

Manifestações patológicas em estruturas de concreto: fissuras

Leila Cristina Meneghetti



Fissuras & suas causas

Tensão acima da resistência do material

- Carregamento externo
- Recalques de fundação

Reações expansivas

- Álcali-agregado
- Corrosão de armaduras

Retração restringida

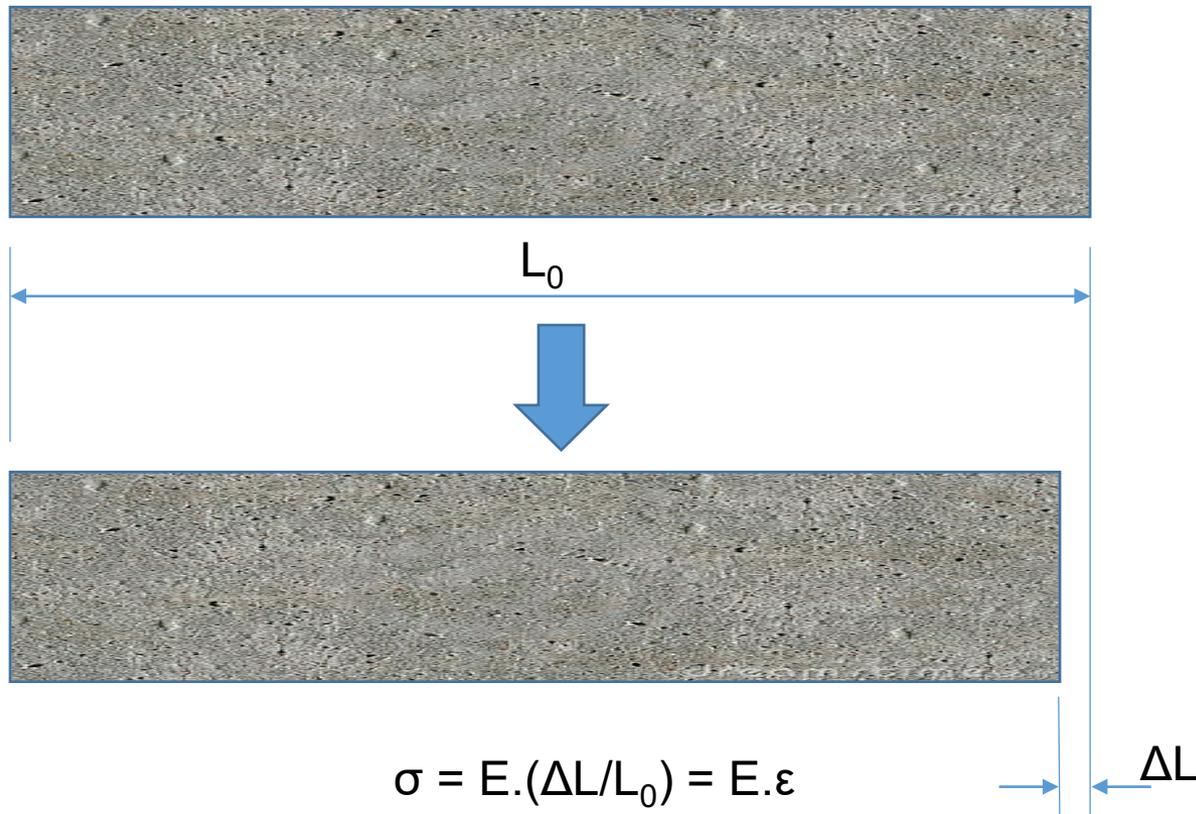
- Secagem
- Autógena
- Carbonatação

Gradientes térmicos

- Calor de hidratação
- Resfriamento



Fissuração: retração restringida

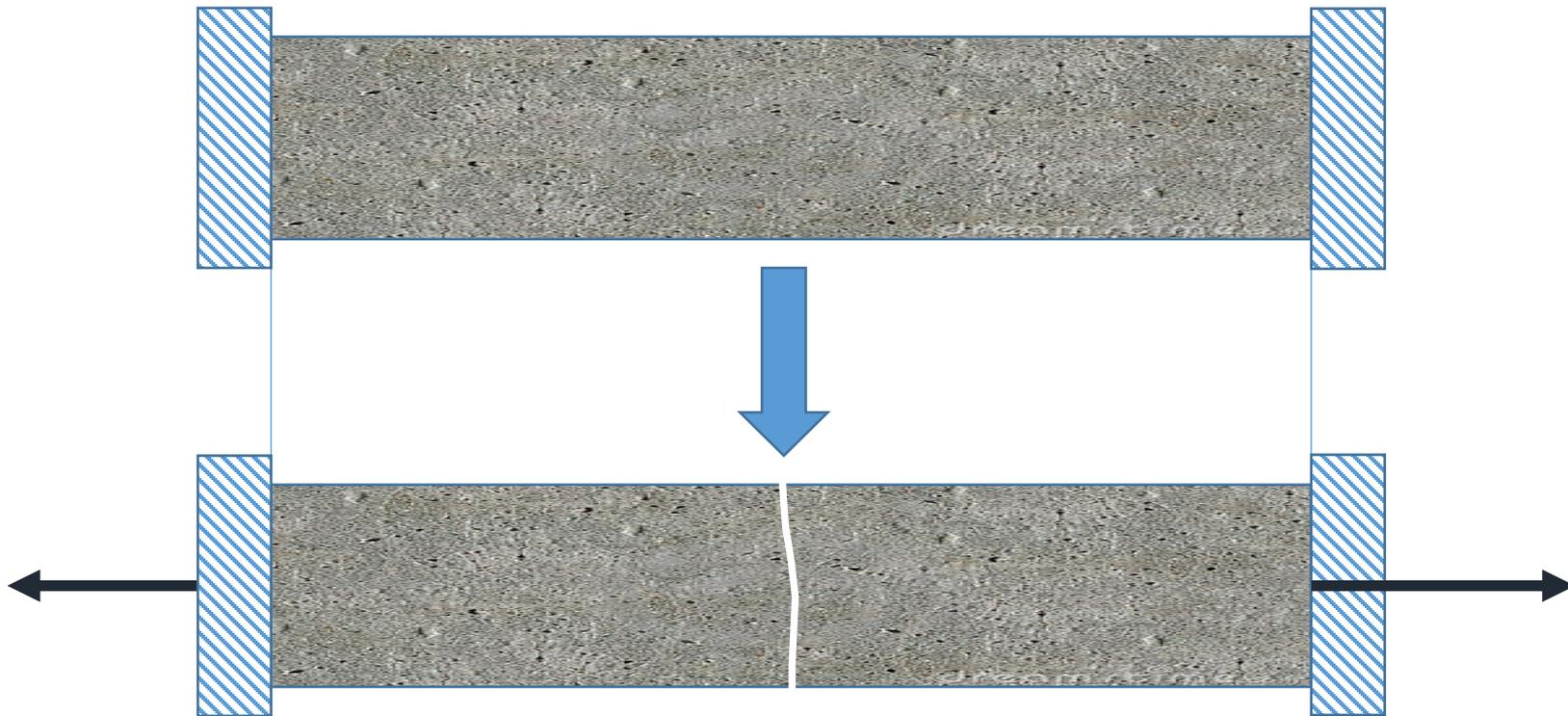


Retração livre: gera apenas redução de volume



Retração restringida: tensões

$$\sigma = E.(\Delta L/L_0) = E.\varepsilon$$

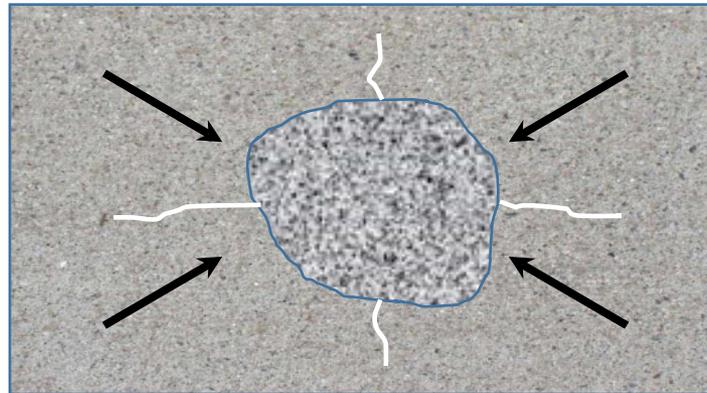


Restrição externa

Toda estrutura é restringida pelo contato com o solo.



Retração restringida: tensões

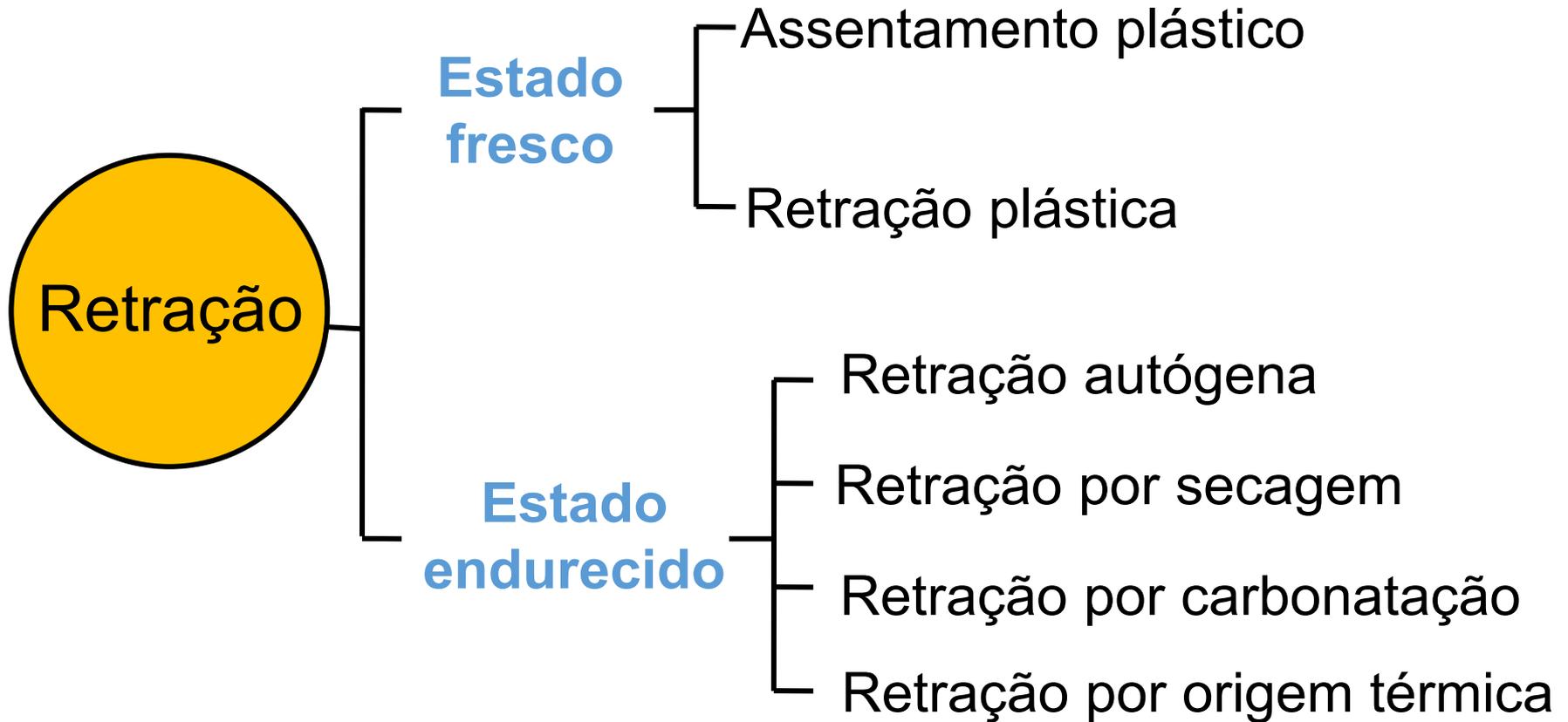


Restrição interna

Gradientes de umidade

Para que a retração por secagem produza fissuras deve haver restrição à deformação

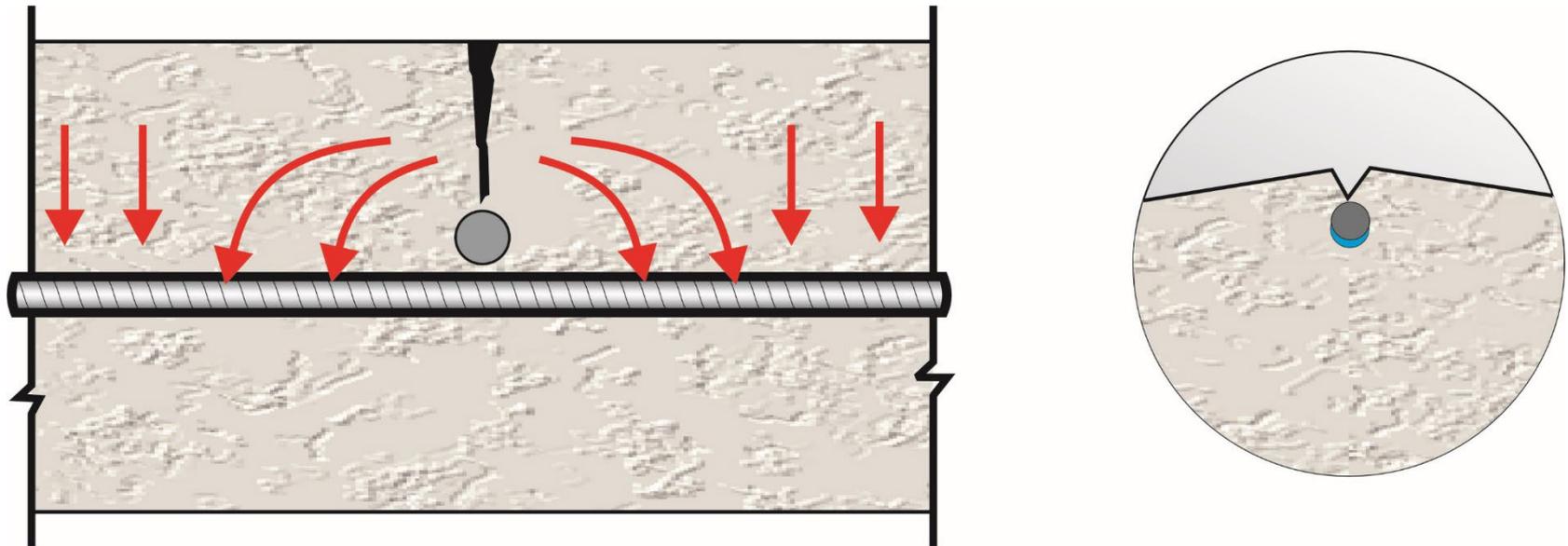




Fissuração

Assentamento plástico

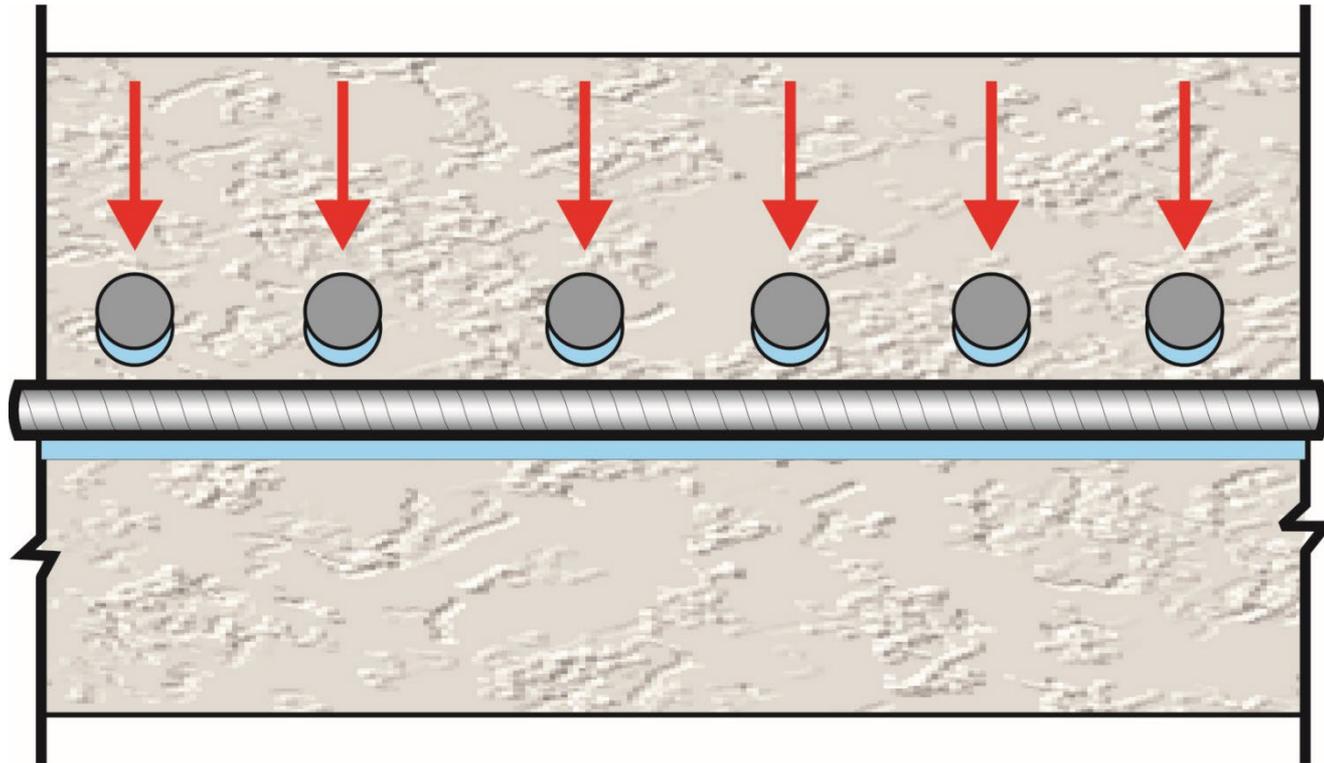
- *Sedimentação – assentamentos diferenciais dentro da massa do concreto*



Assentamento plástico do concreto impedido pela armadura



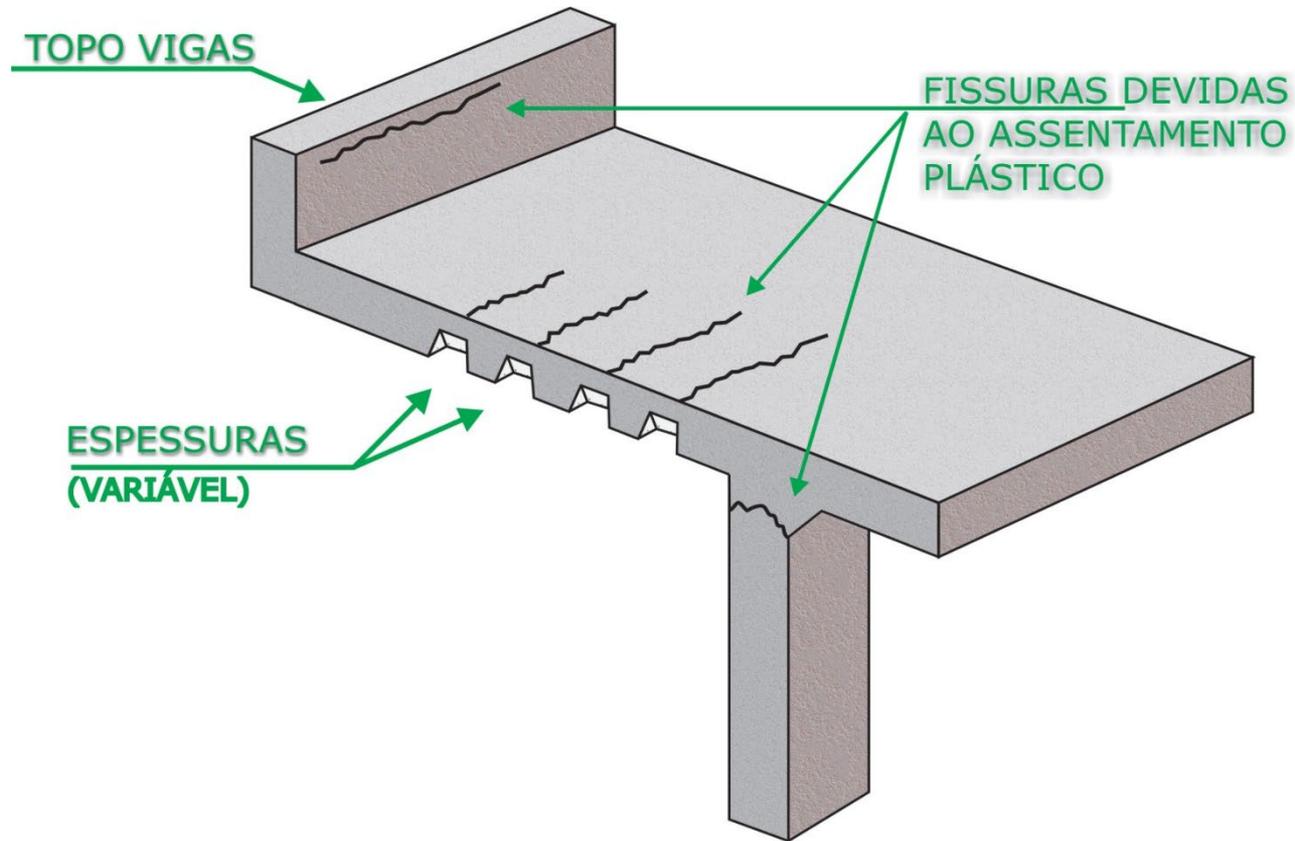
Assentamento plástico



Durante o lançamento do concreto as partículas tendem a se movimentar para baixo havendo um deslocamento do ar aprisionado e da água para a superfície



Configurações típicas de fissuras por assentamento plástico



Fissuração

Assentamento plástico

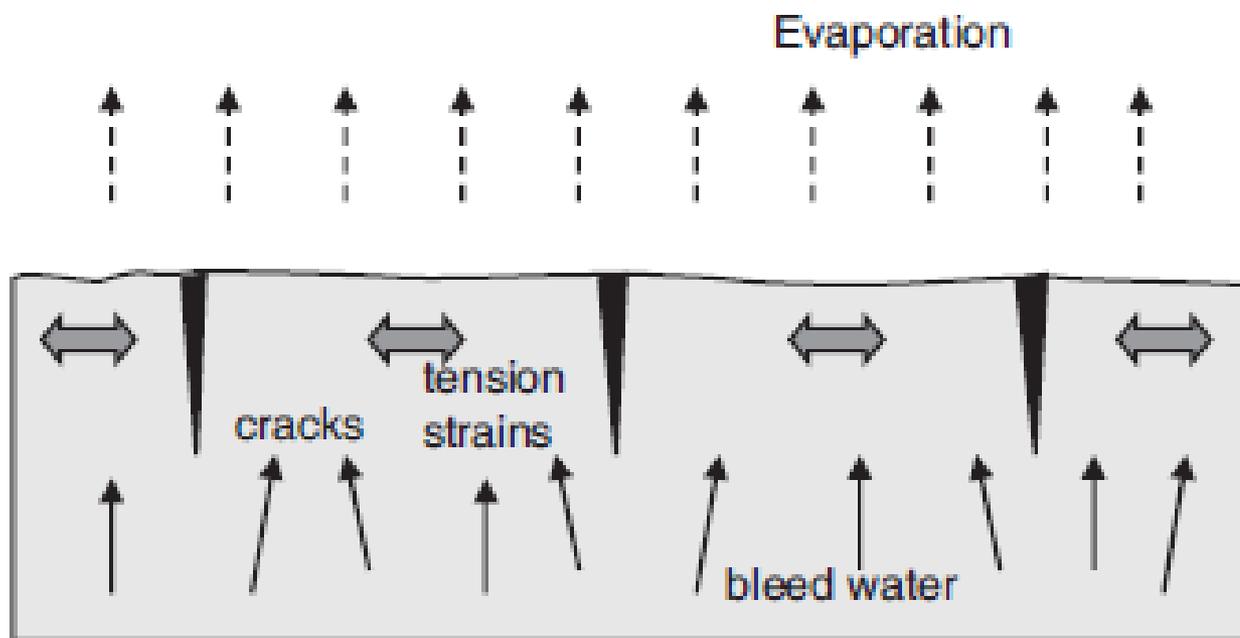
- *Causas*

- Vibração prolongada
- Excesso de água no amassamento
- Falta de estanqueidade das formas
- Barras com grandes bitolas
- Cobrimento pequeno das armaduras
- Malhas densas (armadura)
- Excesso de exsudação

**Aparecimento:
10 minutos a 3 horas**



Retração plástica



Taxa de evaporação da água > Taxa de exsudação da água

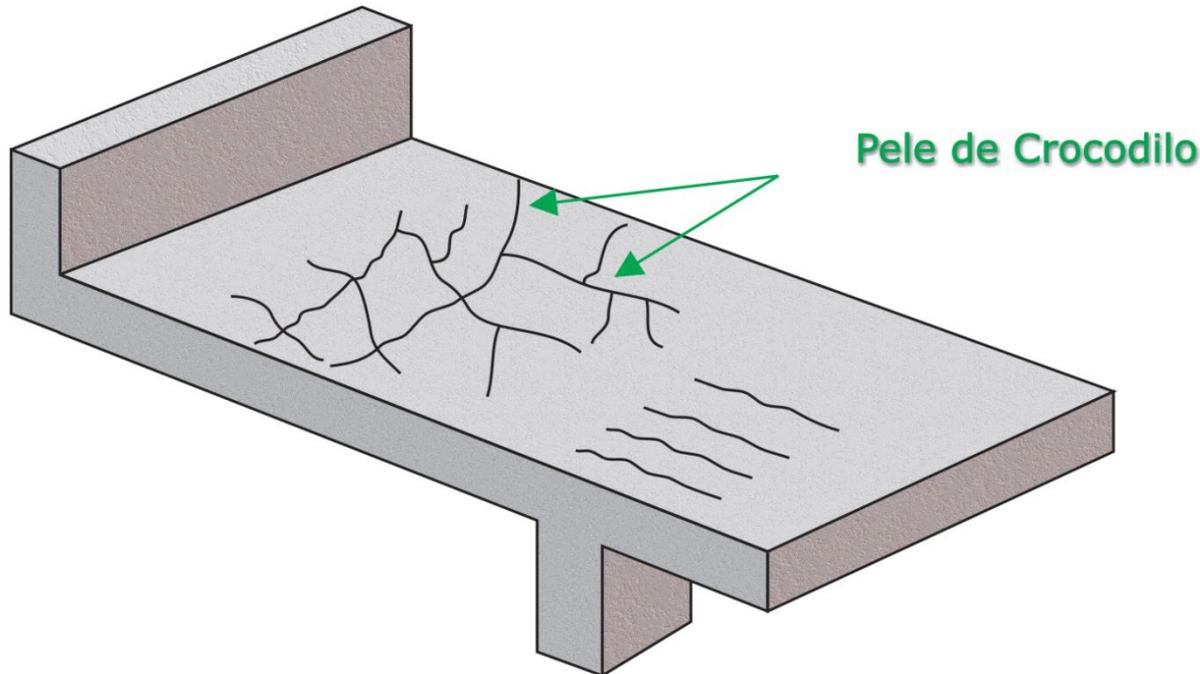
Fonte: Illston (2010)



Fissuração

Dessecação superficial

- *Retração da superfície causada pela rápida evaporação da água*

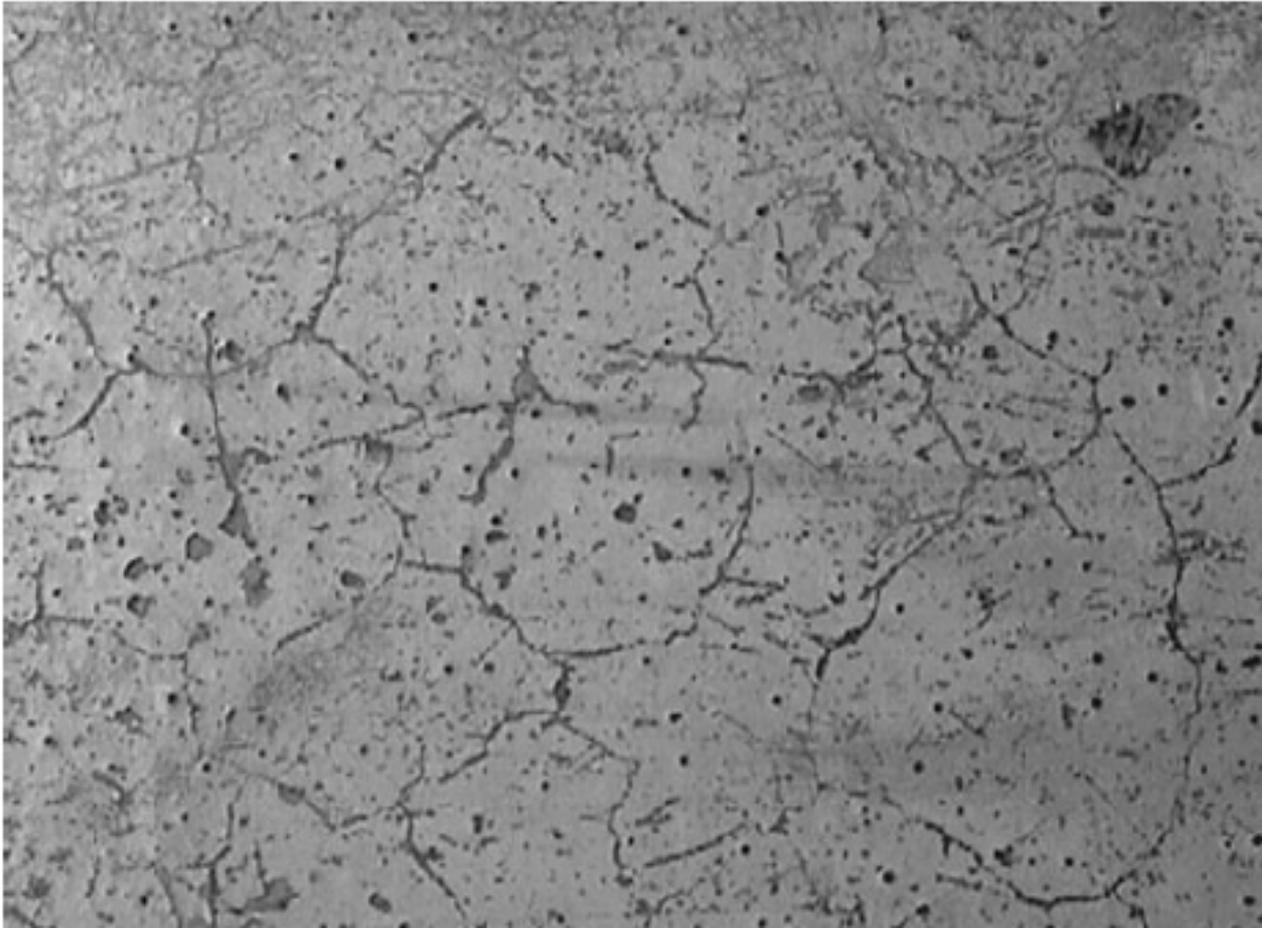


Abertura típica: 2 a 3 mm

Aparecimento: 30 min. a 6 horas



Retração plástica: solução é a cura

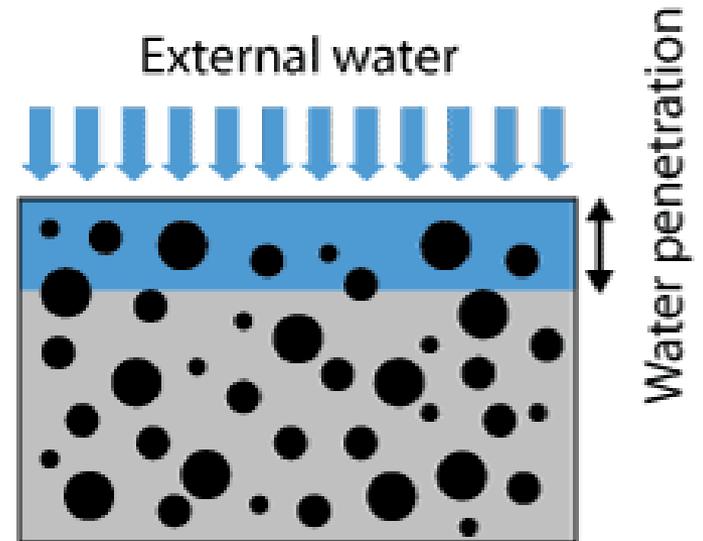


Fonte: Mehta & Monteiro (2008)





advancedcivilengineering.blogspot.com



Conventional (External)
Water Curing

www.structuremag.org



Processos de cura



MOLHAGEM CONSTANTE



Processos de cura



CURA COM MANTA GEOTÊXTIL



Processos de cura



CURA COM SACOS ÚMIDOS



Processos de cura



CURA QUÍMICA/PELÍCULA



Até quando curar?

NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento (2004)

→ Realizar cura até atingir $f_{ck} \geq 15$ MPa

American Concrete Institute (ACI) – recomenda que a cura seja feita até, no mínimo, o concreto atingir 70% da resistência especificada.

GANHO DE RESISTÊNCIA			
IDADE (dias)	CP III E IV	CP II	CPV - ARI
1	0,16	0,20	0,22
3	0,47	0,60	0,66
7	0,68	0,78	0,82
28	1,00	1,00	1,00



Por que devemos curar o concreto até endurecer?

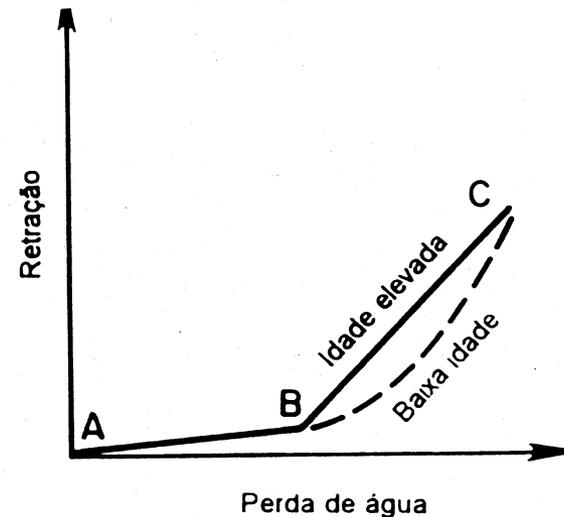
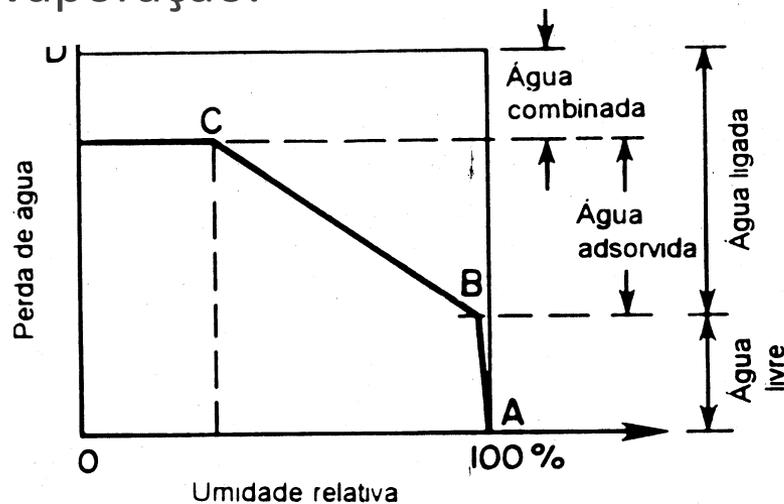


Tensão capilar

Quanto menor o poro, maior a tensão capilar e a retração

A perda de água adsorvida (nos poros menores) é a principal responsável pela retração por secagem do concreto endurecido

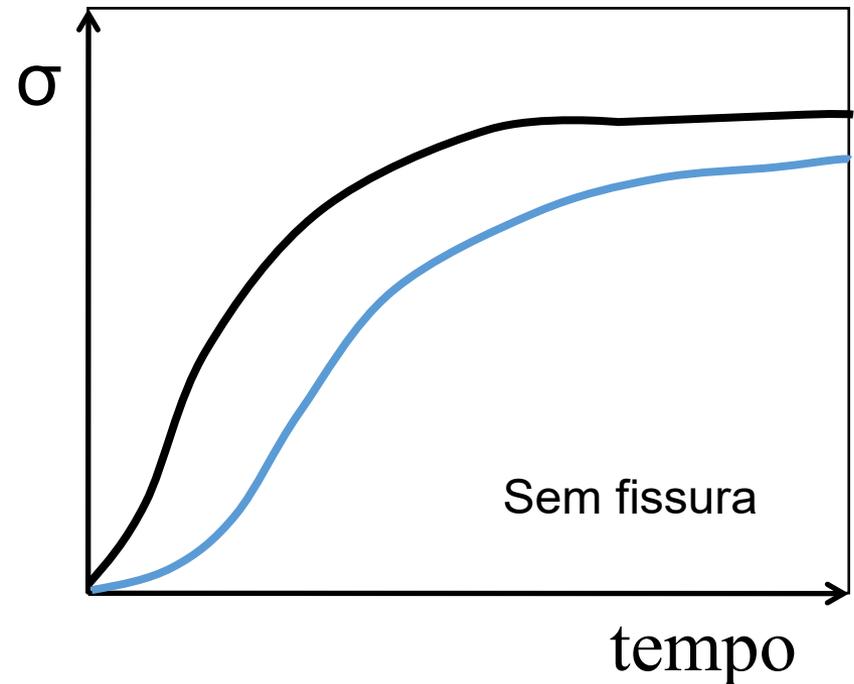
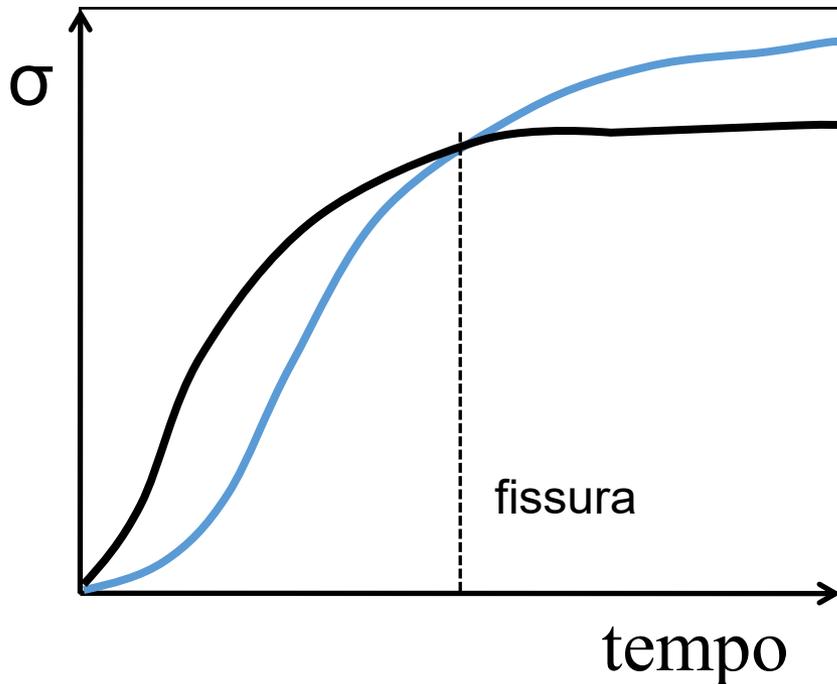
Umidade relativa, vento, temperatura e radiação controlam a evaporação.



Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



Fissuração



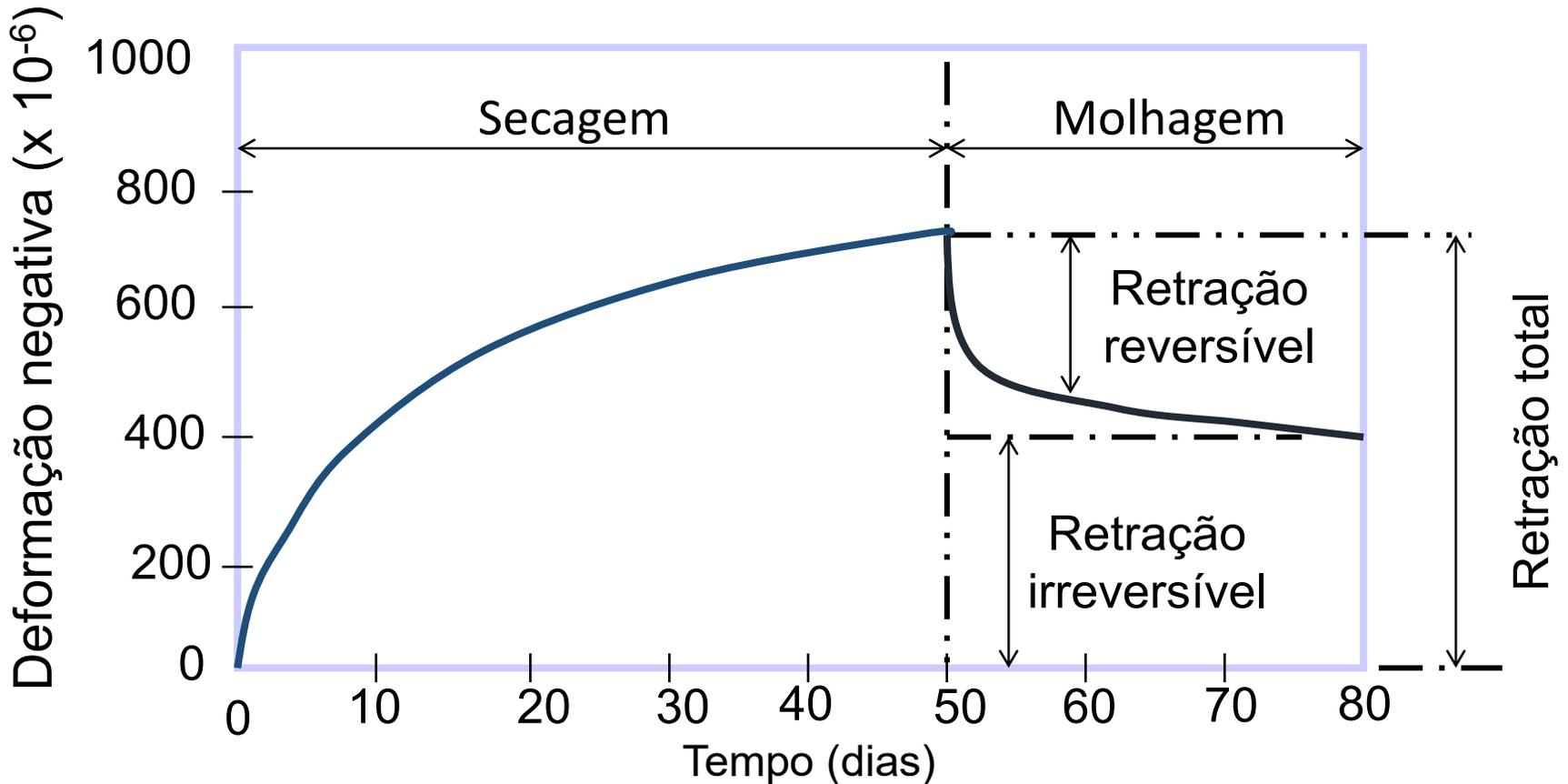
— Tensão da retração por secagem

— Resistência à tração do concreto

Retardando a secagem, diminui volume de poros capilares (responsáveis pela retração) e em consequência aumenta a resistência.



Retração (reversível e irreversível)



Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



Quais parâmetros controlam a evaporação de água no concreto?



EVAPORAÇÃO

Depende

Temperatura
Velocidade do ar
Umidade relativa
Cura realizada
Temperatura superficial do concreto

Velocidade de exsudação

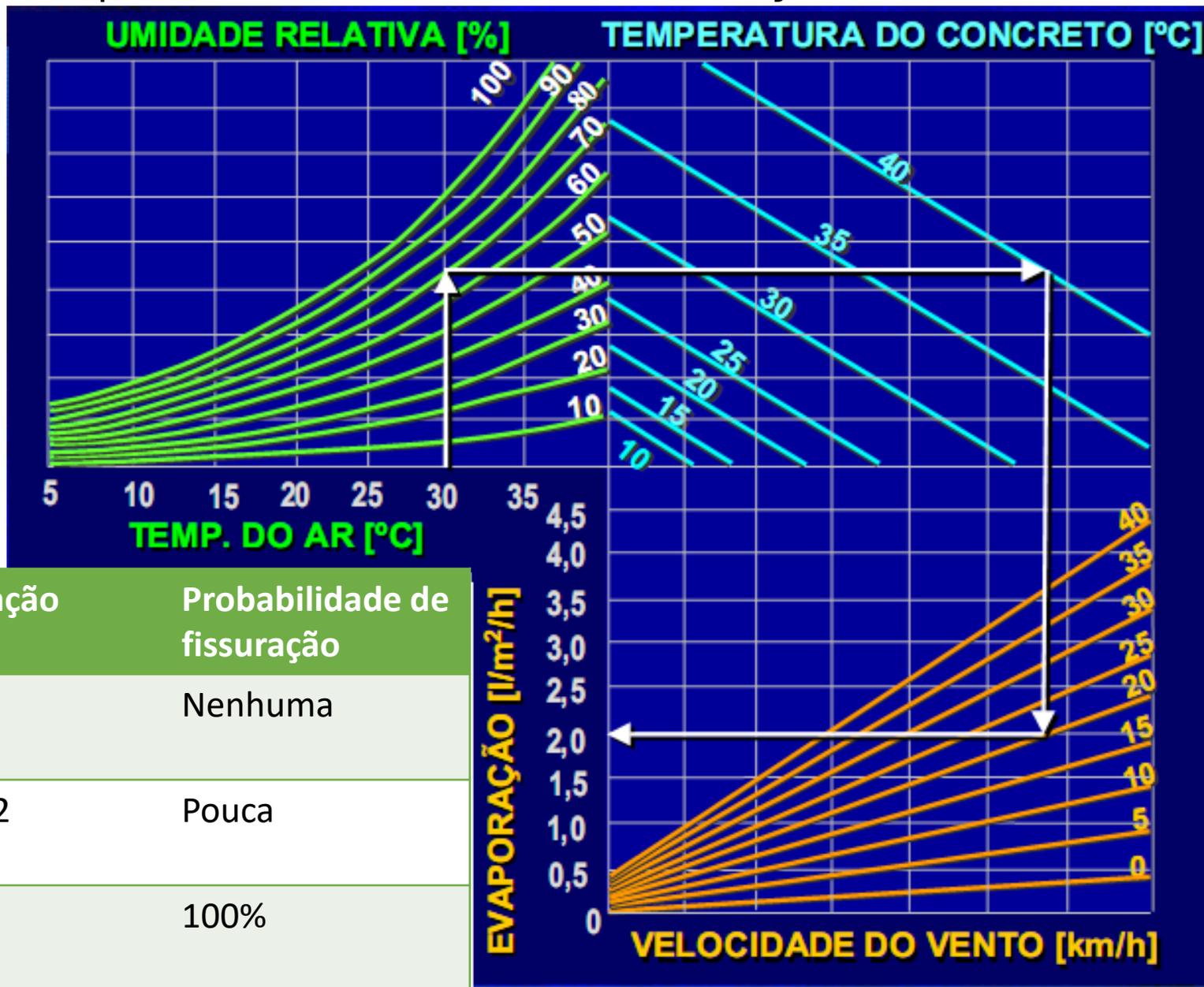
Lajes usuais: 0,5 a 1,5 l/m²/h

Depende

- Quantidade de água (a/c)
- Dosagem do concreto
- Temperatura
- Finura do cimento
- Granulometria
- Aditivos



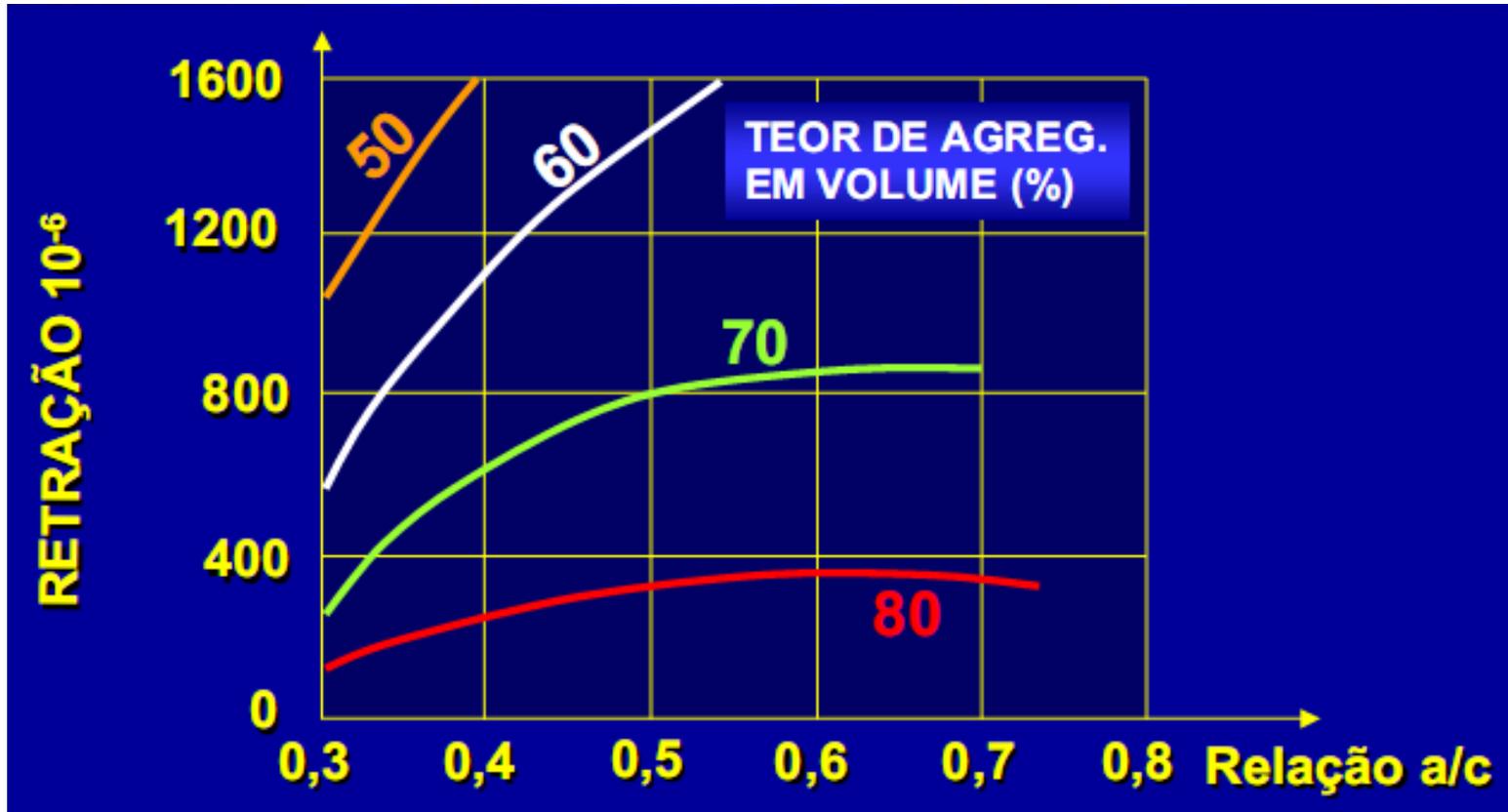
Gráfico para verificar a tendência de fissuração do concreto fresco



Evaporação l/m²/h	Probabilidade de fissuração
0 – 0,5	Nenhuma
0,5 – 1,2	Pouca
> 1,2	100%



Cimento



**MAIOR RETRAÇÃO
OS MAIS RESISTENTES E DE PEGA MAIS RÁPIDA**



“Retração” térmica

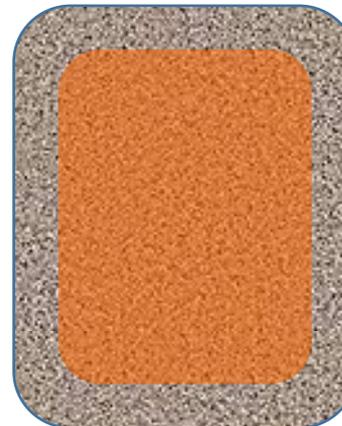
- O cimento gera calor durante sua hidratação
- O concreto é mau condutor e conserva o seu interior aquecido
- A parte externa perde calor para o ambiente



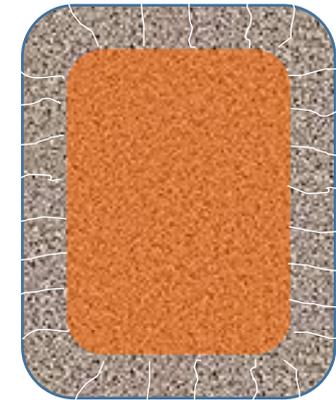
Lançamento do concreto



Aquecimento do concreto pelas reações de hidratação



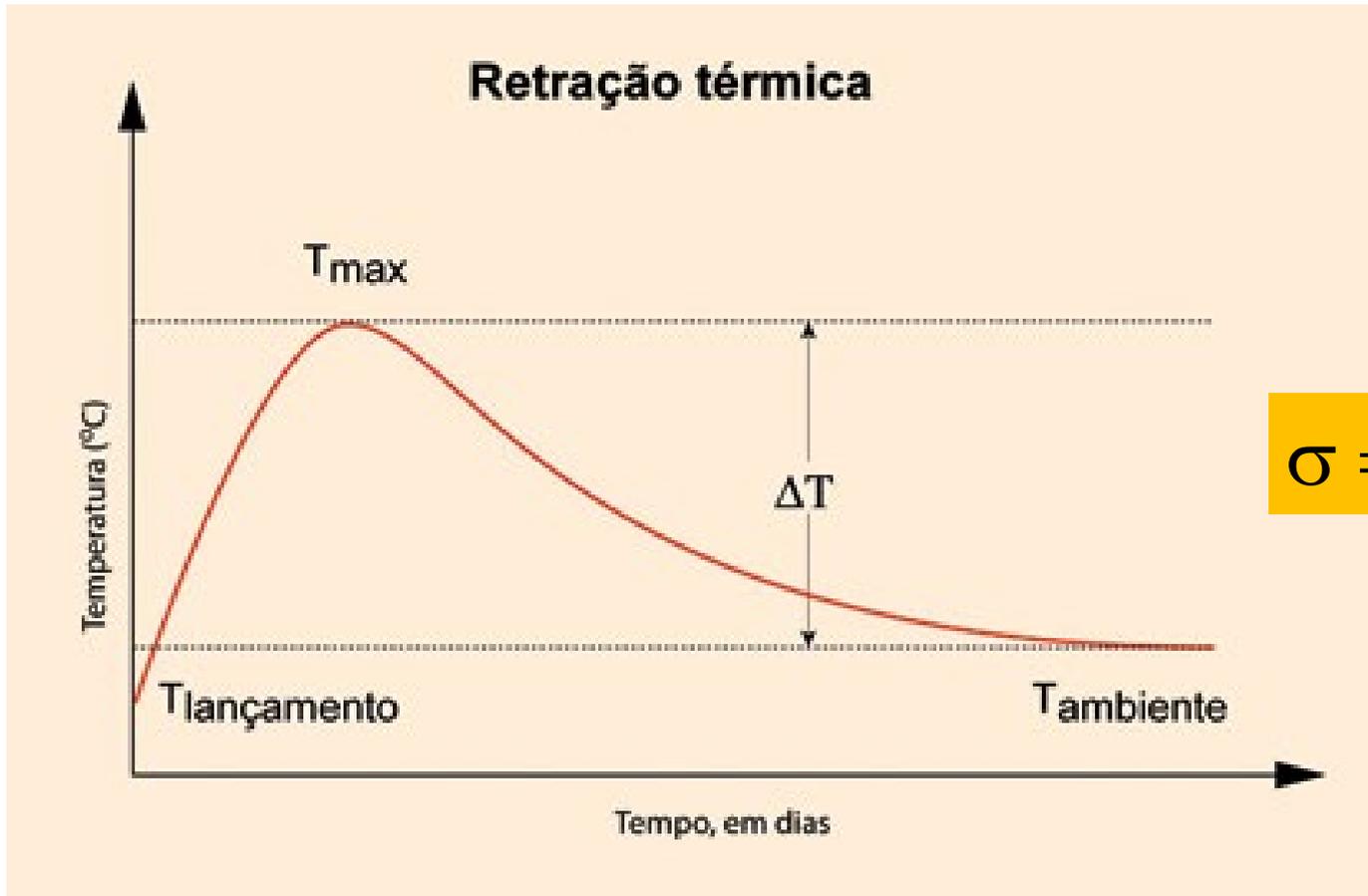
Resfriamento do concreto das bordas para o centro (baixa condutividade)



Retração da superfície com restrição da parte interna gerando fissuração



O problema não é a temperatura máxima, mas o **gradiente** em relação à temperatura de equilíbrio

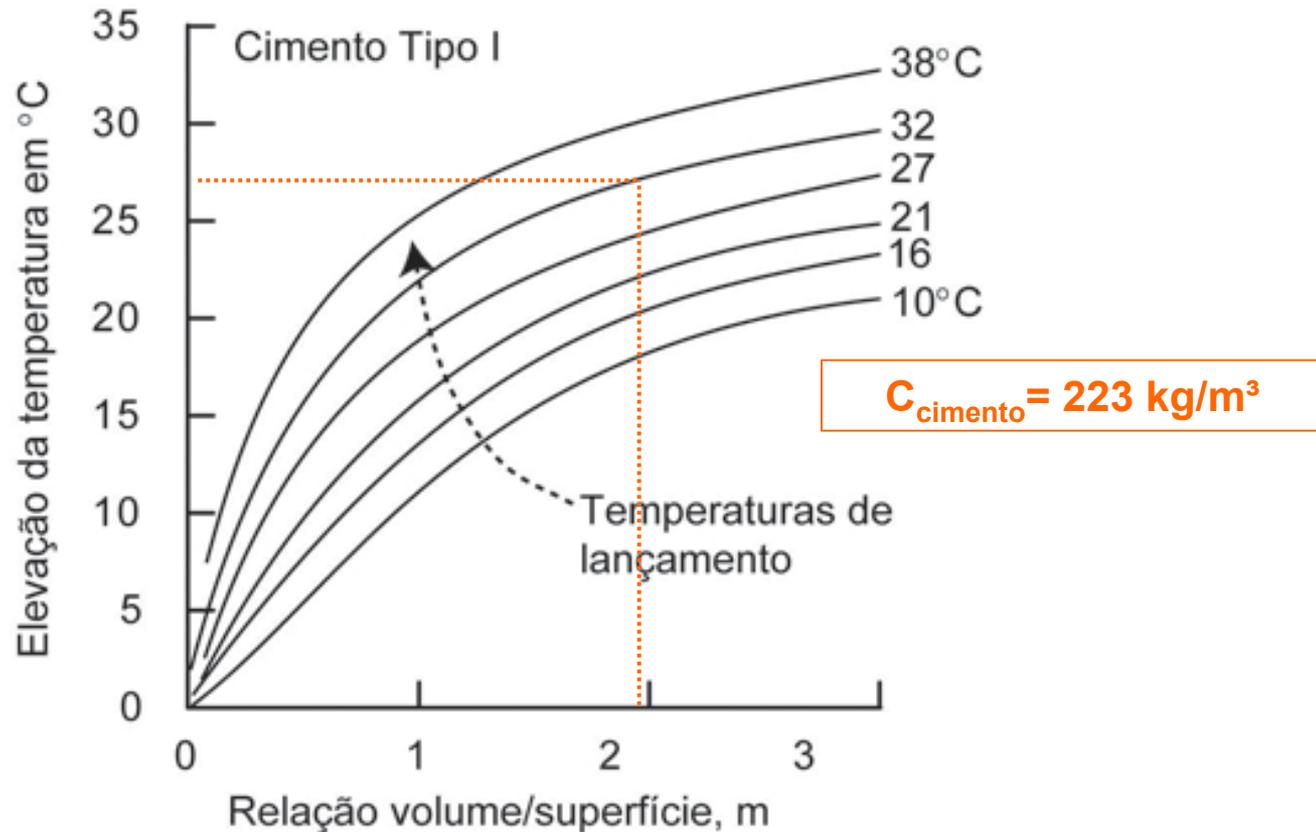


$$\sigma = \alpha \cdot \Delta T \cdot E$$

Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



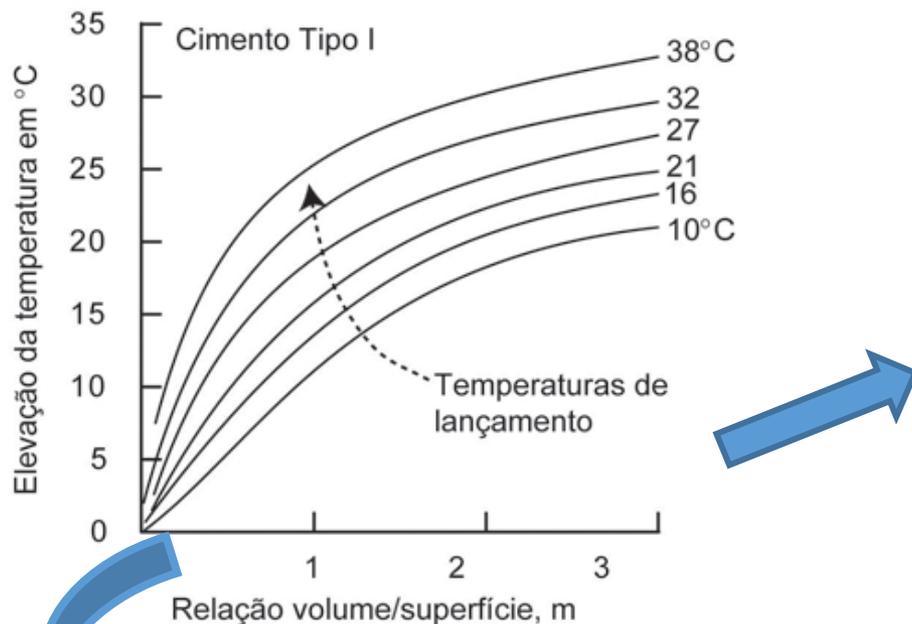
Estimativa da elevação de temperatura do concreto



Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



Estimativa da elevação de temperatura do concreto



Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



Exercício

Faça uma verificação **simplificada** do risco de fissuração de um bloco de concreto com as seguintes condições:

$$E = \sigma / \varepsilon ; \varepsilon = \alpha . \Delta T$$

- Temperatura de lançamento: 32°C
- Elevação da temperatura (Δ): 26°C
- Módulo de elasticidade do concreto: $E = 19.000 \text{ MPa.m/m}$
- Coef. de dilatação térmica do concreto: $\alpha = 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
- Resistência à tração do concreto: $f_{ct} = 4 \text{ MPa}$



Exercício simplificado: resolução

Cálculo da deformação específica:

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta T$$

$$\varepsilon = 10^{-5} \cdot (26^\circ\text{C})$$

$$\varepsilon = 0,00026$$

- Cálculo da tensão devido ao aumento da temperatura:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

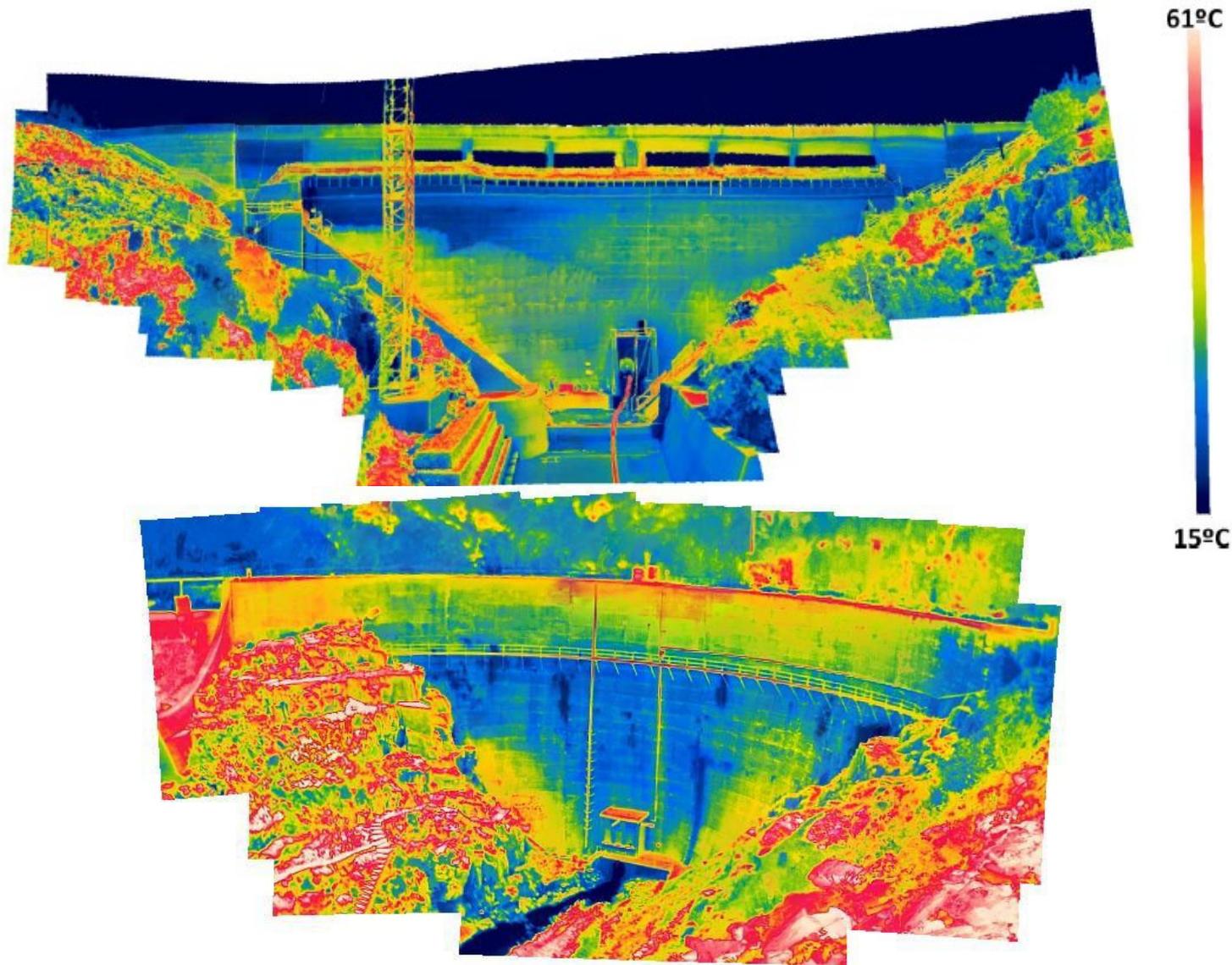
$$\sigma = 0,00026 \cdot 19000$$

$$\sigma = 4,94 \text{ MPa} > f_{ct} = 4 \text{ MPa}$$

Logo, risco significativo de fissura

Como poderia ser feita uma avaliação mais precisa?





Fonte: Maria João Henriques. Relatório 425/2013. LEVANTAMENTO TÉRMICO DE PARAMENTOS DE BARRAGENS DE BETÃO PARA APOIO AO ACOMPANHAMENTO DA EVOLUÇÃO DE PATOLOGIAS



Quais estratégias podem ser adotadas para controlar a gradientes térmicos do concreto?



Estratégias

- Reduzir o consumo de cimento na dosagem
- Cimento com < taxa de liberação de calor (adições)
- Concretagem em etapas (“juntas frias”)
- Reduzir a temperatura dos matérias primas
 - Gelo moído substituindo a água
 - Refrigerar concreto com nitrogênio líquido
 - Refrigerar agregados
- Instalar bombas com sistemas trocadores de calor na estrutura

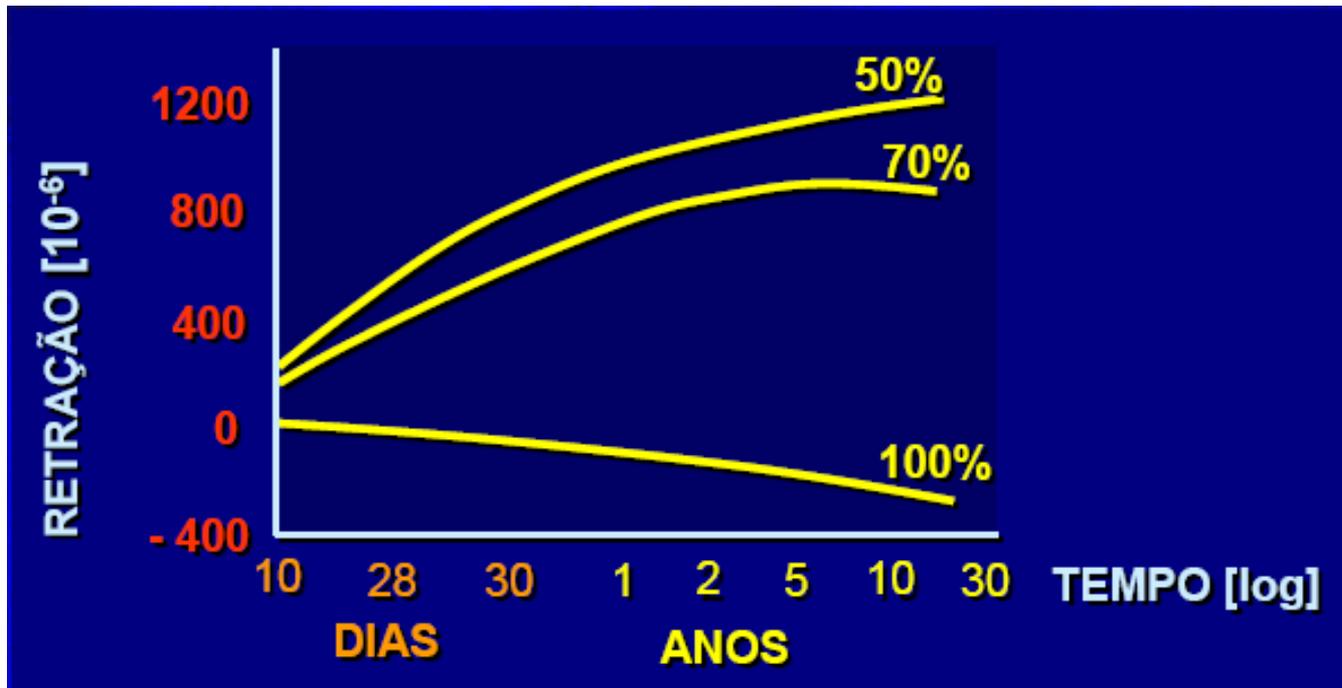


Fissuração

Retração por secagem

(retração hidráulica)

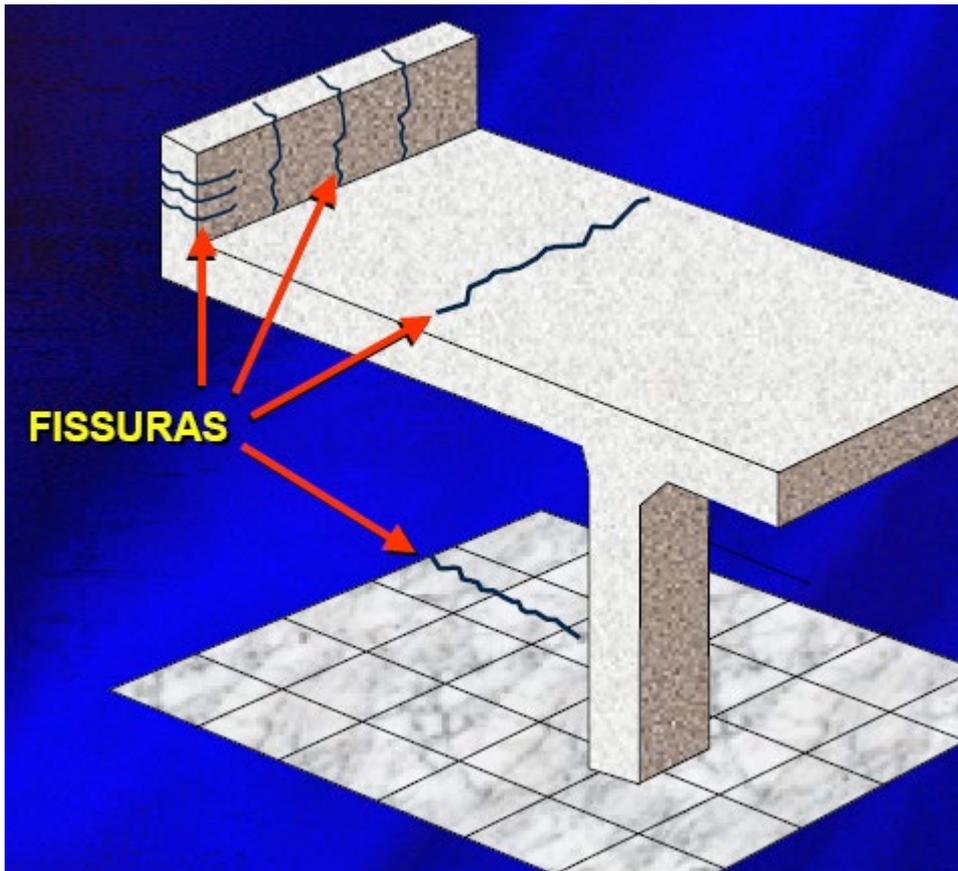
Decorre da contração volumétrica da pasta pela saída da água do concreto conservado em ar não saturado



Retração em função do tempo de concretos conservados a diversas umidades relativas



Fissuras devido à retração por secagem



PRINCIPAIS CAUSAS

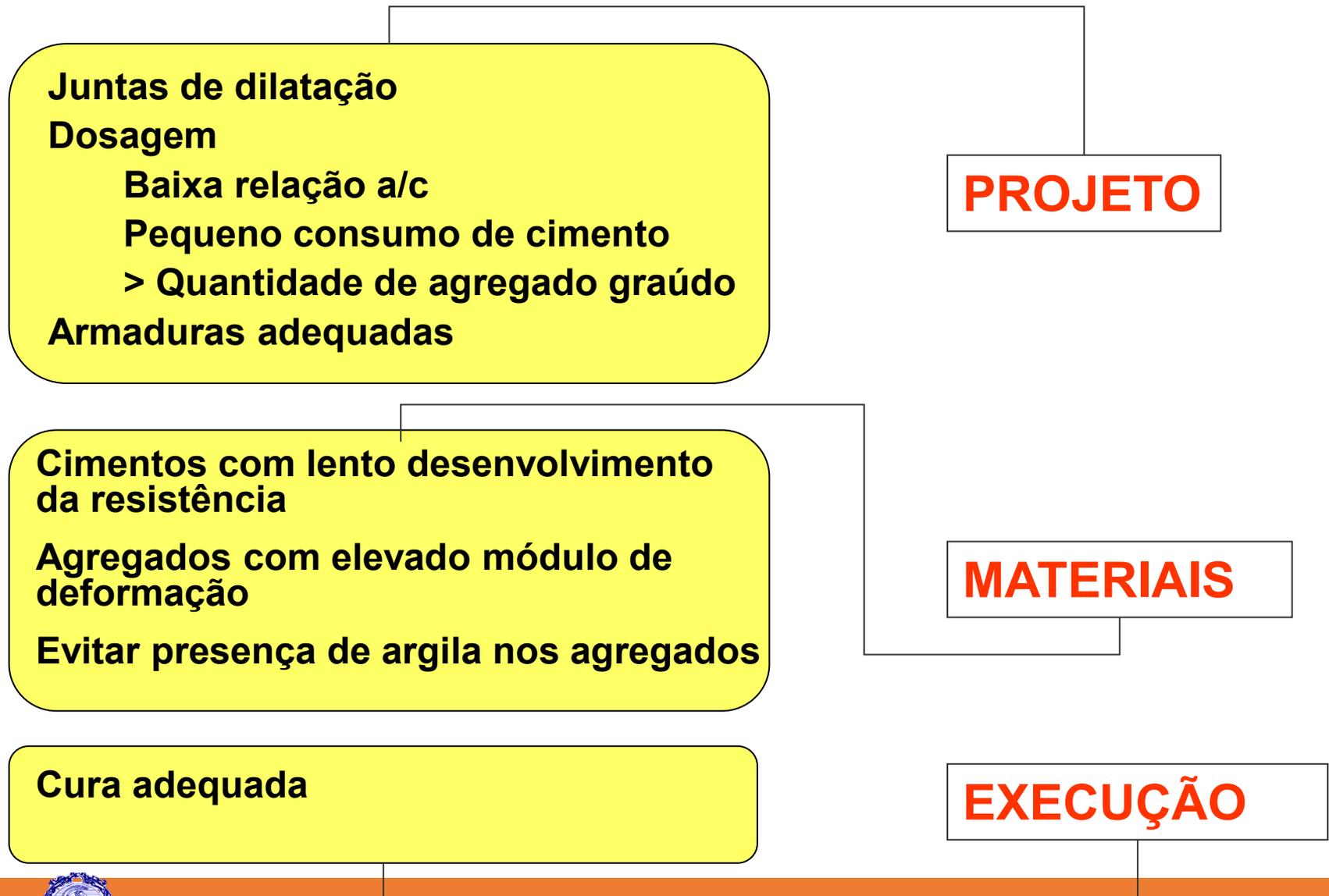
- **Grandes superfícies em contato com o ambiente**
- **Variação da umidade relativa do ar**
- **Cura inadequada**
- **Vento**



FISSURAS RETRAÇÃO POR SECAGEM



Medidas preventivas



Fluência



O concreto endurecido continua se deformando com o tempo

Causas?







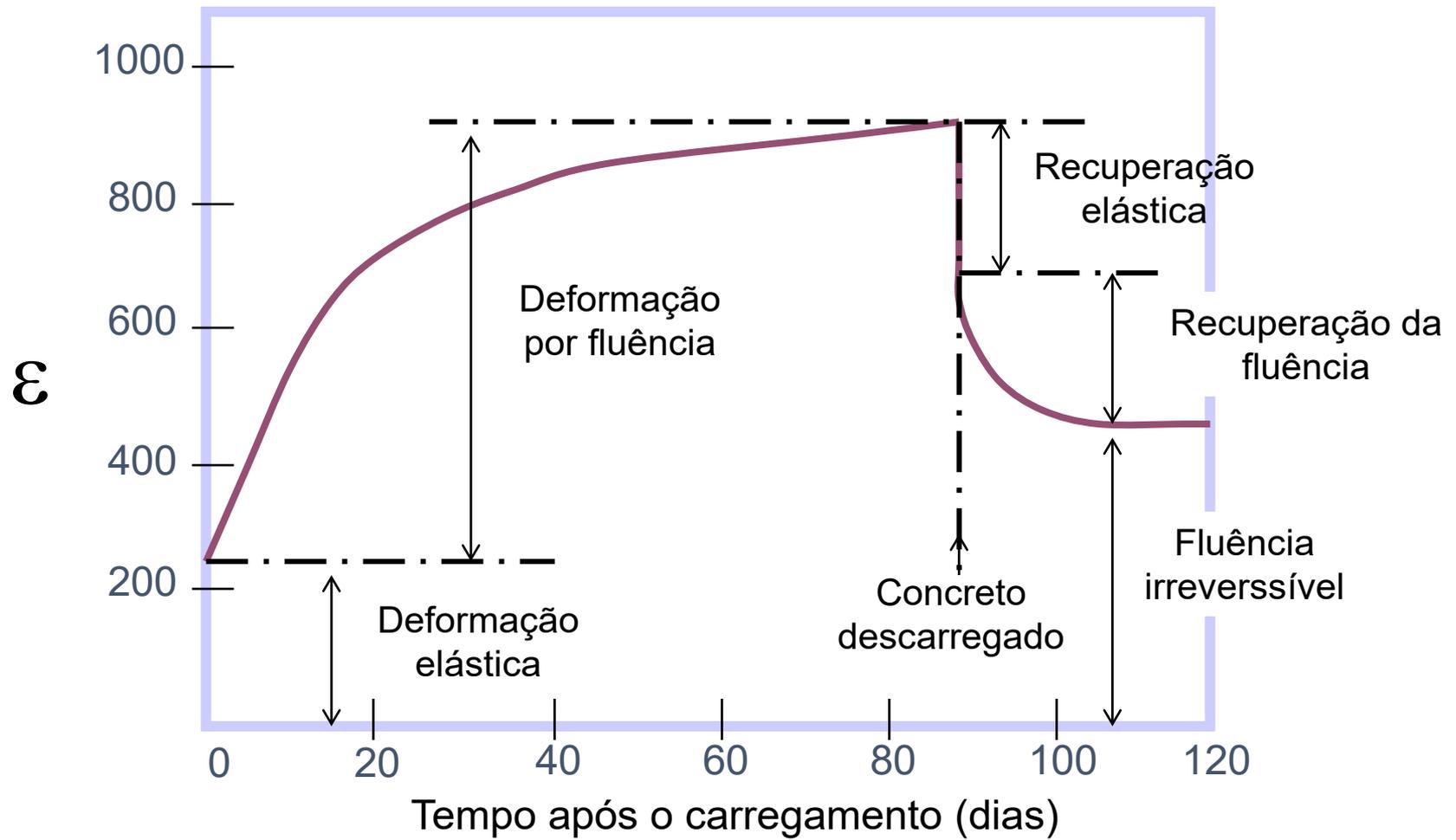
54

Deformação lenta ou fluência do concreto

- Ocorrem em peças submetidas a cargas de longa duração
- Causas:
 - Devido à movimentação de água pelos poros do concreto
 - Devido à acomodação dos cristais na pasta de cimento hidratada
- Tendem a se estabilizar com o tempo (esforços majoritários de compressão)



Deformação por fluência também é parcialmente reversível

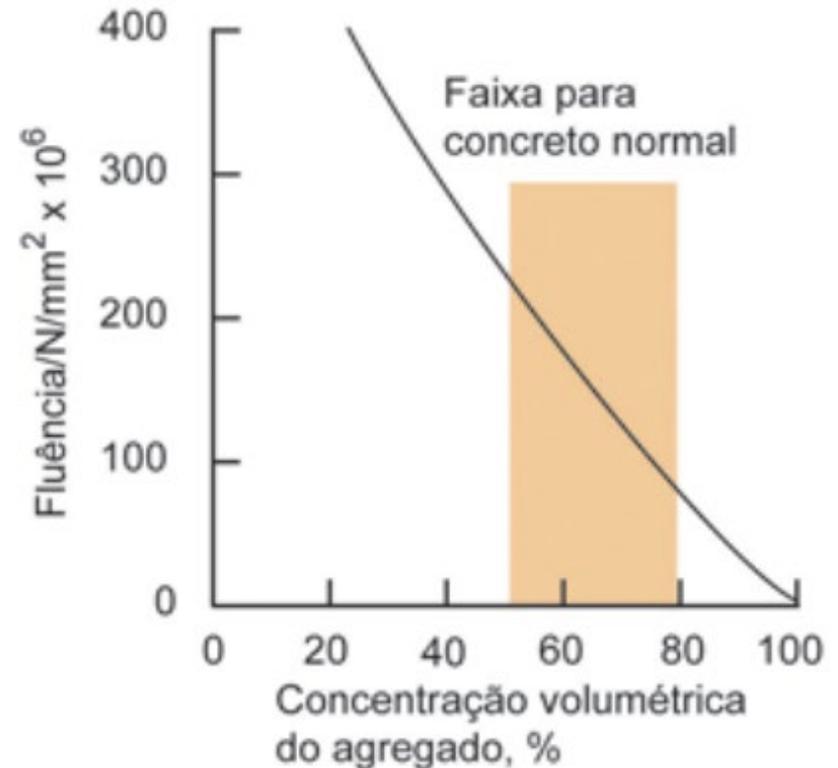


Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



Diminuindo a deformação por fluência

- Reduzir o volume de pasta e a quantidade de água ou aumentar o volume relativo de agregado;
- Usar agregados de maior módulo de elasticidade.

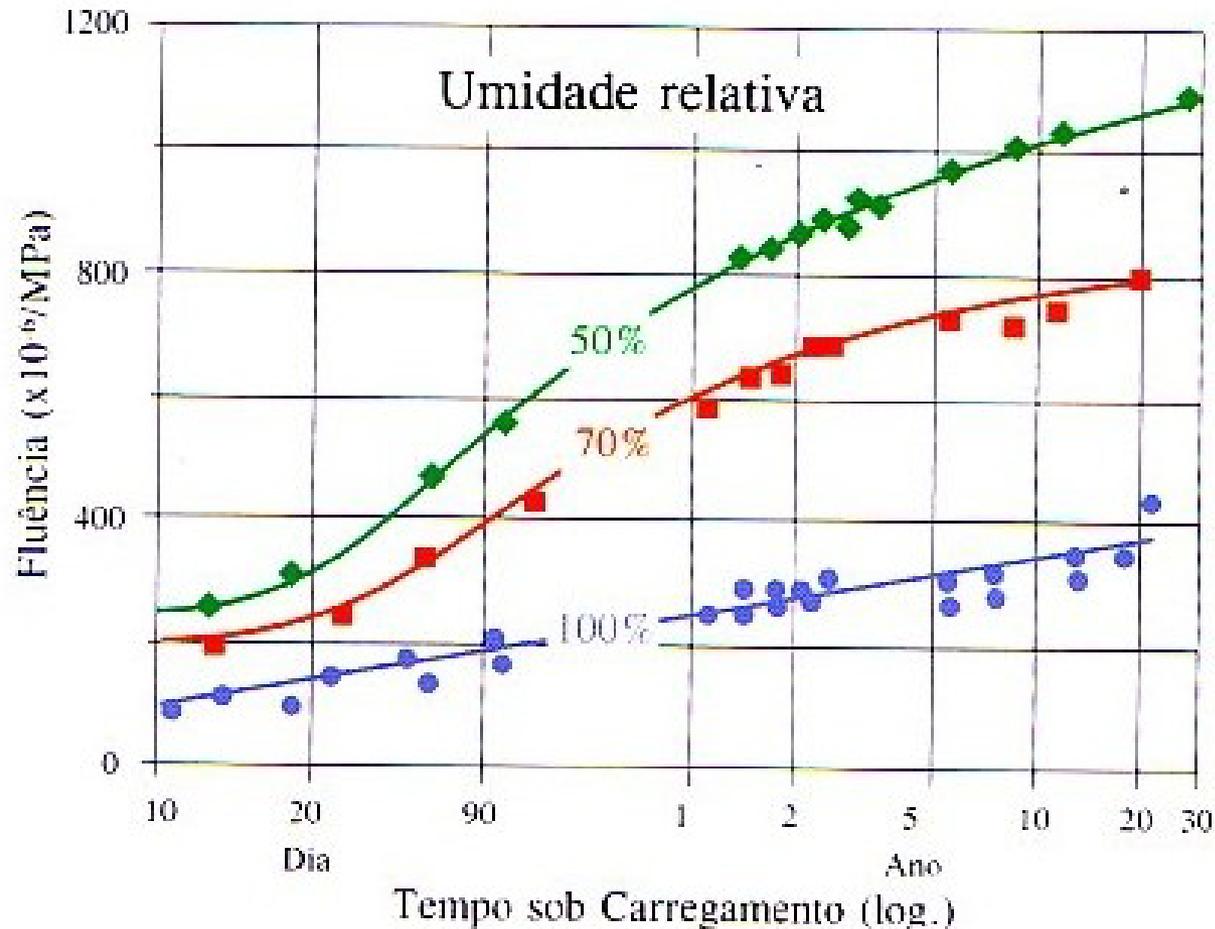


Fonte: Mehta & Monteiro (2008)



Deformação por fluência

- Considerar adequadamente as condições ambientais locais.





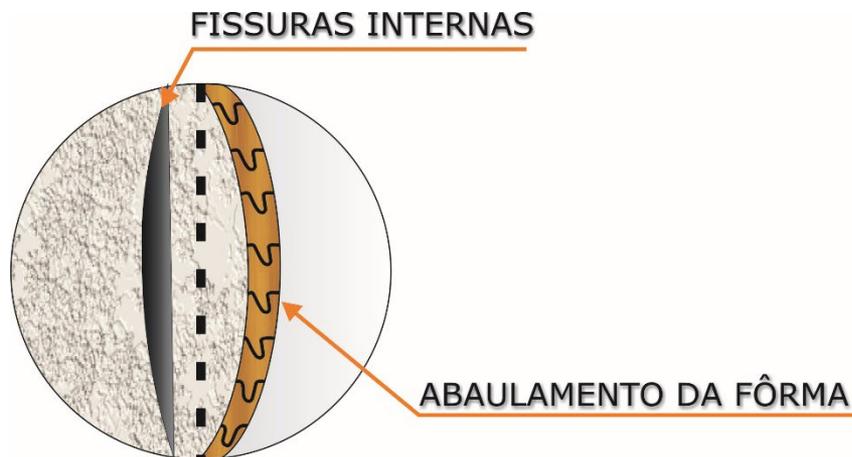
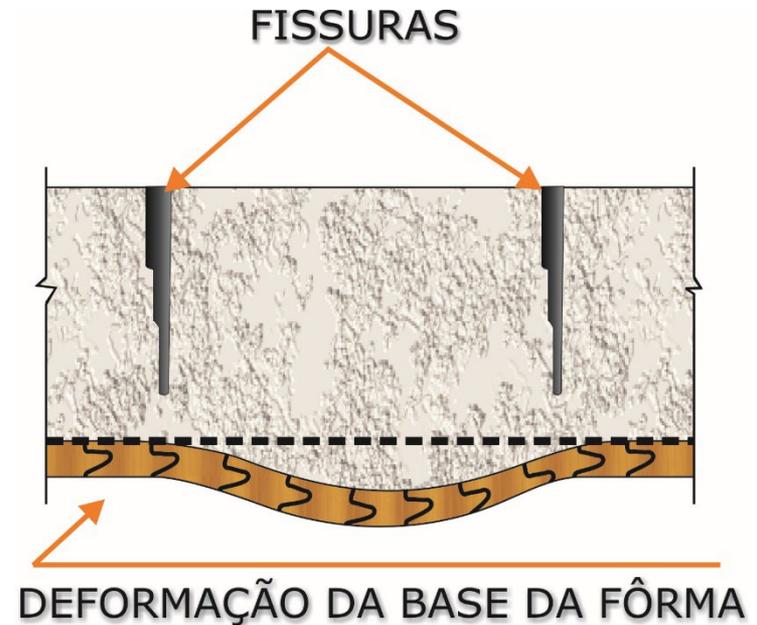
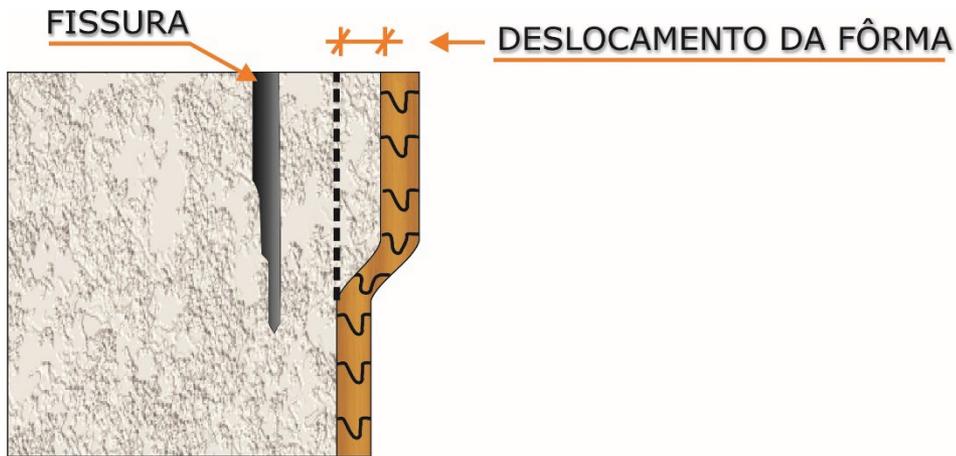
A geometria da estrutura e a taxa de armadura podem influenciar na deformação por fluência.



Fissuração

Movimentação das formas

(ocorre na fase plástica)



Fissuração

Movimentação das formas

- *Causas da movimentação*
 - Sobrecargas – avaliação incorreta das cargas atuantes

CARGAS VERTICAIS

Permanentes

Acidentais – 1,5 a 3,5 kN/m²

CARGAS HORIZONTAIS

Vento

Expansão do concreto

Impacto de equipamento

Pressão concreto fresco

(vibração/aditivo s/ tempo de pega)



Movimentação das formas: escoramentos mal executados

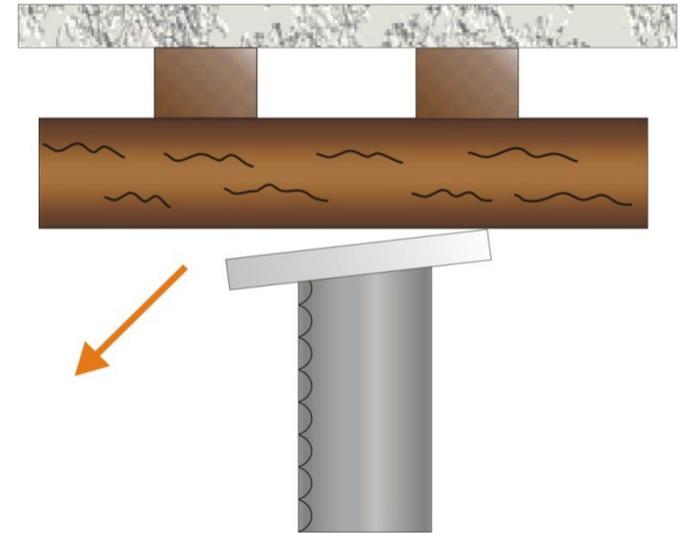
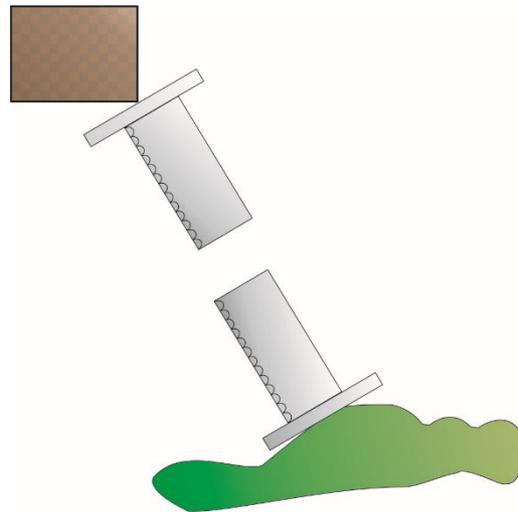
- *Escoramento*

- Deslocamento de alguma escora por impacto
- Falta de travamento (contraventamento)
- Deslocamento das escoras por vibração excessiva
- Escoras fora de prumo
- Escoras muito esbeltas
- Apoio inadequado das escoras
 - Insuficiência de área de contato apoio/forma
 - Bases deformáveis ou instáveis

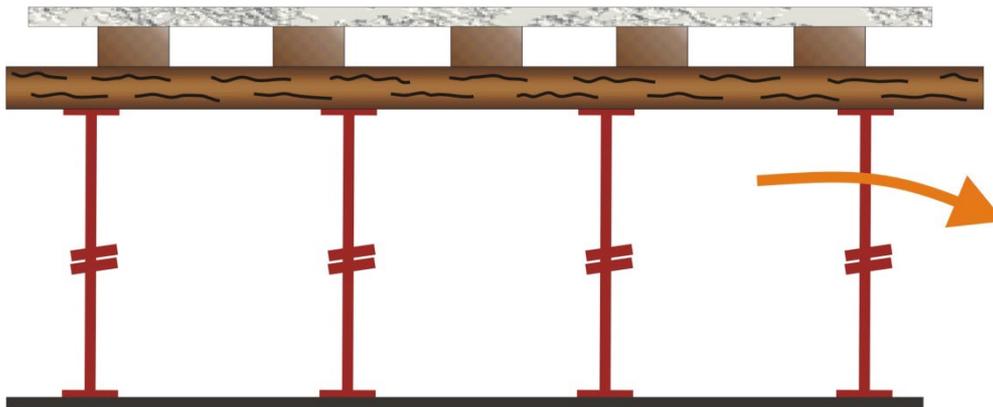


Escoramentos mal executados

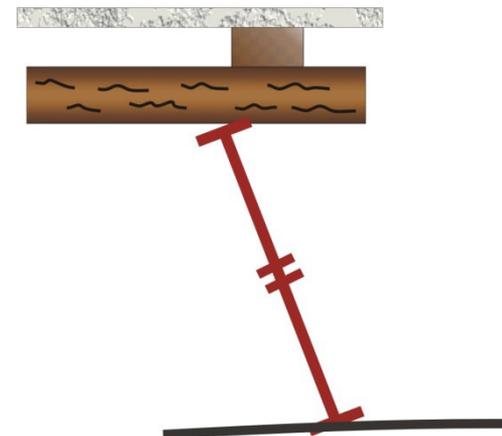
Pequenas áreas de apoio nas faces



Escoras com folga



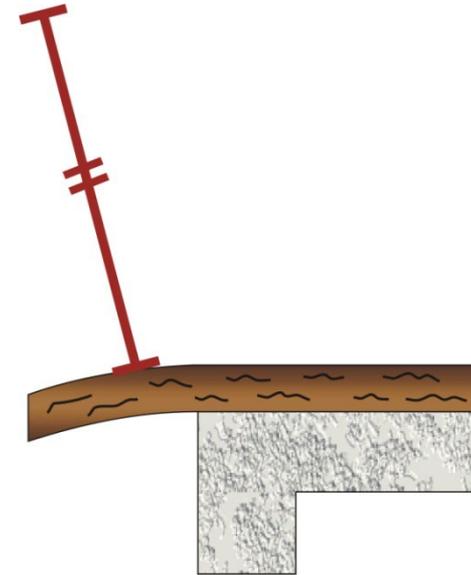
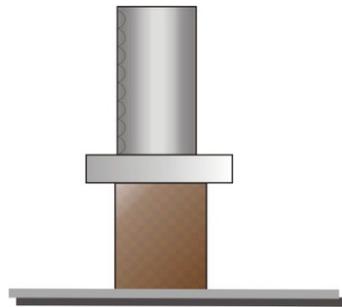
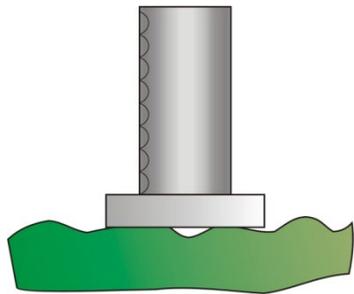
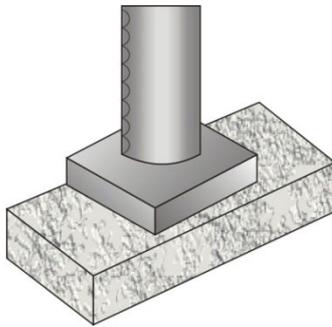
Escoras sem travamento



Escoras fora do prumo



Escoramentos mal executados



Escora apoiada em base deformável

Apoios em bases instáveis



Movimentação das formas: *escoramentos mal executados*

- *Detalhes construtivos*

- Falta de amarração nos cantos das formas
- Formas de vigas externas

- *Mão-de-obra*

- Falha na interpretação dos projetos
- Execução imperfeita

- *Lançamento do concreto*

- Velocidade de colocação da mistura
- Grande volume de concreto acumulado sobre a superfície
- Cargas excêntricas
- Elevadas pressões de impacto



Importância das formas na prevenção de manifestações patológicas

» Escoramento remanescente

Desempenho da estrutura e ausência de patologias em demais sistemas dependem diretamente do planejamento eficaz dessa estrutura provisória



O plano operacional para o escoramento remanescente deve contar com projeto próprio, implicando diretamente nas propriedades do concreto. Os principais itens são o ciclo de concretagem, as características do concreto ao executar a laje imediatamente acima, a sobrecarga de utilização das lajes, o peso próprio, as características e o posicionamento das escoras e a quantidade de jogos necessários.



Planejamento



Organização prévia



Restabelecimento



Importância das formas na prevenção de manifestações patológicas

téchne MELHORES PRÁTICAS

» Escoramento remanescente

Desempenho da estrutura e ausência de patologias em demais sistemas dependem diretamente do planejamento eficaz dessa estrutura provisória



No dia do lançamento do concreto as escoras já devem estar posicionadas nos locais determinados pelo projetista estrutural. Um dia antes, devem ser retiradas do andar mais baixo que ainda contar com escoramento residual e, por ser mais antigo, já apresenta resistência suficiente.



Planejamento



Organização prévia



Residuais

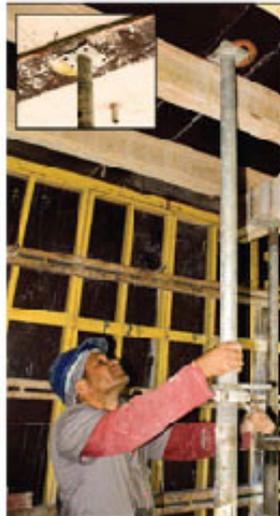


Importância das formas na prevenção de manifestações patológicas

téchne MELHORES PRÁTICAS

» Escoramento remanescente

Desempenho da estrutura e ausência de patologias em demais sistemas dependem diretamente do planejamento eficaz dessa estrutura provisória



A parte inferior das fôrmas deve contar com marcas que determinem o posicionamento correto das escoras. A colocação das escoras deve ocorrer antes do lançamento do concreto. A tarefa deve ser executada pelo operário que acompanha a concretagem sob a laje.



Organização prévia



Posicionamento



Importância das formas na prevenção de manifestações patológicas

» Escoramento remanescente

Desempenho da estrutura e ausência de patologias em demais sistemas dependem diretamente do planejamento eficaz dessa estrutura provisória



A migração das cargas do cimbramento original para o remanescente tem que ser natural, com distribuição uniforme, a partir do descimbramento. Para tanto, o aperto das escoras contra a laje deve ser manual, apenas pressionando-as contra a fôrma de modo que não sobrem espaços vazios nos apoios e, tampouco, introduzam esforços danosos.



Posicionamento



Aperto



As boas práticas.... ??



Fissuração

Variação Térmica

INFLUÊNCIAS EXTERNAS
MUDANÇA NAS CONDIÇÕES
AMBIENTAIS

- **Temperatura ambiente**
- **Ação do vento**
- **Radiação solar**
- **Propriedades ligadas ao próprio material**
 - **Calor específico**
 - **Massa específica**
 - **Coeficiente de condutividade térmica**
 - **Absorção à radiação solar (branco = 0,20; preto = 0,97)**
 - **Rugosidade da superfície**



PROPRIEDADES LIGADAS AO PRÓPRIO MATERIAL

- *Coefficiente de dilatação térmica*
 - Tipo de agregado, proporções da mistura,...

NBR 6118 $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$ (concreto armado)

PASTA $\alpha = 1,1 \text{ a } 2,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$

AGREGADO $\alpha = 0,9 \text{ A } 1,6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$

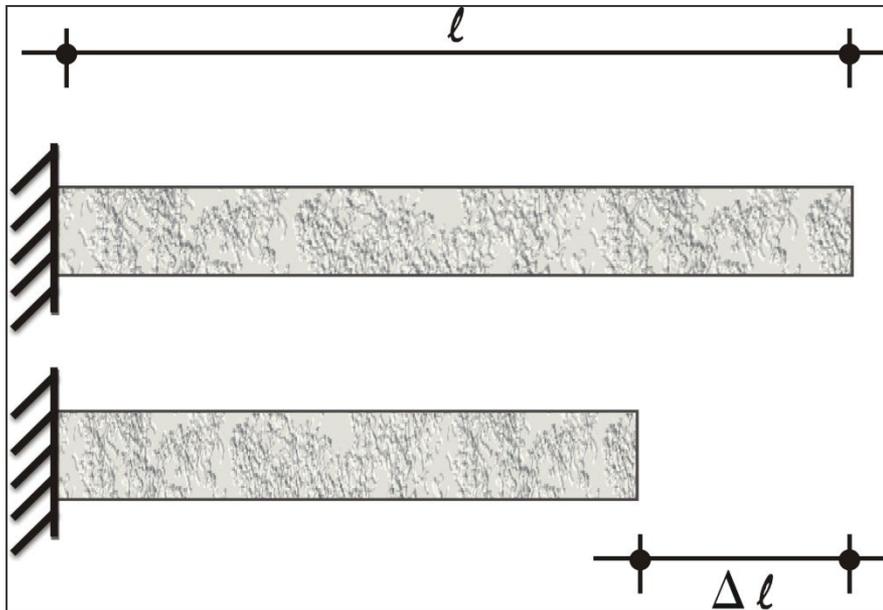


MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA

- *Condutividade térmica*
 - $f(\text{Tipo de agregado, massa específica})$
- *Difusibilidade térmica*
 - $f(\text{Tipo de agregado, massa específica})$
- *Calor específico*
 - $f(\text{Teor de umidade, massa específica})$
- *Emitância da superfície do componente*



MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS



$$\Delta l = \alpha l \Delta T$$

$$\sigma = E \alpha \Delta T$$



MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA

Material	α ($^{\circ}\text{C}$) 10^{-5}	E (GPa)	f_t (MPa)
Argamassa de cimento	0,8 a 1,2	15 a 20	1,5 a 3,0
Argamassa mista	0,2 a 0,8	3,0 a 15	0,2 a 1,5
Concreto	0,8 a 1,8	25 a 35	2 a 4
Concreto armado	1,0	25 a 35	2 a 4
Alvenaria de tijolos	0,4 a 0,8	8,0 a 15	0,5 a 1,0
Alvenaria blocos	0,6 a 1,0	10 a 20	0,8 a 1,5

α = coeficiente de dilatação térmica

E = módulo de elasticidade

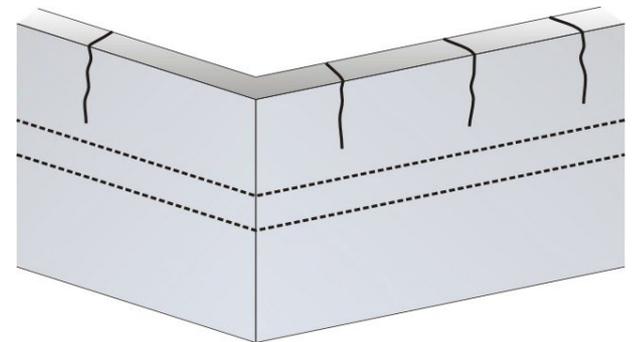
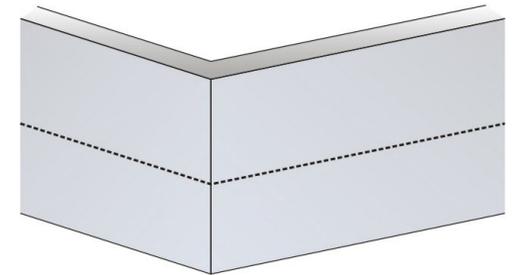
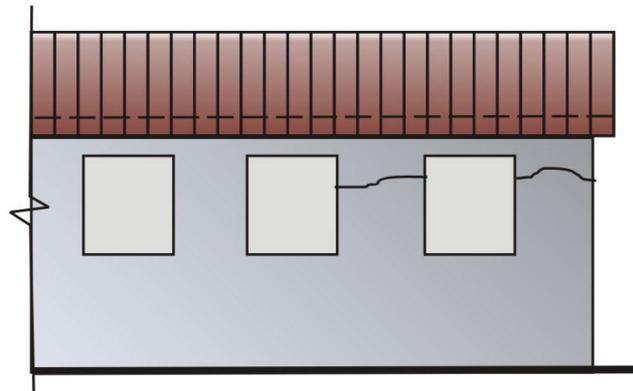
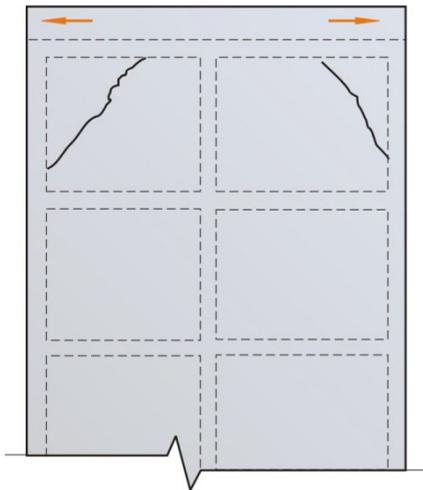
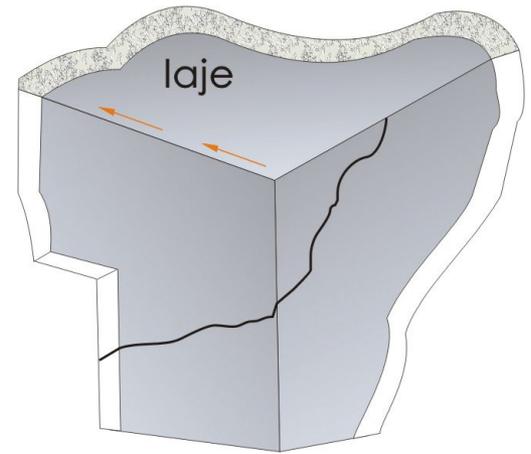
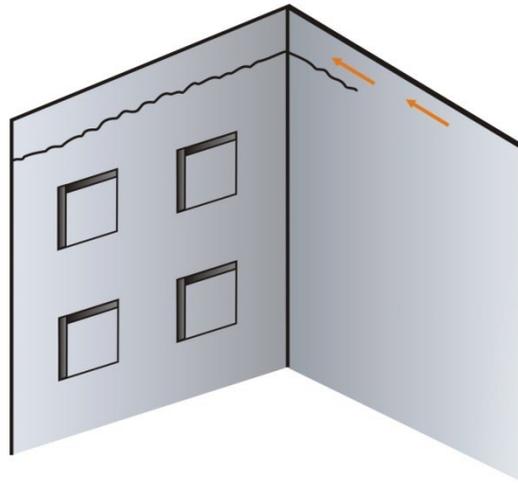
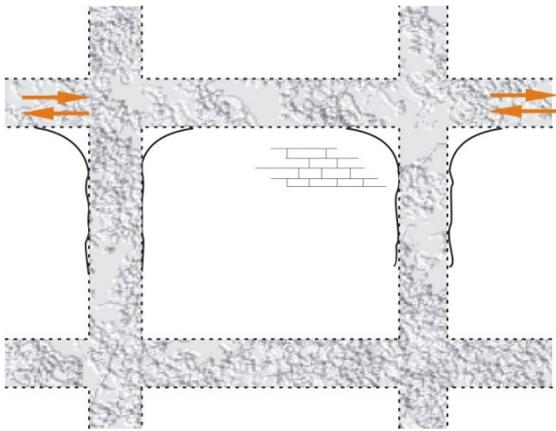
f_t = resistência à tração



ABSORÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR

Material/Cor	Absorção térmica
Caiação/tinta branca	0,20
Tinta amarela	0,35
Cimento amianto	0,60
Telha, tijolo, tinta verde	0,72
Tinta preta/asfalto	0,97





Ação do vento



Influência da velocidade do vento na distribuição da temperatura em uma estrutura aquecida.



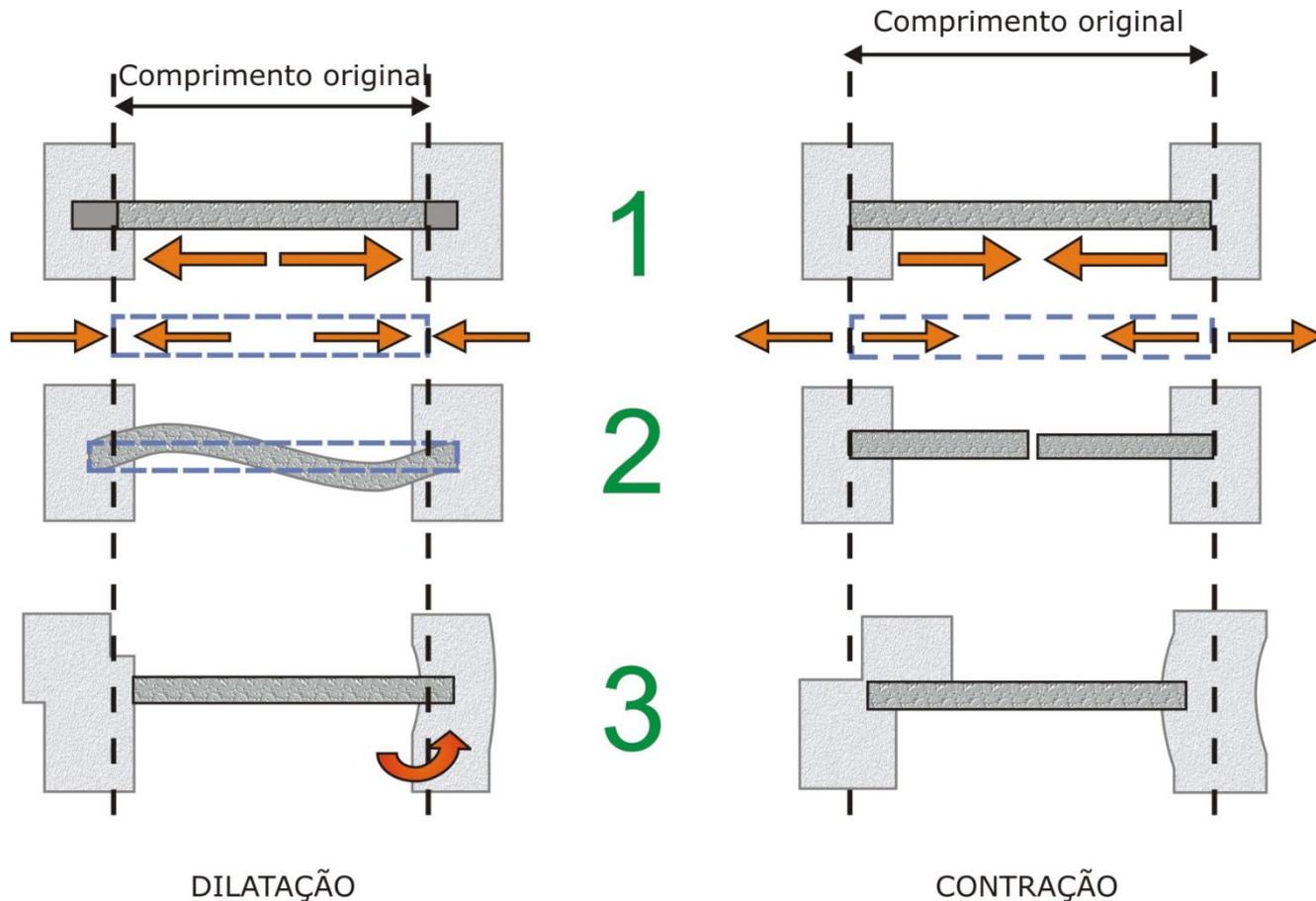
RADIAÇÃO SOLAR

- *Situação geográfica*
- *Época do ano*
- *Presença de nuvens*
- *Orientação da superfície x incidência raios*



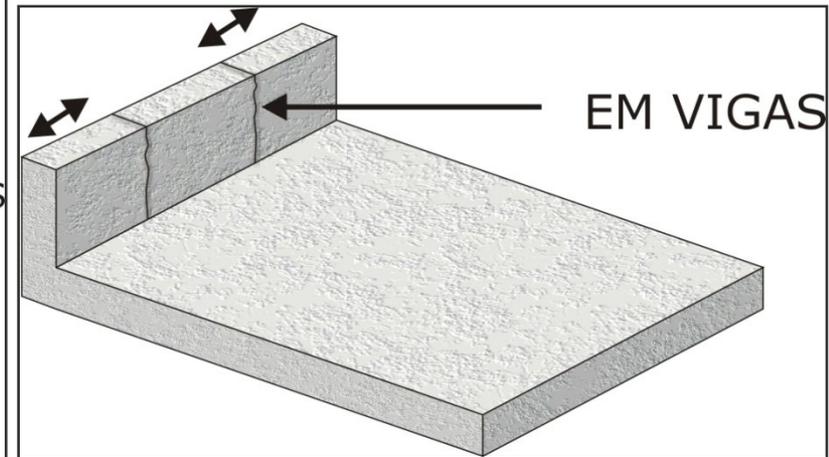
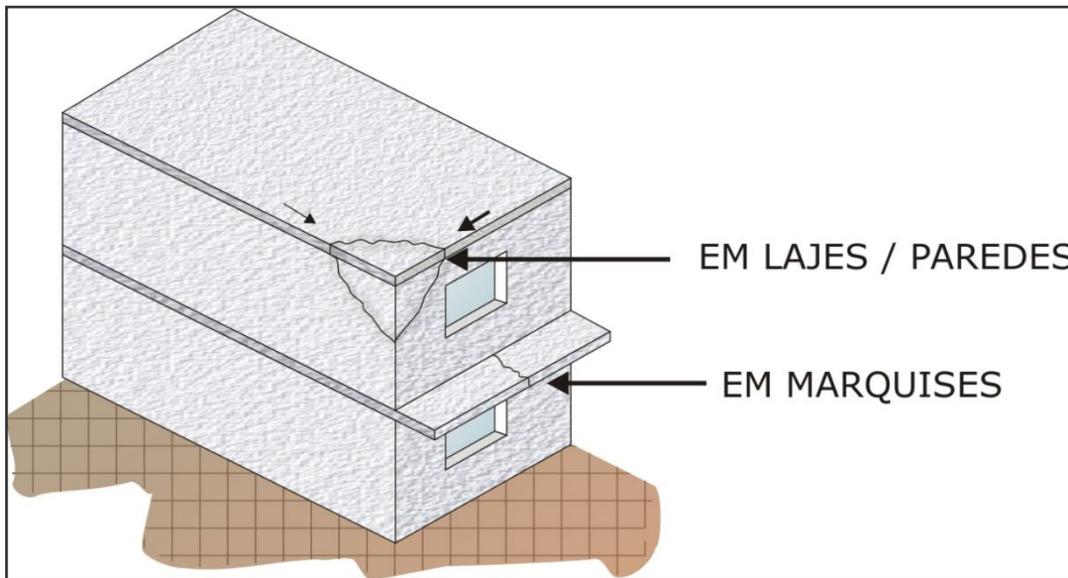
AÇÃO PATOLÓGICA

Devido a movimentação térmica



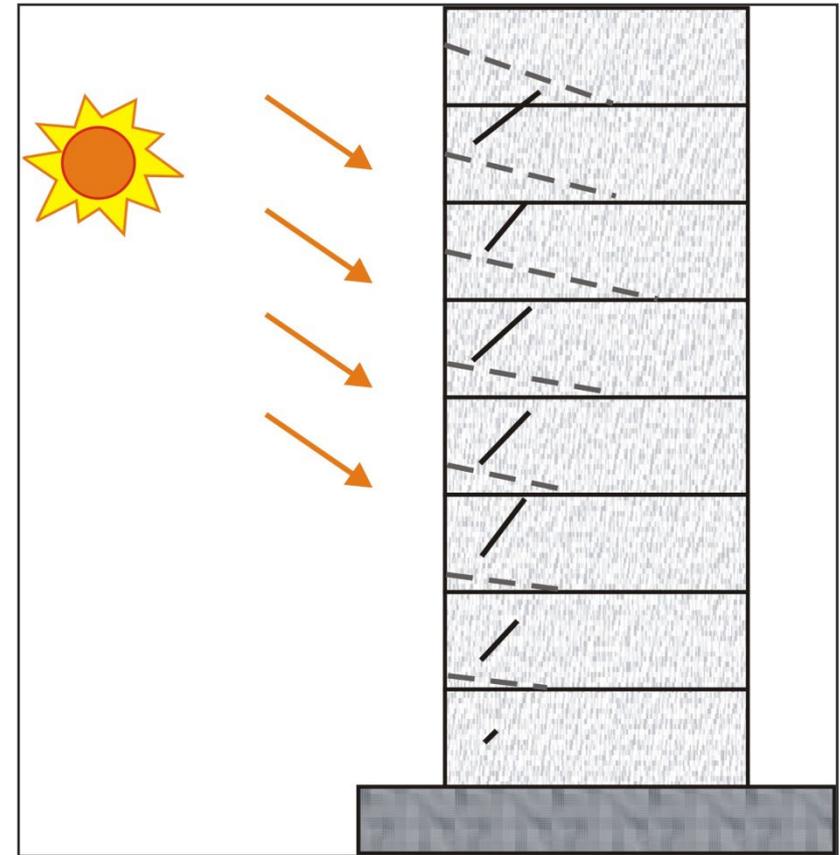
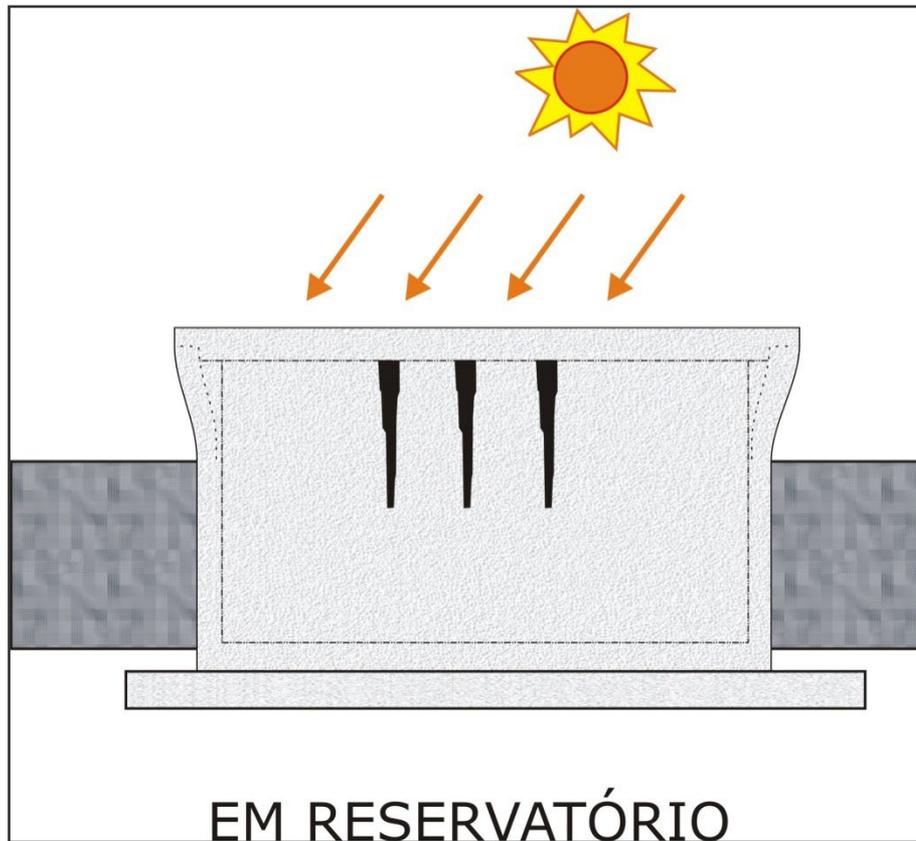
AÇÃO PATOLÓGICA

Devido a movimentação térmica



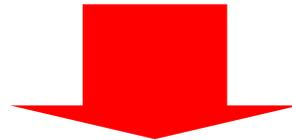
AÇÃO PATOLÓGICA

Devido a movimentação térmica



CARACTERÍSTICAS DAS FISSURAS

ABERTURA



**VARIÁVEL COM AS VARIAÇÕES
DAS TEMPERATURAS**

MANIFESTAÇÃO: DIAS → MESES → ANOS



FISSURAS DE VARIAÇÃO TÉRMICA



MEDIDAS PREVENTIVAS

PROJETO

Juntas de dilatação
Rugosidade/cor da superfície
Armaduras
Isolamento térmico

EXECUÇÃO

Cura
Insolação precoce

USO

Ar condicionado
Variação de temperatura



Fissuração

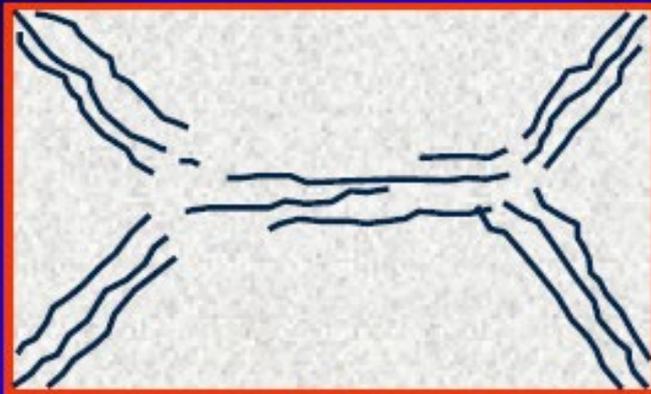
Sobrecargas



Fissuração

Sobrecargas

FISSURAS DEVIDO À FLEXÃO EM LAJES



FACE INFERIOR

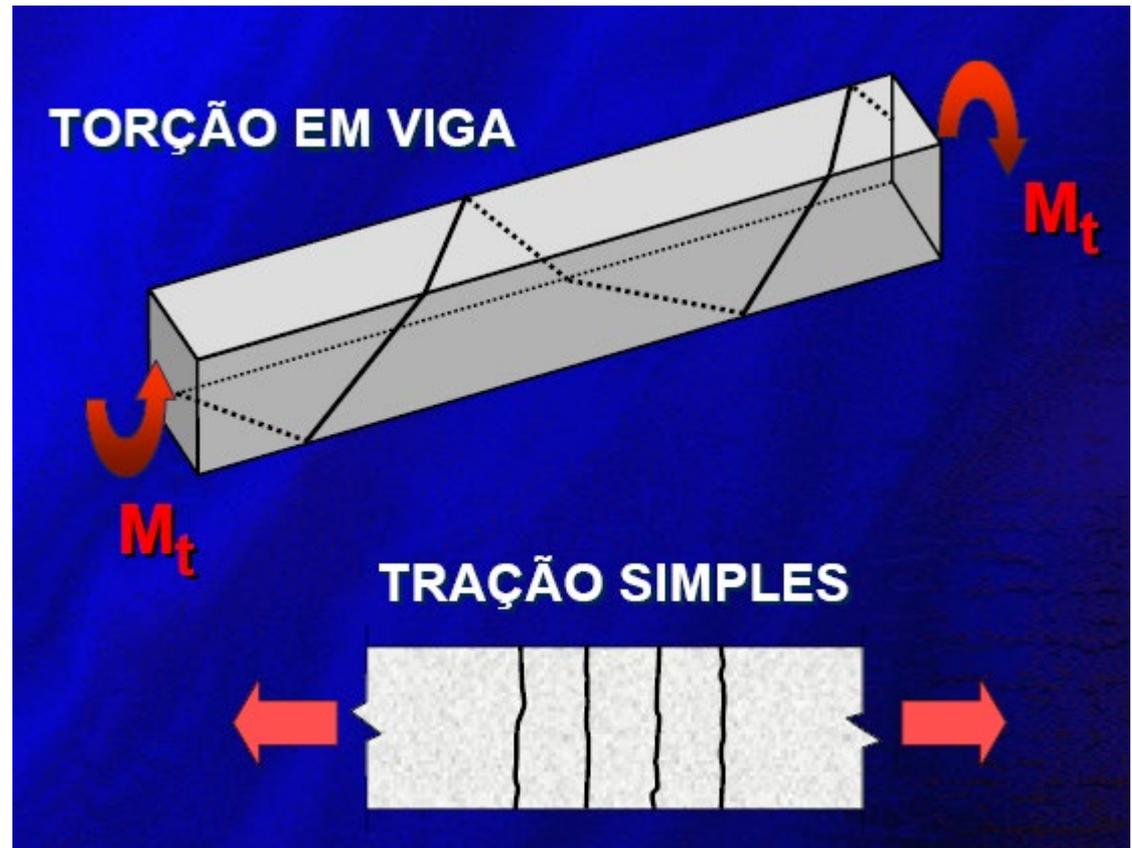
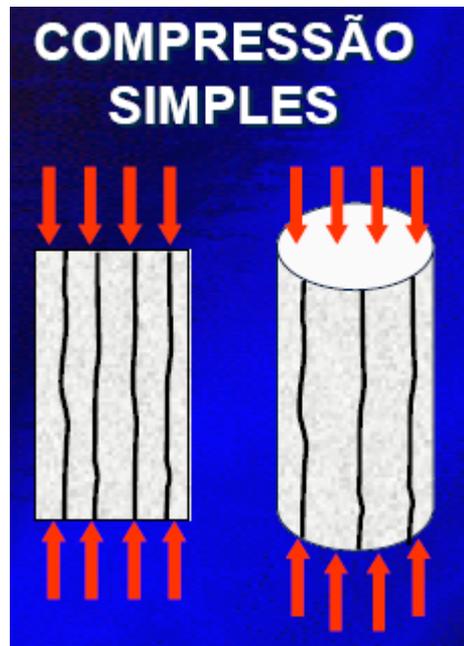


FACE SUPERIOR



Fissuração

Sobrecargas



Fissuração

Sobrecargas

➤ Flexão	61%
➤ Deformação	22%
➤ Cisalhamento	15%
➤ Tração	2%



➤ Projeto	60%
➤ Execução	28%
➤ Uso indevido	10%
➤ Outras	2%

(Dal Molin, 1988)



FISSURAS ACIDENTES



Medidas preventivas



- Cargas atuantes
- Normas técnicas
- Concepção do projeto
- Detalhamento da armadura



- Interpretação do projeto
- Conferência das armaduras
- Desforma prematura



- Projetar adequadamente quando na mudança de uso da edificação



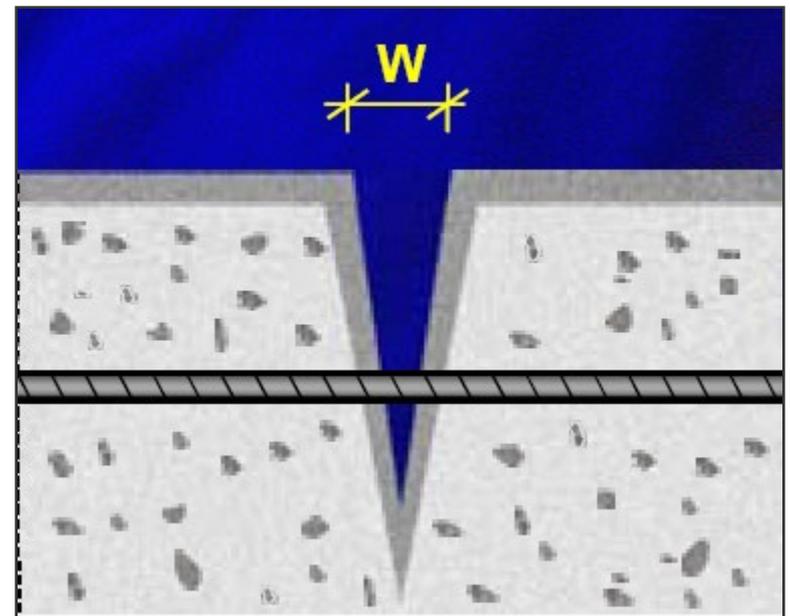
Fissuração

AMBIENTE DE AGRESSIVIDADE

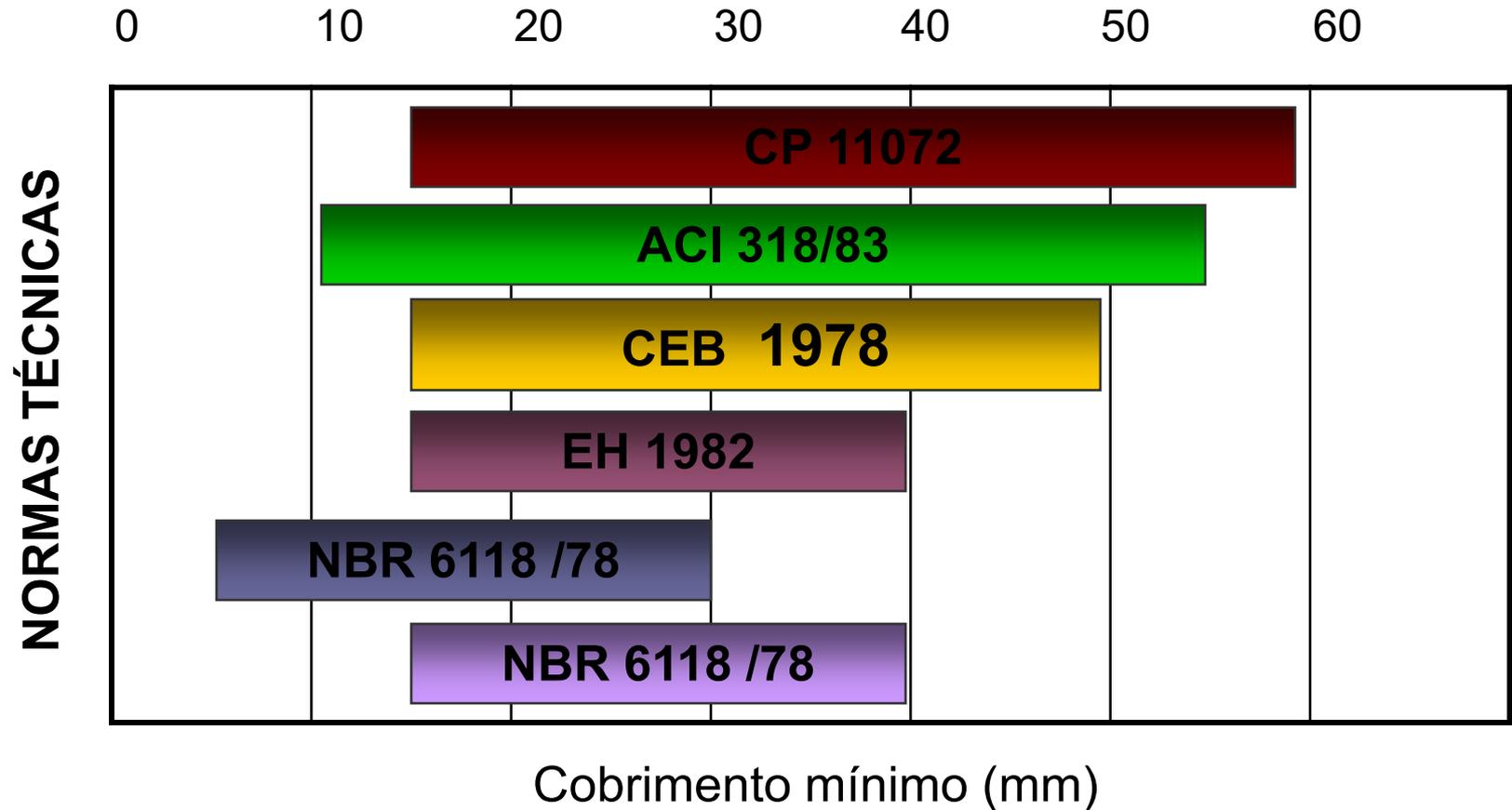
NBR 6118

- Fraca ou nula $W \leq 0,4\text{mm}$
- Média $W \leq 0,3\text{mm}$
- Forte $W \leq 0,1\text{mm}$

CEB $\leq 0,35\text{mm}$



COBRIMENTO MÍNIMO



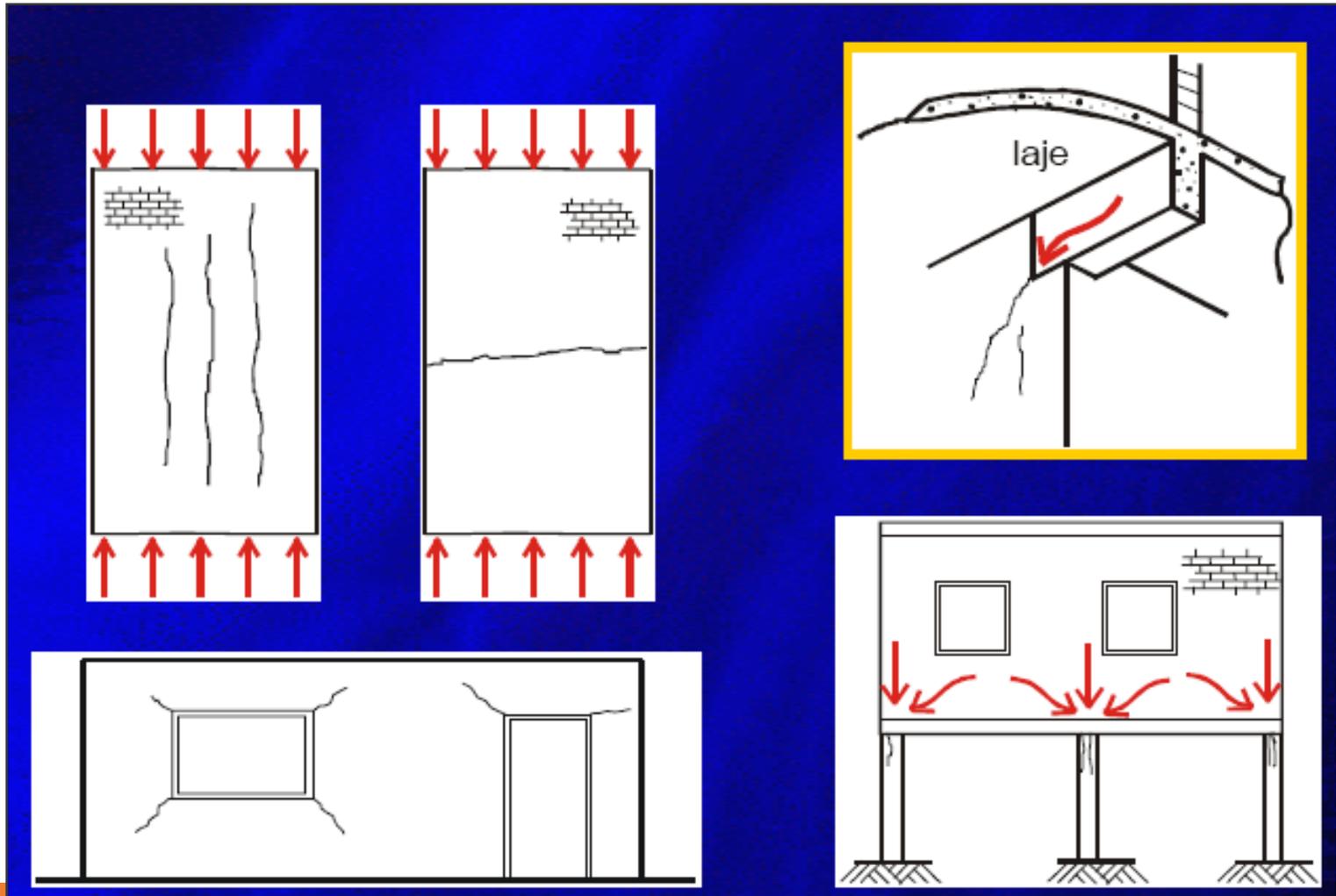
Fissuração

Sobrecargas em alvenaria

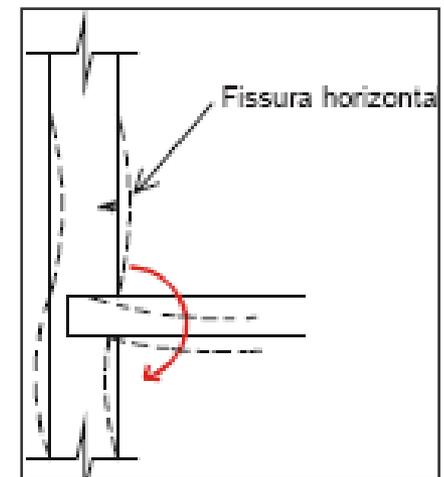
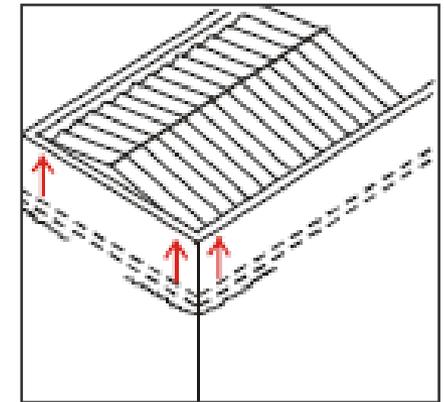
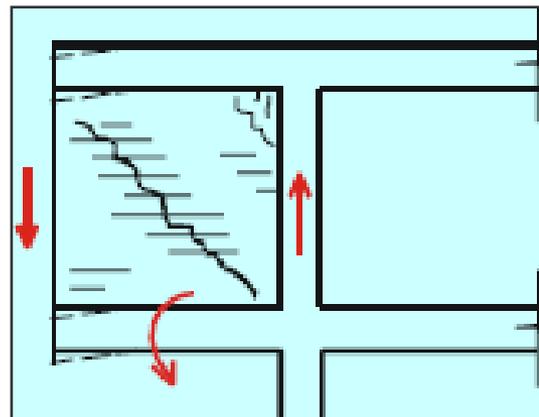
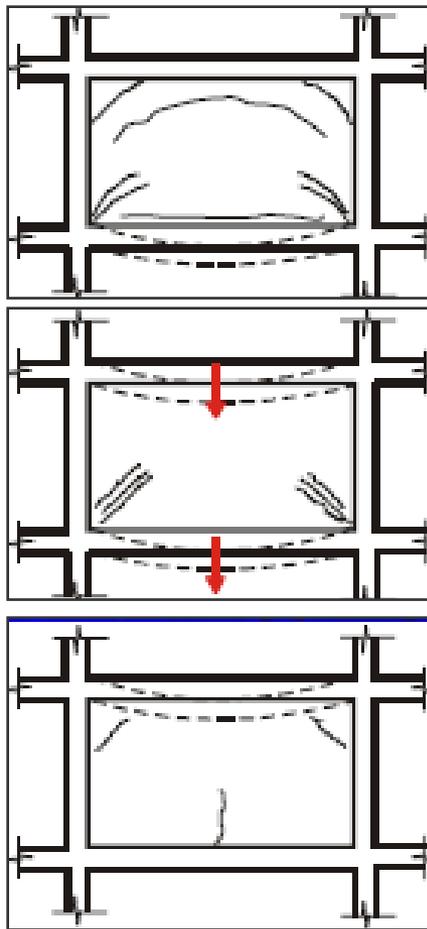


Fissuração

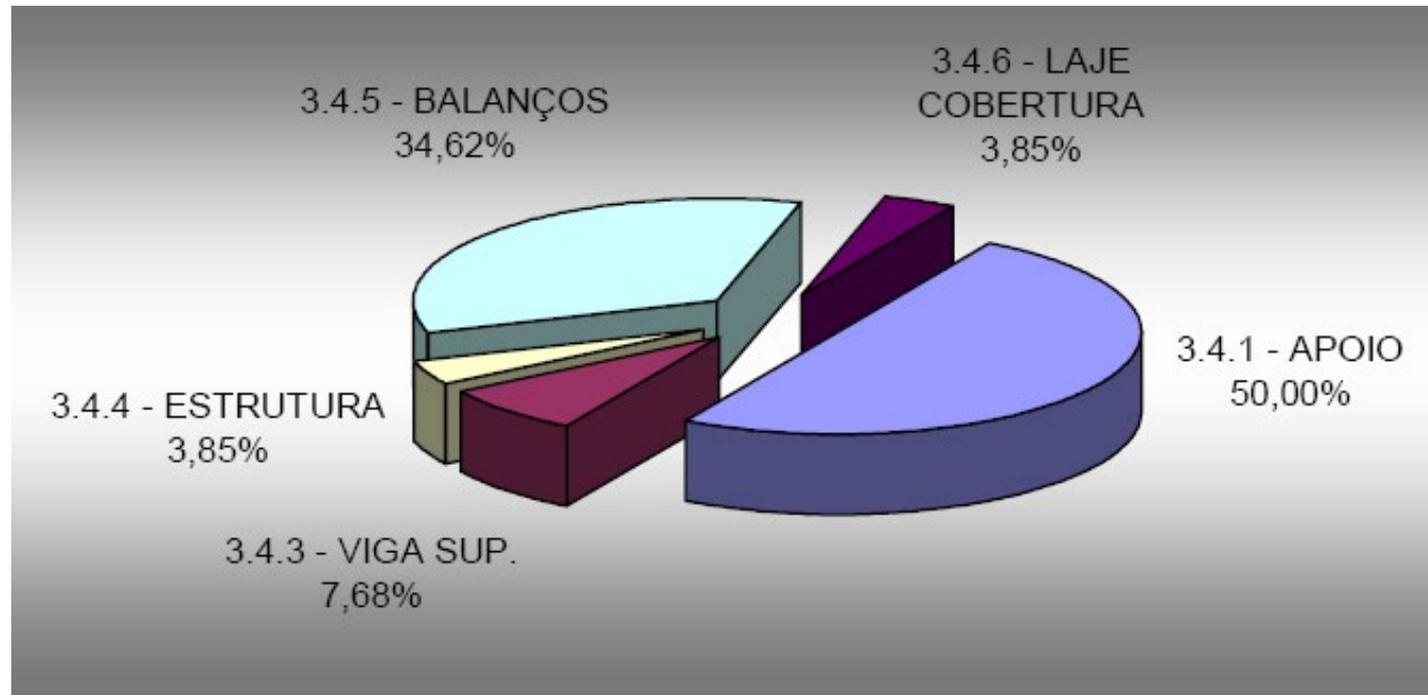
Sobrecargas em alvenaria



Fissuras em alvenaria por deformação na estrutura



Fissuras em alvenaria por deformação na estrutura



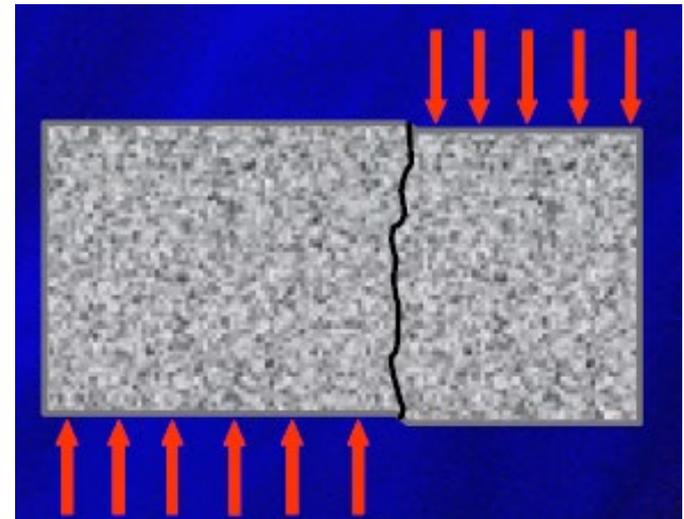
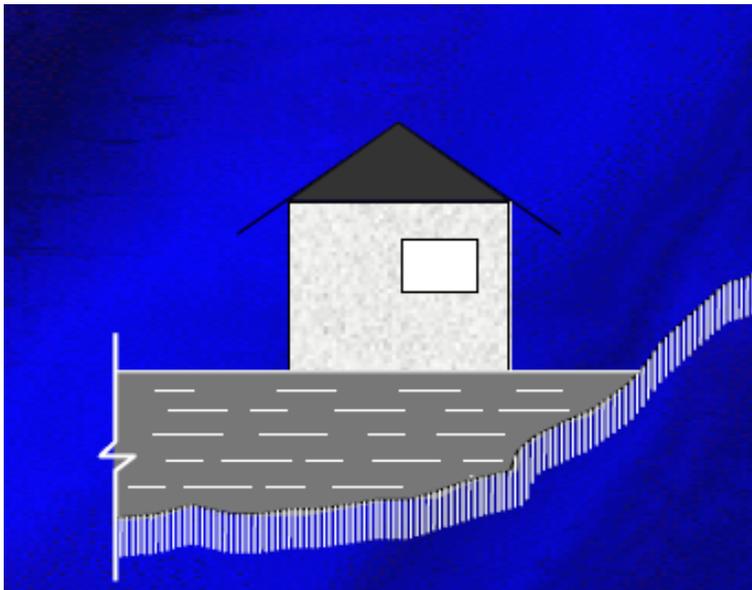
(Magalhães e Dal Molin, 2004)



Fissuração

Fundações

Fundações contínuas
Carregamentos desbalanceados



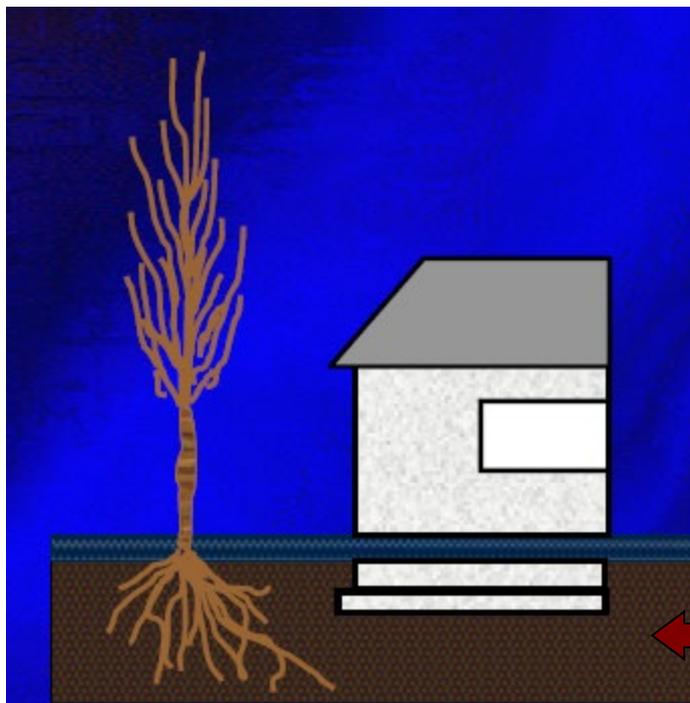
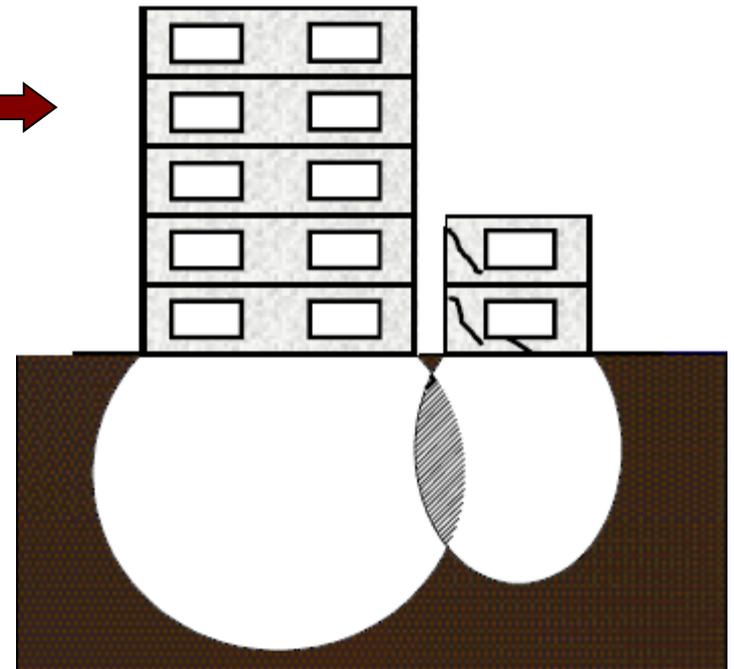
Consolidação distinta do
aterro carregado



Fissuração

Fundações

Fundações contínuas
Carregamentos desbalanceados



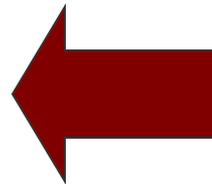
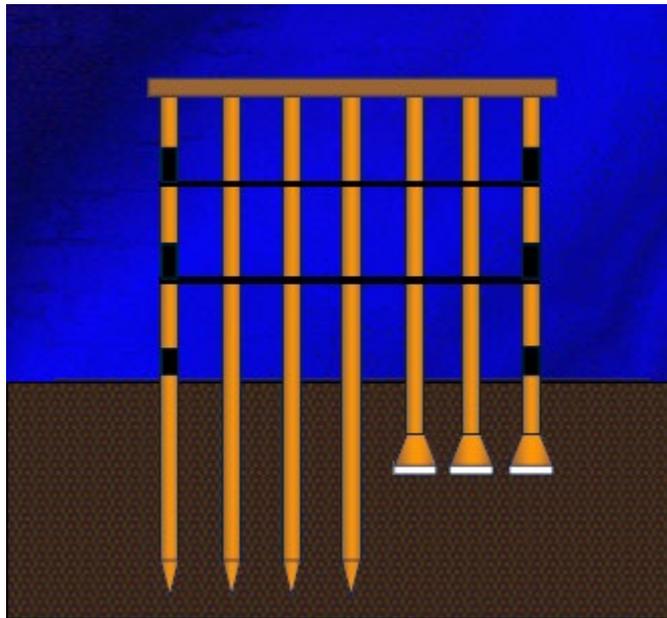
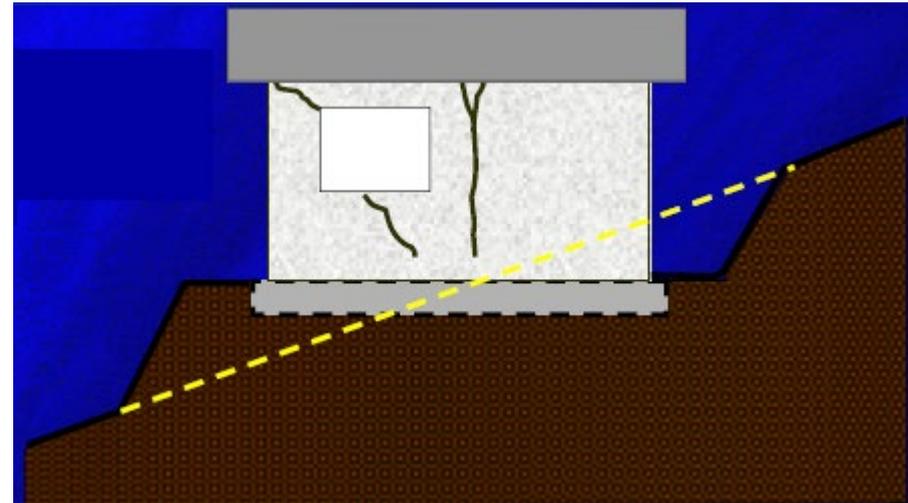
Consolidação distinta do
aterro carregado



Fissuração

Fundações

Seções de corte



Diferentes sistemas de fundação na mesma edificação



FISSURAS FUNDAÇÕES

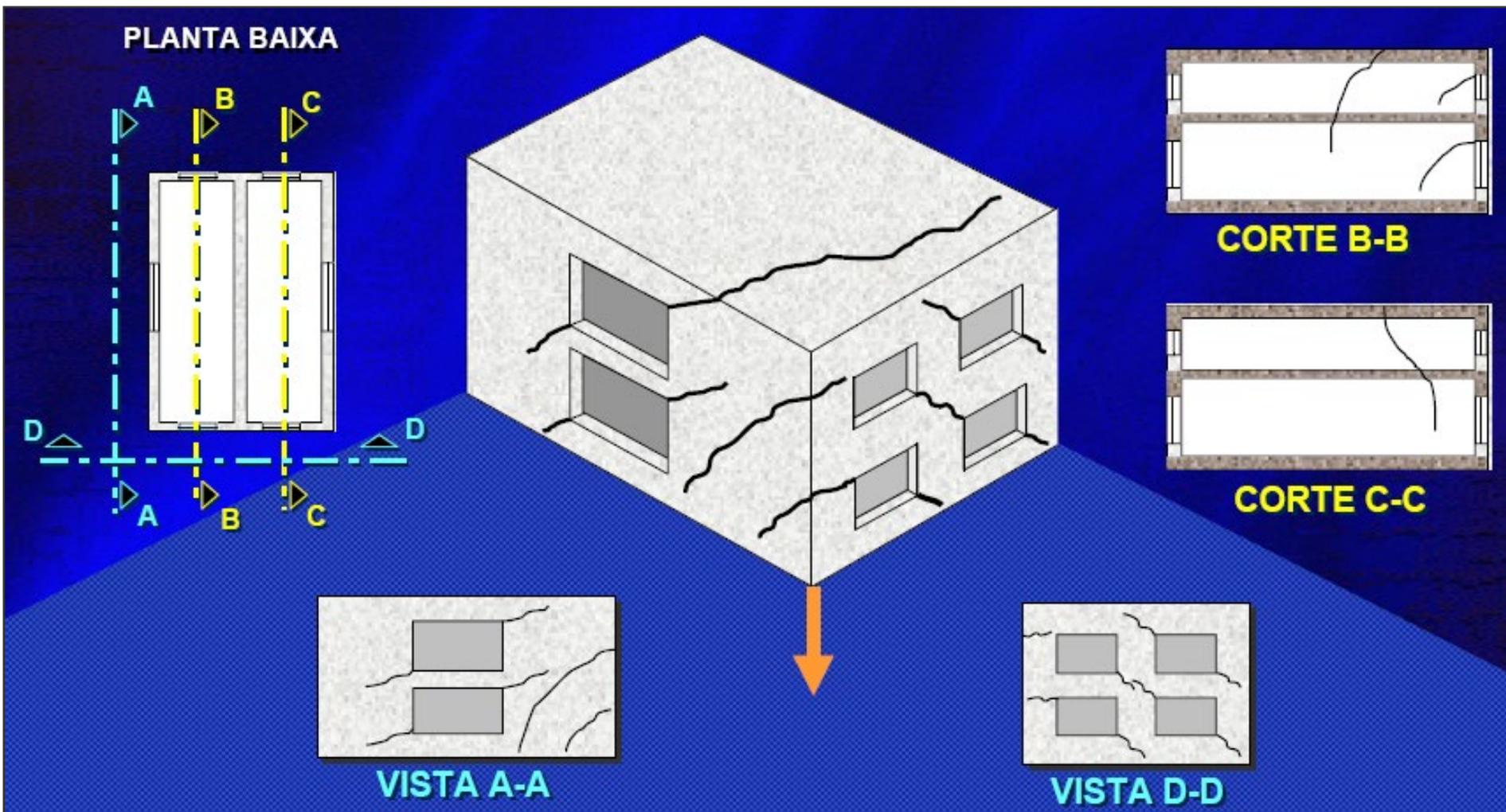


FISSURAS FUNDAÇÕES



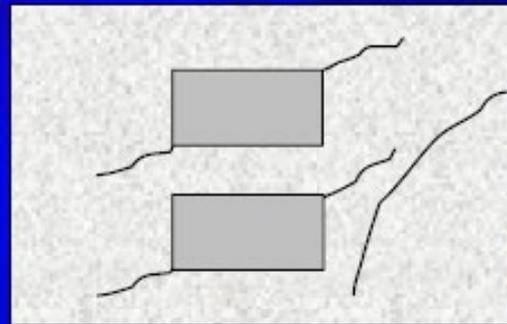
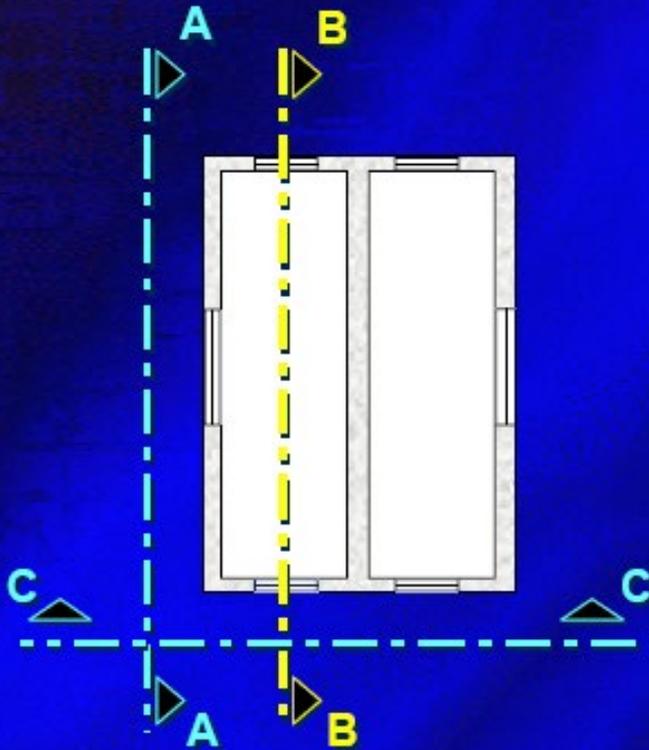


Fissuração: *Fundações*

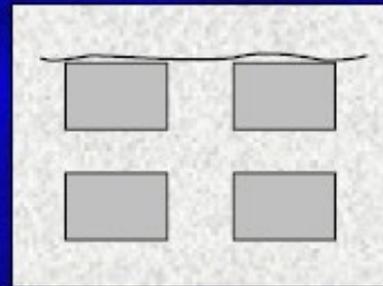


Fissuração: *Fundações*

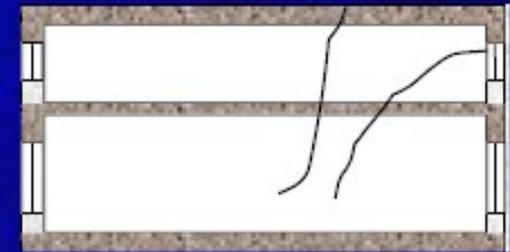
PLANTA BAIXA



VISTA A-A



VISTA C-C



CORTE B-B



Valores limites de distorção angular

• Paredes e divisórias $l/300$ a $l/500$

• Componentes estruturais $l/500$

RECALQUE ADMISSÍVEL

DEPENDE

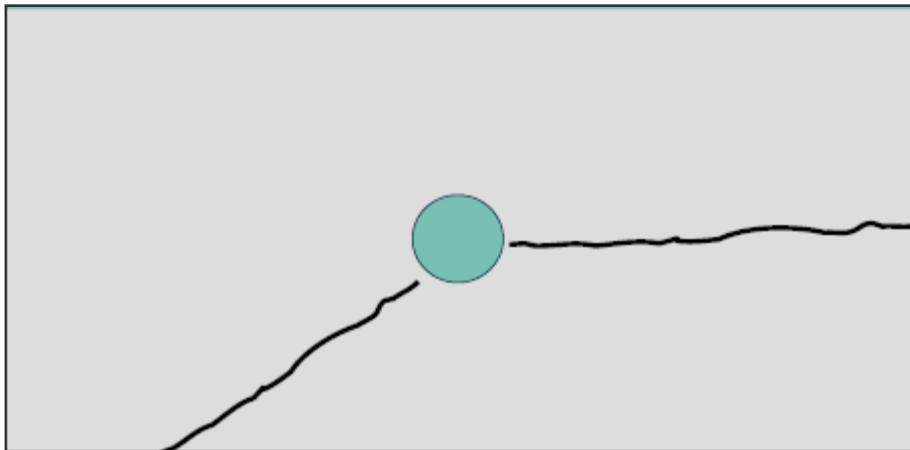
- Tipo da estrutura
- Rigidez da estrutura
- Função e localização da estrutura
- Magnitude, velocidade e distribuição do recalque



Fissuração

Detalhes construtivos

Eletrodutos – Tubulações muito próximas da superfície



Face inferior das lajes

MEDIDAS PREVENTIVAS

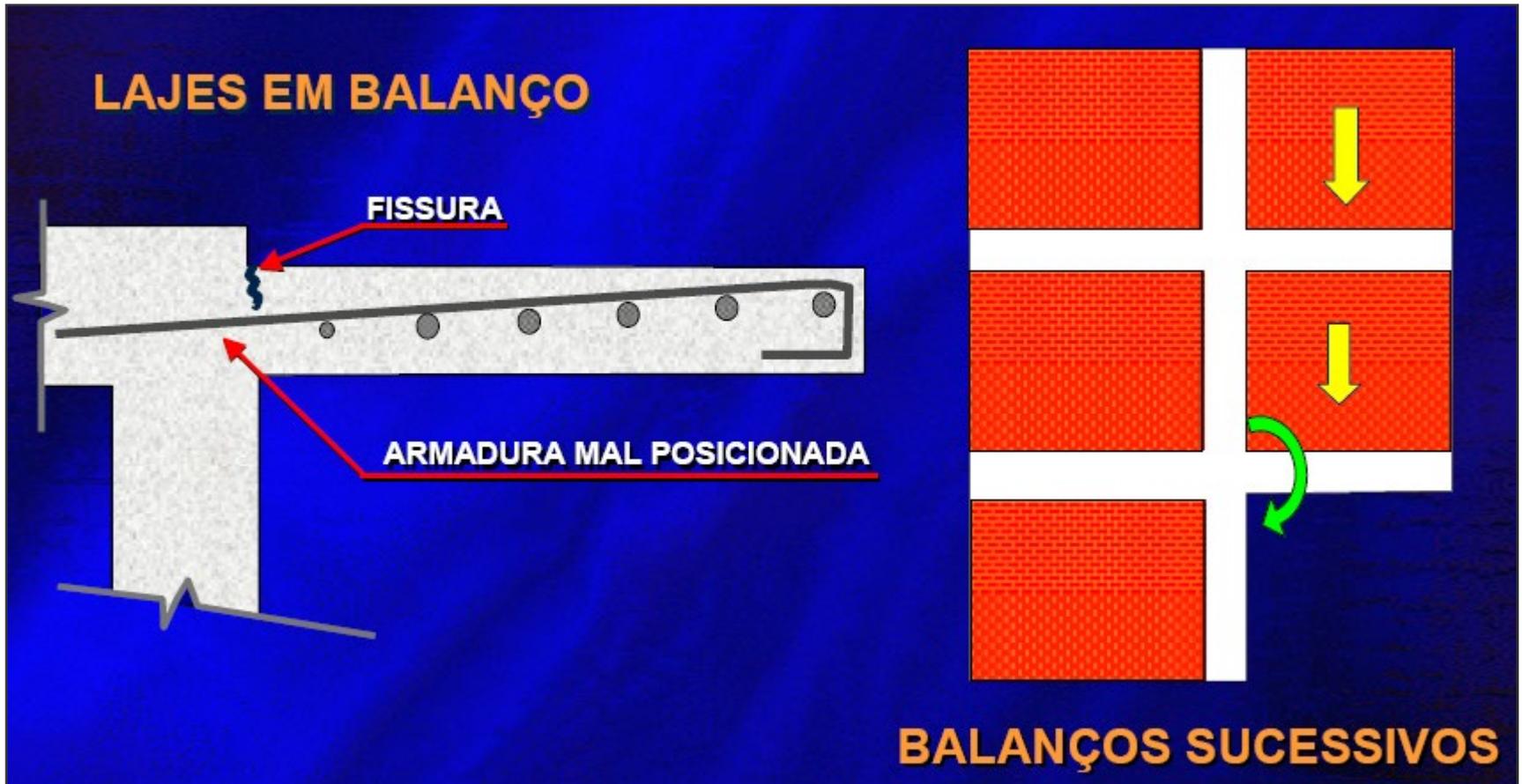
EXECUÇÃO

Cobrimento adequado dos eletrodutos/armadura adicional

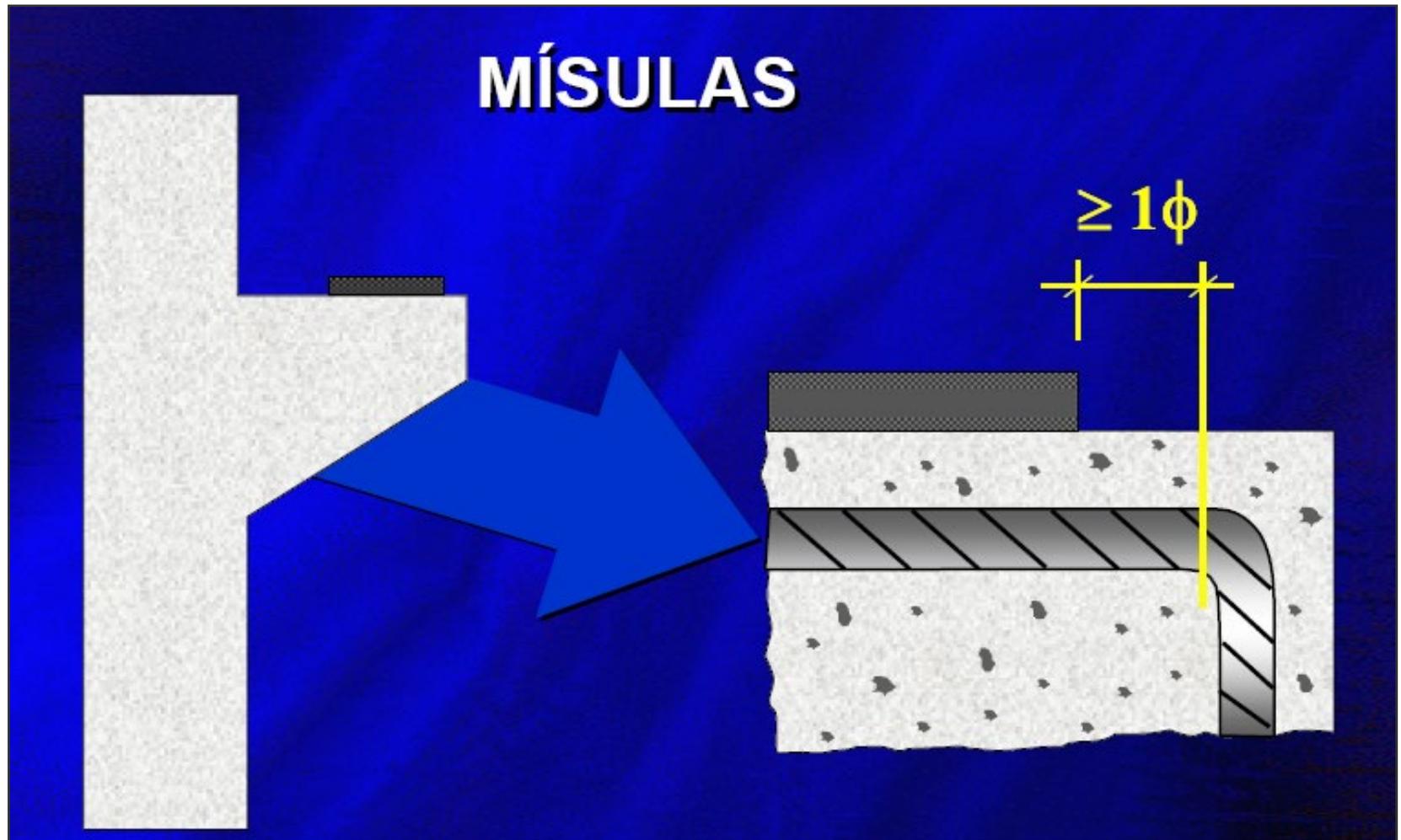


Fissuração: *Detalhes construtivos*

Lajes em balanço



Fissuração: *Detalhes construtivos*



CORREÇÃO DE FISSURAS



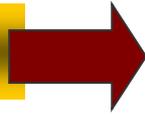
IDENTIFICAR COM PRECISÃO TODOS OS PROBLEMAS

- ✓ **SINTOMAS**
- ✓ **MECANISMOS DE OCORRÊNCIA**
- ✓ **ORIGEM, CAUSA E CONSEQUÊNCIA NO COMPORTAMENTO GERAL DA ESTRUTURA**



CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS

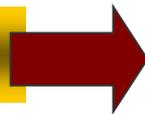
ATIVAS (vivas)



ESTACIONÁRIAS
PROGRESSIVAS

São aquelas
cujas dimensões
variam com o
passar do tempo

PASSIVAS (mortas)



Quando não há continuidade
ou agravamento em seus
estados



MEDIÇÃO

ABERTURA DE FISSURA

- ✓ FISSURÔMETRO
- ✓ CALIBRADORES
- ✓ PAQUÍMETRO
- ✓ RÉGUA GRADUADA

PROFUNDIDADE DA FISSURA

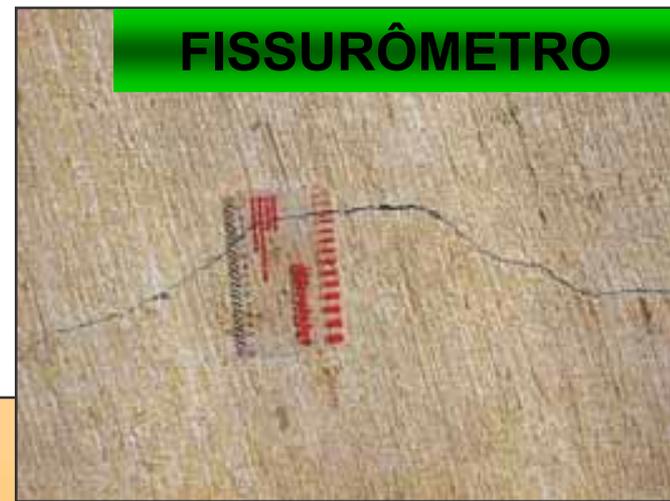
- ✓ ULTRASSOM
- ✓ EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHO

FORMA E CONFIGURAÇÃO DA FISSURA



MEDIÇÃO

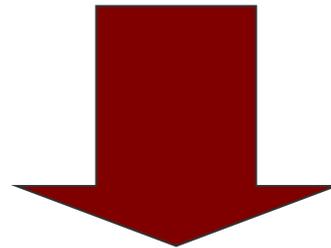
FISSURÔMETRO



ULTRASSOM



FISSURAS ATIVAS



GARANTIR O MOVIMENTO DA ESTRUTURA



FISSURAS ATIVAS

Abertura de berço e preenchimento com selante

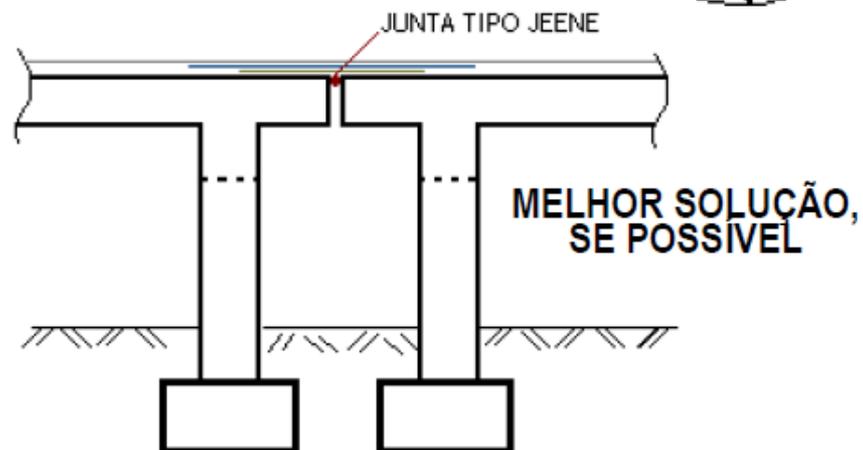
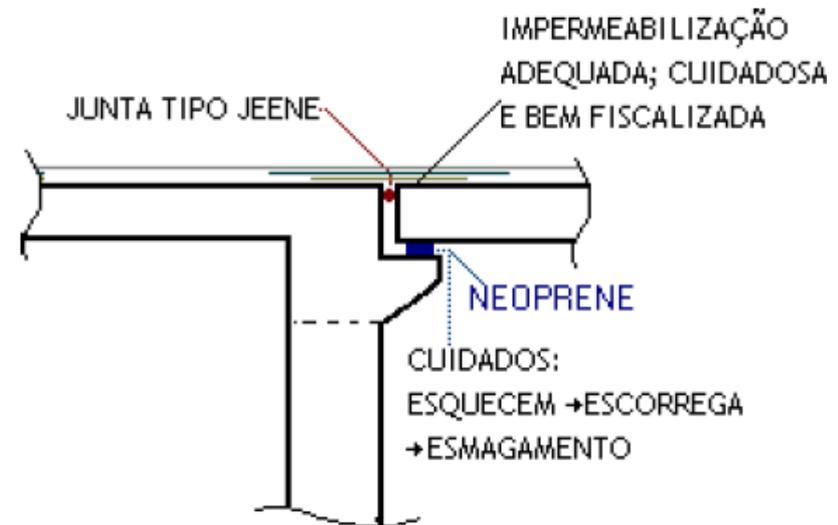
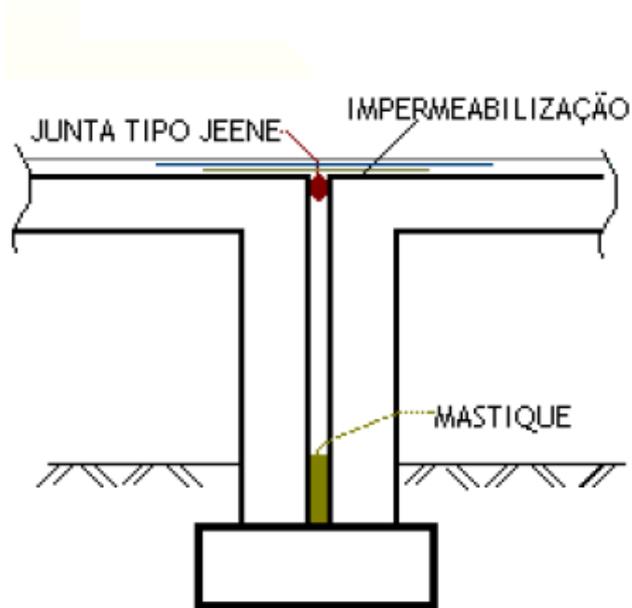
SELANTES e MASTIQUES - devem apresentar características de elasticidade e deformabilidade

Natureza do selante	Taxa de trabalho	Largura da junta (cm)
Asfalto à frio	$\pm 3\%$	20
Asfalto à quente	$\pm 5\%$	12
Acrílica, vinílica, butílica	± 7 a 10%	6
Polisulfeto, poliuretano	± 20 a 25%	2,4
Silicones	± 20 a 25%	2,4
Preformados (EPM)	$\pm 25\%$	2,4

Para estruturas de CA com 30m e 40°C de variação de temperatura



Tratamento com junta de dilatação



FISSURAS ATIVAS

Pinturas flexíveis

Uso opcional – tela de náilon ou polipropileno



Tintas (acrílicas, por exemplo)
de grande elasticidade,
reforçando-se a película de
pintura com uma fina tela de
náilon



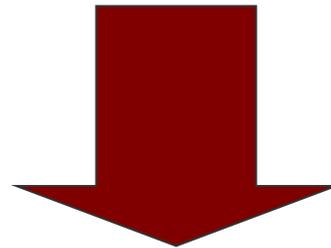
FISSURAS ATIVAS

Procedimentos de execução

- ✓ **Limpar a superfície**
- ✓ **Imprimação localizada no concreto (tinta diluída com água)**
- ✓ **Aguardar secagem inicial e estender uma tela de náilon de 10 a 20cm de largura, fixando-a com uma nova demão de tinta, igualmente diluída, sobre as fissuras**
- ✓ **Aplicar o número de demãos necessários sem diluição (intervalo ≥ 1 h)**
- ✓ **Quando a tinta estiver bem seca, retocar a região reparada com o acabamento usual do componente (textura, pintura à base de PVA...)**



FISSURAS PASSIVAS



**PODEM SER RECUPERADAS DE MANEIRA A
DEVOLVER AO COMPONENTE FISSURADO A
SUA INTEGRIDADE ORIGINAL**



FISSURAS PASSIVAS

1. Injeção de resinas

✓ **Restabelecer a monoliticidade do elemento de concreto fissurado**

TIPOS DE RESINA

- ✓ **ACRÍLICA**
- ✓ **POLIÉSTER**
- ✓ **EPÓXI**



FISSURAS PASSIVAS

PROCEDIMENTO DE INJEÇÃO DE RESINAS

✓ **Abertura de furos ao longo da fissura com furadeira elétrica ($d_{\text{máx}}$ 12mm e profundidade $\leq 50\text{mm}$)**

Distância entre furos de 15 a 50cm f(espessura e profundidade da fissura)

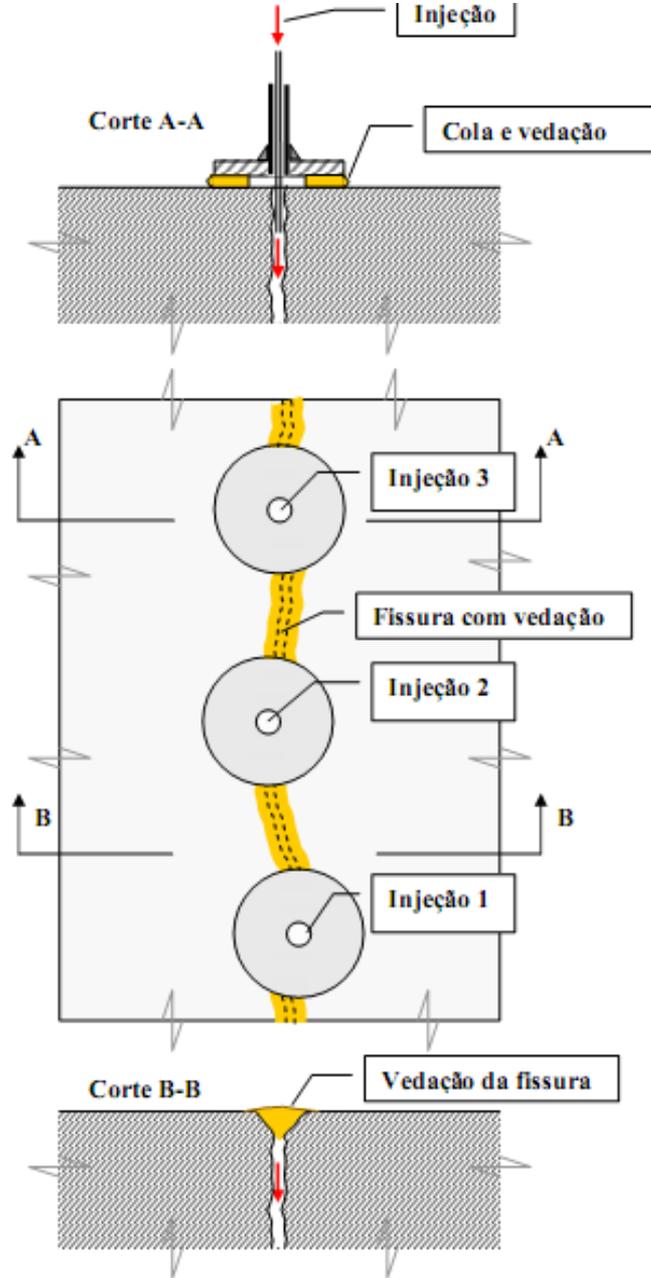
✓ **Fixar tubos plásticos nos orifícios com adesivos**

Após decorrido o tempo de 12 a 36 h, fazer um teste com ar comprimido para verificar se existe comunicação entre os furos

✓ **injeção por meio de seringa nos furos inferiores para os superiores**

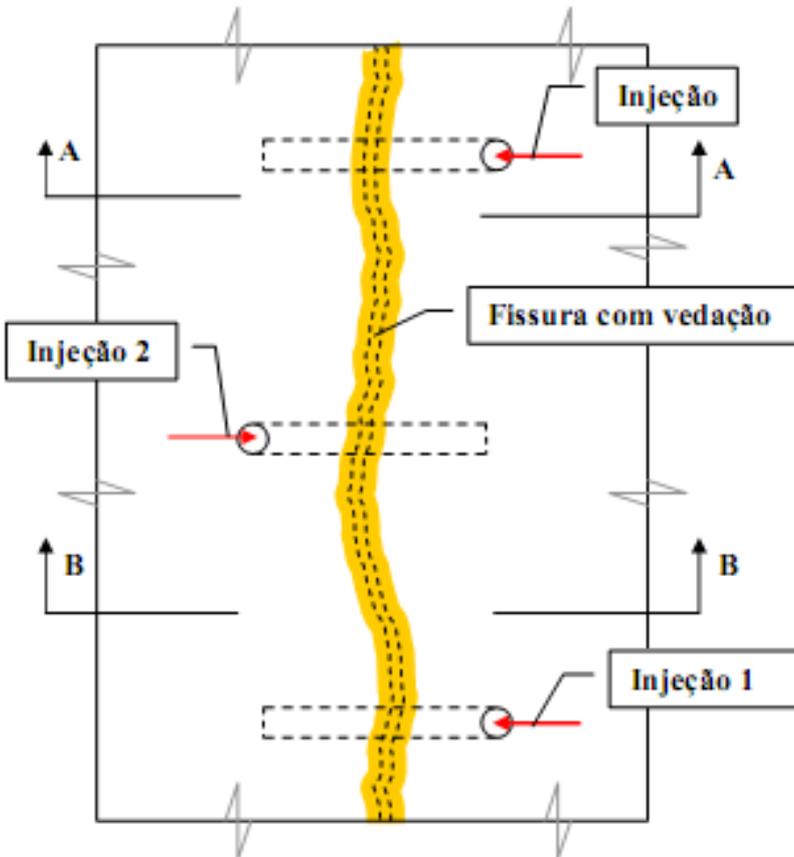
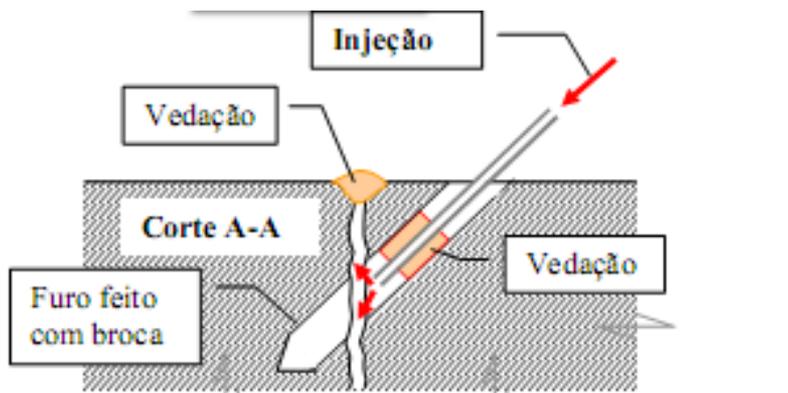
✓ **cortar os tubos plásticos após 48h junto a face do concreto**





Injeção feita na própria fissura





Injeção de fissuras em furos feitos com broca



FISSURAS PASSIVAS

2. Injeção de nata de cimento

CIMENTO + ÁGUA

a/c ~ 0,40 + aditivo plastificante + expansor



FISSURAS PASSIVAS

3. Selagem superficial com epóxi

Fissuras superficiais com $e < 0,6\text{mm}$

PROCEDIMENTO

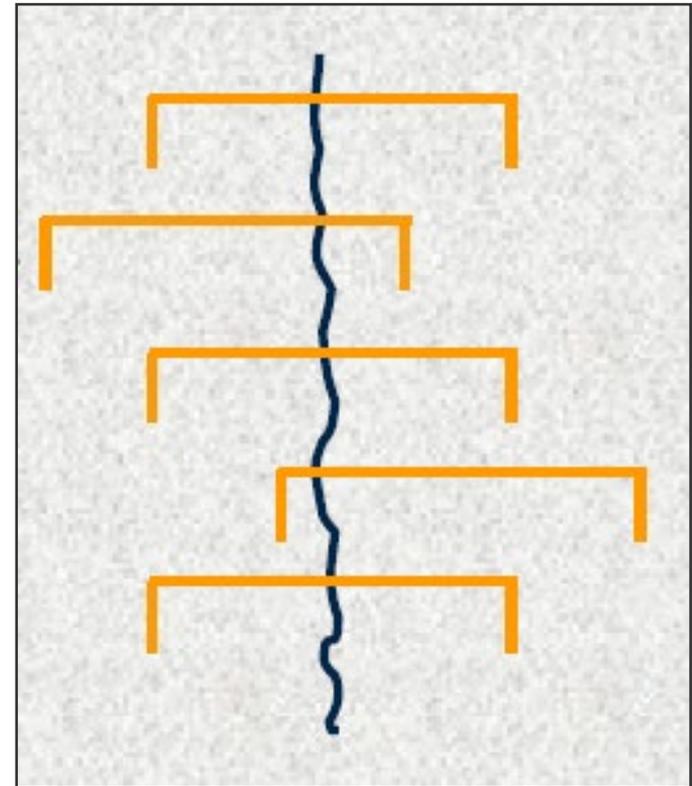
- ✓ **Abertura em forma de cunha ao longo da fissura numa espessura máxima de 2cm e profundidade máxima de 1cm**
- ✓ **Limpeza**
- ✓ **Colmatação da abertura com resinas epóxi pastosas**



FISSURAS PASSIVAS

4. Grampeamento

Abertura > 6,3mm



FISSURAS PASSIVAS

5. **Encunhamento** (cunha metálica a cada 30cm)
6. **Revestimentos** – tintas flexíveis com uso opcional de tela de náilon ou polipropileno



Exemplos de materiais usados no reforço e recuperação de estruturas de concreto

Material	Principais características	Aplicação
Microconcreto	Fluido, retração compensada, elevada resistência	Reparos e reforços estruturais
Grout	Bombeável, isento de retração, auto-adensável	Fixação de equipamentos, trilhos, reparos etc
Adesivos	Substrato seco, base epóxi, acrílica, PVA	Aderência concreto velho-novo, injeção de fissuras, ancoragem, fixação de apoios estruturais
Argamassa polimérica	Fácil acabamento, boa aderência, tixotrópica, retração reduzida	Reparos superficiais, impermeabilizações
Primer para armadura	Inibidor de corrosão, rico em zinco	Proteção da armadura contra a corrosão
Argamassa de pega rápida	Alta resistência após 1 hora	Recuperação de pavimento de concreto

