

**Licínio Batista dos Santos**

**R.A:9632072 10º semestre**

## **Deformações em estruturas de concreto**

**Itatiba**

**2007**

**Licínio Batista dos Santos**

**R.A:9632072 10º semestre**

## **Deformações Estruturais em Concreto**

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco, sob a orientação do Profº Drº Adão Marques Batista, como exigência parcial para conclusão do curso.

**Itatiba**

**2007**

SANTOS, Licinio Batista. **Deformações Estruturais em Concreto.**

Monografia defendida e aprovada na Universidade São Francisco em X de Dezembro de 2007 pela banca examinadora constituídas pelos professores

---

Profº Dr. Adão Marques Batista

---

Profº.M.Sc. André Penteado Tramontim

---

Eng.Luciano Anunciato

## AGRADECIMENTOS

A realização desta Monografia só foi possível devido a mobilização de algumas pessoas e a Universidade São Francisco. A eles manifesto minha gratidão. E de modo particular:

Ao prof<sup>o</sup> Adão Marques Batista pela orientação dedicada e pela constante ajuda em todas as fases de realização deste trabalho.

A todos os professores de engenharia civil que, durante todo curso, tanto contribuíram para o meu crescimento intelectual e pessoal.

Aos meus colegas de curso .

Aos meus pais Licínio J. M. dos Santos e Maria Fernanda B. dos Santos, que sempre me apoiaram e me incentivaram durante todo o curso.

Em especial minha esposa Fabiana S.K. dos Santos e minha filha Marcela K. dos Santos, pelo constante estímulo durante todo período de trabalho.

SANTOS, Licinio Batista. **Deformações Estruturais em Concreto**. 2007. Monografia – Curso de Engenharia Civil da Área de Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco.

## **RESUMO**

Este trabalho visa apontar problemas em estruturas de concreto ,aborda também algumas anomalias e algumas maneiras de evitar estes problemas.Inicialmente foi mostrado componentes necessários a serem utilizados em estruturas de concreto armado , suas características , vantagens e desvantagens. Foram abordadas as causas de deformações destas estruturas que vai desde falhas de execução , ação de intempéries, inexistência de controle de qualidade, falhas de projeto, falta de conhecimento dos materiais que estão sendo utilizados , através destes problemas fora visto a ocorrência diversos problemas como: surgimento fissurações , desagregação , desgaste da estrutura,etc. Foi observado também resultados de uma viga biapoiada ensaiada com ação de cargas crescentes onde se analisa o comportamento desta viga . Segue ainda opções para recuperação de projetos estruturais, como o aumento da altura de lajes e pilares ,aumento da largura de vigas , aumento da armadura e modificar a geometria para que se tenha uma estrutura segura, para isto observou-se opções de materiais que se obtém melhores resistências à tração, foi visto que algumas técnicas e procedimentos de obra que garantam um melhor resultado final na resistência do concreto tem que ser seguidas. Finalmente foi detalhado todas as patologias possíveis que ocorrem devido a esses erros de projetos.

Palavras – chave : ESTRUTURAS , CONCRETO, DEFORMAÇÕES, RECUPERAÇÃO.

SANTOS, Licinio Batista. **Structural deformations in Concrete**. 2007. Monograph. I Study of Civil Engineering of the Area of Exact and Technological of the Universidade São Francisco.

## **ABSTRACT**

This work aims to identify problems in structures of concrete, also addresses some anomalies and some ways to avoid these problems. Initially was shown components required for use in structures of reinforced concrete, their characteristics, advantages and disadvantages. Were dealt with the causes of these deformation structures which stretches from failures of implementation, share of storms, lack of quality control, design flaws, lack of knowledge of the materials that are being used by these problems out since the occurrence various problems as : emergence fissurações, breakdown, erosion of the structure, etc. It was also observed results of a beam biapoiada tested with increasing loads of action where analyzes the behavior of the beam. Here also options for the recovery of structural projects such as increasing the height of slabs and pillars, increasing the width of beams, increased armor and modify the geometry so that they have a safe structure for this there was choices of materials which get better resistance to traction, it was seen that some techniques and procedures of work to ensure a better end result in the resistance of the concrete has to be followed. Finally was detailed all the possible diseases that occur because of these errors of projects.

Key words: STRUCTURES, CONCRETE, DEFORMATIONS, RECOVERY.

# SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	16
3. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO .....	17
3.1 Concreto .....	17
3.2 Aço .....	17
3.3 Concreto armado .....	17
3.4 Lançamento da estrutura de um edifício .....	18
3.5 Vantagens e Desvantagens do Concreto Armado .....	18
3.5.1 Vantagens .....	19
3.5.2 Desvantagens .....	19
3.6 Características do Concreto Armado e seus Componentes .....	19
3.6.1 Concreto Fresco .....	19
3.6.2 Concreto endurecido .....	20
3.6.2.1 Resistência à Compressão .....	20
3.6.2.2 Resistência do Concreto à Tração .....	21
3.6.3 Características do Aço .....	22
4 CAUSAS DAS DEFORMAÇÕES DAS ESTRUTURAS .....	24
4.1 Causas Intrínsecas .....	24
4.1.1 Falhas Humanas Durante a Construção da Estrutura .....	24

4.1.1.1	Deficiência de Concretagem .....	24
4.1.1.2	Inadequação de Fôrmas e Escoramentos .....	24
4.1.1.3	Deficiências nas Armaduras .....	25
4.1.1.4	Utilização Incorreta de Materiais de Construção .....	26
4.1.1.5	Inexistência de Controle de Qualidade .....	27
4.1.2	Falhas Humanas na Fase de Utilização .....	27
4.1.3	Causas Naturais .....	27
4.1.3.1	Causas Próprias à Estrutura Porosa do Concreto .....	27
4.1.3.2	Causas químicas .....	28
4.1.3.2.1	Reações internas do concreto .....	28
4.1.3.2.2	Expansibilidade de certos constituintes do cimento .....	29
4.1.3.2.3	Presença de cloretos no concreto .....	29
4.1.3.2.4	Presença de sais e de ácidos no concreto .....	31
4.1.3.2.5	Presença de anidrido carbônico .....	31
4.1.3.2.6	Presença de água .....	32
4.1.3.2.7	Elevação da temperatura interna do concreto .....	32
4.1.3.3	Causas físicas .....	33
4.1.3.4	Causas biológicas .....	33
4.2	Causas extrínsecas .....	33
4.2.1	Falhas humanas durante a concepção (projeto) da estrutura .....	33
4.2.1.1	Modelização estrutural inadequada .....	33
4.2.1.2	Má avaliação das cargas .....	33
4.2.1.3	Detalhamento errado ou insuficiente .....	34
4.2.1.4	Inadequação ao ambiente.....	34
4.2.1.5	Incorreção na interação solo-estrutura.....	34
4.2.1.6	Incorreção na consideração de juntas de dilatação.....	35
4.2.2	Falhas humanas durante a etapa de utilização(vida útil)da estrutura.....	35
4.2.2.1	Alterações estruturais.....	35



4.2.2.2 Sobrecargas exageradas.....	36
4.2.2.3 Alterações das condições do terreno de fundação.....	36
4.2.3 Ações mecânicas .....	36
4.2.3.1 Choque de veículos .....	36
4.2.3.2 Recalque de fundações .....	36
4.2.3.3 Acidentes .....	37
4.2.4 Ações físicas .....	37
4.2.5 Ações químicas .....	37
4.2.5.1 Ar e gases .....	38
4.2.5.2 Águas agressivas .....	38
4.2.5.3 Águas puras .....	39
4.2.5.4 Reações com ácidos e sais .....	39
4.2.5.5 Reações com sulfatos .....	39
4.2.6 Ações biológicas .....	40
5 PROCESSOS FISICOS DE DETERIORIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO .....	41
5.1 Fissuração .....	41
5.2 Desagregação do concreto .....	42
5.3 Carbonatação do concreto .....	42
5.4 Perda de aderência .....	42
5.5 Desgaste do concreto .....	42
6 EXEMPLO DE UMA VIGA ENSAIADA COM AÇÃO DE CARGAS CRESCENTES ....	44
7 OPÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DE PROJETOS ESTRUTURAIS.....	46
7.1 Aumentar a altura das vigas e lajes .....	46
7.2 Aumentar a largura das vigas .....	46
7.3 Aumentar a armadura de tração .....	46
7.4 Aumentar a armadura de compressão .....	46
7.5 Colocar ou aumentar a armadura de protensão .....	46

7.6	Modificar a geometria da estrutura .....	47
8	OPÇÕES DE SELEÇÕES DE MATERIAIS .....	48
8.1	Seleção de traços que aumentam o módulo de elasticidade e resistência à tração do concreto.....	48
8.2	Resultados de um concreto com melhor resistência à tração .....	48
9	OPÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE OBRA .....	49
9.1	Retardar o primeiro carregamento do concreto .....	49
9.2	Planejar os procedimentos de escoramento e reescoramento .....	49
9.3	Cura para assegurar a resistência à tração potencial do concreto e para diminuir retração e fluência .....	49
9.4	Utilizar contra-flechas em lajes e vigas .....	49
9.5	Evitar o rebaixamento das armaduras negativas .....	49
10	PATOLOGIAS .....	50
10.1	Principais causas das patologias .....	50
10.1.1	Erros de projeto .....	51
10.1.2	Erros de execução .....	51
10.1.3	Falhas de materiais .....	52
10.1.4	Utilização da obra .....	53
10.2	Principais tipos de patologias .....	53
10.2.1	Trincas e fissuras .....	53
10.2.1.1	Fissuras causadas por movimentações térmicas .....	57
10.2.1.2	Fissuras causadas por movimentações higroscópicas .....	60
10.2.1.3	Fissuras causadas por atuação de sobrecargas .....	62
10.2.1.4	Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto ....	64
10.2.1.5	Fissuras causadas por recalques de fundação .....	67

10.2.1.6 Fissuras causadas pela retração dos produtos à base de cimento .....	71
10.2.1.7 Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção .....	73
10.3 As trincas e a estrutura .....	74
11 CONCLUSÕES .....	76
12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto .....	51
Tabela 2 – Causas da fissuração .....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Presença de cloretos no concreto .....	30
Figura 2 - Perfil típico de concentração dos cloretos ao longo do cobrimento, em um concreto contaminado por impregnação externa de soluções ricas em cloretos .....	30
Figura 3 - Fotos tiradas da superfície de um aço ao microscópio eletrônico de varredura . .	31
Figura 4 - Representação esquemática de penetração do CO <sub>2</sub> no concreto (CEB/BI 152, 1984) .....	32
Figura 5 - Ação de ar e gases sobre a estrutura .....	38
Figura 6 - Estrutura deteriorada pela ação de ácido e sais .....	39
Figura 7 - Ações biológicas .....	40
Figura 8 - Desgaste do concreto .....	43
Figura 9 - Resultados do ensaio de uma viga biapoiada – flecha imediata versus momento aplicado .....	44
Figura 10 - Ilustração de alguns tipos de trincas e fissuras e suas causas em edificações.	54
Figura 11 - Causas da fissuração .....	55
Figura 12 - Movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura .....	57
Figura 13 - Trinca típica presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.....	58
Figura 14 - Trinca típica presente no topo da parede paralela à largura da laje .....	58
Figura 15 - Pilar fissurado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado..	58
Figura 16 - Trinca vertical: a resistência à tração dos componentes de alvenaria é superior à resistência à tração da argamassa ou à tensão de aderência argamassa / blocos .....	59

Figura 17 - Trinca vertical: a resistência à tração dos componentes de alvenaria é igual ou inferior à resistência à tração da argamassa .....	59
Figura 18 - Destacamento do revestimento do piso, sob ação de sua dilatação térmica ou da contração térmica da estrutura .....	59
Figura 19 - Fissuras provocadas por movimentações térmicas em forro constituído por laje mista .....	60
Figura 20 - Trincas horizontais na alvenaria provenientes a da expansão dos tijolos: o painel é solicitado à compressão na direção horizontal .....	61
Figura 21 - Trincas nas peças estruturais: a expansão da alvenaria solicita o concreto à tração .....	61
Figura 22 - Fissuras provocadas por torção .....	62
Figura 23 - Fissuramento típico em lajes simplesmente apoiadas .....	63
Figura 24 - Trincas na face superior da laje devidas à ausência de armadura negativa .....	63
Figura 25 - Trincas inclinadas devidas à torção da laje .....	63
Figura 26 - Fissuração teórica no entorno da abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical .....	64
Figura 27 - Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas.	64
Figura 28 - Trincas em parede de vedação: deformação do suporte maior que a deformação da viga superior .....	65
Figura 29 - Trincas em parede de vedação: deformação do suporte inferior à deformação da viga superior .....	65

Figura 30 - Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais .....	
66	
Figura 31 - Trincas na alvenaria, provocadas por deflexão da região em balanço da viga ..66	
Figura 32 - Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje .....	
66	
Figura 33 - Destacamento de piso cerâmico devido à excessiva deformação da laje .....	
67	
Figura 34 - Recalque diferenciado , por consolidação distintas do aterro carregado .....	68
Figura 35 - Fundações assentados sobre seções de corte e aterro ;trincas de cisalhamento nas alvenarias.....	69
Figura 36 - Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões ,em função da construção de um edifício maior .....	69
Figura 37 - Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo .....	69
Figura 38 - Recalque diferenciado, por rebaixamento do lençol freático; foi cortado o terreno à esquerda do edifício .....	70
Figura 39 - Diferentes sistemas de fundação na mesma construção: recalques diferenciados entre os sistemas, com a presença de trincas de cisalhamento no corpo da obra .....	70
Figura 40 - Recalques diferenciados entre pilares: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu maior recalque .....	71
Figura 41 - Fissuras horizontais nos pilares, devidas à retração do concreto das vigas superiores .....	73
Figura 42 - Fissuras de retração numa viga de concreto armado .....	73

## LISTA DE SIMBOLOS E SIGLAS

A – Área

CO<sub>2</sub> – Anidro carbônico

Elu – Estado limite último

Fck - Resistência característica do concreto

Fcj – Resistência a compressão (c) do corpo de provas de concreto na idade (j) dias

Fcm – Resistência media a compressão

Ftk – Resistência característica do concreto à tração

Lo – comprimento inicial

L1 – comprimento final

NBR – Norma Brasileira

Nrup – Carga de ruptura do corpo de prova

SO<sub>2</sub> – Dióxido de enxofre

SO<sub>3</sub> – Trióxido de enxofre

'Y – Peso específico



## **1. INTRODUÇÃO**

As estruturas de concreto não duram para sempre ,pois elas se deterioram com o passar do tempo, se não forem utilizadas com critério ou submetidas a manutenções preventivas. E se não forem bem projetadas não alcançam sua vida útil

Ao analisar uma estrutura de concreto “doente” é absolutamente necessário entender-se o porque do surgimento e do desenvolvimento da doença, buscando esclarecer as causas, antes da prescrição e conseqüente aplicação do remédio necessário.

Portanto neste trabalho estão reunidas informações que demonstrarão as falhas mais comuns existentes em construções ,que causam grandes transtornos e prejuízos para o proprietário e engenheiro da obra. Para a conscientização da necessidade da elaboração de um projeto adequado para a construção de edificações.

## **2. OBJETIVOS**

O principal objetivo deste trabalho é obter média para o décimo semestre e concluir o curso de Engenharia Civil, e também adquirir conhecimentos técnicos sobre deformações em estruturas de concreto para que possa ser usado na vida profissional de engenheiro.

### **3. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Boa parte das patologias ocorrem pela falha no dimensionamento das estruturas de concreto armado. A seguir se seguem os componentes necessários, segundo a norma NBR-6118 /1980 para o dimensionamento de uma estrutura.

#### **3.1 Concreto**

De acordo com MEHTA (1994), concreto é um material de construção, obtido pelo endurecimento de uma massa de consistência plástico-viscosa produzida pelo amassamento (manual ou mecânico) de uma mistura convenientemente proporcionada de aglomerante, água e agregados (miúdos e graúdo), podendo ser acrescentados aditivos. A consistência inicial plástico-viscosa confere ao concreto a trabalhabilidade para que o mesmo possa ser moldado em formas, no formato desejado, inclusive permitindo ao calculista, a escolha da forma geométrica mais apropriada para resistir às solicitações, sendo uma das vantagens do concreto sobre outros materiais que apresentam forma própria. Como aglomerante utiliza-se o cimento portland: comum CPI, composto CP II, cimento de alto forno CP III, cimento pozolâmico CP IV, cimento de alta resistência inicial CP V. Como agregado miúdo, normalmente se utiliza a areia grossa lavada (extraída de rios ou de cavas) e a areia artificial (obtida na britagem de rochas). O agregado graúdo mais utilizado é a pedra britada, sendo também utilizado o seixo rolado, argila expandida, etc.

#### **3.2 Aço**

O aço é um produto fabricado nas usinas siderúrgicas pela descarbonatação (diminuição do teor de carbono) do ferro gusa, que é obtido por reação química de redução do minério de ferro calcinado juntamente com coque e calcário, em processos realizados nos altos fornos. Os aços para as armaduras de concreto armado apresentam normalmente seção circular e são denominadas de barras e podem ser PASSIVAS (concreto armado) e ATIVAS (para o concreto protendido).

#### **3.3 Concreto armado**

O concreto armado é um material misto constituído pela associação do concreto e armaduras. Como armadura, o aço é utilizado em maior escala em barras, podendo ser também utilizadas fibras (aço, vidro, nylon, etc).

### **3.4 Lançamento da estrutura de um edifício**

A partir dos desenhos arquitetônicos, pode-se determinar rapidamente as posições e dimensões dos elementos estruturais de um edifício a ser calculado e detalhado.

Lançar a estrutura de um edifício em concreto armado é basicamente escolher o posicionamento adequado para os pilares e vigas, bem como determinar as dimensões iniciais (pré-dimensionamento) de seus elementos estruturais.

As regras utilizadas, são validas particularmente para as edificações com concepção estrutural usual (laje, viga, pilar) e com pequenas sobrecargas de utilização (edifícios residenciais, comerciais, etc).

### **3.5 Vantagens e desvantagens do concreto armado**

Como todo material que se utiliza para uma determinada função, o concreto armado para uso estrutural possui vantagens e desvantagens.

#### **3.5.1 Vantagens**

As principais vantagens do concreto armado podem ser destacadas como se segue:

- a) Apresenta boa resistência a maioria das solicitações.
- b) Tem boa trabalhabilidade e por isso se adapta às várias formas, ou a mais conveniente do ponto de vista estrutural.
- c) Permite a obtenção da estrutura monolítica, ou seja há aderência do concreto já endurecido para o concreto lançado posteriormente, facilitando a transmissão dos esforços.
- d) As técnicas de construção são razoavelmente dominadas em todo o país.
- e) Em diversas situações pode competir com as estruturas de aço em termos de econômico.
- f) É um material durável desde que seja executado dentro das normas, e evitando acelerador de pega, que com seus produtos químicos podem corroer as armaduras.
- g) Apresenta durabilidade e resistência ao fogo, superior ao aço e a madeira.
- h) Possibilita a utilização da Pré-moldagem, proporcionando maior rapidez e facilidade de execução.
- i) É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e desgastes mecânicos.

### 3.5.2 Desvantagens

Dentro das desvantagens do concreto armado podemos citar:

- a) Resulta com elementos de maior dimensões que o aço, o que com seu peso específico elevado ( $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$ ) acarreta um peso próprio muito grande, limitando o seu uso em determinadas situações, ou elevando muito o seu custo.
- b) As reformas e as adaptações são, muitas vezes, de difícil execução.
- c) É bom condutor de calor e som, exigindo, em casos específicos, associações com outros materiais para sanar o problema.
- d) É necessária a utilização de escoramento quando não faz uso de pré - moldagem, geralmente, precisam permanecer no local, até que o concreto alcance uma resistência adequada.

### 3.6 Características do concreto armado e seus componentes

O concreto possui características distintas no estado fresco e no estado endurecido, e todas são importantes para seu bom desempenho estrutural.

#### 3.6.1 Concreto fresco

O concreto fresco é um material essencialmente heterogêneo, uma vez que nele coexistem três fases: uma sólida (cimento e agregados), uma líquida (água) e uma Gasosa (ar incluso). A fase sólida é por si mesma heterogênea, já que os grãos são de natureza e dimensões variadas. Entre as propriedades mais importantes do concreto fresco podem ser citadas:

**Consistência:** é a maior ou a menor facilidade que o concreto fresco tem de se deformar; varia com o tamanho Máximo, a granulométrica, a forma dos grãos e a qualidade de água.

**Trabalhabilidade:** é a capacidade do concreto ser colocado na obra com os meios de compactação disponíveis; depende da quantidade da água, da granulométrica e da forma do agregado.

**Homogeneidade:** é qualidade em que os diferentes componentes do concreto aparecem regularmente distribuídos em toda massa, é conseguida com uma boa mistura e requer um transporte cuidadoso e uma colocação adequada. O endurecimento do concreto começa poucas horas após a sua produção e sua resistência atinge, aos 28 dias, cerca de 60% a 90% do valor final.

### 3.6.2 Concreto endurecido

No concreto endurecido, as principais características de interesse são as mecânicas, destacando-se a resistência à compressão e à tração.

Entretanto, no desenvolvimento do cálculo de estrutura de concreto armado considera-se como aproximação razoável que a resistência do concreto para diversos tipos de solicitações ocorrem em função de resistência à compressão.

A resistência do concreto também é determinada em função do tempo de duração da solicitação, os ensaios geralmente são realizados de forma rápida, ao passo que, em construção, o concreto é submetido a ações que, em sua maioria, atuam de forma permanente, reduzindo sua resistência ao longo do tempo. Além disso, nos ensaios a resistência é influenciada pela forma do corpo de prova e por suas próprias características.

#### 3.6.2.1 Resistência à compressão

A principal característica do concreto é a resistência à compressão, a qual é determinada pelos ensaios de corpos de prova submetidos a compressão centradas. Independente do tipo de ensaio ou solicitação, diversos fatores influenciam na sua resistência, os principais são as relações entre a quantidade de cimento, agregados e água.

A resistência à compressão, é obtida por ensaio de curta duração do corpo de prova (aplicação de carga de maneira rápida), é dada por:

$$F_{cj} = N_{rup}/A \quad (01)$$

Sendo:

$F_{cj}$  – resistência a compressão (c) do corpo de prova de concreto na idade (j) dias.

$N_{rup}$  – Carga de ruptura do corpo de prova.

$A$  – Área da seção transversal do corpo de prova.

No Brasil são utilizados corpos de provas cilíndricos, com diâmetro de 15 cm e altura de 30 cm. A resistência deve ser relacionada à idade de 28 dias do concreto e será estimada a partir de ensaio de uma determinada quantidade de corpos de provas (NB1/80, capítulo 15, item 7.1.4 da NB1/99).

Como já foi dito, para avaliar a resistência do concreto à compressão é necessário realizar um certo número de ensaios de corpos de provas. Os valores das resistências proporcionados pelos corpos de provas são mais ou menos dispersos, variando de uma obra para a outra e também de acordo com o rigor com que se confecciona o concreto.

A idéia é adotar, para tal valor representativo. A média aritmética  $f_{cm}$  dos  $n$  valores obtidos dos ensaios são chamados de resistências média à compressão. Entretanto, esse valor não reflete a verdadeira qualidade do concreto na obra, pois não considera a dispersão no resultado.

Por isso, tem sido adotado o conceito de resistência características (NB1/80, item 5.2 e NB1/99, item 12.6.2.1), uma média estatística que leva em conta não só valores da média aritmética  $f_{cm}$  das cargas de ruptura dos ensaios dos corpos de provas, mas também o desvio das series de valores, por meio do coeficiente de variação  $\delta$ .

Defini-se então como resistência característica ( $f_{ck}$ ) do concreto à compressão, o valor que apresenta um grau de confiabilidade de 95% , ou seja,  $f_{ck}$  é o valor da resistência, de modo que 95% dos resultados dos ensaios estejam acima e 5% estejam a baixo. De acordo com essa definição, e admitindo-se uma distribuição estatística normal dos resultados (curva de Gauss), a resistência é dada por 5% da distribuição.

$$f_{ck} = f_{cm} (1 - 1,654 \cdot s) \quad (02)$$

ou

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,654 \cdot s \quad (03)$$

### 3.6.2.2 Resistência do concreto à tração

Como o concreto é um material que resiste mal à tração, geralmente não se conta com a ajuda dessa resistência. A resistência à tração pode estar relacionada com a capacidade resistente da peça, como aquelas sujeitas a esforços cortantes, e, diariamente, com fissuração, por isso é necessário conhecê-la. Existem três tipos de ensaios para obter a resistência à tração: por flexo-tração, compressão diametral e tração direta.

A resistência à tração pura é, aproximadamente, 85% da resistência à tração por compressão diametral e 60% da resistência obtida pelo ensaio de flexo-tração. Esse último método não é pratico, dada a dificuldade do ensaio. O ensaio de compressão diametral é conhecido como ensaio Brasileiro de Resistência à Tração, tendo sido sistematizado pelo engenheiro L.F. Lobo Carneiro.

Na falta de determinação experimental, a resistência característica do concreto à tração pode ser determinada a partir de sua resistência à compressão, de acordo com o item 5.2.1.2 da NB 1/80, pelas expressões:

$$f_{tk} = f_{ck}/10 \quad \text{para } f_{ck} < 18 \text{ MPa} \quad (04)$$

$$f_{tk} = 0,06 \cdot f_{ck} + 0,7 \text{ MPa} \quad \text{para } f_{ck} > 18 \text{ MPa} \quad (05)$$

Na versão da NB 1/99 é salientada a possibilidade de variação da resistência à tração dependendo do tipo de sollicitação que a provoca. Considera a tração pura e a tração que ocorre na flexão.

A resistência a tração direta  $f_{ct}$  pode ser considerada igual a  $0,9 \cdot f_{ct,sp}$  ou  $0,7 \cdot f_{ct,f'}$  ou na falta de ensaio para obtenção de  $f_{ct,sp}$  e  $f_{ct,f'}$  pode ser avaliada por meio das equações .

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad (f_{ctm} \text{ e } f_{ck} \text{ em MPa}) \quad (06)$$

$$f_{tk, inf} = 0,7 \cdot f_{ctm} \quad (07)$$

$$f_{tk, sup} = 1,3 \cdot f_{ctm} \quad (08)$$

Sendo  $f_{chj} > 7 \text{ MPa}$ , essas expressões também podem ser usadas para idades diferentes de 28 dias.

A escolha do uso dos valores de  $f_{tk, inferior}$  e  $f_{tk, superior}$  é determinada pela norma em cada situação particular.

### 3.6.3 Características do aço

As Características mecânicas mais importantes para a definição do aço são: o estado elástico, a resistência e o alongamento na ruptura. Essas características são determinadas por meio de ensaio de tração, que consistem em submeter uma barra a um esforço axial de tração até sua ruptura.

Limite elástico (resistência de escoamento do aço à tração –  $f_y$ ): é a máxima tensão que o material pode suportar sem que se produzam deformações plásticas (aço classe A) ou remanescentes além de certos limites (aço classe B). Nos aços de classe A os limites elásticos são bem definidos e, nos aços classe B, adota-se como limite elástico convencional à tensão que produz uma deformação remanescente de 0,002 (0,2%).

Resistência: é a máxima força de tração que a barra suporta, dividida pela área da seção transversal inicial do corpo de prova.

Alongamento na ruptura: é o aumento do comprimento do corpo de prova correspondente à ruptura, expresso em porcentagem, ou seja:



$$\epsilon = \frac{L1-L0}{L0} \cdot 100 \quad (09)$$

Em que L0 e L1 e o comprimento inicial e o final, respectivamente, de um trecho (normalmente central) predefinido do corpo de prova: L1 deve ser medida depois de retirada a carga.

## **4. CAUSAS DAS DEFORMAÇÕES DAS ESTRUTURAS**

Segundo RIPPER et all (1998) o estudo das causas responsáveis pela implantação dos diversos processos de deterioração das estruturas de concreto é complexo,sendo matéria em constante evolução.Mesmo o agrupamento destas causas por similaridade ,por exemplo ,poderá ser extremamente discutível. De qualquer forma ,surgiram duas classificações que , por interagirem entre si , são apresentadas a seguir.

### **4.1 Causas intrínsecas**

Tem origem física, ou seja, originadas dos próprios materiais e peças estruturais durante as fases de execução ou utilização das obras, por falhas humanas, por ações externas, acidentes inclusive.

Sendo assim, veremos a seguir como se classificam:

#### **4.1.1 Falhas humanas durante a construção da estrutura**

Os defeitos construtivos são falhas bastante freqüentes,tendo origem, na grande maioria dos casos, na deficiência de qualificação profissional da equipe técnica, o que pode levar a estrutura a manifestar problemas patológicas significativos.

##### **4.1.1.1 Deficiência de concretagem**

Ao método de concretagem estão relacionadas, entre outras, as falhas no transporte no lançamento e no adensamento do concreto, que podem provocar, por exemplo, a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa, além da formação de ninhos de concretagem e de cavidade de concreto.

##### **4.1.1.2 Inadequação de fôrmas e escoramentos**

As fôrmas devem adaptar-se aos modelos e dimensões das peças da estrutura projetada, respeitadas as tolerâncias do item 11 da NBR-6118/82 (ABNT,1982). O seu dimensionamento deve ser feito de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientes, quer sob a carga, especialmente de concreto fresco, considerando nesta, o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

Sendo esta uma questão ampla que poderá inclusive incluir considerações como deficiências de contraventamento, será preferível optar de forma a objetivar o assunto, pela exemplificação das falhas construtivas mais comuns relacionadas diretamente às fôrmas e aos escoramentos convencionais :

- Falta de limpeza e de aplicação de desmoldantes na fôrmas antes da concretagem , o que acaba por ocasionar distorções e embarrigamento natos nos elementos estruturais (o que leva a necessidade de enchimento de argamassa maiores dos que os usuais e, conseqüentemente, à sobrecarga da estrutura);
- Insuficiência de estanqueidade das fôrmas, o que torna o concreto mais poroso, por causa da fuga de nata de cimento através das juntas e fendas próprias da madeira, com a conseqüente exposição desordenada dos agregados;
- Retirada prematura das fôrmas e escoramentos, o que resulta em deformações indesejáveis na estrutura e em muitos casos, em acentuada fissuração;
- Remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, casos em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste), o que provoca o surgimento de trincas nas peças, como conseqüência da imposição de comportamento estático não previsto em projeto.

#### **4.1.1.3 Deficiências nas armaduras**

Os problemas patológicos causados por deficiências ou erros na colocação das armaduras são das mais diversas ordens e, lamentavelmente, ocorrem com freqüência muito elevada. Entretanto de acordo com RIPPER et all (1998) as deficiências que podem ser apontadas como as mais freqüentes são:

- Má interpretação dos elementos de projeto, o que, em geral, implica na inversão do posicionamento de algumas armaduras ou na troca das armaduras de uma peça com as de outra;
- Insuficiência de armaduras, como conseqüência de irresponsabilidade dolo ou incompetência, com implicação direta na diminuição da capacidade resistente da peça estrutural;
- Mau posicionamento das armaduras, que se pode traduzir na não observância do correto espaçamento das barras( em lajes isto é muito comum), ou no deslocamento das barras de suas posições originais, muitas vezes motivado pelo trânsito de operários e carrinhos de mãos, por cima da malha de aço, durante as operações de concretagem, o que é particularmente comum nas armaduras negativas das lajes e poderá ser crítico nos casos de balanço. O recurso a dispositivos adequados (espaçadores, pastilhas, caranguejos) é fundamental para garantir o correto posicionamento das barras da armadura;
- Cobrimento de concreto insuficiente, ou de má qualidade, o que facilita a implantação de processos de deterioração tal como a corrosão das armaduras, ao propiciar acesso mais

direto dos agentes agressivos externos. Também neste caso torna –se indispensável o recurso aos espaçadores;

- Dobramento das barras sem atendimento aos dispositivos regulamentares, fazendo com que o aço venha a morder o concreto, provocando seu fendilhamento por excesso de tensões trativas no plano ortogonal ao de dobramento;
- Deficiências nos sistemas de ancoragem, com utilização indevida de ganchos (na compressão, por exemplo), que, muitas vezes, só vêm a introduzir estados de sobretensão (como já se referiu, para o caso do dobramento);
- Deficiências nos sistemas de emendas, que, para além daquelas já referidas para as ancoragens, podem surgir também como resultado da excessiva concentração de barras emendadas em uma mesma seção, e por utilização incorreta de métodos de emenda, especialmente quando do uso de soldas;
- Má utilização de anti-corrosivos nas barras da armadura, que são pinturas efetuadas nas barras para diminuir a possibilidade do ataque da corrosão, mas reduzem a aderência das barras ao concreto.

#### **4.1.1.4 Utilização incorreta de materiais de construção**

Aqui também as falhas são geradas por incompetência ou dolo, mas, neste caso, a questão é mais grave, por se tratar de um conjunto de decisões que, normalmente, são encargo de engenheiros, ou responsáveis pela obra, enquanto na questão das armaduras a responsabilidade imediata vai para a mão-de-obra não especializada, o que, entretanto, não isenta as pessoas em cargos de chefia.

Segue-se a apreciação de alguns dos casos mais comuns de utilização incorreta de materiais de construção:

- Utilização de concreto com Fck inferior ao especificado, quer no caso de encomenda errada ou de erro no fornecimento de concreto pronto, quer por erro em concreto virado na própria obra;
- Utilização de aço com características diferentes das especificadas, quer em termos de categorias, quer de bitolas;
- Assentamento das fundações em camadas de solo com capacidade resistente ou características, de uma maneira geral inferior à requerida;
- Utilização de agregados reativos, instaurando, desde o início, a possibilidade de geração de reações expansivas no concreto, e potencializando os quadros de desagregação e fissuração do mesmo;

- Utilização inadequado de aditivos, alterando as características do concreto, em particular as relacionadas com resistência e durabilidade;
- Dosagem inadequada do concreto, seja por erro no cálculo da mesma, seja pela utilização incorreta de agregados, do tipo de cimento ou de água.

#### **4.1.1.5 Inexistência de controle de qualidade**

Sendo a última, esta será, talvez, a maior de todas as causas relacionadas com falhas humanas na construção, posto que, se existir controle de qualidade adequado, na sua grande maioria, terão substancialmente reduzidas as possibilidades de virem a ocorrer, ou pelo menos, terão atenuadas suas conseqüências, em termos do quadro patológico resultante.

É assim uma questão fundamental, um ponto de máxima importância, a de que, de forma a se diminuir a possibilidade de deterioração precoce da estrutura, se tenha, durante toda a fase de execução da obra, a assistência de um engenheiro tecnologista e se preste total obediência às normas, no que diz respeito à composição e confecção do concreto.

#### **4.1.2 Falhas humanas na fase de utilização**

Relacionar causas intrínsecas da estruturas com a sua fase de utilização implica restrição a um único aspecto, a ausência de manutenção, posto que todos os demais serão fatores extrínsecos. Entenda-se, em particular, que aqui interessará a manutenção programada, ou seja, o conjunto de medidas que vise manter materiais e peças estruturais atendendo às condições para as quais foram projetadas e construídas sobre o assunto.

#### **4.1.3 Causas naturais**

Entende-se por causas naturais aquelas que são inerentes ao próprio material concreto e à sua sensibilidade ao ambiente e aos esforços solicitantes, não resultando, portanto, de falhas humanas ou de equipamento.

##### **4.1.3.1 Causas próprias à estrutura porosa do concreto**

Mehta (1994) diz que de uma maneira geral, o futuro do concreto não vai ser determinado por tecnologias sofisticadas, aplicáveis a casos específicos, mas pelos esforços de todos em resolver os problemas do que lidam com o dia-a-dia dos concretos convencionais. Em continuação, diz ser óbvio que o objetivo principal das construções de hoje deve mudar da resistência para a durabilidade, e ainda que a impermeabilidade do

concreto deve ser a primeira linha do sistema de defesa contra qualquer processo físico-químico de deterioração.

Uma estrutura porosa deve ser entendida não só pela distribuição gradual dos poros(em função das dimensões destes), mas também pela porosidade aberta, que representa a interligação entre os poros (canais) que possibilita o transporte de líquidos, gases e substâncias dissolvidas pelo meio da massa. Na pasta de cimento, a porosidade aberta corresponde a algo em torno de 20% a 30% do parâmetro total.

A interação entre os agentes agressivos e a estrutura porosa do concreto é variável em função do meio de transporte ,como se identifica a seguir:

- Pelo ar,o mecanismo de transporte de gases ,de água e de agentes agressivos diluídos (carbonetos , cloretos e sulfato) é por difusão;
- Pela água da chuva ou das marés, em transporte por capilaridade(os canais porosos de diâmetros mais reduzidos chegam a ficar completamente saturados pela água aderida à parede da superfície lateral dos mesmos, pelo fenômeno da adsorção);
- Em condições de imersão, e portanto sob pressão, dá-se o transporte por penetração direta.
- Reduzido fator água / cimento.
- Maior tempo possível de impedimento de evaporação de água de hidratação da pasta(cura).

#### **4.1.3.2 Causas químicas**

As causas químicas de deformações das estruturas são destacadas a seguir:

##### **4.1.3.2.1 Reações internas do concreto**

Para que seja estabelecida a desejável aderência entre o cimento e os agregados, desenvolvem-se combinações químicas entre estes últimos e os componentes hidratados do cimento. Se por um lado estas interações são positivas, contribuindo para o aumento da resistência e para maior homogeneidade do concreto, por outro corre-se o risco de, em alguns casos, desenvolverem-se também reações químicas de origem expansivas, que, inversamente, têm a propriedade de anular a coesão do material concreto. As reações químicas deste tipo que são hoje conhecidas estão indicadas a seguir:

- Reação álcalis - agregados, que resulta da interação entre a sílica reativa de alguns tipos de minerais utilizados como agregados e os íons álcalis( $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) presentes no cimentos (quando em percentagem superior a 0,6%),liberados durante a hidratação dos mesmos, ou ainda pela penetração de cloretos, contendo estes mesmos íons, no meio

concreto. Esta reação, como aliás as outras duas também conhecidas, são expansivas, pela formação adicional de sólidos em meio confinado, provocando, de início, a fissuração da superfície do concreto, conferindo à mesma o aspecto de um mosaico, para posteriormente vir a desagregar a estrutura, criando crateras algo profundas, de aspecto cônico, pelas quais ocorre, às vezes, um gel de sílica. A adição de pozolanas, desde que em quantidades adequadas, pode inibir, ou mesmo evitar, a reação álcalis - agregados, e poderá ser um recurso, sempre que não for possível prevenir com a utilização de cimentos com baixo de álcalis;

- A reação álcalis-dolomita implica expansão típica dos cristais de calcário dolomítico em solução de hidróxido de sódio, presente nos cimentos, que se caracteriza pela formação de novos sólidos sem que haja a dissolução do sólido primitivo, o que, necessariamente, implica expansão. Esta reação é mais perigosa do que a anteriormente referida, porque a única forma de combatê-la é a utilização de cimentos com mínima quantidade de álcalis (a adição de pozolanas, neste caso, não fará efeito). Além da prévia avaliação da reatividade dos calcários;

#### **4.1.3.2.2 Expansibilidade de certos constituintes do cimento**

Alguns constituintes do cimento podem ser expansivos, o que pode levar a que o concreto também o seja, ocasionando a fissuração do mesmo e o desenvolvimento de problemas patológicos na estrutura.

#### **4.1.3.2.3 Presença de cloretos no concreto**

Os cloretos podem ser adicionados involuntariamente ao concreto a partir da utilização de aditivos aceleradores do endurecimento, de agregados e de águas contaminadas, ou a partir de tratamentos de limpeza realizados com ácido muriático. Por outro lado, podem também penetrar no concreto ao aproveitarem-se de sua estrutura porosa. Na figura 01, observa-se a ação de cloretos na estrutura;



Figura 01 - Presença de cloretos no concreto

A seguir, CASCUDO (1997) apresenta um diagrama (FIG. 02) um perfil típico da concentração de cloretos no cobrimento do concreto. Nota-se que na superfície, onde predomina a absorção, a concentração vai aumentando com a profundidade devido à ação da lixiviação por águas pluviais que carregam as soluções com cloreto. A partir da zona de difusão a concentração de cloretos vai diminuindo com a profundidade.

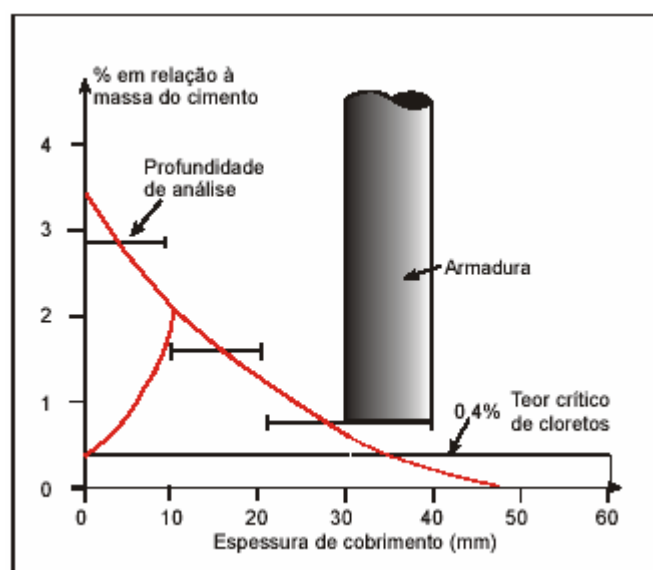


FIGURA 02– Perfil típico de concentração dos cloretos ao longo do cobrimento, em um concreto contaminado por impregnação externa de soluções ricas em cloretos.

Fonte: CASCUDO, 1997



#### 4.1.3.2.4 Presença de sais e de ácidos no concreto

Vários são os tipos de ácidos perigosos para o concreto, sejam eles inorgânicos (clorídrico, sulfídrico, nítrico, carbônico, etc.) ou orgânicos, normalmente encontrados na terra (acético, láctico, esteárico, etc.). Em qualquer caso, a ação do íon hidrogênio provoca a formação de produtos solúveis, que ao serem transportados pelo interior do concreto o vão deteriorando.

A ação de sais no interior do concreto, como os magnesianos e amoniacais, por exemplo, é muito semelhante a dos ácidos.

A figura 03 se verifica a superfície do aço e seus produtos de corrosão quando contaminados por sais cloretos.

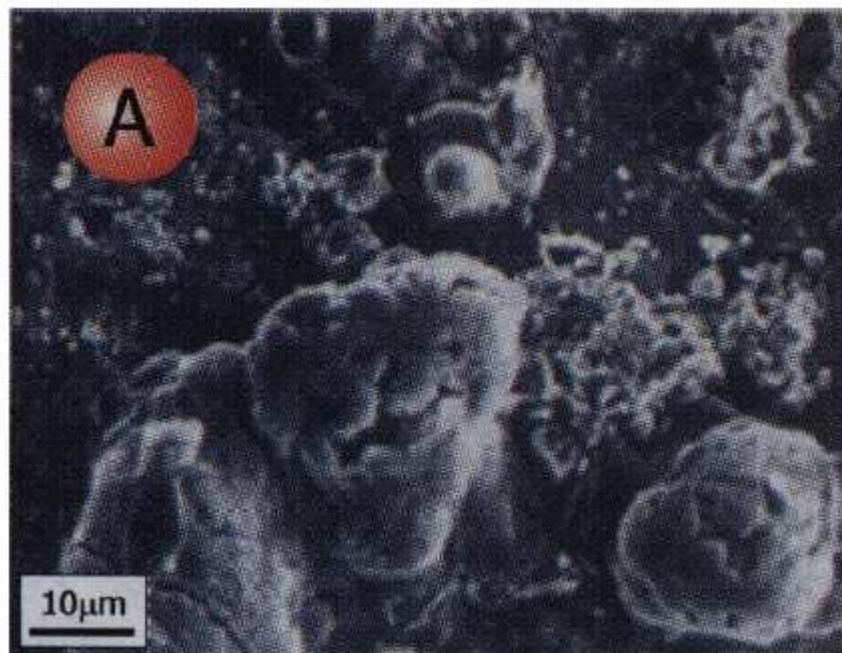


FIGURA 03– Fotos tiradas da superfície de um aço ao microscópio eletrônico de varredura. Aspecto da superfície do aço e seus produtos de corrosão quando contaminados por sais cloretos.

Fonte: RODRIGUES, 2004

#### 4.1.3.2.5 Presença de anidrido carbônico

A presença de anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) presente na atmosfera manifesta-se pelo transporte deste para dentro dos poros do concreto, e com sua subsequente reação com o

hidróxido de cálcio existente na água do concreto, formando o carbonato de cálcio, o que implica carbonatação do concreto (redução do pH para valores inferiores a 9).

A figura 04 esquematiza o processo de penetração e difusão do CO<sub>2</sub> na região fissurada.



FIGURA 04– Representação esquemática de penetração do CO<sub>2</sub> no concreto (CEB/BI 152, 1984)

Fonte: FIGUEIREDO, 2005

#### 4.1.3.2.6 Presença de água

O transporte de água pela estrutura porosa do concreto implica na dissolução do hidróxido de cálcio, com o conseqüente abaixamento do pH do concreto, fazendo precipitar gel de sílica (casos em que o pH pode ver-se reduzido a 10,5) ou alumina (pH <7), e desagregando o concreto.

#### 4.1.3.2.7 Elevação da temperatura interna do concreto

As reações dos componentes do cimento com a água são exotérmicas. A quantidade de calor liberada poderá vir a causar problemas quando da concretagem das peças de grandes dimensões, já que, no início do processo de hidratação, não há troca positiva de calor com o exterior, o que provoca o aquecimento e a expansão da massa, sendo que, posteriormente, com a continuidade do processo, dá-se o natural esfriamento, implicando na geração de um gradiente térmico, situação que pode ocasionar a fissuração interna do concreto.

### **4.1.3.3 Causas físicas**

As causas físicas intrínsecas ao processo de deterioração da estrutura são as resultantes da ação da variação da temperatura externa ,da insolação, do vento e da água,esta ultima sob a forma de chuva,gelo e umidade .

### **4.1.3.4 Causas biológicas**

Os processos biológicos podem resultar do ataque químico de ácidos (produção de anidrido carbônico) gerados pelo crescimento de raízes de plantas ou de algas que se instalem em fissuras ou grandes poros do concreto, ou por ação de fungos, ou pela ação de sulfetos presentes nos esgotos.

## **4.2 Causas extrínsecas**

Segundo RIPPER et all (1998), são as que independem do corpo estrutural em si, assim como da composição interna do concreto, ou de falhas inerentes ao processo de execução, podendo, de outra forma, ser vistas como os fatores que atacam a estrutura “de fora para dentro” durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil desta, como se poderá entender a seguir:

### **4.2.1 Falhas humanas durante a concepção (projeto) da estrutura**

Existem, em projeto estrutural,vários pontos de fundamental importância para o futuro desempenho de uma estrutura, cuja não observância implicará, certamente de relativa gravidade.

#### **4.2.1.1 Modelização estrutural inadequada**

Trata-se de analisar as questões relativas à segurança e ao comportamento das estruturas, e, muito particularmente, à escolha dos sistema estrutural que melhor deva interpretar uma obra, embora isto pareça óbvio, não são poucos os problemas encontrados.

#### **4.2.1.2 Má avaliação das cargas**

Na maioria das estruturas com finalidade habitacional ou comercial observação precisa das normas que regulam os carregamentos a serem considerados no projeto estrutural é suficiente para garantir que não haverá cargas que, durante a utilização (vida

útil) da estrutura, ultrapassem as que foram considerada quando do desenvolvimento do projeto.

#### **4.2.1.3 Detalhamento errado ou insuficiente**

Este ponto é normalmente responsável por erros sérios de execução, que podem levar a estrutura apresentar problemas patológicos graves, com implicações diretas no comprometimento da resistência e /ou da durabilidade da construção

As deficiências no detalhamento das armaduras ocorrem, algumas vezes, por desconhecimento do projetista, que não sabe da inconveniência de determinado detalhe, outras como conseqüência da utilização de desenhos elaborados em escalas inadequadas (pequenas demais), não permitindo ao armador ou ao mestre-de-obra uma correta interpretação do projeto, ou ainda, na maioria dos casos, por negligência, por se considerar que o desenhista é que deve resolver as questões de detalhamento, ou pior ainda, que tal tarefa será incumbência do construtor.

#### **4.2.1.4 Inadequação ao ambiente**

O exemplo mais comum de deficiência derivadas deste pecado original é a utilização de cobrimento insuficientes para estruturas em contato com a terra ou com a água, por exemplo, agentes sabidamente agressivos.

É interessante referir que, em vários casos, será possível identificar o partido arquitetônico adotado como o responsável pela conseqüência execução de uma estrutura potencialmente degradável. É o que se pode chamar de arquitetura patológica, resultante, por exemplo, de uma opção que não tenha considerado condicionantes geográficos como áreas de temperatura máxima e de insolação, ou os ventos e chuvas dominantes, todos estes fatores de agressão ao concreto armado.

#### **4.2.1.5 Incorreção na interação solo-estrutura**

O terreno de fundação, em termos de sua capacidade de resistir aos esforços que lhe são transmitidos pela estrutura, deformando-se, em conseqüência e na medida de sua características próprias, será se, pré elemento integrante do conjunto responsável pela estabilidade da obra. Assim, em qualquer construção será fundamental conhecer-se, a priori, as características do solo, o que, nas situações mais freqüentes, pode-se conseguir através da conveniente execução de furos de sondagem.

#### **4.2.1.6 Incorreção na consideração de juntas de dilatação**

A ausência ou a má utilização de juntas de dilatação nas estruturas (quer em peças de concreto armado, quer nas de alvenaria estrutural) é um dos fatores que invariavelmente lhe trazem problemas, em particular como resultado do comportamento reológico do concreto.

A falta de detalhamento adequado para a vedação das juntas de dilatação em pontes, por exemplo, permite a passagem de água pelo topo do estrado, atacando as armaduras e danificando os aparelhos de apoio.

#### **4.2.2 Falhas humanas durante a etapa de utilização (vida útil) da estrutura**

As causas que serão citadas a seguir são resultado direto da atuação do homem e, em particular, dos proprietários e utilizadores, que, na grande maioria dos casos, não têm a menor consciência dos danos que estão causando às construções e, por considerarem que as intervenções a fazer são banais, dispensam, quase sempre, a consulta a técnicos especializados.

##### **4.2.2.1 Alterações estruturais**

Neste item serão tratados os casos em que, sem qualquer estudo apropriado, submete-se a estrutura a alterações no seu comportamento estático e/ou resistente, como, por exemplo:

- Por supressão de paredes portantes (muitas vezes sem alvenaria) ou de outras peças estruturais (vigas ou pilares);
- Por aumento do número de andares em edifícios sem a devida análise dos pilares e das fundações, e mesmo da estrutura como um todo, diante das novas condições da construção, no que se refere a cargas verticais, efeito de 2ª ordem e a forças horizontais
- Por transformação de apoios de terceiro e segundo grau em apoios de segundo e primeiro grau, respectivamente (caso de demolição, por exemplo)
- Pela abertura de furos em vigas ou lajes sem a avaliação da implicação dos mesmos, em termos de posição e dimensões, no conjunto estrutural, ou da compatibilidade das armaduras existentes com a nova distribuição de esforços ou ainda do processo de microfissuração porventura introduzido.

### **4.2.2.2 Sobrecargas exageradas**

Consideram-se, nesta abordagem, estruturas em que os projetos tenham sido desenvolvidos com as mais corretas considerações de carga, de acordo com os dados de projeto arquitetônico e com os fornecidos pelo usuário e ainda com os prescritos pelas Normas em vigor, mas que, durante a sua vida útil, acabam por apresentar problemas patológicos de diversas ordens, em virtude de serem submetidas a sobrecargas superiores a de projeto.

### **4.2.2.3 Alterações das condições do terreno de fundação**

Trata-se aqui dos casos de interação não cuidada entre construções existentes e novas, e, particularmente, das alterações das condições de estabilidade e compressibilidade do terreno de fundação, como resultado das novas escavações, ou da alteração do nível do lençol freático, sendo comum a consequência redução da capacidade de coesão do solo e a fuga de finos, por exemplo, questões que freqüentemente resultam em recalques das fundações.

## **4.2.3 Ações mecânicas**

As ações mecânicas são muito comuns de se acontecer nas estruturas, sendo assim, observa-se alguns exemplos a seguir:

### **4.2.3.1 Choques de veículos**

O choque de veículos automotores contra pilares e guarda-rodas de viadutos e o contínuo roçar, ou mesmo o choque, de embarcações contra as faces expostas de pilares de pontes e estacas de cais são típicos exemplos de ações mecânicas, com consequência que vão desde o desgaste da camada mais superficial de concreto à destruição de algumas peças estruturais, sempre que não exista proteção adequada.

### **4.2.3.2 Recalque de fundações**

Toda edificação, durante a obra ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, está sujeita a deslocamentos verticais, lentos, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido. Em projetos mal concebidos, com erros de cálculo nas fundações ( como, por exemplo, nas fundações superficiais com diferenças acentuadas na relação carga / área de fundação ), ocorrem recalques diferenciais entre os vários apoios, causando a abertura de trincas nas alvenarias na estrutura.

### **4.2.3.3 Acidentes ( ações imprevisíveis )**

Este item visa considerar ações mecânicas, ou físicas, a que uma estrutura pode estar submetida e cuja ocorrência é imprevisível, ou de previsão muito difícil, quer em termo de época de ocorrência, quer em termos de intensidade. Resultam, de maneira geral, em solicitações bruscas, como os incêndios, os sismos, as inundações, os choques de veículos ( que não os previsíveis ) e os esforços devidos ao vento

### **4.2.4 Ações físicas**

As principais ações físicas a serem consideradas como agentes agressores às estruturas de concreto são:

- as variações de temperatura, não só as ambientais, ou seja, as que solicitam igualmente as várias peças de uma estrutura, mas também, e principalmente, as que geram gradientes térmicos, ao solicitarem peças que são protegidas apenas em uma das faces, como conservatórios e lajes de cobertura, por exemplo. Em qualquer caso, se a correspondente armadura resistente não tiver sido convenientemente dimensionada e detalhada, é certa a instalação de um quadro fissuratório;
- os movimentos que ocorrem na interface entre materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, mas submetidos à mesma variação de temperatura, com a conseqüente geração de diferentes deformações, como é caso do assentamento de paredes de alvenaria em peças de concreto;
- a insolação, ou incidência direta do sol, ação que se manifesta de forma semelhante para o caso de gradiente térmico, agravada pelas questões relacionadas com as radiações solares, que atuam sobre a camada epidérmica do concreto, alterando a textura e a cor da mesma ;
- a ação da água, nas suas diversas forma, desde a umidade-geradora das mais diferentes patologias, explicadas na descrição dos processos químicos -à chuva e ao gelo.

### **4.2.5 Ações químicas**

As solicitações químicas às quais uma estrutura esta sujeita durante a sua vida útil são, normalmente , as causas mais comuns de deteriorações em construções industriais, embora também possam ter um papel importante na deterioração de outros tipos de estruturas, como pontes e viadutos, estádios, galerias subterrâneas e construções residenciais.

#### 4.2.5.1 Ar e gases

A poluição atmosférica nos grandes centros urbanos ocasiona o apodrecimento e a descoloração do concreto. As substâncias poluidoras transportadas pelo ar são, em sua grande maioria, provenientes de gases e fuligens liberados pelos escapamentos dos veículos automotores, e dos gases ácidos provenientes das chaminés de algumas indústrias. O dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , e o trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3$ , em forma de fuligem, são provenientes da queima de óleo combustíveis, gases residuais e hidrocarbonetos. Quando chove, a água precipitada forma, junto com a fuligem existente no ar, a chamada chuva ácida ( $\text{H}_2\text{SO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), fortemente agressiva para o concreto e que, após um certo tempo, ataca também o aço, é o que se observa na figura 05 a seguir:



Figura 05 –Foto da ação de ar e gases sobre a estrutura

#### 4.2.5.2 Águas agressivas

Todas as águas são, em maior ou menor grau, agressivas ao concreto, mas a agressividade aumenta quando a água está em movimento, há variação freqüente do nível da água, a temperatura da água é superior a  $45^\circ\text{C}$ , a água está poluída com produtos químicos ou por esgotos residenciais e as peças de concreto são delgadas.



### 4.2.5.3 Águas puras

As águas quimicamente puras, tais como a água da chuva (exceto a chuva ácida) e a água de poços em regiões silicosas, não contêm sais dissolvidos e, por isto, tendem a agredir o concreto, tornando-o mais poroso e diminuindo, conseqüentemente, a sua resistência.

### 4.2.5.4 Reações com ácidos e sais

São as ocasionadas pelo contato da estrutura de concreto com a água do mar ou com as águas contaminadas por despejos industriais.

Na figura 06 observa-se uma estrutura deteriorada pela ação de ácido e sais;



Figura 06 –Foto de uma estrutura deteriorada pela ação de ácido e sais

### 4.2.5.5 Reações com sulfatos

Os sulfatos são elementos extremamente agressivos, e a ação de águas sulfatadas pode ser responsável, ao fim de algum tempo, pela total desagregação do concreto. Os principais sulfatos, tais como os de magnésio, cálcio, potássio, sódio e o de amônio, são encontrados na água do mar, em águas subterrâneas e, em alguns casos, em águas poluídas com despejos industriais.

### 4.2.6 Ações biológicas

As ações biológicas, embora possam desempenhar papel particularmente importante como agentes de deterioração em pontes e em construções rurais, também atuam de maneira grave em edifícios localizados nos grandes centros urbanos. Alguns desses agentes causadores da deterioração e da desagregação do concreto são o crescimento de vegetação nas estruturas- cujas raízes penetram principalmente através de pequenas falhas de concretagem, ou pelas fissuras e juntas de dilatação-, e o desenvolvimento de organismos ( como conchas, por exemplo) e microorganismos em certas partes da estrutura, é o que se observa na figura 07- à seguir ;



Figura 07 – Foto das ações Biológicas

## **5. PROCESSOS FÍSICOS DE DETERIORIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Segundo RIPPER et all (1998), os efeitos resultantes desses processos intrínsecos e extrínsecos da deterioração das estruturas de concreto, se fazem sentir, inicialmente nos pontos fracos destas estruturas. Na maioria dos casos, as suas causas são evidentes e poderiam ter sido facilmente evitadas pela escolha cuidadosa dos materiais e métodos de execução, pela elaboração de um projeto convenientemente detalhado ou pela concretização de um programa adequado de manutenção.

Os processos físicos oriundos das deformações são: fissuração, desagregação do concreto, carbonatação do concreto, perda de aderência e desgaste do concreto. A seguir destacamos cada item mencionado :

### **5.1. Fissuração**

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica características das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas , mais chama a atenção dos leigos , proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo anormal está a acontecer.

As principais causas de fissurações em estrutura são :

- Deficiência de projeto;
- Contração plástica;
- Assentamento do concreto / Perda de aderência ;
- Movimentação de escoramentos e / ou fôrmas;
- Retração;
- Deficiência de execução;
- Reações expansivas;
- Corrosão das armaduras;
- Recalques diferenciais ;
- Variação de temperatura ;
- Ações aplicadas.

## 5.2 Desagregação do concreto

Desagregação é a própria separação física de placas ou fatias de concreto , com a perda de monolismo e , na maioria das vezes , perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento.

A desagregação do material é um fenômeno que freqüentemente pode ser observado nas estruturas de concreto, causado pelos mais diversos fatores, ocorrendo, na maioria dos casos ,em conjunto com a fissuração . Os principais motivos desta desagregação são;

- Fissuração;
- Movimentação das formas;
- Corrosão do concreto;
- Calcinação;
- Ataque biológico .

## 5.3 Carbonatação do concreto

A carbonatação do concreto resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico, presente no ar atmosférico , sobre o cimento hidratado , com a formação do carbonato de cálcio e a conseqüente redução do pH do concreto até os valores inferiores a 9. Quanto maior for a concentração de CO<sub>2</sub> presente , menor será o pH , ou ,por outro lado , mais espessa será a camada de concreto carbonatada.

## 5.4 Perda de aderência

A perda de aderência é um efeito que pode ter conseqüências ruinosas para a estrutura , e pode ocorrer entre dois concretos de idades diferentes , na interface de duas concretagens , ou entre barras de aço das estruturas e o concreto.

## 5.5 Desgaste do concreto

O desgaste das superfícies dos elementos de concreto pode ocorrer devido ao atrito ,à abrasão e a percussão.

A ação abrasiva pode ser devida à atuação de diversos agentes , sendo os mais comuns o ar e a água , que carregam partículas que provocam a abrasão , os veículos que passam sobre pistas de rolamento, o impacto das ondas , etc.

Observa-se na figura 08 abaixo uma estrutura desgastada ;



Figura 08 – Foto do desgaste do concreto

## 6 Exemplo de uma viga ensaiada com ação de cargas crescentes

Na figura 09 observa-se os resultados uma viga ensaiada sob a ação de duas cargas concentradas no terço central do vão.

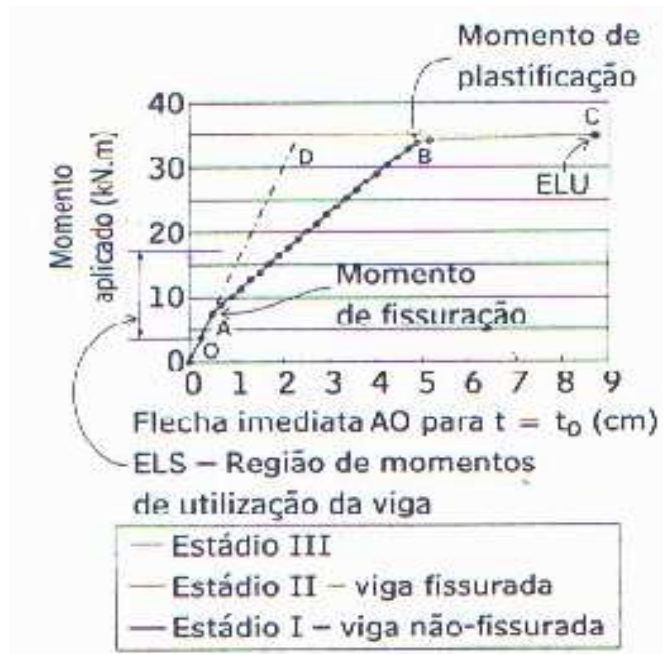


fig.09 – Resultados do ensaio de uma viga biapoiada – flecha imediata versus momento aplicado.

Fonte:Téchne 81,Dezembro de 2003

O gráfico da fig. 9 mostra a flecha no vão em função do momento fletor máximo.

Entendemos por flecha o maior deslocamento vertical da viga.

No início, o trecho AO, o comportamento é linear, estando a viga não fissurada, o que chamamos região **Estádio I**, as armaduras tem pouca influência nessa fase, prevalecem as expressões de resistência dos materiais para o cálculo da flecha e sua rigidez.

O ponto A da curva (momento flecha) caracteriza o início da fissuração, em que há uma mudança clara do comportamento da viga. Se não fissurasse, seu comportamento seguiria pela reta AD. Com fissuração, as flechas aumentam com a carga seguindo a curva AB onde a viga esta fissurada, região chamada de **Estádio II**. O fim dessa fase é dado pelo ponto B, onde o aço começa a escoar (Momento de Plastificação) iniciando a última região de comportamento, o **Estádio III**.

A viga só rompe quando as deformações da fibra mais comprimida do concreto ou a mais tracionada da armadura atingem valores altos. Isto é caracterizado pelo ponto C, o ELU (Estado de Limite Último). A segurança de uma viga à flexão é garantida quando o Momento Fletor solicitante, decorrente das cargas majoradas por  $Y_f$ , é menor ou igual o Momento Fletor Resistente, que é dado pelos materiais existentes na viga. Sendo o momento resistente o valor do momento fletor no ponto C (ELU)

A seguir serão descritas as opções possíveis de ações a serem tomadas para diminuir as deformações nas várias etapas do processo de produção da estrutura.

## **7 OPÇÕES DE PROJETOS ESTRUTURAIS**

### **7.1 Aumentar a altura das vigas e lajes**

Quando aumenta-se a altura das peças diminui as deformações, embora muitas vezes não há possibilidade em virtudes arquitetônicas ou por interferências nas instalações. Nas lajes, normalmente é possível, sendo a implicação principal o aumento do custo.( RIPPER ,1998).

### **7.2 Aumentar a largura das vigas**

Algumas vigas não podem ter sua largura aumentada, mas podem ser feitas mais largas, com isso diminui as flechas no **Estádio I**, mas tem pouca ou nenhuma ajuda em vigas T, já nos caso de peças fissuradas (**Estádio II**) a diminuição da deformação é pequena.

### **7.3 Aumentar a armadura de tração**

O aumento da armadura de tração, mesmo que não seja necessário para a segurança no ELU (Estado Limite Último), pode diminuir significativamente as deformações em vigas fissuradas. Em vigas e lajes com pouca armadura e, portanto, pequena rigidez no Estádio II, essa opção é bastante útil, já para peças no Estádio I não traz resultados significativos.

### **7.4 Aumentar a armadura de compressão**

O aumento da armadura de compressão não diminui deformações imediatas, mas pode reduzir em até 50% o incremento das deformações como o tempo, decorrentes da retração e da fluência. O incremento de flecha ao longo do tempo se deve a dois fatores, a fluência (deformação lenta) e a retração diferencial. É possível obter melhores resultados quando aplicamos este aumento de armadura de compressão em vigas altas do que em vigas chatas e lajes, devido a linha neutra estar muito próxima a armadura de compressão seu efeito é pouco significativo.

### **7.5 Colocar ou aumentar a armadura de protensão**

Nas peças protendidas, a protensão são projetadas para balancear parte da carga, isto é, provocar uma carga equivalente para cima, que equilibra parte da carga permanente



e da sobre carga. O incremento de deslocamentos no tempo será pequena porque a fluência amplificará somente uma pequena flecha inicial.

## **7.6 Modificar a geometria da estrutura**

Soluções comuns para o enrijecimento da estrutura constituem-se em aumentar o número de pilares para reduzir o comprimento dos vãos, colocar vigas transversais adicionais para criar o funcionamento em duas direções: são as grelhas, nas quais no entanto são mais difíceis de montar as armaduras em obra. Pode-se também aumentar a seção dos pilares para criar mais momentos negativos, especialmente efetivo nos apoios extremos.

## **8 OPÇÕES DE SELEÇÃO DE MATERIAIS**

De acordo com RIPPER (1998) a correta escolha do tipo de cimento, tipo de agregados tem influência importantíssima nas características mecânicas do concreto, como por exemplo: existem regiões do Brasil que só se obtém concreto com razoável módulo de elasticidade se forem “importados” agregados de outras regiões. Um melhor módulo de elasticidade obtém-se como resultados peças não fissuradas e uma redução da flecha. Portanto deve-se agregar materiais que aumentam a resistência a tração do concreto

### **8.1 Seleção de traços que aumentam o módulo de elasticidade e resistência à tração do concreto**

Além de uma resistência à compressão efetivamente garantida, boa resistência à tração e módulo de elasticidade, e baixa retração e fluência. Pode-se especificar em projetos valores para esses parâmetros, porém os ensaios de recebimento que caracterizam o concreto à retração e à fluência são caros, ficando infelizmente na suposição que esse comportamento seja adequado para o material fornecido.

### **8.2 Resultados de um concreto com melhor resistência à tração**

Peças não fissuradas não terão em princípio de melhora de comportamento à deformações para valores mais elevados da resistência à tração. Já as peças fissuradas, terão menos fissuras, ou eventualmente não fissurarão, o que melhora substancialmente seu comportamento.

## **9 OPÇÕES DE PROCEDIMENTOS DE OBRA**

### **9.1 Retardar o primeiro carregamento do concreto**

O carregamento antecipado aumenta a fluência, que faz com que as deformações ao longo do tempo aumentem substancialmente.

### **9.2 Planejar os procedimentos de escoramento e reescoramento**

Muitos estudos indicam que a carga introduzidas nos pavimentos pelo escoramento e reescoramento pode ser até duas vezes o peso próprio desses. Nota-se ainda que os pavimentos, mesmo com reescoramento, são submetidos a mais de 30% do seu peso próprio na idade de quatro a cinco dias, o que constitui um carregamento bastante prematuro, ficando a laje sobre-solicitada e fica microfissurada ou fissurada. Um maior número de pavimento com reescoras, assim como uso de escoras permanentes e seqüências adequadas de retirada das escoras, diminuem essas cargas.

### **9.3 Cura para assegurar a resistência à tração potencial do concreto e para diminuir retração e fluência**

A cura inadequada leva o concreto a maiores deformações de retração. Em decorrência, surgem tensões de tração maiores que sua resistência à tração, surgindo fissuras. Uma boa cura diminui também o valor da fluência.

### **9.4 Utilizar contra-flechas em laje e vigas**

Com os sistemas modernos de fôrmas a introdução de contra-flechas não é conveniente, porém existem situações onde tal procedimento pode ser útil e aplicável.

### **9.5 Evitar o rebaixamento das armaduras negativas**

O rebaixamento dos negativos sempre reduz a resistência da peça (ELU). Seu efeito em peças não-fissuradas é mínimo; porém em peças fissuradas, principalmente as lajes diminui a rigidez das peças aumentando suas deformações. Nos balanços esse fato é de extrema importância.

## **10 PATOLOGIAS**

Segundo CUNHA (1996) as patologias nas construções podem levar a acidentes estruturais, e em muitos casos com vítimas fatais. As patologias podem ter suas origens em qualquer uma das atividades inerentes ao processo da construção, ou seja, concepção, execução ou utilização da obra. Paralelamente a isto, podemos também visualizar o problema como uma consequência de ações humanas tais como a falta de capacitação técnica do pessoal envolvido no processo (tanto na etapa de concepção como nas de execução e de manutenção), utilização de material de baixa qualidade, de causas naturais ligadas ao envelhecimento dos materiais componentes das estruturas e de ações externas, tais como choques, ataques químicos devido a poluição atmosférica causado pelo alto grau de industrialização das cidades, ataques físicos relativos ao meio ambiente e ataques biológicos.

Evitar o aparecimento das patologias é um desafio ao profissional de Engenharia Civil que, conhecendo as causas e efeitos pode efetuar a execução da obra de forma adequada para que não ocorram futuros problemas, evitando insatisfação dos clientes e prejuízos tanto monetários quanto à imagem do profissional responsável.

### **10.1 Principais causas das patologias**

Segundo GRANATO (2004) podemos verificar na Tabela 1 os indicadores expressos em porcentagem divididos entre as diferentes etapas envolvidas no processo da construção em vários países.

Tabela 1 – Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto.

Fontes de Pesquisa	Projeto	Materiais	Execução	Outras
Edward Grunau	44	18	28	10
D.E.Allen (Canadá)	55	← 49 →		--
C.S.T.C. (Bélgica)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157	50	← 40 →		10
<b>FAAP – Verçoza (Brasil)</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>52</b>	<b>24</b>
B.R.E.A.S. (Reino Unido)	58	12	35	11
Bureau Securitas	← 88 →			12
E.N.R. (USA)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça)	46		44	10
Dov Kaminetzky	51	← 40 →		16
Jean Blénot (França)	35	--	65	--
L.E.M.I.T. (Venezuela)	19	5	57	--

Fonte: GRANATO (2004)

Podemos verificar de acordo com a Tabela 1 que no Brasil o principal problema é a execução, facilmente explicado pela falta de qualificação de nossa mão de obra, além da falta de planejamento com que as edificações são executadas. A seguir pode-se destacar alguns tipos de erros nas edificações:

### 10.1.1 Erros de projeto

Podem ocorrer por falta de capacidade técnica do profissional responsável ou por falta de detalhamento no projeto para execução da obra. Atualmente existem ferramentas muito úteis como softwares de cálculos estruturais, cujo uso por profissionais com pouca experiência podem acarretar em erros de cálculos devido a inserção de dados incorretos no sistema.

### 10.1.2 Erros de execução

Ocorrem devido a falta de acompanhamento do responsável e baixo nível de conhecimento técnico da mão de obra.

Segundo CUNHA et all (1996) as patologias ocasionadas por erros de execução são geradas por adoção de procedimentos executivos inadequados, como:

- Retirada do escoramento e desfôrma sem que o concreto obtenha resistência mínima;
  - Juntas de concretagem mal tratadas, com falhas ou material desagregado;
  - Cobrimento desrespeitado por má colocação das armaduras – ocorrência freqüente em lajes;
  - Ajuste feito no canteiro de detalhes mal elaborados no projeto, conduzindo a soluções também inadequadas. Nestes casos, salvo quando há engenheiro qualificado para efetuar mudanças no projeto, elas devem ser solicitadas ao autor;
  - Montagem deficiente das fôrmas, deixando desníveis ou vazios entre as pranchas de madeira, o que prejudica a colocação do concreto, sua vibração e, por conseqüência, sua qualidade e capacidade de proteger a armadura;
  - Uso de revestimento de fachadas de materiais de baixa qualidade, inadequados ou mal aplicados, permitem a infiltração de umidade e outros agentes agressivos comprometedores da durabilidade das estruturas;
  - Impermeabilização deficiente, ou mesmo falta da mesma na alvenaria de embasamento, floreiras e áreas molhadas como em prédios e sobrados;
  - Chumbamento descuidado de elementos metálicos da estrutura, pelos quais se inicia o processo de corrosão, e que acaba atacando as armaduras;
  - Uso de materiais inadequados na mistura do concreto ou dos revestimentos que lhe são aplicados. Neste caso, a colocação de aditivos de qualquer tipo deve ser feita levando-se em conta também seus efeitos colaterais sobre a estrutura. Não se pode empregar produtos que, pelo alto teor de elementos tais como sulfatos ou cloretos, venham produzir a longo prazo um efeito danoso, apesar de todos os benefícios que possam ter no momento de sua aplicação, o rigoroso controle dos materiais deve ser feito sempre.
- Adição de água acima do especificado no traço do concreto, com o aumento da relação água / cimento diminui a resistência do mesmo consideravelmente.

### **10.1.3 Falhas de materiais**

Muitas vezes devido ao custo do material opta-se por itens de menor valor, conseqüentemente, na maioria das vezes a qualidade do produto também é menor. Deve-se saber a procedência dos materiais, realizar análises físicas e químicas (dependendo do material e da utilização). A falha dos materiais estão ligadas diretamente aos erros de execução, pois um bom material corretamente especificado em mãos de um profissional desqualificado ou um material de má qualidade nas mãos de um profissional treinado podem muito provavelmente propiciar em uma futura patologia. Portanto é muito importante utilizar os materiais adequados com mão de obra treinada.

### 10.1.4 Utilização da obra

Freqüentemente ao longo do tempo é comum que os proprietários dos imóveis queiram efetuar alterações no uso das estruturas. Isso implica em remanejamentos e, na maioria das vezes o aumento de cargas permanentes. Os cálculos para alteração da edificação quando efetuados, muitas vezes, não são executados de forma correta, ou por falta de capacidade do profissional ou por falta de informações do projeto original. As conseqüências são flechas e rotações excessivas, freqüentemente associadas a fissuração excessiva pelo aumento de tensão na armadura de tração, dentre outros aspectos.

## 10.2 Principais tipos de patologias

Muitas são as patologias, dentre elas as principais são:

### 10.2.1 Trincas e fissuras

Segundo THOMAS (1989) dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam as construções, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais:

- O aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura;
- O comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.);
- Constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

As trincas, em geral, são ocorrências muito comuns nas casas e prédios. Surgem em função de muitas causas diferentes e, em função do seu tamanho, podem também ser chamadas de fissuras ou rachaduras, onde:

**FISSURA:** É a trinca bem fininha, quase invisível.

**RACHADURA:** É a trinca grande, larga. Muitas vezes atingem dimensões em que se pode enfiar um lápis.

Segundo WATANABE (2004) podemos visualizar na Figura 10 alguns tipos de trincas e fissuras e as devidas causas:

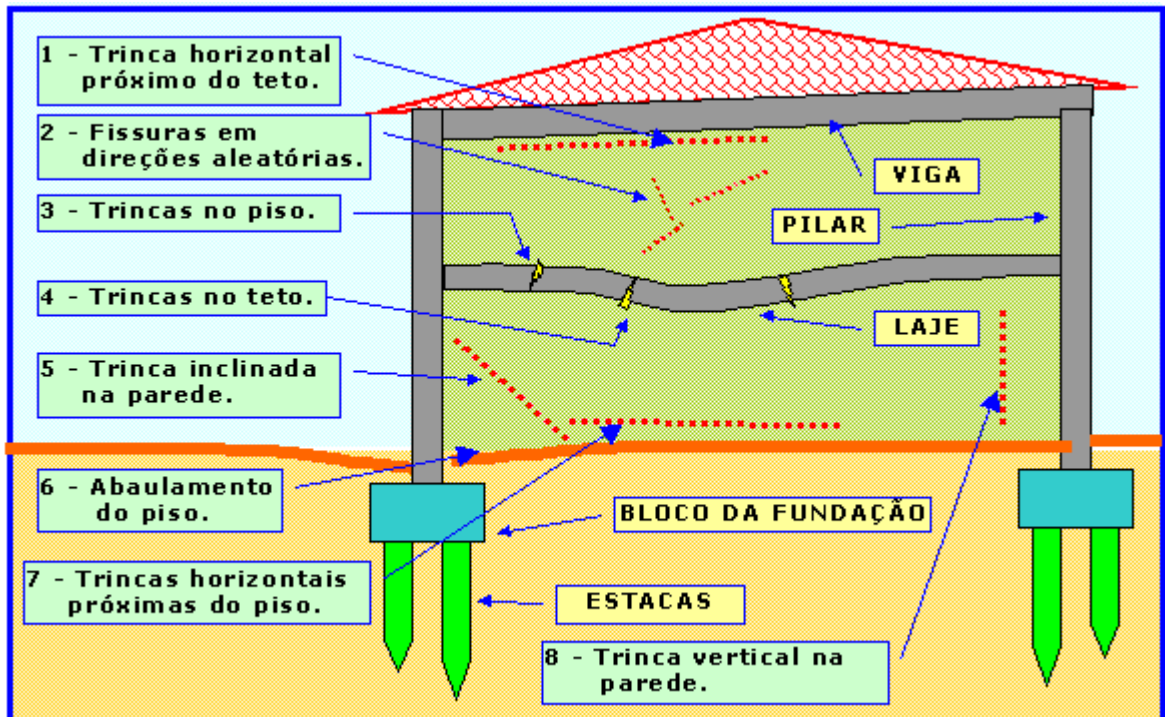


Figura 10 – Ilustração de alguns tipos de trincas e fissuras e suas causas em edificações.

Fonte: WATANABE (2004)

Sendo que:

1 - Trinca horizontal próximo do teto pode ser devido ao adensamento da argamassa de assentamento dos tijolos ou falta de amarração da parede com a viga superior.

2 - Fissuras nas paredes em direções aleatórias pode ser devido à falta de aderência da pintura, retração da argamassa de revestimento, retração da alvenaria ou falta de aderência da argamassa à parede.

3 - Trincas no piso podem ser produzidas por vibrações de motores, excesso de peso sobre a laje ou fraqueza da laje. Verificar se há trincas na parte de baixo (ver item 4). Se tiver é grave.

4 - Trincas no teto podem ser causadas pelo recalque da laje, falta de resistência da laje ou excesso de peso sobre a laje. Pode ser grave.

5 - Trincas inclinadas nas paredes é sintoma de recalques. Um dos lados da fundação não agüentou ou não está agüentando o peso e afundou ou está afundando. Geralmente é grave.



6 - O abaulamento do piso pode ser causado por recalque das estruturas, por expansão do sub-solo ou colapso do revestimento. Quando causados por recalque, são acompanhados por trincas inclinadas nas paredes. Os solos muito compressíveis, com a presença da água, se expandem e empurram o piso para cima.

7 - As trincas horizontais próximas do piso podem ser causadas pelo recalque do baldrame ou mesmo pela subida da umidade pelas paredes, por causa do colapso ou falta de impermeabilização do baldrame.

8 - Trinca vertical na parede é causada, geralmente pela falta de amarração da parede com algum elemento estrutural como pilar ou outra parede que nasce naquele ponto do outro lado da parede.

Ainda segundo GRANATO (2004) temos ainda os tipos de trinca segundo Figura 11 relacionados com as devidas causas mostrados na Tabela 2.

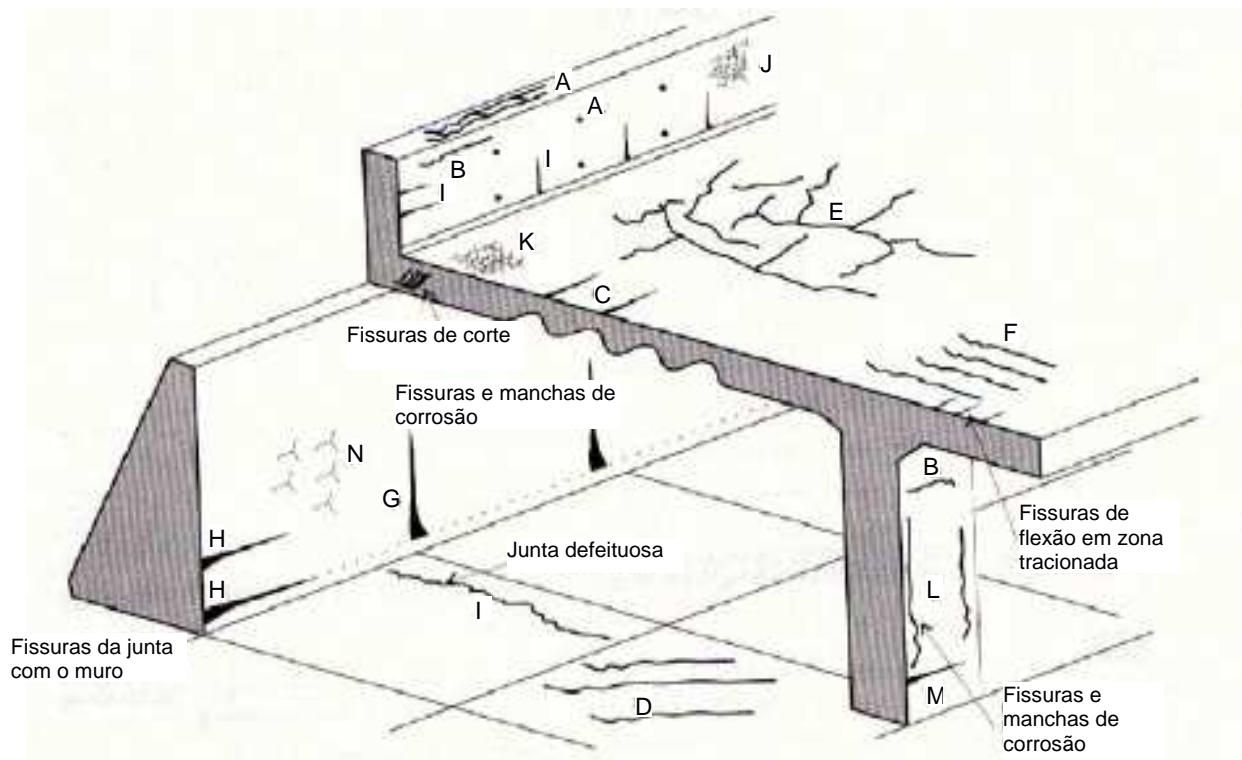


Figura 11– Causas da fissuração.

Fonte: GRANATO (2004)

Tabela 2 – Causas da fissuração.

Tipo de fissura	Posição na figura	Sub divisão	Local mais usual	Causa Primária	Causa Secundária	Soluções	Idade da Aparição
Assentamento Plástico	A	Sobrearma dura	Bordas	Exudação do concreto	Secagem rápida do concreto	Reduzir exudação (incorporar ar) revibrar	De 10 minutos a 3 horas
	B	Arco	Parte superior dos pilares				
	C	Mudança de espessura	Lajes esbeltas				
Retração plástica	D	Diagonal	Pavimentos e placas	Secagem rápida	Baixa velocidade de exudação	Melhorar cura nas primeiras horas	De 30 minutos a 3 horas
	E	Aleatória	Lajes				
	F	Sobre a armadura	Lajes				
Origem térmica	G	Coesão externa	Muro espesso	Excesso de calor de hidratação	Esfriamento rápido	Reduzir calor ou isolar	1 dia a 4 semanas
	H	Coesão interna	Placas espessas	Altos gradientes de temperatura			
Retração de longo prazo	I		Placas delgadas e muros	Juntas ineficazes	Retração excessiva Cura ineficaz	Reduzir fator água / cimento Melhorar cura	Várias semanas ou meses
Acabamento	J		Concreto aparente	Fôrma impermeável	Misturas ricas Cura pobre	Melhorar a cura e o acabamento	1 a 7 dias ou Muito mais tarde
	K		Placas	Excesso de alisamento			
Corrosão de armadura	L	Natural	Suporte e vigas	Falta de cobrimento da armadura	Qualidade do concreto	Eliminar causas	Mais de 2 anos
	M	Cloreto de Cálcio	Concreto	Excesso de cloreto			
Reação álcali agregado	N		Locais úmidos	Agregados reativos + cimento com alto teor de álcalis		Eliminar causas	Mais de 5 anos

Fonte: GRANATO (2004)

Já segundo THOMAS (1989), as fissuras são provocadas por tensões oriundas de atuação de sobrecargas ou de movimentações de materiais, dos componentes ou da obra como um todo, e são acarretados pelos seguintes fenômenos:

- Movimentações provocadas por variações térmicas;
- Movimentações provocadas por variações higroscópicas;
- Atuação de sobrecargas ou concentração de tensões;
- Deformabilidade excessiva da estrutura;
- Recalques diferenciais das fundações;
- Retração de produtos à base de ligantes hidráulicos;

- Alterações químicas de materiais de construção.

### 10.2.1.1 Fissuras causadas por movimentações térmicas

Conforme THOMAS (1989) os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura sazonais e diárias. Estas variações repercutem numa variação dimensional dos materiais de construção, dilatação ou contração, os quais são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se nos materiais, tensões que poderão provocar o aparecimento de fissuras.

As movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura. A magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material.

As trincas de origem térmica podem também surgir por movimentações diferenciadas, na qual também é importante levar-se em consideração não só a amplitude da movimentação, mas também a rapidez com que essa ocorre. Essas movimentações ocorrem em função de:

- Junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura;
- Exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais;
- Gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente;

Abaixo as Figuras de 12 a 19 ilustram alguns exemplos de patologias causados por movimentações térmicas:

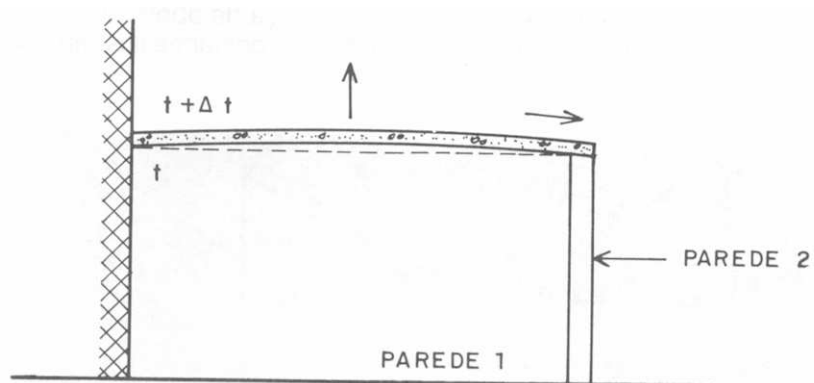


Figura 12 – Movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura.

Fonte: THOMAS,(1989)

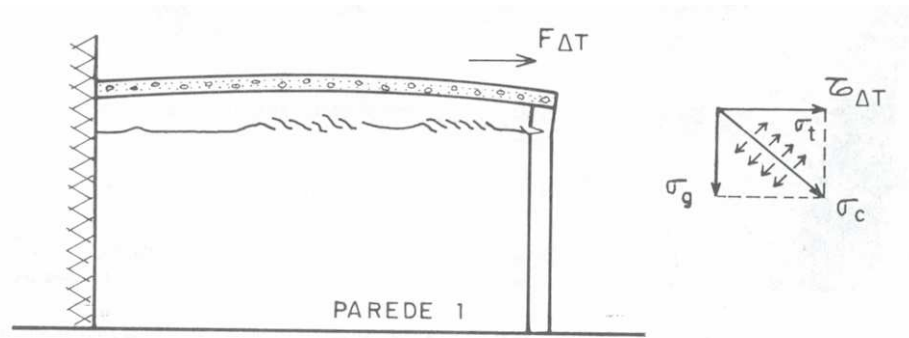


Figura 13 – Trinca típica presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.

Fonte: THOMAS, (1989)

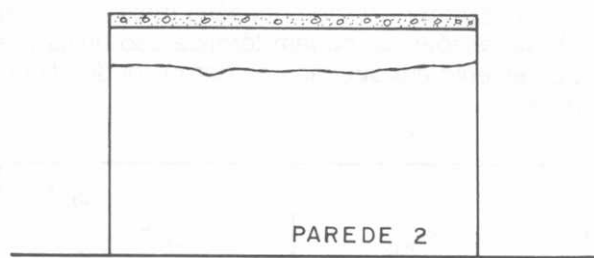


Figura 14 – Trinca típica presente no topo da parede paralela à largura da laje.

Fonte: THOMAS, (1989)

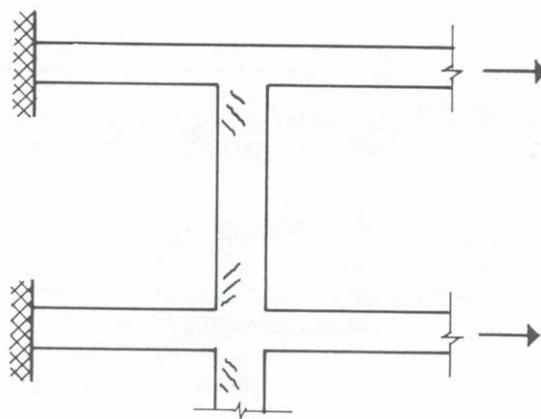


Figura 15 – Pilar fissurado devido à movimentação térmica das vigas de concreto armado.

Fonte: THOMAS, (1989)

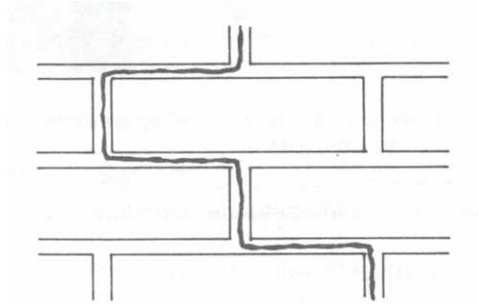


Figura 16 – Trinca vertical: a resistência à tração dos componentes de alvenaria é superior à resistência à tração da argamassa ou à tensão de aderência argamassa / blocos.

Fonte: THOMAS, (1989)

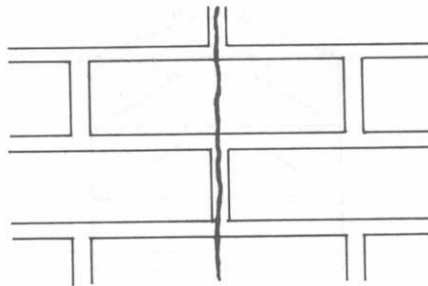


Figura 17 – Trinca vertical: a resistência à tração dos componentes de alvenaria é igual ou inferior à resistência à tração da argamassa.

Fonte: THOMAS, (1989)

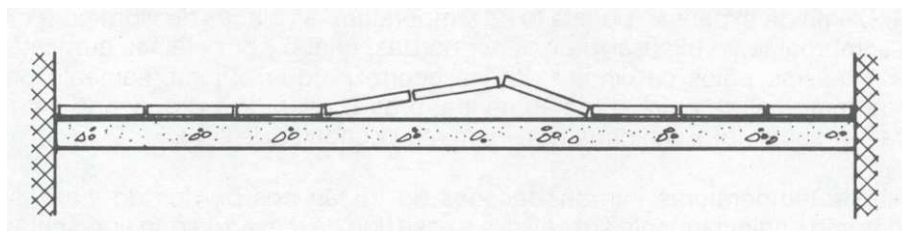


Figura 18 – Destacamento do revestimento do piso, sob ação de sua dilatação térmica ou da contração térmica da estrutura.

Fonte: THOMAS,(1989)

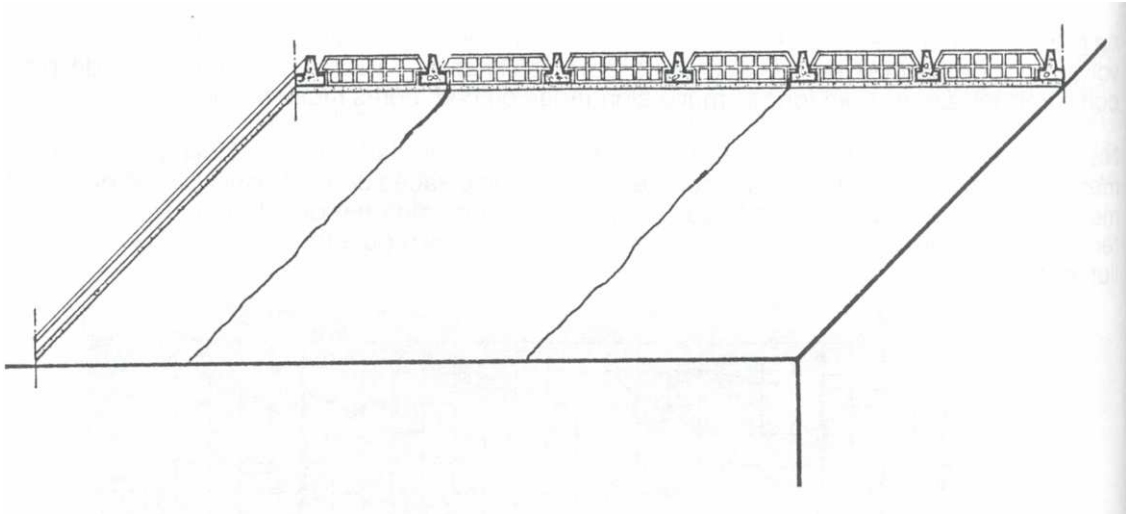


Figura 19 – Fissuras provocadas por movimentações térmicas em forro constituído por laje mista.

Fonte: THOMAS, (1989)

### 10.2.1.2 Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

Segundo THOMAS (1989) as mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção. O aumento do teor de umidade produz uma expansão do material, enquanto que, a diminuição desse teor provoca uma contração. No caso da existência dos vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo.

A umidade pode ter acesso aos materiais de construção através de diversas vias, ou seja:

- Umidade resultante da produção dos componentes construtivos à base de ligantes hidráulicos - Se utilizado água superior à necessária para que ocorram as reações químicas, esta permanece em estado livre no interior dos componentes e, ao se evaporar provoca contração do material;
- Umidade proveniente da execução da obra – É usual umedecerem os componentes de alvenaria no processo de assentamento, ou mesmo painéis de alvenaria que receberão argamassas de assentamento, esta prática é correta, pois visa impedir a retirada brusca de água da argamassa. Porém neste processo pode-se elevar a umidade dos componentes acima da umidade higroscópica de equilíbrio provocando expansão do material.
- Umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos – Os materiais podem absorver água antes mesmo de serem utilizados na obra, durante o transporte ou no

armazenamento. Durante a vida da construção as faces de seus componentes voltadas para o exterior poderão absorver quantidades consideráveis de água de chuva;

- Umidade do solo – A água presente no solo poderá ascender por capilaridade à base da construção. Não havendo impermeabilização eficiente entre o solo e a base da construção, a umidade terá acesso aos seus componentes, trazendo sérios inconvenientes a pisos e paredes do andar térreo.

Podemos identificar alguns exemplos de patologias causados por movimentações higroscópicas nas Figuras 20 e 21.

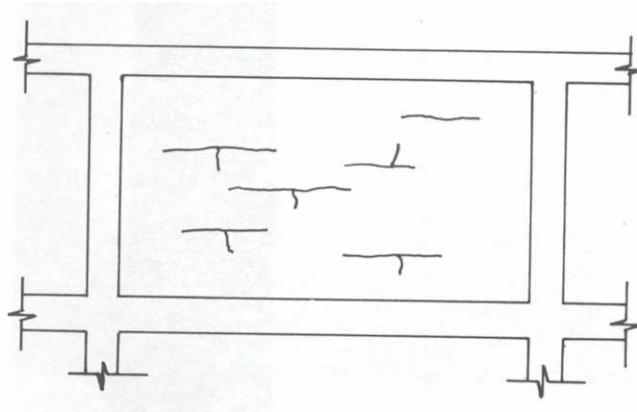


Figura 20 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes a da expansão dos tijolos: o painel é solicitado à compressão na direção horizontal.

Fonte: THOMAS, (1989)

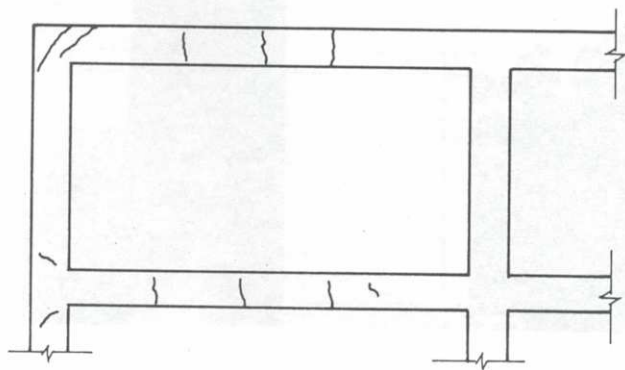


Figura 21– Trincas nas peças estruturais: a expansão da alvenaria solicita o concreto à tração.

Fonte: THOMAS, (1989)

### 10.2.1.3 Fissuras causadas por atuação de sobrecargas

A atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Essas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha ocorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode também estar ocorrendo a sollicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista.(THOMAS,1989).

A atuação de sobrecargas, previstas ou não em projeto, pode produzir o fissuramento de componentes de concreto armado sem que isto implique, necessariamente na ruptura do componente ou instabilidade da estrutura. A ocorrência de fissuras num determinado componente estrutural implica na redistribuição das tensões ao longo do componente fissurado e nos componentes vizinhos, de tal maneira que a sollicitação externa acaba sendo absorvida pela estrutura ou parte dela. Logicamente este raciocínio não pode ser utilizado de forma indiscriminada.

Nas figuras 22 a 27 temos alguns exemplos de patologias causados por atuação de sobrecargas:

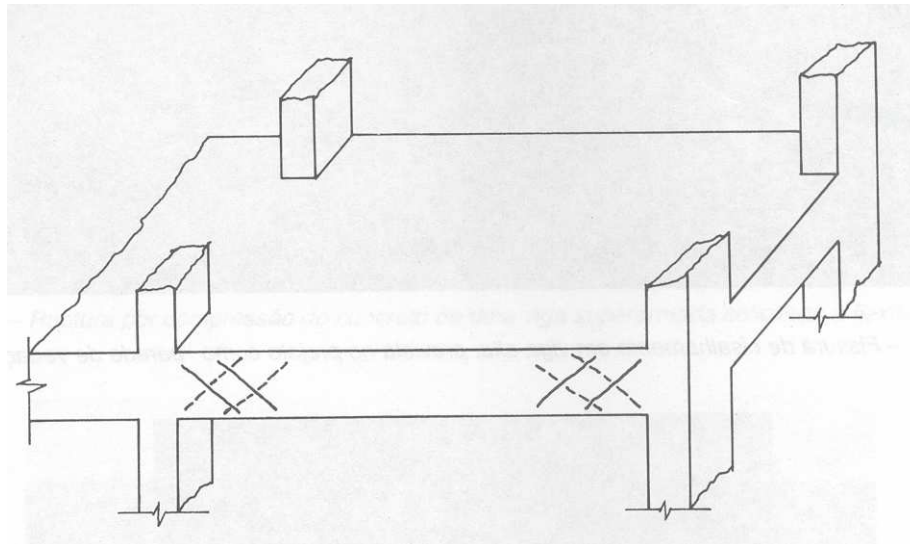


Figura 22 – Fissuras provocadas por torção.

Fonte: THOMAS, (1989)



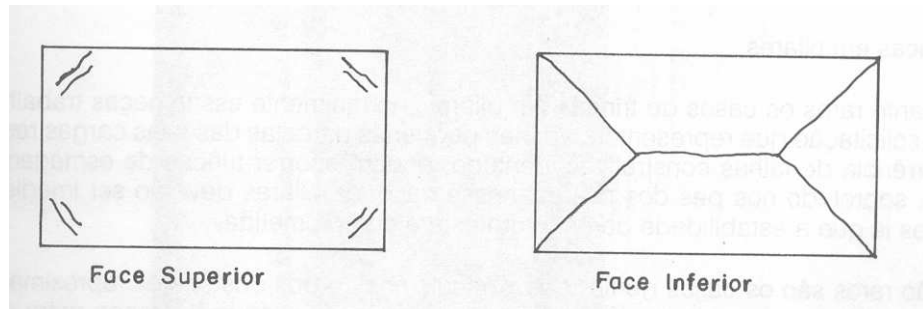


Figura 23 – Fissuramento típico em lajes simplesmente apoiadas.

Fonte: THOMAS, (1989)

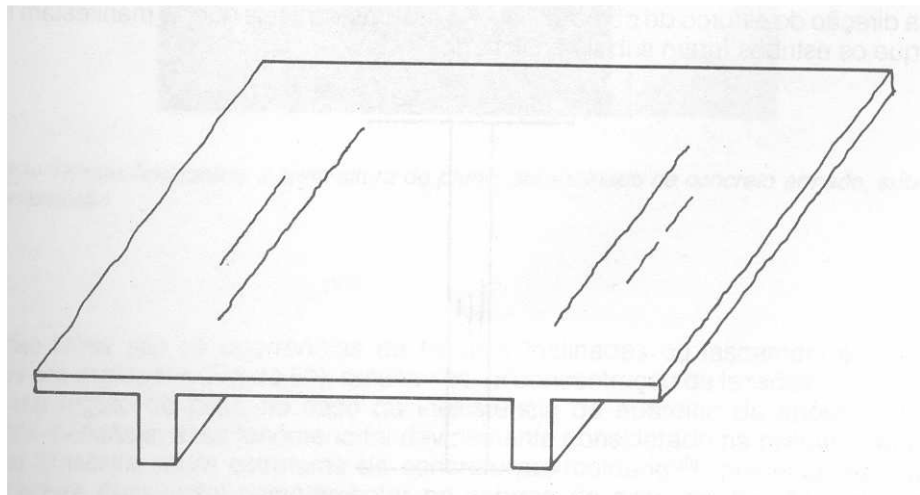


Figura 24 – Trincas na face superior da laje devidas à ausência de armadura negativa.

Fonte: THOMAS, (1989)

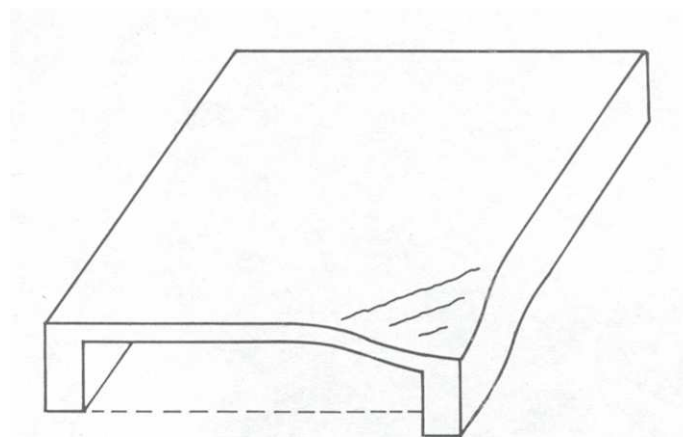


Figura 25 – Trincas inclinadas devidas à torção da laje.

Fonte: THOMAS, (1989)

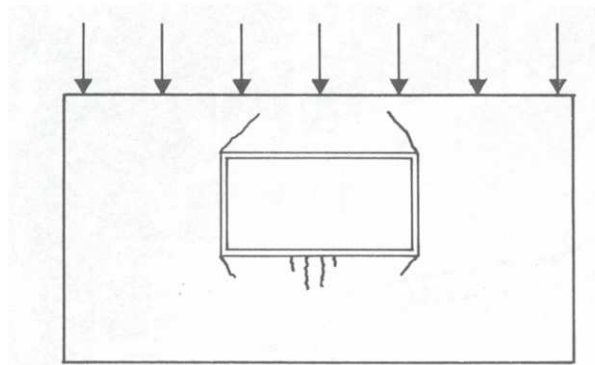


Figura 26 – Fissuração teórica no entorno da abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical.

Fonte: THOMAS, (1989)

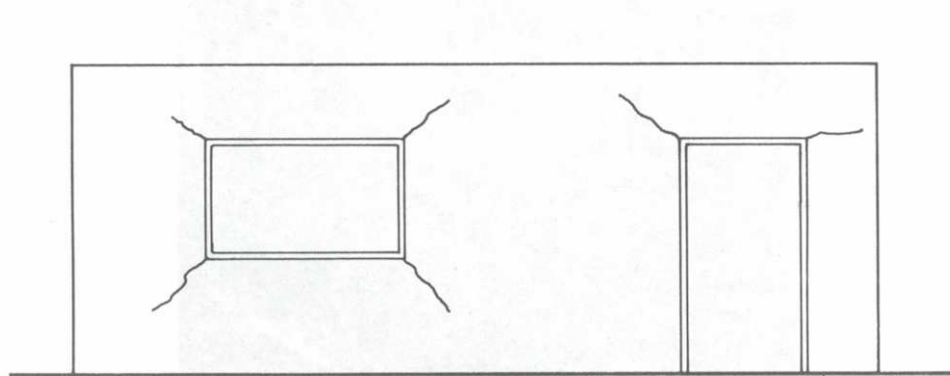


Figura 27 – Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas.

Fonte: THOMAS,(1989)

#### 10.2.1.4 Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado

Com a evolução tecnológica do concreto armado, representada pela fabricação de aços com grande limite de elasticidade, produção de cimentos de melhor qualidade e desenvolvimento de métodos refinados de cálculo, as estruturas estão se tornando cada vez mais flexíveis, o que torna a análise mais cuidadosa das suas deformações e de suas respectivas conseqüências.(THOMAS,1989)

Vigas e lajes deformam-se naturalmente sob ação do peso próprio, das demais cargas permanentes e acidentais e mesmo sob efeito da retração e da deformação lenta do concreto. Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer em

nada sua própria estética, a estabilidade e a resistência da construção. Tais flechas entretanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes ou outros componentes que integram os edifícios.

Os componentes mais suscetíveis à deformação de vigas e lajes são as alvenarias. Seguem nas Figuras 28 a 33 alguns exemplos que identificam esse aspecto:

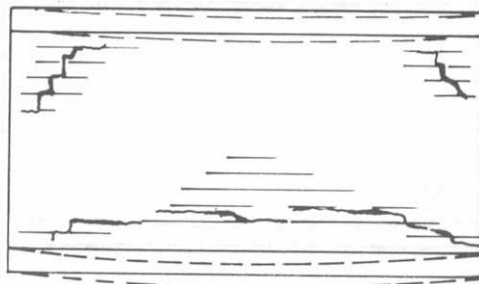


Figura 28 – Trincas em parede de vedação: deformação do suporte maior que a deformação da viga superior.

Fonte: THOMAS, (1989)

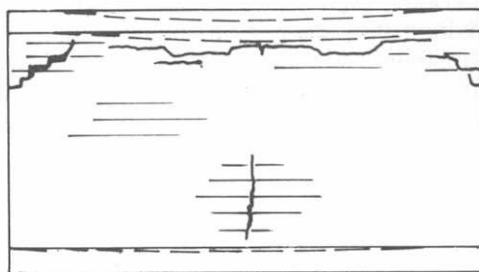


Figura 29 – Trincas em parede de vedação: deformação do suporte inferior à deformação da viga superior.

Fonte: THOMAS, (1989)

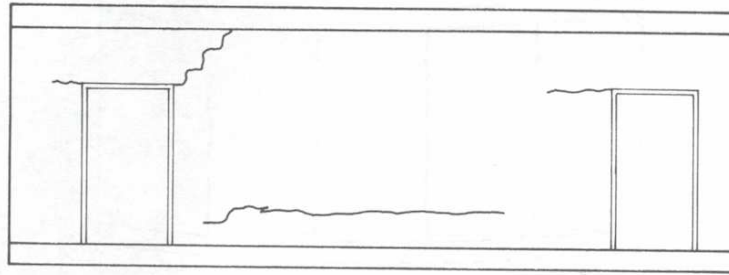


Figura 30 – Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais.

Fonte: THOMAS, (1989)

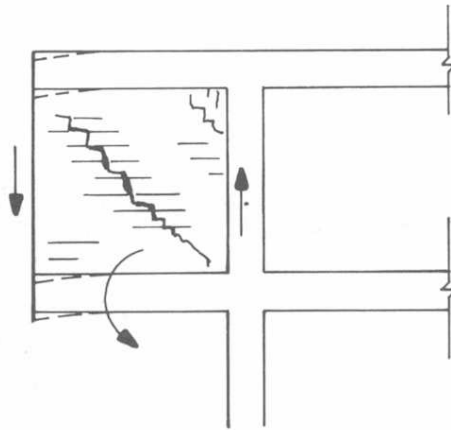


Figura 31 – Trincas na alvenaria, provocadas por deflexão da região em balanço da viga.

Fonte: THOMAS, (1989)

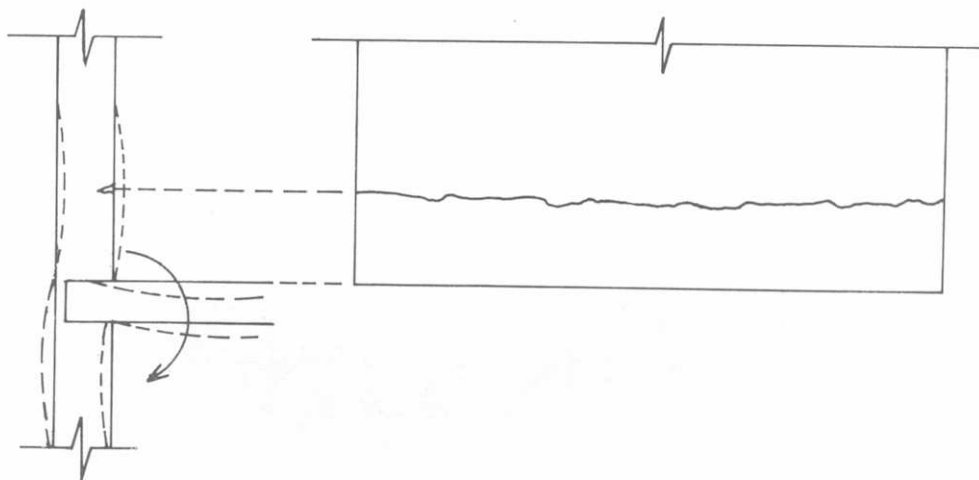


Figura 32 – Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje.

Fonte: THOMAS, (1989)

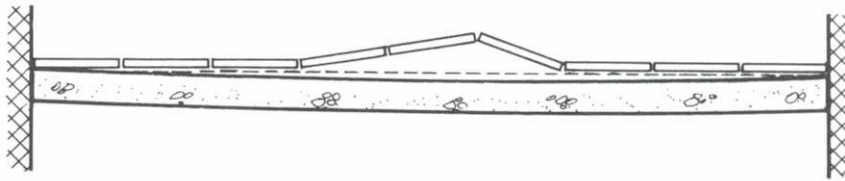


Figura 33 – Destacamento de piso cerâmico devido à excessiva deformação da laje.

Fonte: THOMAS, (1989)

### 10.2.1.5 Fissuras causadas por recalques de fundação

Segundo THOMAS (1989) no dimensionamento dos elementos de fundação de uma obra procura-se, através dos resultados de sondagens, apoiá-los em solo resistente nos quais é possível aplicar pressões mais elevadas, de tal modo que as deformações resultantes não comprometam a integridade da estrutura. Entretanto, essas pressões, embora elevadas, devem ser limitadas, às custas de um coeficiente de segurança adequado, de tal maneira que não venha a ocorrer uma ruptura generalizada do solo, sendo que, a atenção deve ser dirigida às deformações consideradas excessivas. Assim, a pressão máxima, admissível, utilizada no projeto, deverá ser aquela que, com um coeficiente de segurança adequado, não ocorra deformações dos elementos de fundação, prejudiciais à estrutura da obra.

A capacidade de carga e a deformabilidade dos solos são constantes, sendo função dos seguintes fatores mais importantes:

- Tipo e estado do solo (areia nos vários estados de compactidade ou argilas nos vários estados de consistência);
- Disposição do lençol freático;
- Intensidade da carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação;
- Dimensões e formato da placa carregada (placas quadradas, retangulares, circulares);
- Interferência de fundações vizinhas.

Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e não raras vezes material orgânico. Sob efeito de cargas externas todos os solos, em maior ou menor proporção, se deformam. No caso em que estas deformações sejam

diferenciadas ao longo do plano das fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura da mesma, podendo gerar o aparecimento de trincas.

Os danos causados em estruturas convencionais, devidos a recalques diferenciais de elementos de fundação, podem ser agrupados em três categorias:

- **Danos arquitetônicos:** causados à estética da construção tais como trincas em alvenaria e revestimentos;
- **Danos estruturais:** causados à estrutura propriamente dita tais como trincas em lajes vigas e pilares;
- **Danos funcionais:** causados à utilização da edificação tais como emperramentos de portas e janelas, desgaste excessivo de elevadores, que são causados principalmente pelo desaprumo do edifício.

Podemos visualizar nas figuras 34 a 40 alguns exemplos de patologias causados por recalques de fundação.

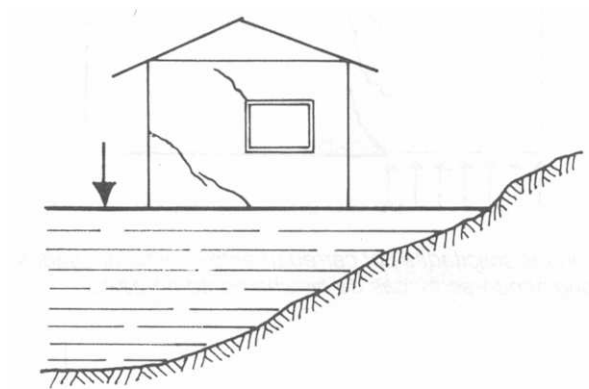


Figura 34 – Recalque diferenciado , por consolidação distintas do aterro carregado.

Fonte :THOMAS,(1989)

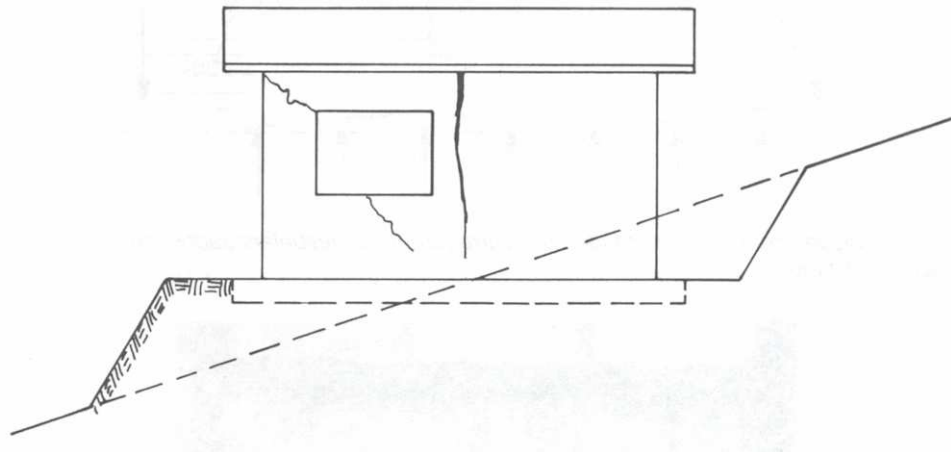


Figura 35 – Fundações assentados sobre seções de corte e aterro;trincas de cisalhamento nas alvenarias.

Fonte:THOMAS, (1989)

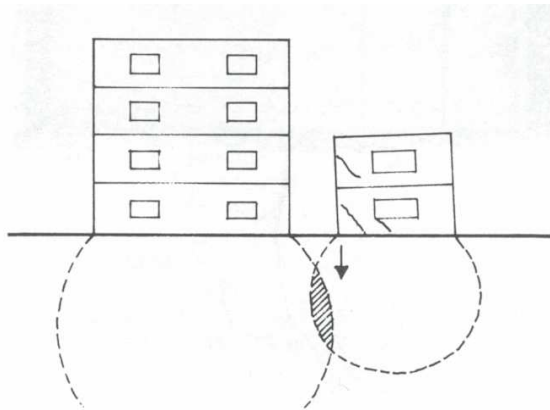


Figura 36 – Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões ,em função da construção de um edifício maior.

Fonte:THOMAS, (1989)

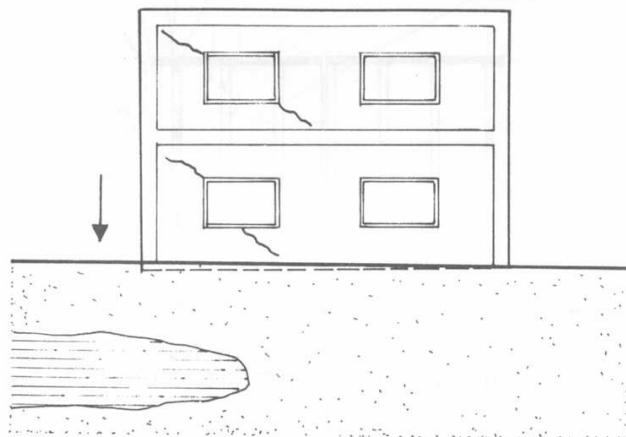


Figura 37 – Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo.

Fonte: THOMAS, (1989)

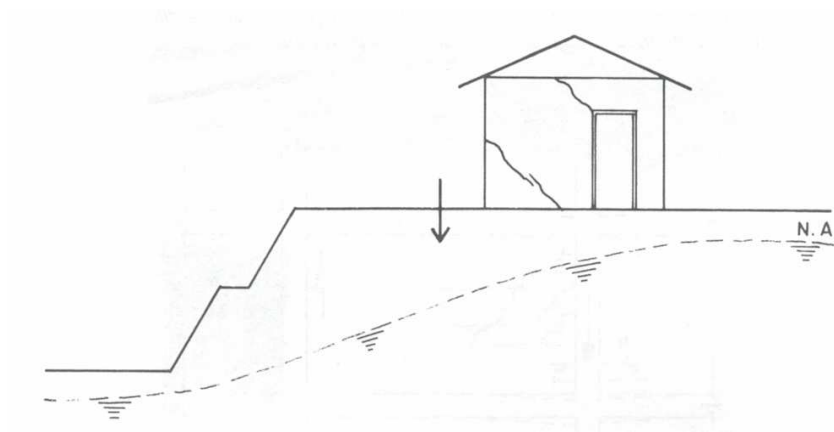


Figura 38 – Recalque diferenciado, por rebaixamento do lençol freático; foi cortado o terreno à esquerda do edifício.

Fonte: THOMAS, (1989)

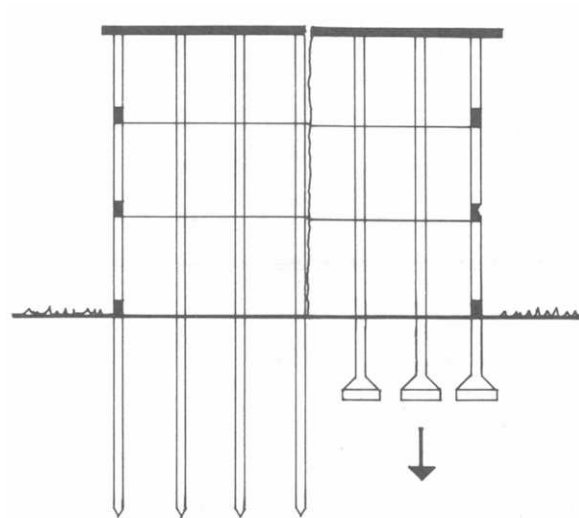


Figura 39 – Diferentes sistemas de fundação na mesma construção: recalques diferenciados entre os sistemas, com a presença de trincas de cisalhamento no corpo da obra.

Fonte: THOMAS, (1989)



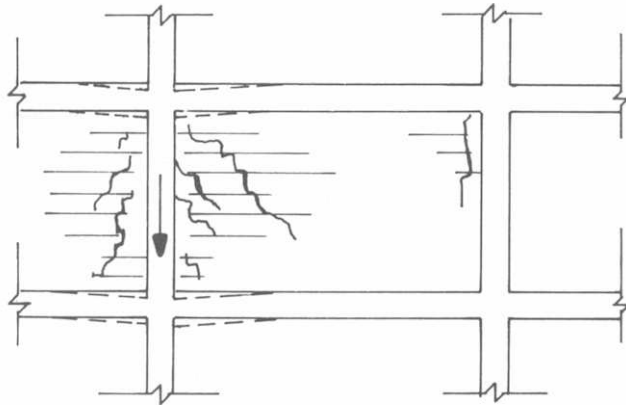


Figura 40 – Recalques diferenciados entre pilares: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu maior recalque.

Fonte: THOMAS, (1989)

### 10.2.1.6 Fissuras causadas pela retração dos produtos à base de cimento

Segundo THOMAS (1989) a hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis, ocorrendo na hidratação a formação de uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros.

De acordo com COSTA (1993) , para que ocorra a reação química completa (estequeométrica) entre a água e os compostos anidros é necessário cerca de 22 a 32% de água em relação à massa do cimento. Para a constituição do gel é necessária uma quantidade adicional em torno de 15 a 25%. Em média, uma relação água/cimento de aproximadamente 0,40 é suficiente para que o cimento se hidrate completamente.

Ainda, segundo THOMAS (1989), em função da trabalhabilidade necessária , os concretos e argamassas normalmente são preparados com água em excesso, o que vem acentuar a retração. Na realidade, é importante distinguir três formas de retração que ocorrem num produto preparado com cimento, ou seja:

- **Retração química:** A reação química entre o cimento e a água se dá com a redução do volume; devido às grandes forças interiores de coesão, a água combinada quimicamente (22 a 32%) sofre uma contração de cerca de 25% de seu volume original;
- **Retração de secagem:** a quantidade excedente de água, empregada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se

posteriormente; tal evaporação gera forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa produzindo a redução do seu volume;

- **Retração por carbonatação:** a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio. Esta reação é acompanhada de uma redução de volume, gerando a chamada retração por carbonatação.

Inúmeros fatores intervêm na retração de um produto à base de cimento, sendo os principais:

- **Composição química e finura do cimento:** a retração aumenta com a finura do cimento e com seu conteúdo de cloretos e álcalis;
- **Quantidade de cimento adicionada à mistura:** quanto maior o consumo de cimento, maior a retração;
- **Natureza do agregado:** quanto maior o módulo de deformação do agregado, maior sua suscetibilidade à compressão isotrópica anteriormente mencionada e, portanto, maior a retração. Maior retração também para agregados com maior poder de absorção de água (basalto e agregados leves, por exemplo);
- **Granulometria dos agregados:** quanto maior a finura dos agregados, maior será a quantidade necessária de pasta de cimento para recobri-los e, portanto, maior será a retração;
- **Quantidade de água na mistura:** quanto maior a relação água / cimento, maior a retração da secagem;
- **Condições de cura:** se a evaporação de água iniciar-se antes do término da pega do aglomerante, isto é, antes de começarem os primeiros enlaces entre os cristais desenvolvidos com a hidratação, a retração poderá ser acentuadamente aumentada.

Desses seis fatores citados como principais, a relação água cimento é sem dúvida o que mais influencia a retração de um produto constituído por cimento.

Nas figuras 41 e 42 podemos ver alguns tipos de trincas devido a retração das peças.

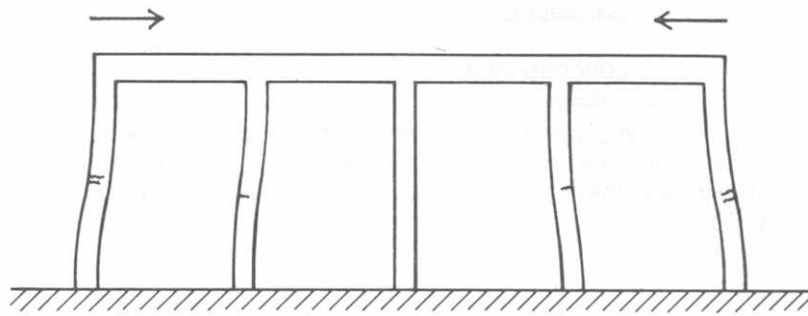


Figura 41 – Fissuras horizontais nos pilares, devidas à retração do concreto das vigas superiores.

Fonte: THOMAS, (1989)

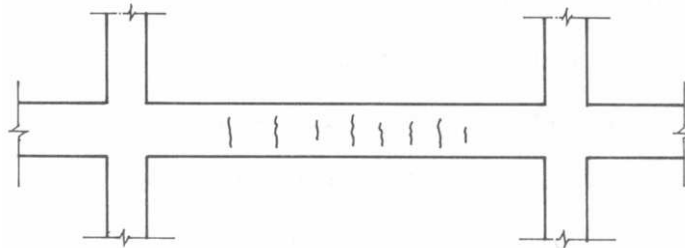


Figura 42 – Fissuras de retração numa viga de concreto armado.

Fonte: THOMAS, (1989)

### 10.2.1.7 Fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção

As fissuras causadas devido a alterações químicas são adquiridas por vários aspectos, como segue:

- **Hidratação retardada de cales**

As cales mal hidratadas podem apresentar teores elevados de óxidos livres de cal e magnésio. Se por qualquer motivo houver umidificação dos elementos ao longo de sua vida útil, haverá tendência de hidratação destes óxidos livres, tendo como consequência o aumento de volume destes elementos. Em função da intensidade da expansão poderão ocorrer fissuras e outras avarias semelhantes àquelas apresentadas nos itens de dilatação térmica e higroscópica.

- **Ataque por sulfatos**

O aluminato de tricálcio, um constituinte normal dos cimentos, pode reagir com sulfatos em solução formando um composto denominado sulfoaluminato tricálcio ou etringita, sendo que esta reação é acompanhada de grande expansão. Portanto, para que a reação ocorra é necessária a presença de cimento, de água e de sulfatos solúveis; por esse motivo a utilização conjunta de cimento e gesso é potencialmente perigosa. Os sulfatos poderão provir de diversas fontes, como o solo, águas contaminadas, ou mesmo componentes cerâmicos constituídos por argilas com altos teores de sais solúveis.

- **Corrosão de armaduras**

As armaduras das peças de concreto armado são quase que invariavelmente colocadas nas proximidades de suas superfícies; no caso de cobrimentos insuficientes ou de concretos mal adensados, as armaduras ficarão sujeitas à presença de água e de ar, podendo-se desencadear um processo de corrosão.

Em termos de meios agressivos destacam-se:

- Ambientes marinhos (ricos em íons de cloro);
- Solos com elevado teor de matéria orgânica em decomposição (presença de ácido carbônico);
- Solos contaminados e atmosferas poluídas de grandes cidades (íons de enxofre);
- Paredes de galerias de esgotos domésticos (gás sulfídrico);
- Atmosferas industriais (refinarias de petróleo, indústrias de papel e celulose, cerveja, etc.).

As reações de corrosão uma vez iniciado é praticamente irreversível e independentemente de sua natureza produzem óxido de ferro, cujo volume é muitas vezes maior do que o original do metal. Essa expansão provoca o fissuramento e o lascamento do concreto nas regiões próximas às armaduras

### **10.3 As trincas e a estrutura**

As trincas se manifestam aparentemente de forma aleatória, porém na realidade são originados por fenômenos físicos químicos ou mecânicos e devido a aleatoriedade peculiar aos estados de fissuração torna as combinações complexas e de difícil entendimento.

Entretanto THOMAS (1989) afirmou que a construção de edifícios “à prova de fissuras” representaria uma tarefa técnica difícil e um ônus financeiro insustentável; por outro lado, deixar ao arbítrio da natureza a criação de juntas numa obra, e às despesas do usuário os encargos advindos da sua continuada restauração, não parece nem técnico, nem econômico, nem justo.

Para minimização dos problemas o simples reconhecimento de que os solos os materiais e os componentes das edificações movimentam-se; em função dessa verdade irrefutável, muitas fissuras deveriam ser projetadas conjuntamente com a obra.

As medidas de recuperação das patologias são difíceis, dispendiosas, demoradas e incômodas, quando não inócuas ou ineficientes. Assim sendo, parece prudente que os profissionais ligados à construção civil atuem diretamente nas causas dos problemas, recorrendo a todos os seus conhecimentos cumprindo seu compromisso com a sociedade.

## 11 CONCLUSÕES

Através deste trabalho verificou-se que os problemas ocorridos em estruturas de concreto são decorrentes ,em grande parte ,de projetos mal executados e mal concluídos ,onde ainda infelizmente se constata serem muito comuns, que resulta na necessidade de uma avaliação para que se possa fazer a recuperação ou o reforço necessário. Estas falhas na grande maioria das vezes ocorrem pela falta de conhecimento dos materiais que vão ser utilizados , por projetos muito ousados pela limitação de tempo ou de custos, ou até mesmo por negligência.

A análise dos problemas patológicos depois de instalados, são de maior importância para que a solução da estrutura deteriorada seja efetivamente alcançada , pois o sucesso e a durabilidade da intervenção dependerão do método apropriado de combate à essas patologias.

Desta forma, espera-se que a elaboração desta monografia seja de grande importância para os diversos profissionais da área na construção civil, pois só através de estudos abrangentes pode-se ter um maior conhecimento teórico para que possa ser aplicado na prática com maior excelência obtendo-se resultados adequados e aceitáveis ,de acordo com as técnicas recomendadas.

## 12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

1. CASCUDO, OSWALDO. **O controle da corrosão de armaduras em concreto – inspeção e técnicas eletroquímicas.** Goiânia, GO: Editora UFG, 1997. 237p.
2. COSTA, Flávio de Oliveira; MORENO, Armando Lopes Jr.. **Lançamento da Estrutura de um Edifício: posicionamento e pré-dimensionamento dos seus elementos estruturais.** Campinas: UNICAMP, 1993.
3. CUNHA, Joaquim Pimenta da; LIMA, Nelson Araújo; SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. **Acidentes Estruturais na Construção Civil.** 1. ed. São Paulo: Pini, 1996. 200p. Vol. 1.
4. FIGUEIREDO, ENIO PAZINI.. **Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto,** Concreto : Ensino, Pesquisa e Realizações , IBRACON , Cap. 27, p.829 – 855, V. 2, ed. Geraldo C. Isaia, São Paulo. 2005
5. GRANATO, José Eduardo. **Patologias das Construções.** Associação dos Engenheiros de Jundiaí, 2004. CD-ROM.
6. MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 1994.
7. NAWY, G. Edward. **Deformações estruturais em concreto e soluções.** Revista Téchné n°81, p.66-69, São Paulo:Editora Pini,2003
8. RODRIGUES, Joaquim. **E os inibidores para o concreto armado ?**, Revista recuperar nº 58, p. 26-32, Rio de Janeiro, Ed. Thomastec, 2004.
9. SOUZA, Vicente C. M. de Souza, RIPPER Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1. ed . São Paulo: Ed. Pini Ltda.. Mai/1998
- 10.. THOMAS, Ercio. **Trincas em Edifícios – Causas, prevenção e recuperação.** Co-Edição. São Paulo: Pini : EPUSP : IPT, 1989. 194p.
11. WATANABE, Roberto Massaru. **Dicas sobre patologias da Construção.** Disponível em: <[www.ebanataw.com.br](http://www.ebanataw.com.br)>. Acesso em: 29 de abr. 2004.

