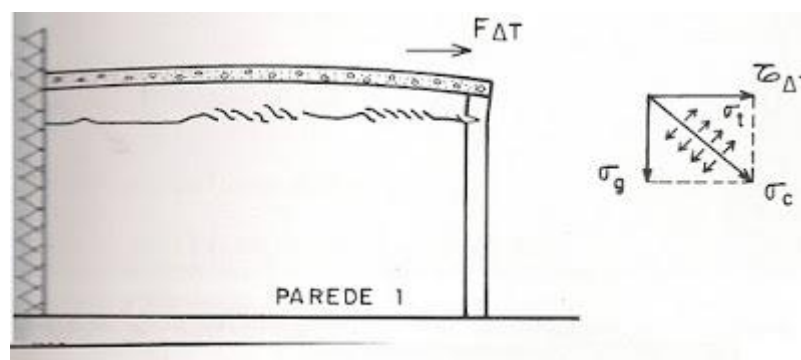


Figura 19 – Fissuras causadas por dilatação térmica da laje de cobertura que induz tensões cisalhantes à alvenaria.

Fonte: VITÓRIO, 2003

A umidade higroscópica nas fiadas da base das alvenarias faz com que estas apresentem expansão maior que as demais causando fissuras como as da figura 20. Essa umidade é proveniente da ascensão capilar da água que está no solo de fundação.

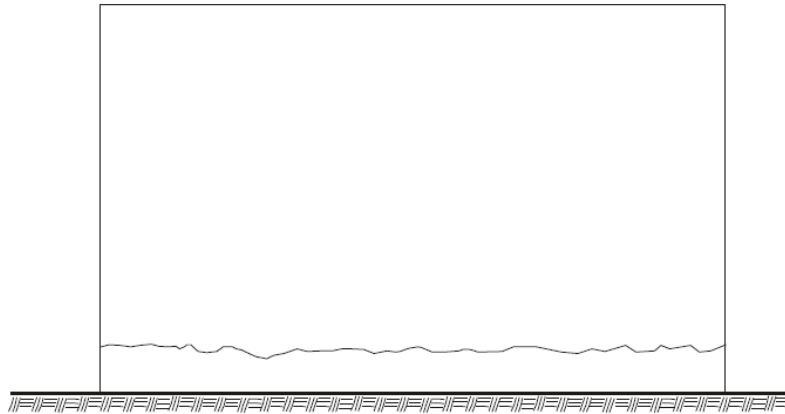


Figura 20 – Fissuras na base da alvenaria causadas por umidade higroscópica

Fonte: VITÓRIO, 2003

As fissuras causadas por retração de secagem das lajes ocorrem pelos esforços cisalhantes que são gerados, num processo semelhante a aquele que ocorre na dilatação térmica anteriormente citada.

Neste caso, ocorre a perda de água pela superfície da laje e diminuição do seu volume, provocando um encurtamento das dimensões. Pelo fato de as estruturas serem rígidas, esse encurtamento será restringido e induzirá tensões aos elementos da edificação. Esse tipo de fissura é apresentado na figura 21:

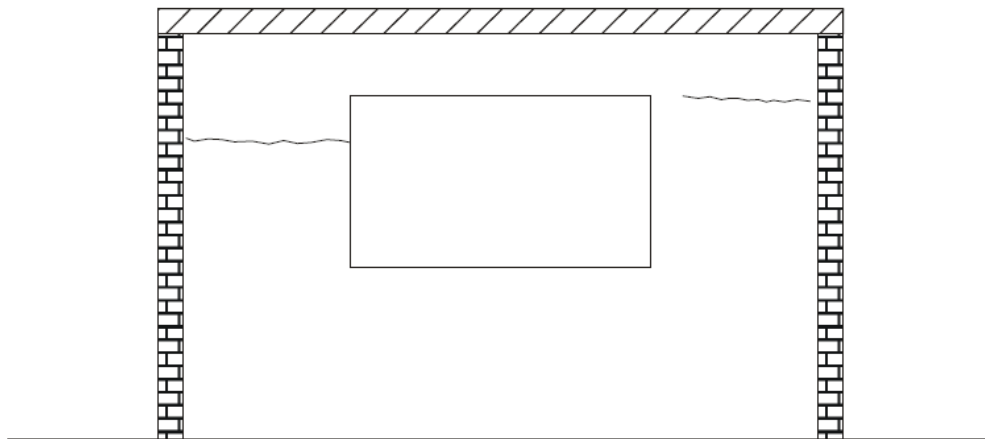


Figura 21 – Fissura causada por retração da laje

Fonte: VITÓRIO, 2003

Os solos são constituídos de partículas sólidas, água, ar e material orgânico, e devido a esta constituição, é esperado que sob ação de cargas externas ocorra a deformação desse material.

Quando estas deformações ocorrem ao longo do plano de fundação de uma obra e são diferenciadas entre alguns pontos, surgem tensões de grande intensidade na estrutura provocando fissuras.

As fissuras provocadas por recalques diferenciais são bastante semelhantes àquelas que são provocadas pelas deformações em estruturas. A linha de movimentação onde o recalque ocorre é aproximadamente perpendicular à fissura devido aos esforços de tração que são induzidos nesta direção. Além disso, a variação da abertura também pode auxiliar na determinação da direção do recalque.

Os assentamentos diferenciais normalmente ocorrem em edificações situadas em seções mistas ou sob aterros mal compactados, conforme ilustrado nas figuras 22 e 23:

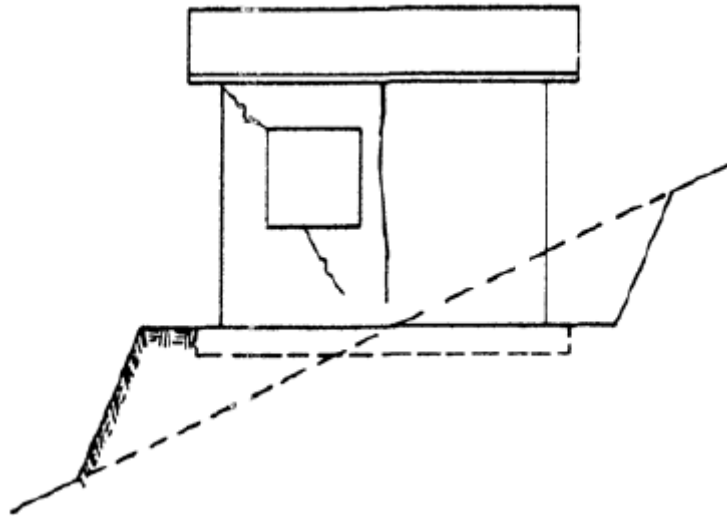


Figura 22 – Fissuras originárias de escorregamento do solo

Fonte: VITÓRIO, 2003

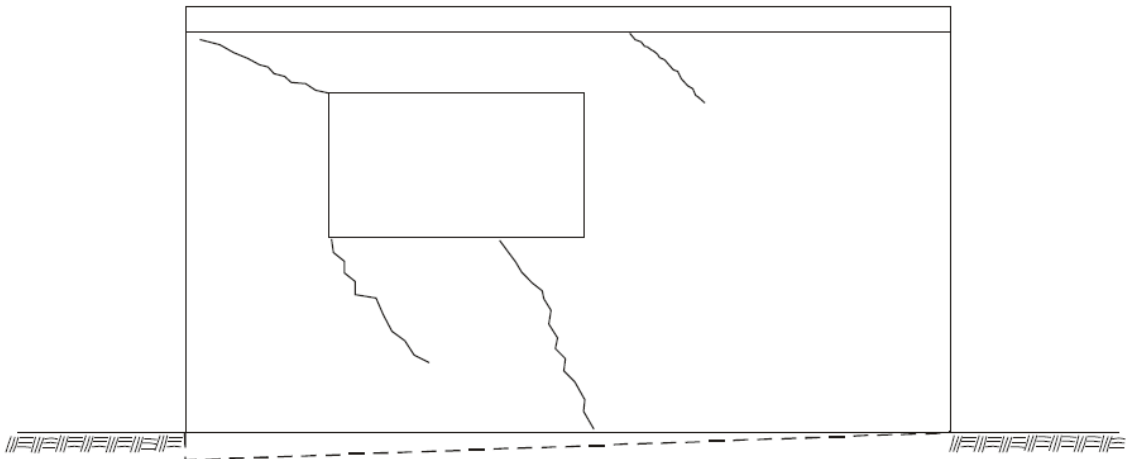


Figura 23 – Fissuras originárias de recalque diferencial do solo de fundação.

Fonte: VITÓRIO, 2003

A utilização de sistemas diferentes de fundações num mesmo edifício ou a presença de áreas mais carregadas que outras, produzem normalmente assentamentos diferenciais (figuras 24, 25 e 26). Ainda, pode ocorrer o assentamento diferencial de um mesmo elemento se este for carregado de maneira diferenciada.

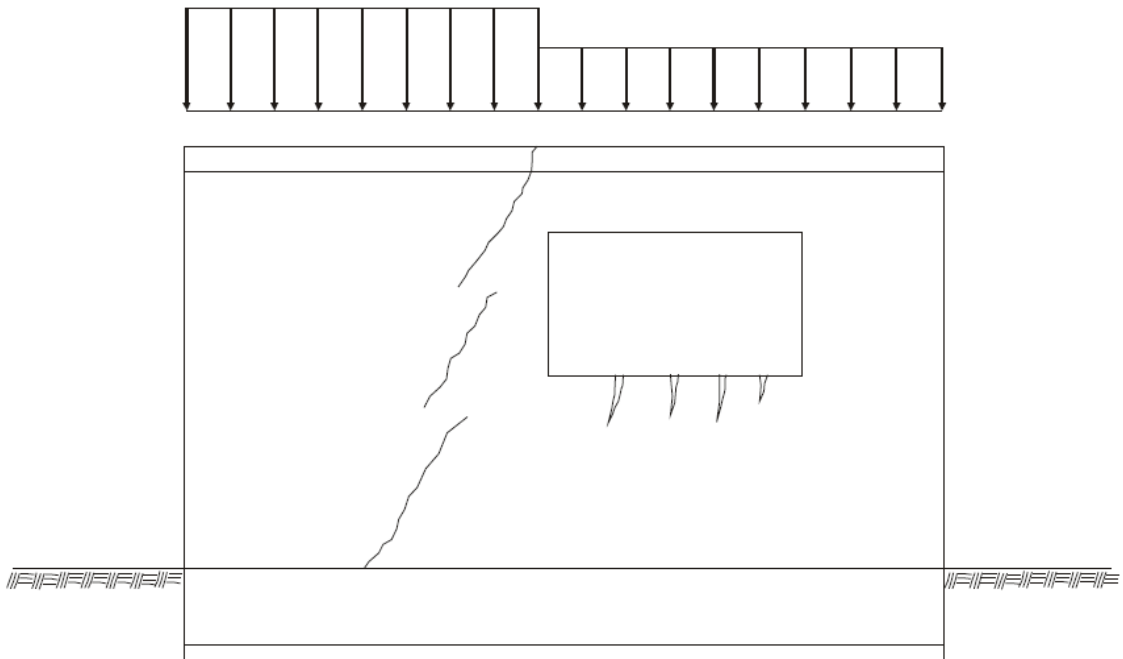


Figura 24 – Fissuras causadas por assentamento diferencial devido a carregamentos diferenciais.

Fonte: VITÓRIO, 2003

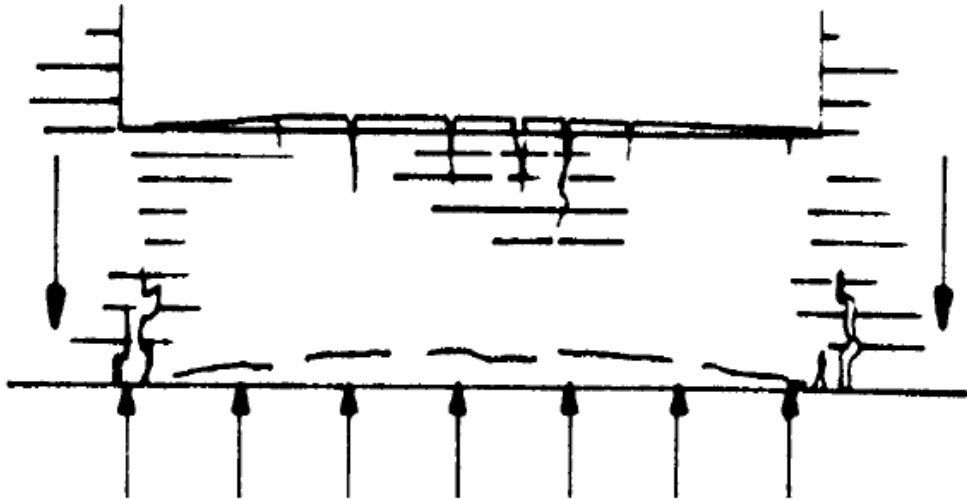


Figura 25 – fissuração por cargas diferenciais na fundação

Fonte: VITÓRIO, 2003

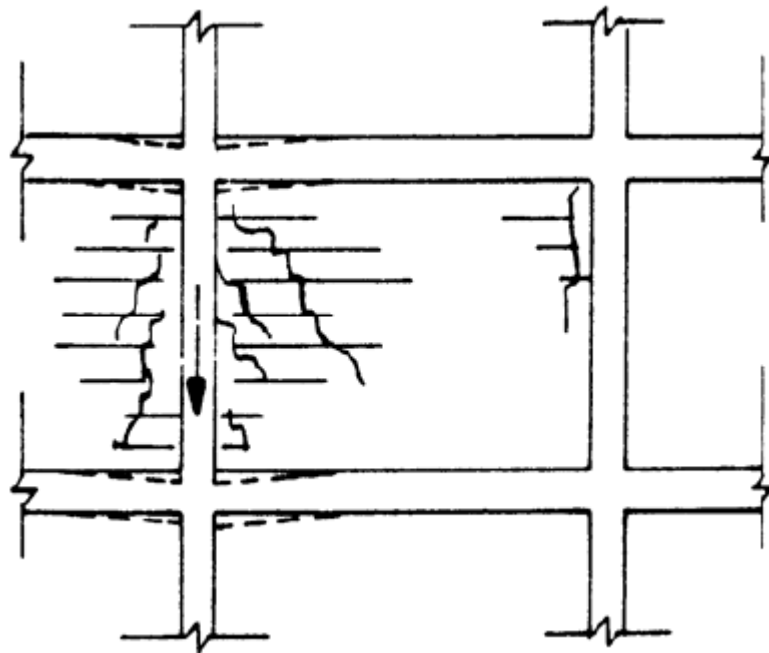


Figura 26 – Fissuras devido as tensões induzidas pelo recalque do pilar sob ação de sobrecarga.

Fonte: VITÓRIO, 2003

A ação de cargas concentradas nas alvenarias sem a adoção de dispositivos de redistribuição das mesmas provoca o aparecimento de fissuras inclinadas no ponto de aplicação da carga como as mostradas na figura 27:

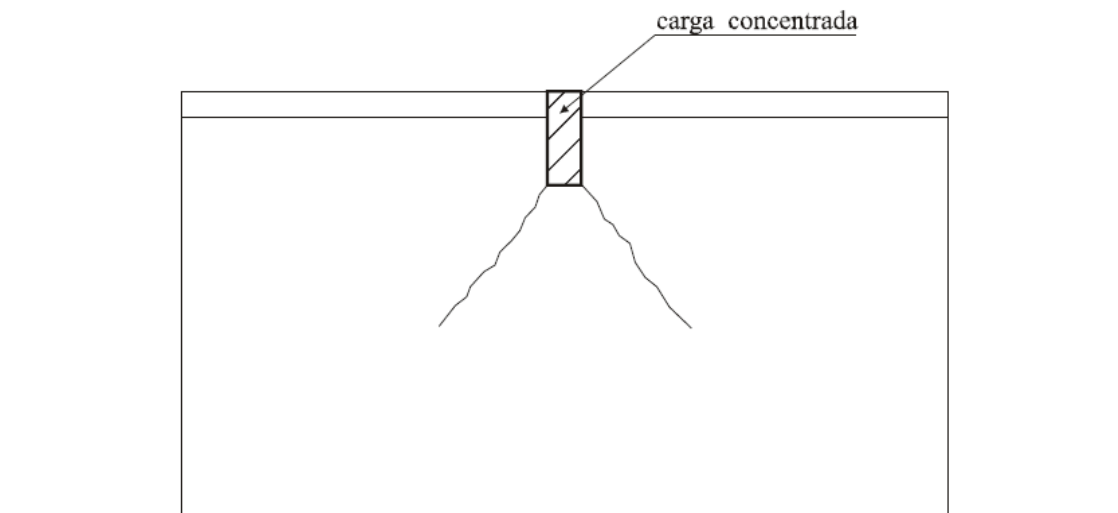


Figura 27 – Fissura causada por carga concentrada aplicada diretamente sobre a alvenaria.

Fonte: VITÓRIO, 2003

Na presença de aberturas de portas e janelas, o fissuramento ocorre por haver a concentração de cargas nos vértices que devem ser combatidas com a construção de vergas. A inexistência de vergas ou falhas dessas provocam fissuras em vãos como mostrado na figura 28:

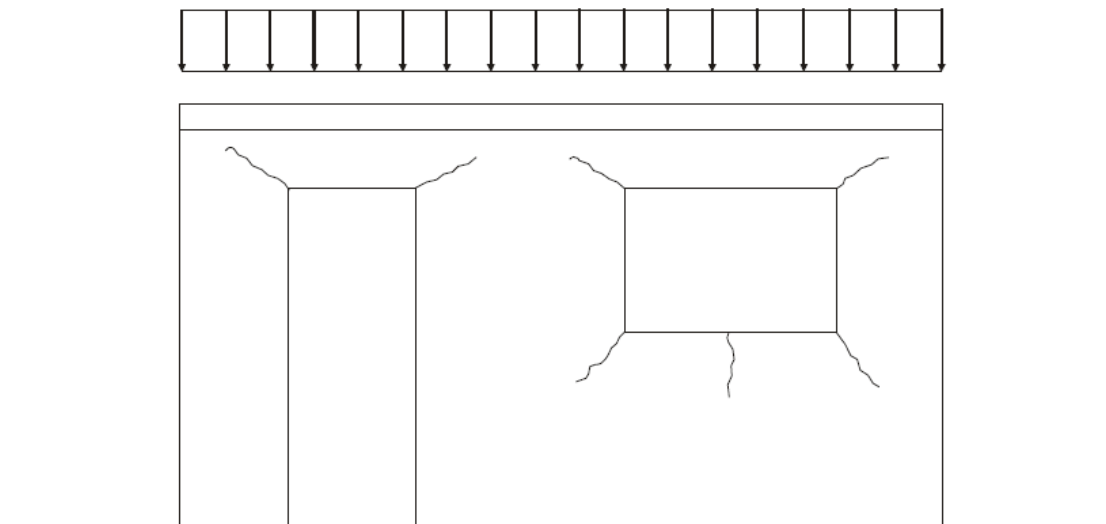


Figura 28- Fissuras caudas pela inexistência de vergas.

Fonte: VITÓRIO, 2003

É esperado que as estruturas de concreto armado deformem-se sob a ação das cargas à que estão submetidas. De maneira geral essas deformações não comprometem a estabilidade da estrutura, mas podem interferir no comportamento das alvenarias e em outros elementos,

provocando por exemplo emperramento de caixilhos, ruptura de placas de vidros, fissuramento de tetos e pisos, desprendimento de ladrilhos cerâmicos entre outros.

No entanto os elementos mais sensíveis a essas deformações são as alvenarias pois essa deformabilidade induz esforços de tração e cisalhamento. A seguir são apresentadas as configurações das fissuras quando esta situação ocorre.

A deformação excessiva de lajes ocasiona fissuras como as da figura 29:

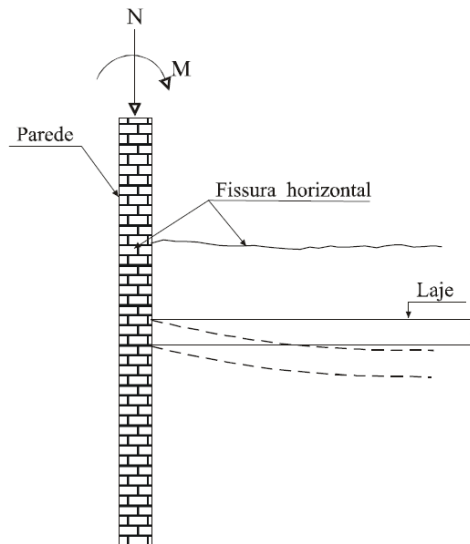


Figura 29 – fissura em alvenaria devido à flecha excessiva em laje

Fonte: VITÓRIO, 2003

A flexão de estruturas em balanço provoca as fissuras inclinadas da figura 30:

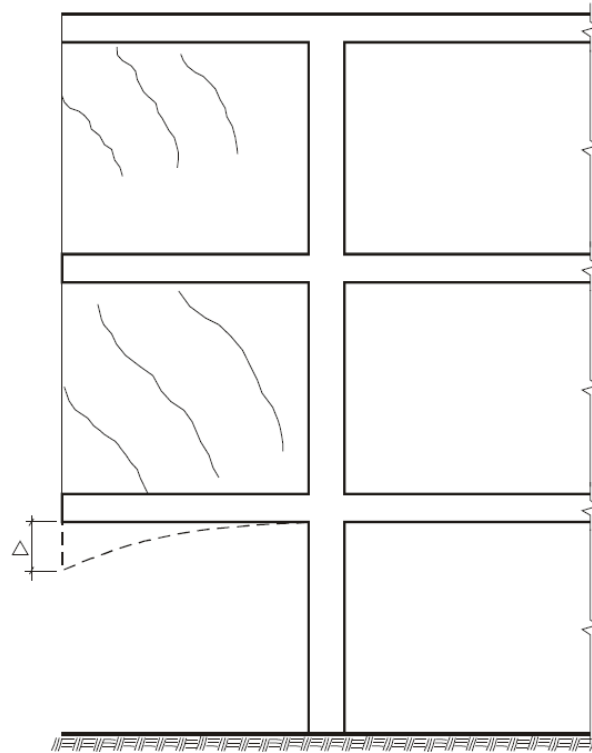


Figura 30 – Fissuras inclinadas em alvenaria originadas pela flexão de um balanço

Fonte: VITÓRIO, 2003

A deformação de vigas e lajes pode além das fissuras horizontais já citadas, causar também fissuras inclinadas(figura 31):

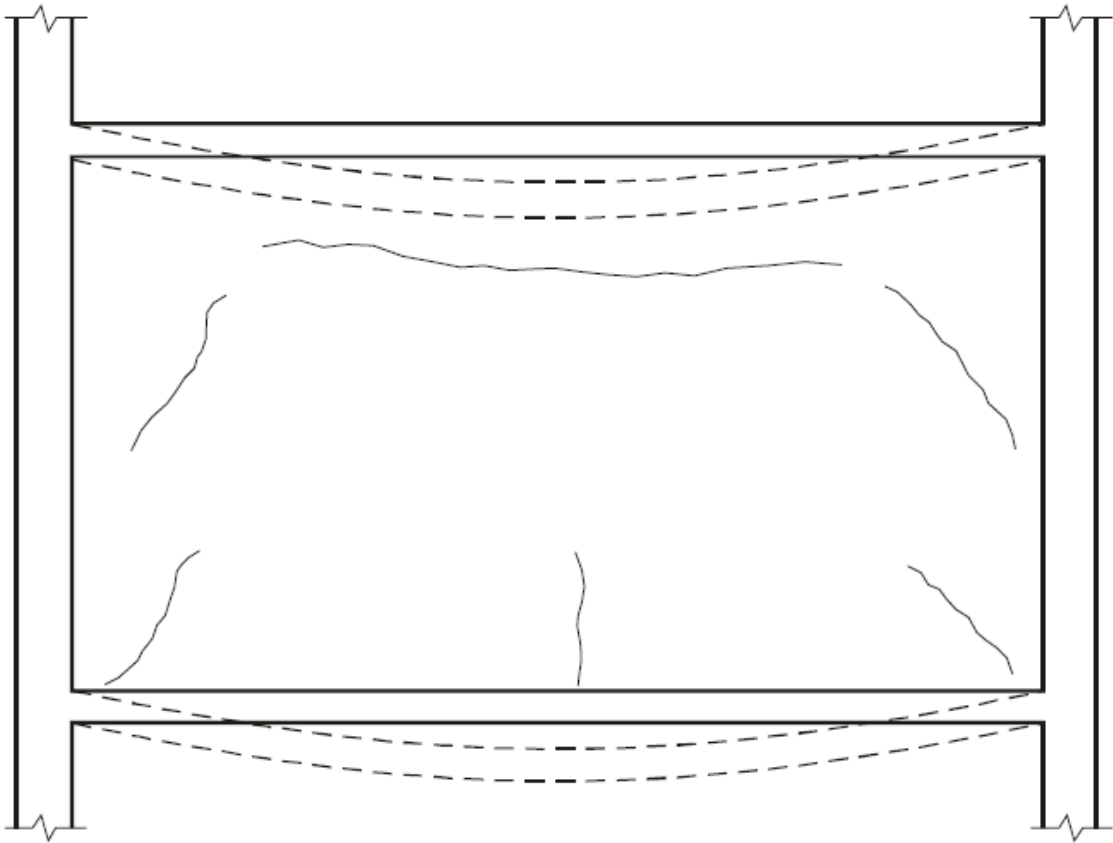


Figura 31 – fissuras inclinadas em alvenaria devido à flecha excessiva em laje

Fonte: VITÓRIO, 2003

As movimentações térmicas em paredes irão gerar fissuras verticais como as da figura 32:

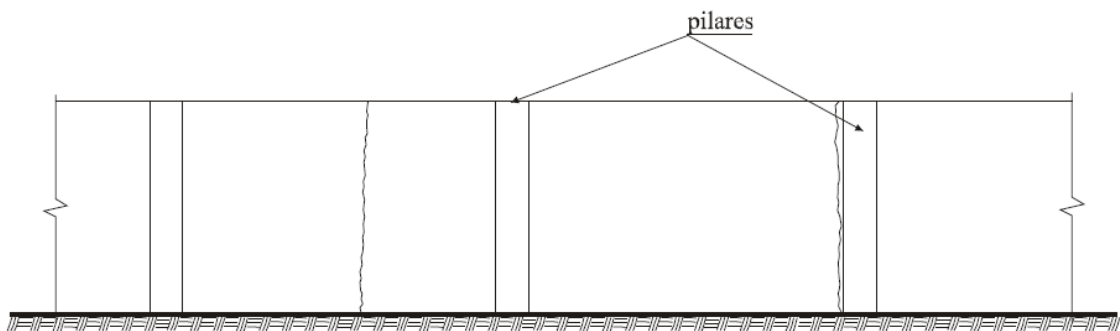


Figura 32 – fissuras verticais em alvenaria devido à dilatação térmica

Fonte: VITÓRIO, 2003

5.5.1.2 EFLORESCÊNCIAS

Semelhante ao processo já citado no caso das eflorescências em concreto, ocorre pela percolação de água no material, que irá dissolver os sais e leva-los para a superfície formando depósitos. No caso das alvenarias, os sais podem ser agressivos e causarem sua deterioração.

São necessários três fatores para a ocorrência de eflorescências em alvenarias (GRANATO, 2002):

- Teores elevados de sais solúveis (seja por falta de qualidade ou por contaminação) na composição da argamassa de assentamento/ revestimento ou nos blocos cerâmicos.
- Presença de água para dissolver e transportar os sais solúveis até a superfície da alvenaria.
- Pressão hidrostática ou evaporação de modo a produzir pressões que façam o transporte da solução até a superfície.

Nas alvenarias, o fluxo de água ocorre pela ação dos seguintes fatores, seja singularmente ou conjuntamente (GRANATO, 2002):

- Capilaridade
- Infiltrações em fissuras
- Percolação de vazamentos de tubulações de água ou vapor
- Condensação de água dentro das paredes

5.5.1.3 EXPANSÃO POR UMIDADE

O processo de expansão por umidade, conhecido por EPU, pode ser descrito de maneira simplista como o aumento do volume dos blocos cerâmicos, causado pela absorção de água pelos poros do material. É um processo que reconhecidamente causa danos graves nas edificações.

Os principais fenômenos patológicos associado a EPU são as fissuras em azulejos pelo surgimento de tensões de tração, descolamento de revestimentos e pisos cerâmicos pela ação de tensões cisalhantes e a desestabilização das estruturas no caso de alvenarias portantes.

5.6 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EM ALVENARIAS E CONCRETOS APARENTES

5.6.1 INTRODUÇÃO

O concreto e as alvenarias aparentes estão mais expostos aos agentes agressivos do meio ambiente, pelo fato de não existir nesse caso a proteção de uma sucessão de camadas espessas de material de revestimento, embora a simples inclusão dessas não seja capaz de garantir proteção total.

As superfícies aparentes são porosas e rugosas e por isso pode ocorrer a penetração de água, agentes agressivos, deposição de fuligem, aparecimento de manchas, fungos entre outros, que causam patologias que podem afetar a estética e a durabilidade das estruturas.

A adoção de fachadas com elementos aparentes requer a utilização de dispositivos que conduzam o fluxo das águas pluviais como rufos e pingadeiras de maneira a esta não permanecer por tempos demasiadamente longos sobre a superfície permitindo a ação de agentes agressivos. No entanto a adoção desses elementos não irá impedir a alteração da aparência da fachada ao longo do tempo, sendo portanto necessária a manutenção periódica para que se mantenha uma aparência agradável bem como a correção de patologias que tenham ocorrido.

Segundo GRANATO (2002), os sistemas de impermeabilização de fachadas aparentes devem cumprir as seguintes funções:

- Impermeabilização, para evitar a penetração de água e/ou agentes agressivos;
- Minimizar ou evitar a deposição e incrustação de partículas em suspensão;
- Garantir a durabilidade da fachada frente à agressividade do meio ambiente que a envolve;
- Permitir um acabamento estético adequado e agradável, interferindo o mínimo possível no aspecto final e na textura do acabamento;
- Boa resistência a foto-decomposição;
- Evitar o desenvolvimento de micro-organismos;
- Possibilitar manutenções periódicas a um custo compatível;
- Alterar o mínimo possível o aspecto da fachada ao longo do tempo.

5.6.2 AÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA FACHADA

Não há uniformidade na incidência da chuva sobre a fachada, devido a ação do vento que deflete seu movimento, e o vento por si só não é constante pois muda de direção e intensidade. Além disso, a própria aerodinâmica da edificação contribui para variações de incidência da umidade. Pode-se concluir, portanto, que os locais onde haverá maior ação da combinação de vento e chuva, maiores serão as possibilidades de aparecimento de patologias.

Também influi no aparecimento das patologias o escoamento da água sobre a superfície da fachada que varia de acordo com uma série de fatores:

- Geometria da fachada e canais ou planos contínuos que alteram o regime de escoamento da água gerando pontos de concentração de umidade.
- Algumas texturas podem reter mais umidade e partículas em suspensão.
- A porosidade da superfície pode favorecer a absorção de umidade, penetração e retenção de agentes agressivos e ainda criar um habitat favorável à microrganismos como fungos, algas e plantas.

5.6.3 ALTERAÇÕES NO ASPECTO VISUAL DA FACHADA

Os principais fatores que causam alteração no aspecto visual de uma fachada serão apresentados a seguir.

• CARBONATAÇÃO E EFLORESCÊNCIAS

Uma vez que os processos de formação já foram explicados anteriormente tanto para o concreto quanto para a alvenaria, decidiu-se por não descrevê-los novamente.

•POLUIÇÃO

A queima de combustíveis fósseis libera grandes quantidades de anidrido sulfuroso na atmosfera e que pode reagir com a umidade do ar. Nessas condições irão ocorrer as chuvas ácidas, cujos elementos de composição reagem com o hidróxido de cálcio e silicatos de cálcio do cimento e que irão causar desde manchas até a corrosão da alvenaria ou do concreto. Existe também a possibilidade de deposição eletrostática de substâncias como dióxido de enxofre e cloro na superfície da fachada e que podem causar manchas.

•MICRO ORGANISMOS

A formação de colônias de micro organismos como algas, líquens, fungos e musgos está associada com a presença de umidade e sais minerais, com áreas onde ocorre mais retenção de água, porosidade e menor insolação. O aparecimento desses seres causa alteração na aparência da fachada.

•BOLOR

O desenvolvimento de bolor é bastante comum em edificações nas regiões tropicais. A existência de altos teores de umidade como por exemplo em infiltrações e vazamentos, associados à um substrato absorvente como por exemplo tintas PVA favorece a proliferação desses seres.

Além da estética, o bolor altera também as condições de salubridade e habitabilidade da edificação.

A manifestação de fungos genericamente ocorre em ambientes com altos teores de umidade ou com umidade relativa do ar alto (acima de 75%) e com temperaturas entre 10°C e 35°C, mas ainda pode ocorrer em outras condições.

Outro fator que favorece o desenvolvimento de fungos é o pH. O pH altamente básico do concreto inibe a multiplicação do bolor, porém quando o concreto está carbonatado e seu pH fica próximo do neutro então irá ocorrer o seu desenvolvimento.

Além da alteração estética, a formação de bolores no concreto contribui para sua degradação, pois, algumas bactérias e fungos, produzem em seu metabolismo ácidos orgânicos e até mesmo ácido sulfúrico. Esses ácidos dissolvem o hidróxido de cálcio e silicatos hidratados do concreto, aumentando assim sua porosidade e fazendo diminuir seu pH.

•DESAGREGAMENTO

É a destruição da pintura, que se destaca da superfície. Está associada a reação química dos sais lixiviados pela ação da água e que por sua vez atacam as tintas.

•SAPONIFICAÇÃO

A saponificação ocorre devido à eflorescência de sais alcalinos que reagem com a tinta, formando manchas, descascamento e degradação das pinturas, em especial as do tipo PVA.

•BOLHAS

Alguns tipos de tintas podem ter uma capacidade impermeabilizante tal que haverá o impedimento da dissipação de água do substrato o que pode gerar bolhas que futuramente causarão o descolamento da pintura.

5.6.4 TIPOS DE TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

• HIDROFUGANTES

São produtos que alteram as características de absorção capilar através da mudança do ângulo de contato entre a parede dos poros capilares e a superfície da água, alterando assim, a tensão superficial capilar, impedindo a penetração de água. Caracterizam-se também por não alterar a aparência do substrato.

Os hidrofugantes são produtos a base de silicone, empregados como emulsões ou soluções pulverizadas sobre substrato poroso. As principais propriedades que um hidrofugante são (GRANATO, 2002):

- Elevada penetração na porosidade do substrato;
- Boa capacidade de hidrofugação;
- Resistência a alcalinidade do substrato;
- Durabilidade;
- Não produzir brilho ou alterar o aspecto do substrato;
- Resistência a foto-decomposição por ação dos raios ultravioletas;
- Permitir a circulação de vapor d'água;
- Não possuir substâncias pegajosas que venham a permitir a aglutinação de pó em suspensão;

Os melhores hidrofugantes são aqueles que apresentam na sua composição os silanos e siloxanos, pois esses possuem as propriedades acima citadas.

É importante também observar a concentração do componente ativo. Normalmente, formulações que possuam uma concentração de 5% de componente ativo irão apresentar resultados satisfatórios.

• VERNIZES

São produtos compostos por resinas acrílicas puras ou poliuretano alifático que forma uma película impermeável, semi-flexível e aderente sobre superfícies lisas e que alteram sutilmente o aspecto da fachada.

No caso do concreto, é necessária a execução de estucamento antes da aplicação do verniz, para que a superfície fique lisa e sem poros superiores a 0,1mm. Do contrário, a porosidade excessiva irá impedir a formação da película sobre esses pontos, que irão permitir a entrada de agentes agressivos.

As principais propriedades a serem observadas em um verniz são (GRANATO,2002):

- Elevada aderência ao substrato;
- Boa impermeabilidade à água, mesmo quando submetido à ação de pressão hidrostática baixa e a vapores agressivos;
- Baixa permeabilidade ao vapor d'água;
- Resistência a alcalinidade do substrato;
- Resistência a foto-decomposição por ação dos raios ultravioletas;
- Boa durabilidade;
- Manutenção simples e de baixo custo;
- Não possuir substâncias pegajosas que venham permitir a aglutinação de pó ou fuligem em suspensão;
- Resistente ao ataque de micro-organismos;
- Resistência a ataques químicos quando aplicado em condições de micro-clima agressivos;
- Produzir aspecto uniforme.

• HIDROFUGANTES E VERNIZES

Trata-se da aplicação de uma camada de hidrofugante para depois ser aplicado o verniz, de modo a se obter a combinação das propriedades dos materiais.

5.6.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS HIDROFUGANTES E OS VERNIZES

GRANATO (2002) faz uma comparação entre as propriedades dos vernizes e hidrofugantes, conforme pode ser visto na tabela 1 a seguir:

HIDROFUGANTES	VERNIZES
Não requerem substrato liso e contínuo para sua aplicação	Requerem substrato liso e contínuo para aplicação
Não alteram a aparência do substrato	Alteram a aparência do substrato
Não impedem a passagem de vapor d'água, facilitando o equilíbrio entre a umidade interna e o ambiente	Impedem a passagem de vapor d'água, podendo formar bolhas ou manchas, quando ocorre a percolação d'água pelo lado interno ou pela falha do filme de verniz em algum ponto
Não impede a penetração de água sob pressão	Impede a penetração de água sobre pressão
Não impedem a penetração de gases agressivos, embora possa diminuir sua percolação	Impede a penetração de gases agressivos como CO ₂ , Sulfatos, etc.
Não impedem a lixiviação embora possa reduzi-la	Impede a lixiviação
Elevada resistência a fotodecomposição por ação dos raios ultravioleta	Boa resistência a fotodecomposição por ação dos raios ultravioletas, quando formulados adequadamente
Reduzem a penetração dos sais solúveis	Impedem a penetração de sais solúveis

Tabela 1 – Comparação entre as propriedades dos hidrofugantes e dos vernizes

Considerando as propriedades acima citadas, é aconselhável a aplicação de vernizes aos concretos aparentes, pois será possível proteger o concreto contra ação dos vapores agressivos, carbonatação, corrosão das armaduras, etc.

No caso da alvenaria aparente, como não há armadura e nem existem problemas graves em caso de carbonatação, o uso de hidrofugantes se mostra suficiente, inclusive pela maior facilidade de aplicação, a não alteração do aspecto estético e a permeabilidade ao vapor d'água. A manutenção também é mais simples de ser executada se comparada com os vernizes, pois estes podem exigir lixamento para retirada em caso de desgaste acentuado, e em alvenarias aparentes esse é um trabalho demorado devido aos detalhes entre os blocos e a argamassa de assentamento.

5.6.6 MANUTENÇÃO

Os sistemas de tratamento de fachadas estão expostos ao meio ambiente agressivo e devido a sua atuação, irão sofrer desgaste ao longo do tempo.

É importante um planejamento para manutenções preventivas dos sistemas de tratamento de fachadas, uma vez que as intervenções maiores por longos períodos, serão em geral de custo mais elevado.

A manutenção preventiva consiste na vistoria da fachada buscando sinais de deterioração localizados para que seja feita uma intervenção pontual. Dependendo do tipo de material empregado será necessária a reaplicação periódica do produto para que se mantenha a capacidade de proteção do sistema de tratamento. Do contrário, acarretará o aparecimento de patologias nos elementos aparentes, que terão que ser corrigidas juntamente com a reaplicação total do sistema de tratamento da fachada a um custo muito maior.

O período de inspeção de uma fachada deve ser anual e deve-se programar as manutenções preventivas em função das características do sistema de tratamento empregado.

A durabilidade do tratamento de fachadas aparentes é variável, em função de:

- Qualidade da construção;
- Tempo de construção;
- Aspectos da arquitetura;
- Grau de agressividade do meio ambiente;
- Tipo de tratamento adotado;
- Qualidade e consumo dos materiais;
- Qualidade da execução;
- Manutenções preventivas;

É importante também observar as edificações nas proximidades que se utilizam do mesmo tipo de arquitetura, para verificar a durabilidade em condições ambientais semelhantes. Os sistemas de tratamento devem ser reaplicados nos períodos descritos a seguir (Tabela 2):

SISTEMA DE TRATAMENTO	PERÍODO
-Hidrófugos Silanos/Siloxanos	3 anos
- Vernizes acrílicos puros- base água+ base solvente	5 anos
- Hidrófugo silano/siloxano+ verniz acrílico puro base solvente	6 a 7 anos
- Verniz de poliuretano	10 anos, com a necessidade de reaplicação total do tratamento pois não permite aplicação de demão adicional

Tabela 2 – Tempo de reaplicação dos sistemas de tratamento de superfícies aparentes

CAPÍTULO 6 - ESTUDO DE CASO

Para este estudo de caso, foram escolhidas algumas edificações do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, sendo selecionadas algumas das mais antigas e que já apresentam sinais de degradação.

Os prédios têm estrutura composta por pilares, vigas e lajes de concreto armado e as alvenarias são de blocos cerâmicos. Os edifícios apresentam estrutura e alvenarias aparentes.

A seguir será apresentado um relatório sobre os edifícios vistoriados. Constará nos relatórios a localização, tipo de patologia encontrada, descrição técnica da patologia e sua possível causa, além do registro fotográfico.

Finalmente, serão apresentadas as intervenções que deverão ser feitas para a correção das anomalias existentes.

6.1 BLOCO A à E DO CT DA UFPB

Os blocos A à E fazem parte do conjunto de edificações pioneiras do Centro do Tecnologia, sendo construído nos Anos 60. Dispõem de salas de aula, laboratórios e centros acadêmicos de alguns cursos, sendo todos no único pavimento, o térreo.

Decidiu-se reunir todos esses blocos em um único tópico devido à possuírem projetos bastante semelhantes, apenas havendo pequenas diferenças na distribuição dos espaços. A vistoria constatou que os fenômenos patológicos encontrados também são semelhantes em todos os edifícios, sendo portanto desnecessário e moroso vários relatos para cada um deles.

Esses blocos foram construídos em concreto e alvenaria aparente havendo como acabamento apenas a aplicação de pintura, um padrão estético bastante comum para a arquitetura praticada nas edificações construídas durante os anos 60.

A estrutura é constituída de pilares e vigas de seção retangular, onde se apoia a laje constituída de elementos plissados, conforme ilustra a figura 33:



Figura 33 – Esquema estrutural dos edifícios do CT da UFPB

Fonte: Elaborado pelo Autor

Pode-se notar também que as alvenarias são constituídas de blocos cerâmicos maciços. Nas lajes foram encontrados muitos processos de corrosão das armaduras conforme ilustra as figuras 34 e 35. Pôde-se verificar em campo que a patologia foi desencadeada provavelmente por 4 (quatro) fatores:

- Infiltração de águas pluviais: há evidências de percolação de água através das juntas de dilatação entre os elementos da laje, principalmente manchas e deposição de sais características de eflorescências.
- Cobrimento insuficiente: a maioria dos cobrimentos possui espessura não superior a 1cm, o que facilita a penetração de agentes agressivos presentes no ar e a entrada de umidade. Este valor de cobrimento está de acordo com as normas vigentes na época da construção dos edifícios, mas segundo as normas atuais ele é inadequado às condições ambientes.
- Fissuras na estrutura da laje facilitando o ingresso de agentes desencadeadores de processos corrosivos.
- Falta de impermeabilização nas pingadeiras.



Figura 34 - Corrosão das armaduras causada por falta de recobrimento e exposição a águas pluviais

Fonte: Elaborado pelo Autor



Figura 35 - Formação de Eflorescências

Fonte: Elaborado pelo Autor

Foi visto que foram feitas intervenções de recuperação estrutural localizadas, com a aplicação de argamassa onde houve destacamento do revestimento. Porém, o que se pode notar é que a solução foi inadequada e que o processo de corrosão continua, pois a argamassa também está sofrendo destacamento devido a expansão da armadura corroída, conforme figura 36.



Figura 36 - Destacamento da argamassa aplicada como revestimento. Notar as fissuras no contorno do local de aplicação

Fonte: Elaborado pelo Autor

Outra situação encontrada foi que uma mesma armadura que fora argamassada em um determinado local, apresentou corrosão em ponto adjacente após a região recuperada, indicando novamente que a corrosão não foi devidamente debelada.

As pingadeiras nas lajes também apresentam sinais de deterioração devido ao acúmulo de água ocasionado pela inexistência de um tratamento superficial impermeabilizante, que facilita a absorção de umidade pelos poros do concreto, e à sua geometria que não conduz as águas de maneira correta. As figuras a seguir mostram respectivamente a pingadeira em pior situação encontrada nessa vistoria que se situa no bloco B e a formação de eflorescências. Vide figuras 37 e 38.



Figura 37 - Corrosão de armaduras na pingadeira. Notar rompimento da armadura.

Fonte: Elaborado pelo Autor



Figura 38 - Formação de Eflorescências na extremidade da pingadeira.

Fonte: Elaborado pelo Autor

No caso das vigas e pilares, foram encontrados destacamentos de concreto e armaduras expostas com grau de corrosão pequeno à moderado causadas principalmente por ação

antrópica, como por exemplo a fixação de grades e lixeiras à estrutura, que exigiram a sua perfuração. Vide figura 39.



Figura 39 - Patologias encontradas nas vigas e pilares: Armadura exposta devido a colocação de grade; Quebra de viga para passagem de eletroduto; Exposição de armadura causada por perfuração; Exposição da armadura causada por perfuração para fixação de lixeira; Quebra de viga para fixação de grade.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Merece destaque uma patologia encontrada em várias salas de aula: por motivo desconhecido, diversas vigas tiveram parte da sua seção inferior destruída, inclusive com o corte da armadura principal e dos estribos. Com isso houve a formação de fissuras nas vigas.

Esse tipo de intervenção constitui grande risco à estabilidade da estrutura, podendo causar desde deformações excessivas até o seu colapso. No caso estudado, não houve grandes sinais de deterioração provavelmente por que essas vigas são contínuas e a armadura que foi subtraída estava do lado do pilar de apoio, onde o momento fletor é negativo e a armadura principal se situa na parte superior da viga.

De qualquer maneira, é importante lembrar que toda intervenção em elementos com função estrutural deve ser acompanhada de um engenheiro para evitar situações como a descrita anteriormente. Vide figuras 40 e 41.



Figura 40 - Detalhe do corte executado na armadura inferior da viga.

Fonte: Elaborado pelo Autor



Figura 41 – Fissuras causadas pela subtração da armadura inferior da viga

Fonte: Elaborado pelo Autor

Também foi atestado que há alguns processos de corrosão de armadura nos estribos de algumas vigas. No entanto não se caracterizam como problema grave, pois são patologias pontuais causadas por processos de infiltração das águas pluviais através da laje, sendo que estas infiltrações não mais existem devido a aplicação de uma manta asfáltica.

Em todo caso, deve ser feita uma intervenção nesses estribos e deve-se fazer um acompanhamento para confirmar se a corrosão dos estribos realmente está sendo causada apenas pela infiltração pontual de águas ou se é um processo generalizado como no caso da corrosão das armaduras das lajes. Vide figura 42.



Figura 42 - Destacamento e fissuração do concreto causado por expansão dos estribos.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Já nas alvenarias, os principais processos patológicos encontrados foram fissuras entre os painéis e a estrutura, manchas causadas pela proliferação de micro-organismos e destacamento da pintura por conta de umidade.

As fissuras nas alvenarias foram causadas por conta da dilatação térmica diferenciada entre os painéis e a estrutura. Foi constatada a inexistência de elementos de solidarização para as movimentações térmicas, como telas soldadas ou barras de aço entre a estrutura e o painel de alvenaria.

Essa fissuração é generalizada em todas as alvenarias de todos os blocos citados, mas não se caracteriza como um risco aos usuários, sendo bastante sutil. Vide figura 43.

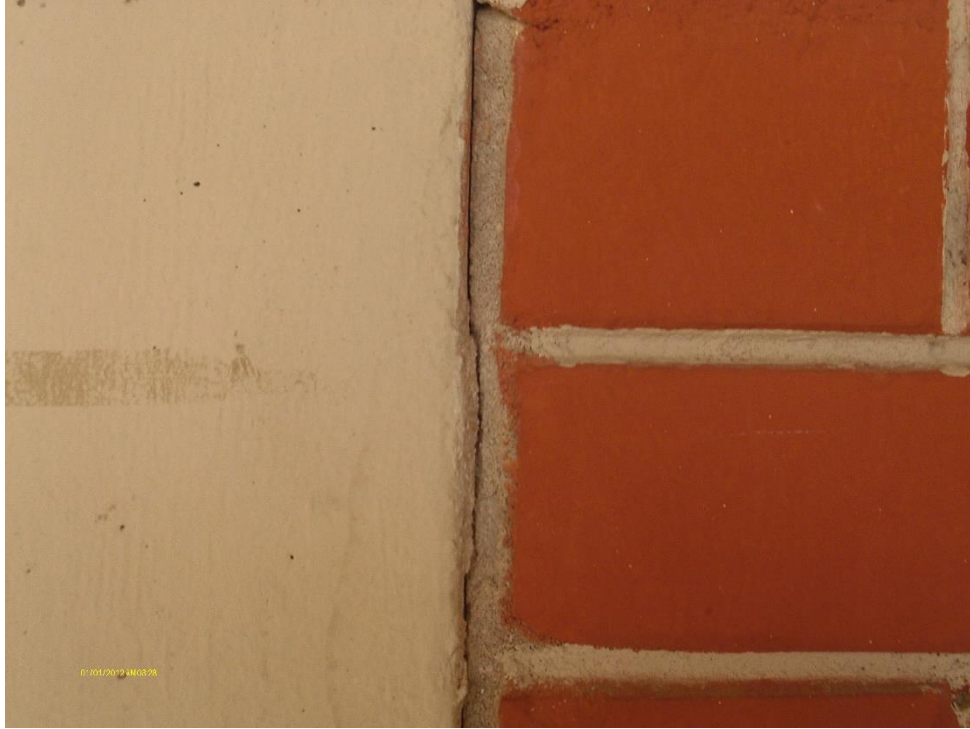


Figura 43 - Fissura entre painel de alvenaria e pilar.

Fonte: Elaborado pelo Autor

No entanto, há algumas fissuras que merecem atenção especial: são aquelas encontradas nos painéis de alvenaria que constituem o quebra-sol das edificações. O motivo das fissuras é o mesmo citado anteriormente, porém está causando grandes aberturas entre o painel e a estrutura e pode haver o colapso da alvenaria. Vide figura 44.

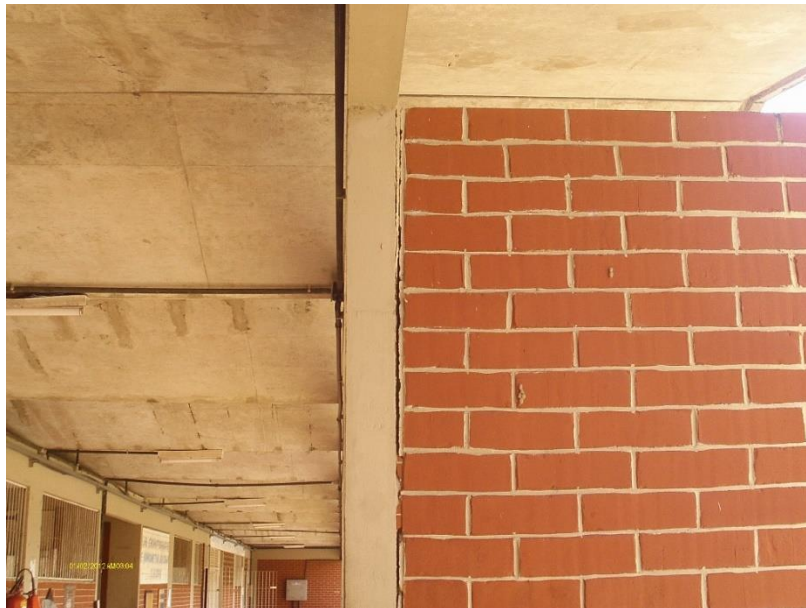


Figura 44 - Fissura entre pilar e quebra-sol. Notar que a abertura é tão grande que é possível ver outro painel de alvenaria através da fissura.

Fonte: Elaborado pelo Autor

A proliferação de micro-organismos acontece especialmente nos quebra-sol, pelo fato de estarem mais expostos às intempéries e também por recebem umidade constante proveniente das pingadeiras da laje. Está ocorrendo a formação de lodo, bolor e em alguns casos até o aparecimento de vegetais. No geral a patologia tem causado apenas alteração estética, mas é necessária uma intervenção para que outros problemas não venham a surgir, como trincas e destacamento da alvenaria causada por raízes. Vide figuras 45 e 46.



Figuras 45 e 46 - Manchas causadas por causa de micro-organismos.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Foi verificado o destacamento da pintura nas alvenarias. Esses destacamentos possuem formato de bolha e foram encontrados em áreas molhadas, como as paredes externas, nas proximidades dos bebedouros e nos banheiros, sugerindo assim que está ocorrendo por causa da umidade constante sobre o elemento. Há ainda a possibilidade de estar havendo a ascensão por capilaridade de urina e águas servidas nas paredes dos banheiros, por estas estarem próximas da fossa. Os sais presentes na urina e nas águas servidas se expandem após a evaporação da água. Notou-se também que está havendo desagregação na superfície dos blocos cerâmicos ocasionada por expansão de umidade. Vide figura 47.



Figura 47 - Destacamento de pintura e desagregação dos blocos.

Fonte: Elaborado pelo Autor

6.2 PROCEDIMENTOS DE REPARO

• LAJES

Os trabalhos devem ser iniciados com um exame da laje que exigirá a retirada do recobrimento por meio de martelete perfurador rotativo, para verificar a extensão do processo corrosivo ao longo do comprimento das armaduras.

Deve-se então delimitar a área onde será feito o reparo. As áreas devem ter formato retangular, de modo a facilitar a execução do serviço e também deve ser levada em consideração a estética do acabamento da área a ser reparada.

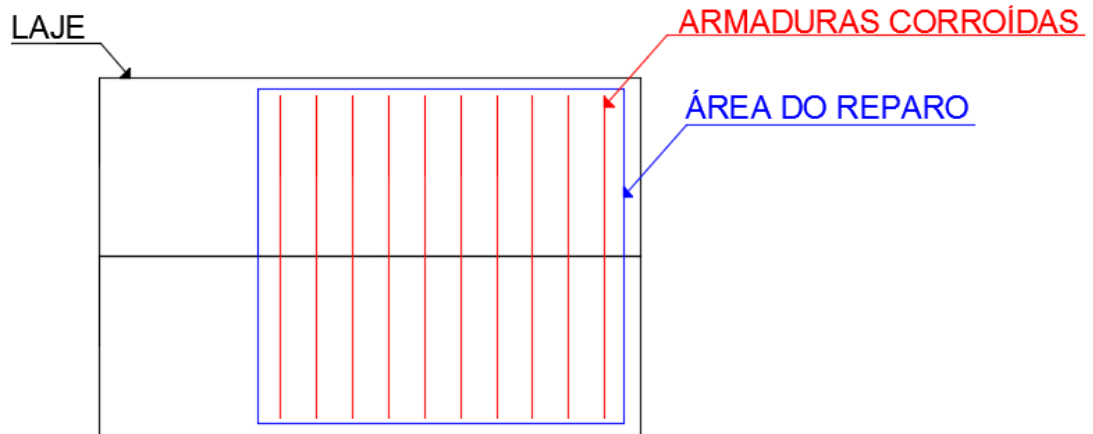


Figura 48 – Marcação da área que será reparada

Fonte: Elaborado pelo Autor

Uma vez delimitada a área de reparo, deve-se fazer a retirada de todo o concreto no entorno da armadura, pois este pode estar contaminado com agentes agressivos, e deve-se também fazer o escoramento. É indicado o corte de pelo menos 2cm do concreto em torno das armaduras, conforme ilustra a figura 49.

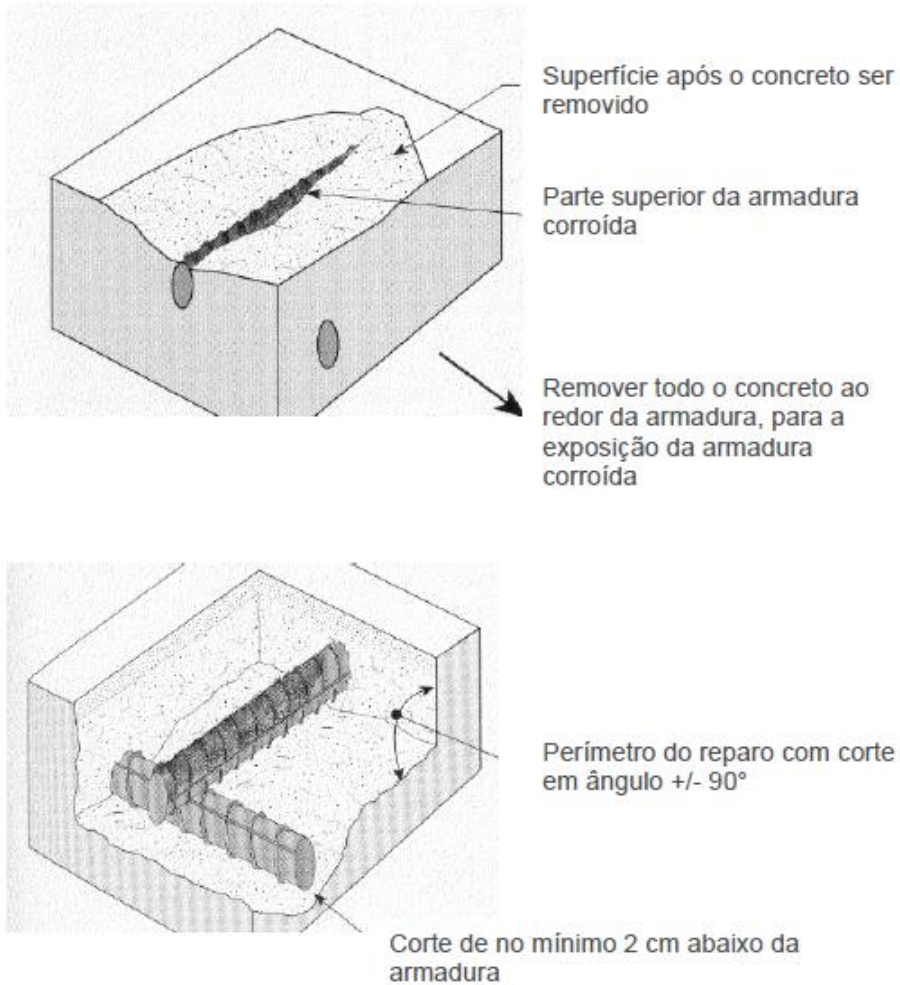


Figura 49 – Procedimento de remoção do concreto para a execução de reparos

Fonte: GRANATO, 2002

Uma vez que a armadura corroída está exposta, deve-se proceder a limpeza de toda a oxidação presente através do jateamento abrasivo, usando por exemplo, areia. Vide figura 50.

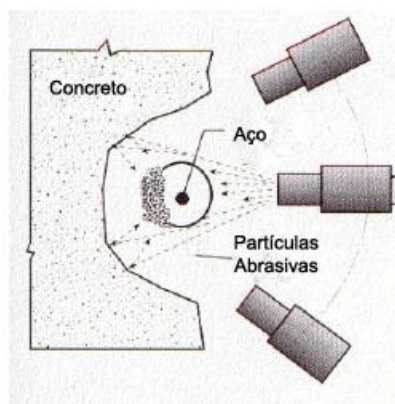


Figura 50 – Aplicação de jateamento abrasivo

Fonte: GRANATO, 2002

Caso seja verificada uma perda de seção da armadura superior à 15%, deve-se proceder com a colocação de armadura adicional ou mesmo a substituição da armadura corroída.

Deve-se então ser aplicado um inibidor de corrosão nas armaduras do tipo epóxi com zinco (conhecido no mercado como primer anticorrosivo). O primer atua como uma proteção catódica pelo fato de ser mais eletronegativo que o aço, fazendo assim a função de anodo de sacrifício. Como o zinco não expande quando ocorre sua oxidação, não provoca tensões internas no concreto e não causa desagregação.

Para unir a argamassa nova ao concreto antigo, é necessária aplicação de uma ponte de aderência, do tipo adesivo epóxi ou acrílico, sobre a superfície do concreto antigo. A aplicação da nova argamassa deve ser logo após a aplicação da ponte de aderência.

A etapa final consiste na aplicação da argamassa de reparo. Existem diversos métodos para a sua aplicação mas o autor deste trabalho sugere que neste caso seja feita a aplicação manual.

A aplicação manual irá permitir a interdição apenas parcial das edificações e também não gerará incômodos como por exemplo o barulho gerado por máquinas que façam projeção de concreto. Assim evita-se o problema do remanejamento total dos alunos que estudam nos blocos, uma vez que existe carência de salas de aula disponíveis para executar tal ação, e também busca-se reduzir a desconcentração dos alunos durante as aulas devido a barulhos e outros inconvenientes.

A argamassa de reparo deve ser do tipo polimérica a base de cimento e adições de microsilica para melhorar a resistência mecânica e a impermeabilidade e fibras metálicas ou sintéticas, para controle da retração e resistência aos esforços de tração e flexão provenientes da laje. Essas argamassas são ideais para aplicações “sobre cabeça”, como no fundo de lajes.

A argamassa deve ser firmemente comprimida durante a aplicação para garantir que ocupará todos os espaços vazios, especialmente aqueles na parte posterior da armadura. Vide figura 51.

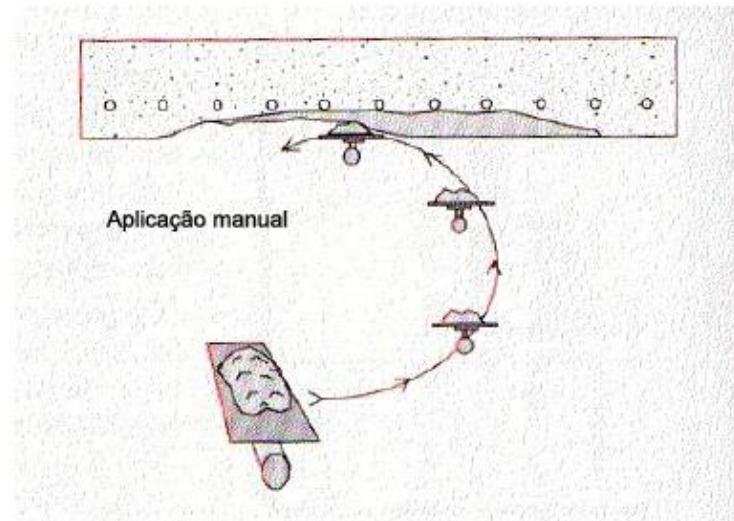


Figura 51 – Procedimento de aplicação manual da argamassa

Fonte: GRANATO, 2002

As pingadeiras necessitam de impermeabilização para evitar sua deterioração. Atualmente elas se apresentam conforme a ilustração (seção transversal) na figura 52.

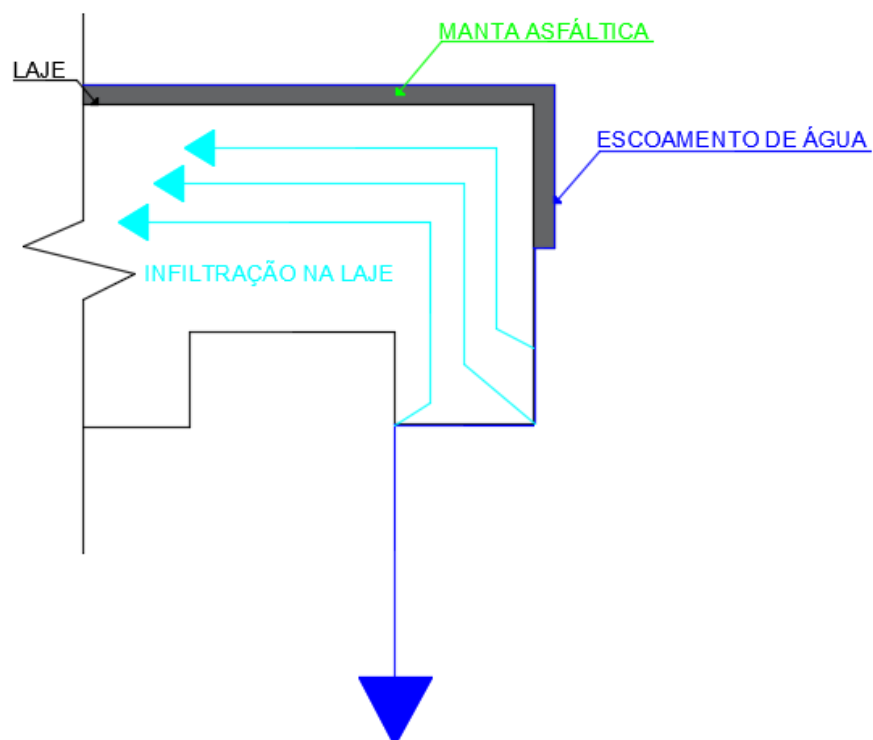


Figura 52 – Seção transversal da pingadeira

Fonte: Elaborado pelo Autor

A água que escoar da laje penetra nos poros do concreto a partir da região onde não há manta asfáltica de impermeabilização, causando manchas e corrosão.

Onde houve deterioração de armadura e/ou destacamento de concreto, deve ser feito o procedimento de reparo já descrito.

A maneira mais simples de se impermeabilizar é a aplicação de um impermeabilizante de base acrílica flexível com vulcanização a frio in loco. Esses impermeabilizantes possuem grande elasticidade, aderência e resistência a raios ultravioletas. Trabalhos realizados anteriormente pelo autor deste trabalho demonstraram que esses impermeabilizantes são uma alternativa durável e de baixo custo.

A aplicação é simples: basta efetuar uma limpeza na área das pingadeiras para a retirada da sujeira e micro-organismos que lá se desenvolveram para posteriormente ser aplicado o impermeabilizante. Para tal deve-se proceder com uma lixadeira elétrica onde a sujeira formar crostas (como nas eflorescências) ou a limpeza manual com água, água sanitária, detergente e escova.

O produto deve ser aplicado em 4 ou 5 demãos cruzadas, com tempo de secagem entre camadas de 30 aos 40 minutos, usando-se trincha, rolo de lã de carneiro ou pincel.

A aplicação formará uma manta impermeabilizante conforme a figura 53.

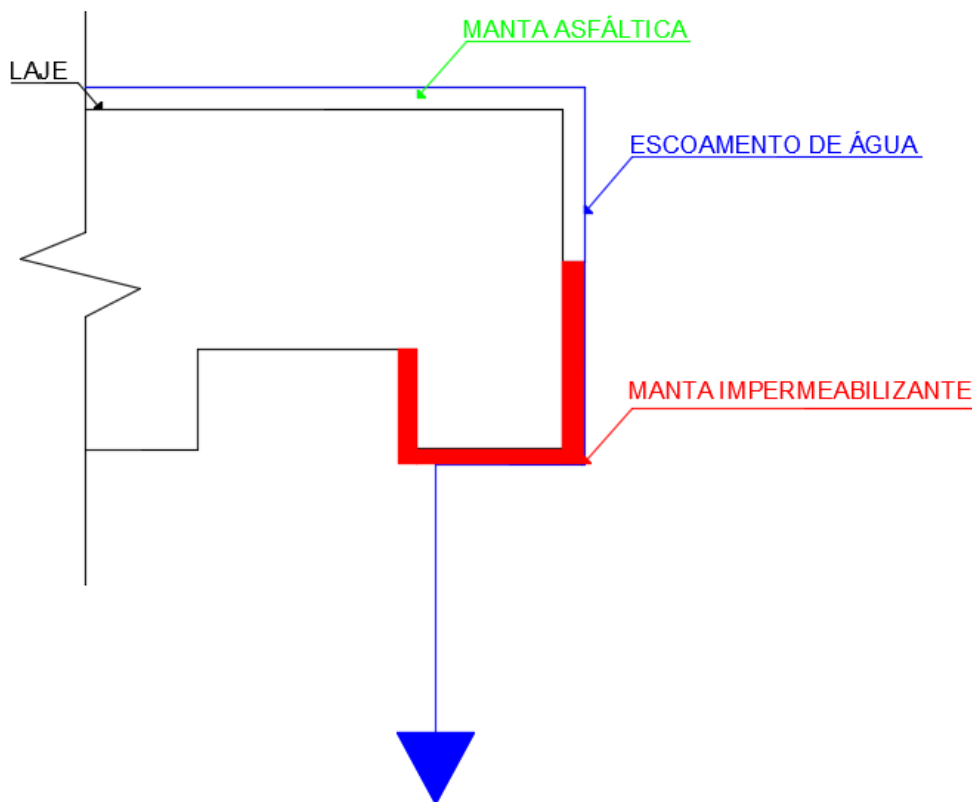


Figura 53 – Seção transversal da pingadeira após a aplicação da manta impermeabilizante

Fonte: Elaborado pelo Autor

• VIGAS E PILARES

No caso das vigas e pilares deve-se executar o mesmo procedimento das lajes, com a limpeza das armaduras corroídas através de jateamento, aplicação de pintura anticorrosiva e de ponte de aderência e recomposição do cobrimento com a aplicação de argamassa polimérica.

Nas vigas que tiveram sua armadura inferior subtraída, procedimento especial deve ser adotado. Sugere-se a retirada de parte do cobrimento com martelo, limpeza da armadura corroída por jateamento e recomposição da armadura inferior através da introdução de novas barras de aço que serão amarradas às já existentes. Por fim segue-se a aplicação de pintura anticorrosiva, ponte de aderência e aplicação de argamassa polimérica de acordo com a figura 54.

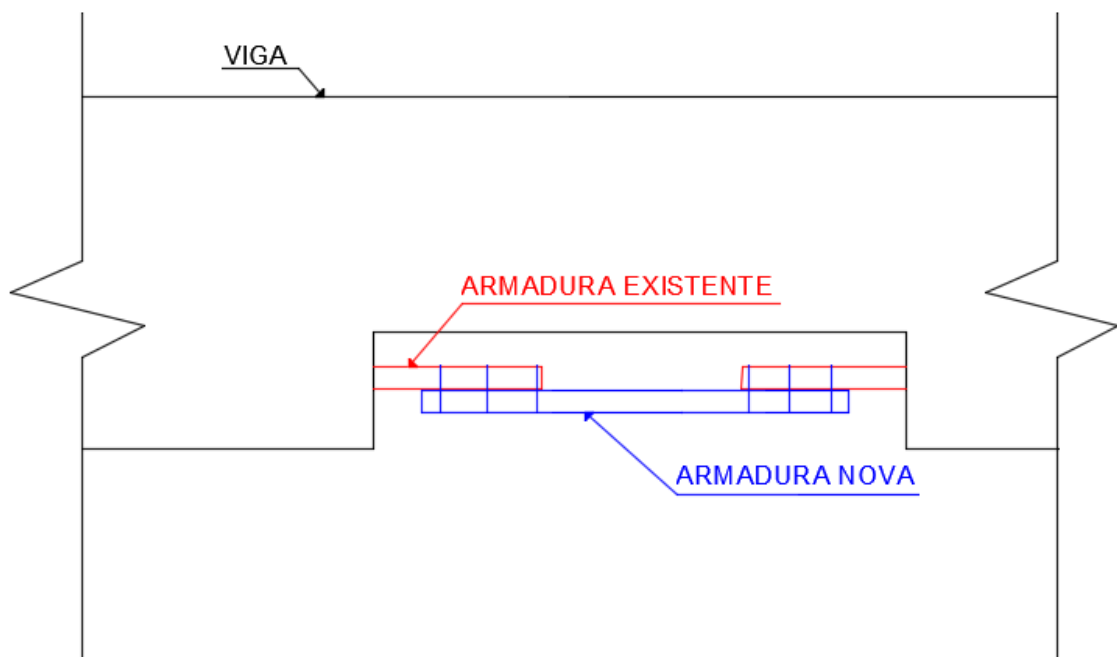


Figura 54 – Esquema de recomposição da armadura inferior

Fonte: Elaborado pelo Autor

O comprimento de ancoragem da armadura nova deve ser de acordo com a norma NBR 6118 da ABNT (Associação Brasileira de Normas técnicas) para garantir que esta trabalhe em conjunto com a armadura existente sem possibilidade de deslizamento.

• ALVENARIAS

No caso das trincas e fissuras, é necessária a aplicação de telas de aço soldadas, fazendo a ligação entre a estrutura e o painel de alvenaria. A colocação das telas irá requerer a destruição de parte da alvenaria ou a retirada dos blocos com posterior remoção da argamassa de assentamento. A tela soldada (em azul na figura) deve ser fixada à estrutura e deverá ser colocada a cada 3 fiadas de blocos cerâmicos conforme exposto a seguir, e seu comprimento total deve ser de no mínimo 40cm. Vide figura 55.

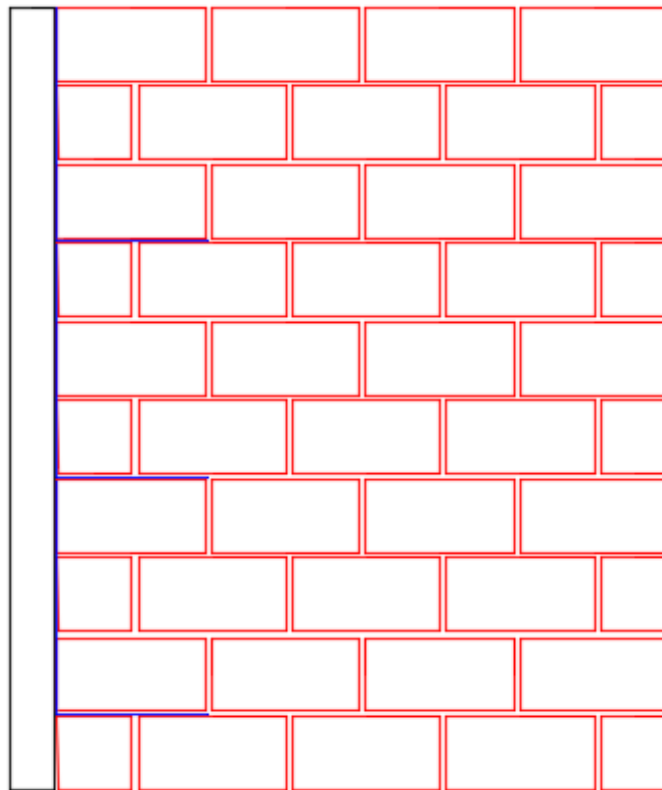


Figura 55 – Aplicação de telas metálicas para fazer a ligação alvenaria-estrutura

Fonte: Elaborado pelo Autor

•PINTURA

No caso da pintura, sugere-se a sua retirada completa através de lixamento e a aplicação de um hidrofugante devido às propriedades deste produto, citadas anteriormente no item 5.6.5 neste trabalho. É importante lembrar que a simples aplicação de um hidrofugante não resolve os problemas de manchas e descascamento, é necessária sua manutenção periódica para conservação das propriedades.

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES

O estudo das patologias em construções de edifícios, apesar da sua grande importância e de envolver todas as áreas da construção civil, ainda é um assunto pouco abordado no ambiente acadêmico.

O aparecimento de patologias é um processo esperado e que pode ocorrer prematuramente nos edifícios. Neste sentido, o estudo das patologias das construções e a adoção de reparos se mostra como uma forma de prolongar o seu uso, especialmente se forem feitas inspeções e manutenções periódicas.

Com este trabalho, buscou-se entender que processos levaram a degradação de algumas das edificações do Centro de Tecnologia da UFPB. A inspeção dos edifícios foi feita com base nos conhecimentos adquiridos pelo autor através da sua experiência acadêmica e profissional sobre o tema abordado e deve-se novamente reforçar que o apoio prestado pelo professor orientador do trabalho foi de grande valia especialmente devido à sua longa experiência na área.

O estudo mostrou que os edifícios apresentam degradação causada principalmente por falhas de execução, notadamente a pouca espessura do cobrimento que contribuiu para acelerar o processo de corrosão das armaduras. A presença de umidade em diversas partes da estrutura, foi outro fator de importância no processo corrosivo. Outro fator degradante para a mesma foram as intervenções antrópicas como: fixações de grades, furações e quebras de parte delas expondo as armaduras e causando fissuras decorrentes da desestabilização das peças.

Também foi possível notar que não há grande preocupação com a manutenção das edificações, pois basicamente a única ação adotada para tentar diminuir a degradação das edificações foi o uso de argamassa para refazer o cobrimento de armaduras expostas sem nenhum tratamento adicional, o qual vale novamente salientar se mostrou como solução inadequada, e não foram encontrados sinais de intervenção nas alvenarias.

Assim, sugere-se como medidas à serem adotadas para aumentar a vida útil desses prédios:

- **A execução dos procedimentos de reparo citados** – Os materiais e métodos de reparo sugeridos já foram largamente empregados em outros edifícios, sendo portanto prática consolidada na construção civil com alto índice de sucesso, diminuindo assim os riscos de reaparecimento de patologias;

- **Realização de inspeções e manutenções periódicas** – As inspeções e as manutenções periódicas permitem que os fenômenos patológicos sejam detectados ainda na fase inicial, fase essa em que a adoção de medidas de mitigadoras é em geral menos onerosa e com um maior índice de sucesso.
- **Acompanhamento dos fenômenos patológicos que já se instalaram** – De nada adiantará a intervenção nas patologias existentes se não for feito o acompanhamento da edificação. Sugere-se que o responsável pela manutenção das edificações, neste caso a Prefeitura Universitária, produza relatórios periódicos de modo a se obter um histórico das edificações para que seja possível definir se os métodos de recuperação foram eficientes e/ou se outros devem ser analisados.

De sorte, caberá a Prefeitura Universitária o empenho para que a utilização regular dessas estruturas seja mantida e que se estenda a sua vida útil pois apesar de antigos, esses prédios não apresentam sinais de degradação que os condenem, bem como as soluções sugeridas para os problemas são simples.

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Granato, J. E. (2002) **Patologia das Construções**

Souza V. C. M.; Ripper T. (1998) **Patologia, Reforma e Recuperação de Estruturas de Concreto**. Editora PINI, São Paulo

Olivario G. (2003) **Patologia em edificações**. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

Faria A. S. D.; Almeida J. M. G. (2009) **Estudo da Ocorrência de Patologias em Edificações no Centro Histórico de Belém**. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia, PA.

Jâcome C. C.; Martins J. G. (2005) **Identificação e Tratamento de Patologias em Edifícios**.

Taguchi M. K. (2010) **Avaliação e Qualificação das Patologias das Alvenarias de Vedação nas Edificações**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. (Dissertação de Mestrado);

Vitório A. (2003) **Fundamentos da patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**. IPEAPE, publicação.

BAUER, L. A. Falcão (2000) **Materiais de Construção**. Volumes 1 e 2, LTC Editora, São Paulo.

Tratamento e Proteção de Superfícies. Disponível em: <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00148.pdf>. Acesso em 27 de Novembro de 2014.

Falhas em Revestimentos. Disponível em: <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00134.pdf>. Acesso em 27 de Novembro de 2014.