



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

Avaliação de **Risco Estrutural**



Fissuração das Estruturas



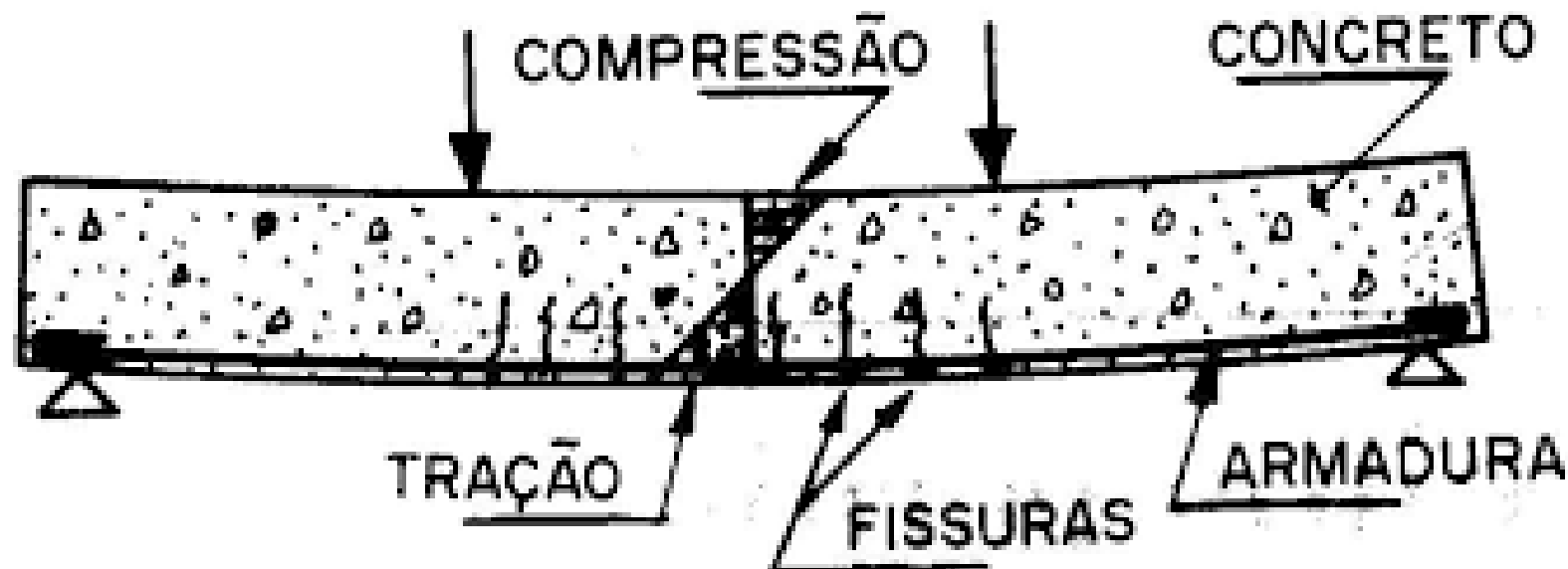
“Fissuras são problemas que acontecem nas minhas obras, trincas nas obras de engenheiros amigos meus, e rachaduras nas obras dos engenheiros que não são meus amigos.”

Falcão Bauer



Fissuras

São aquelas com aberturas desde capilares até a ordem de 0,5 mm.



Trincas

São aberturas da ordem de até 3 mm.



Rachaduras

Superam a marca dos 3mm.



As trincas contribuem para quatro aspectos fundamentais

- Aviso eventual de estado perigoso para o elemento estrutural e/ou estrutura;
- Comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústico);
- Constrangimento psicológico que a fissuração do edifício do edifício exerce sobre seus usuários;
- Desvalorização da edificação.

O processo de fissuração indicativo que necessitam atenção

- Movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade;
- Atuação de sobrecargas ou concentração de tensões;
- Deformação excessiva das estruturas;
- Recalques diferenciais das fundações;
- Retração de produtos a base de ligantes hidráulicos;
- Alteração química dos materiais de construção.





Fissuras causadas por movimentações térmicas

Mecanismos de deformação
e configurações típicas

Movimentação térmica

- Propriedade física dos materiais
- Magnitude das tensões
- Grau de Restrição
- Propriedades Elásticas
- Movimentação diferenciada



Propriedade térmica dos materiais de construção

- Intensidade de radiação solar;
- Umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento;
- Absorbância da superfície do elemento;
- Emitância da superfície do componente;
- Condutância térmica superficial;
- Outras propriedades.

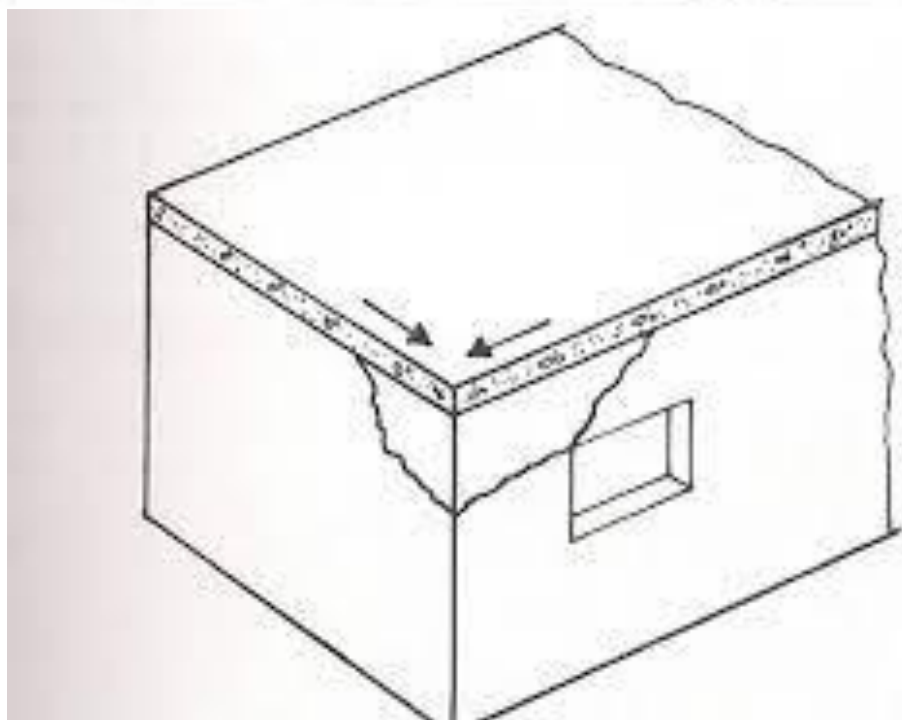
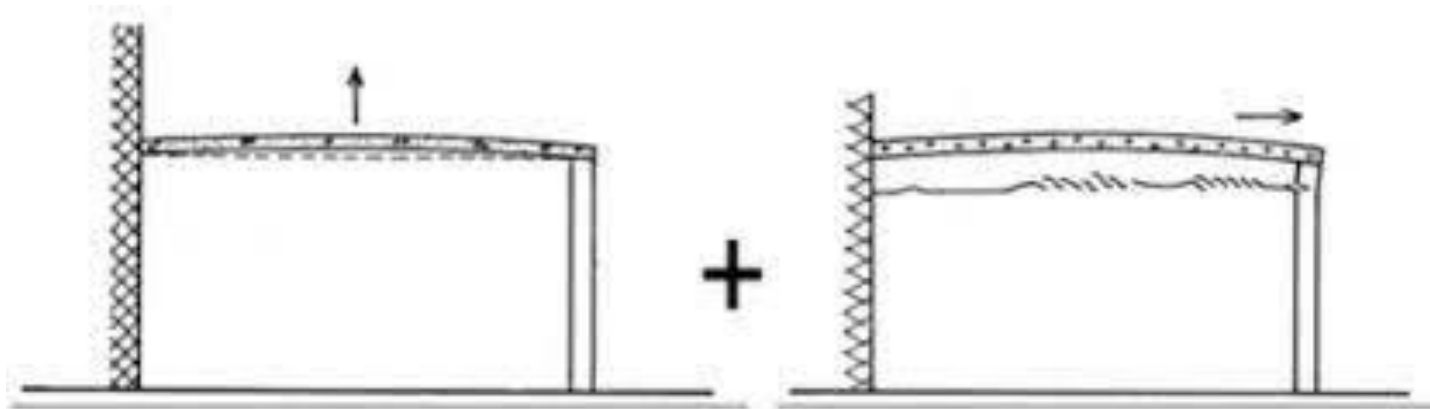
Tabela 1 – Temperaturas de serviço, em função da posição, da cor e da natureza do componente, válidas para países do Reino Unido.

Posição e/ou natureza do componente	Cores do componente	Temperaturas superficiais de serviço (°C)		
		Mínima	Máxima	Amplitude
Telhados, pisos e paredes externas	Claras	-25	60	85
	Escuras	-25	80	105
Envidraçamentos em fachadas	Claras	-25	40	65
	Escuras	-25	90	115
Estruturas de concreto expostas	Claras	-20	45	65
	Escuras	-20	60	80
Estruturas metálicas expostas	Claras	-25	50	75
	Escuras	-25	65	90
Componentes internos em ambientes	Habitados	10	30	20
	Não habitados	-5	35	40

Tipos de fissuras por movimentações térmicas

Lajes de Cobertura sobre paredes autoportantes;
Movimentações térmicas do arcabouço estrutural;
Movimentações térmicas em muros;
Em platibandas;
Em argamassas de revestimento;
Em pisos externos;
Em lajes de forro;
Em placas de vidro;
Por cura térmica do concreto.





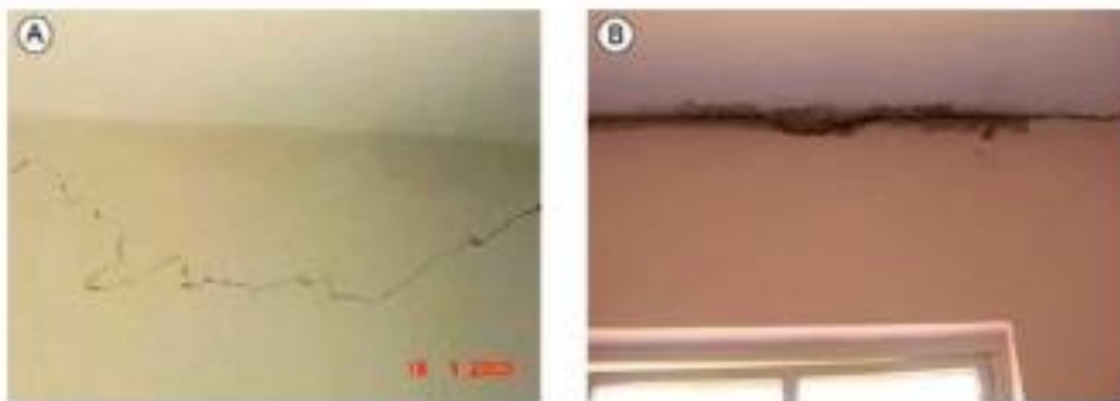


Figura 5 - (A) Fissura na alvenaria com desenvolvimento bastante irregular e (B) destacamento entre parede e laje, decorrentes de dilatação térmica das lajes de cobertura



Figura 6 - Trincas de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura, com destacamentos entre os componentes de alvenaria

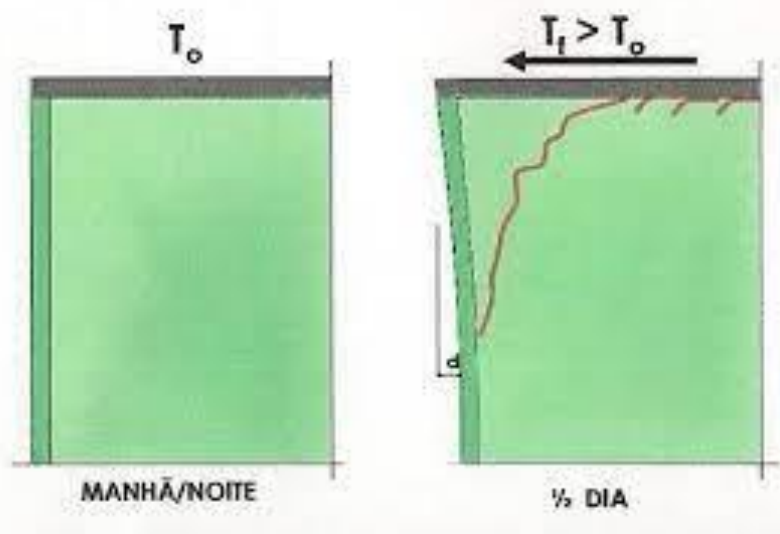




Figura 8 – Destacamentos entre alvenaria e estrutura, provocados por movimentações térmicas diferenciadas





Figura 9 – Destacamentos entre alvenarias de fachada – alvenaria estrutural sem juntas de amarração entre as paredes

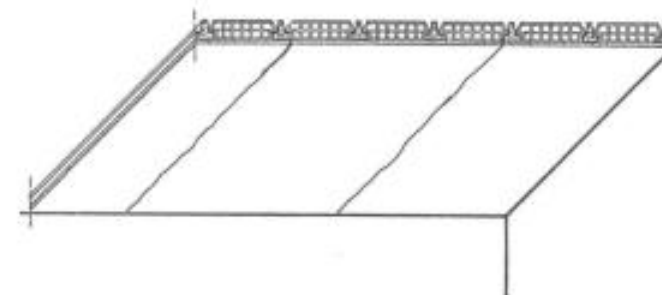


Figura 18 – Fissuras provocadas por movimentação térmica em forro constituído por laje mista

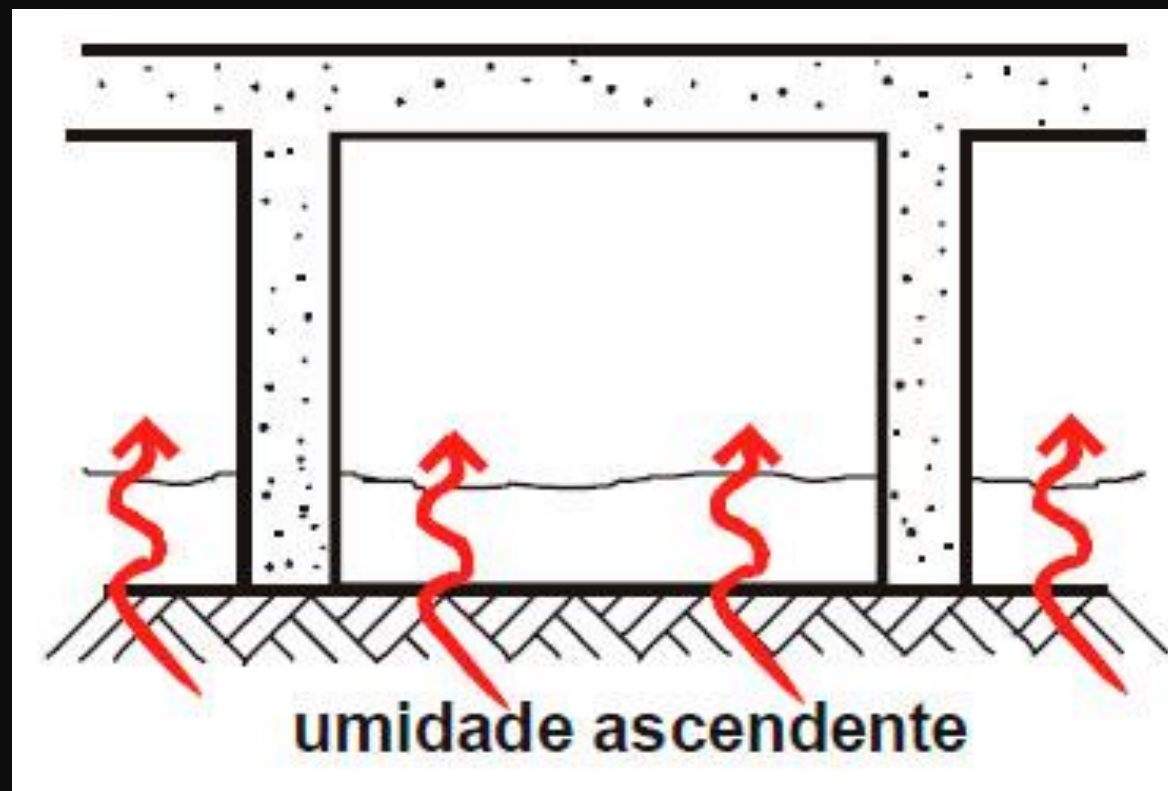
Formação e configurações típicas

Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

São variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes das construções.

- Maior umidade, maior a expansão;
 - Menor umidade, menor a expansão;
 - Vínculos impedem e restringem as movimentações. Assim, gerando fissuras nos componentes e elementos.
-

O problema neste caso, é a umidade.



De onde vêm essa umidade?

- Resultante da produção dos componentes;
- Proveniente da execução da obra;
- Do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos;
- Do solo.

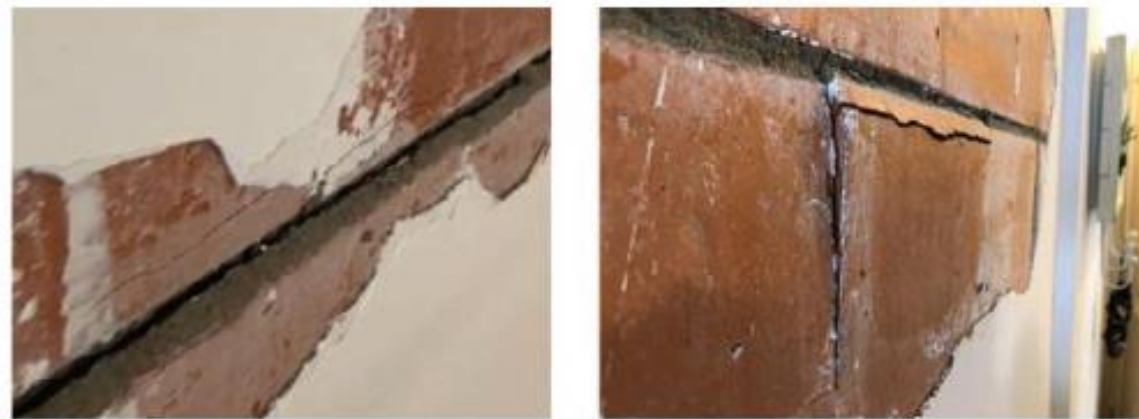
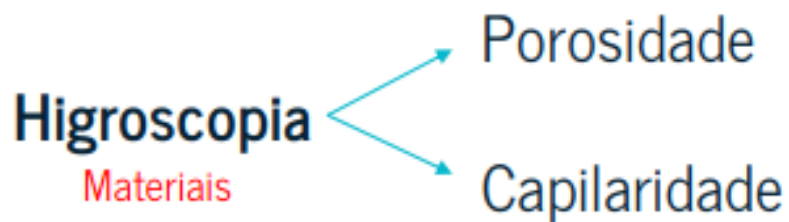


Figura 22 – Fissuras e lascamentos em blocos cerâmicos, provavelmente causados pela expansão por umidade do material

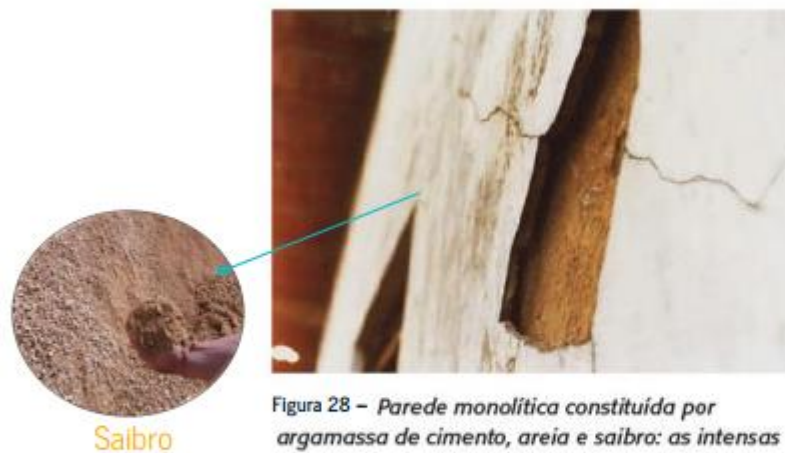


Figura 28 – Parede monolítica constituída por argamassa de cimento, areia e saibro: as intensas movimentações higroscópicas do material provocam inicialmente o destacamento e a fissuração do revestimento em argamassa normal



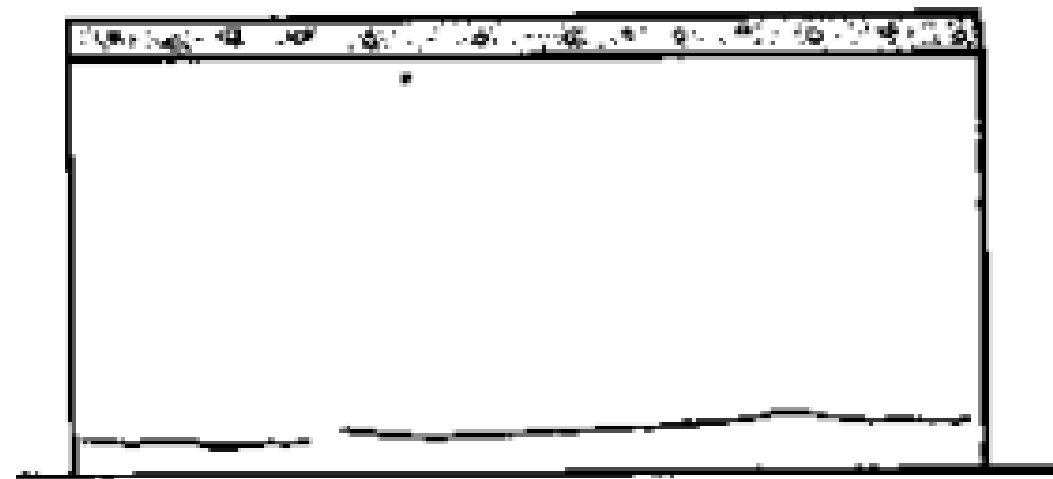
Figura 29 – Gradativa destruição da parede pelos sucessivos ciclos de umedecimento e secagem do material constituído por solo, favorecidos cada vez mais pelos danos no revestimento



Trincas horizontais podem aparecer também nas bases das paredes, onde houve aplicação inadequada da impermeabilização.

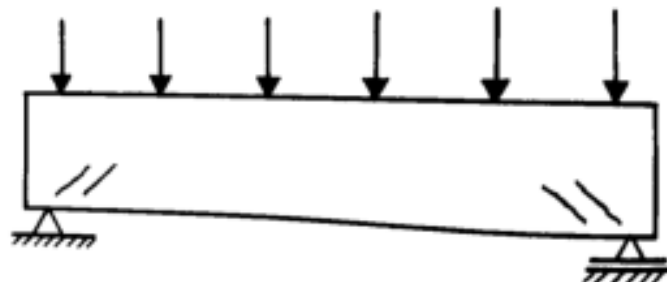
Os componentes da alvenaria que estarão em contato direto com o solo absorvem sua umidade.

Movimentações diferenciadas em relação as fiadas superiores, que estão sujeitas a insolação direta e à perda de água por evaporação.





Flexão de vigas



Fissuras de cisalhamento em viga solicitada à flexão

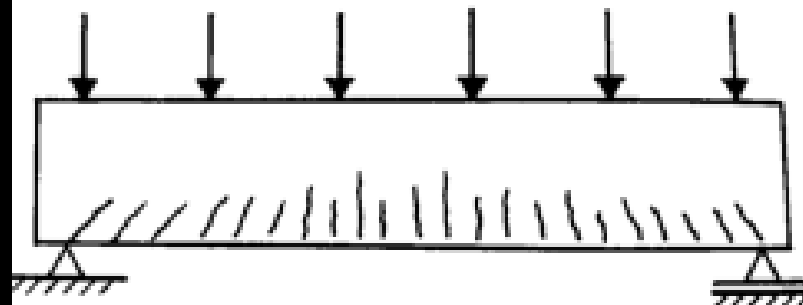
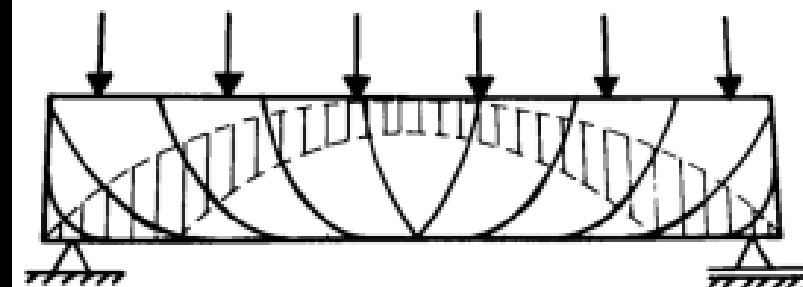
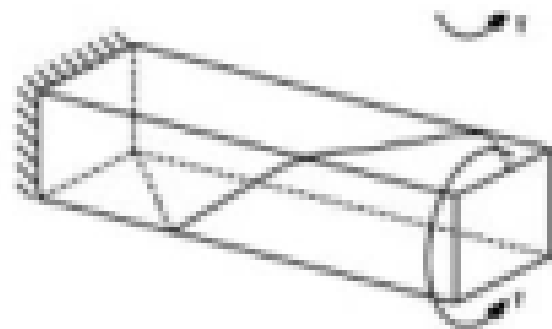


Figura 33 - Fissuração típica de viga subarmada solicitada à flexão



----- Arco de compressão
————— Isostáticas de tração

Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas em estruturas de concreto armado

- Congestionamentos de armaduras ou eletrotubos;
- Proximidades de furos para passagem de vigas;
- Atuação de sobrecargas sobre estruturas recém moldadas;
- Falhas ou insuficiência de escoramentos;
- Retirada precoce de escoramento;
- Abertura de formas;
- Falhas no adensamento do concreto
- Ausência ou insuficiência de armadura de pele
- Falhas de projetos ou da montagem de estribos e armadura de suspensão





Figura 37 – Fissuras importantes nos encontros de (A) viga com pilar e (B) viga com viga, decorrentes de projeto inadequado de estribos ou armaduras de suspensão, falhas de montagem das armaduras e/ou carregamento precoce da estrutura



Figura 41 – Intensa fissuração de laje nervurada pela ocorrência de recalque de escoras apoiadas sobre o solo (subsolo recebeu acesso de água de chuva)



Figura 38 – (A) Congestionamento de armaduras e (B) congestionamento em “concreto armado com eletrodutos”





Figura 39 – (A) Furos de passagem muito próximos e (B) corte de estribos do pilar para o acoplamento das armaduras da viga





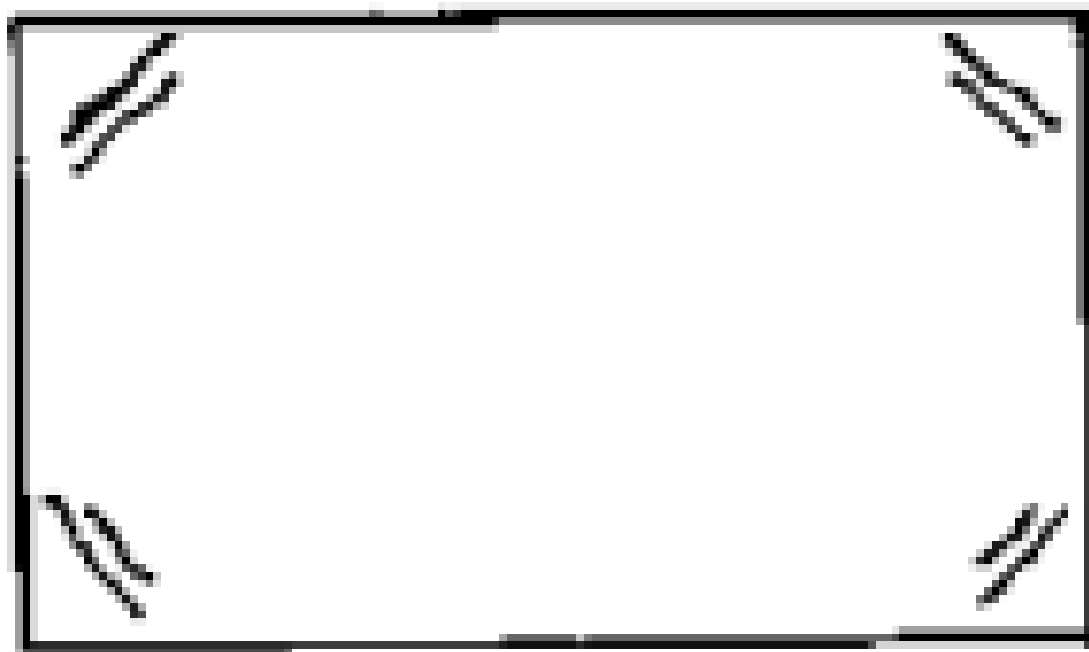
Figura 40 – (A) Sobrecarga em laje do térreo recém-executada (teto de subsolo) e (B) reposicionamento de escoras após desenforma da laje (“reescoramento”, praticamente inútil)



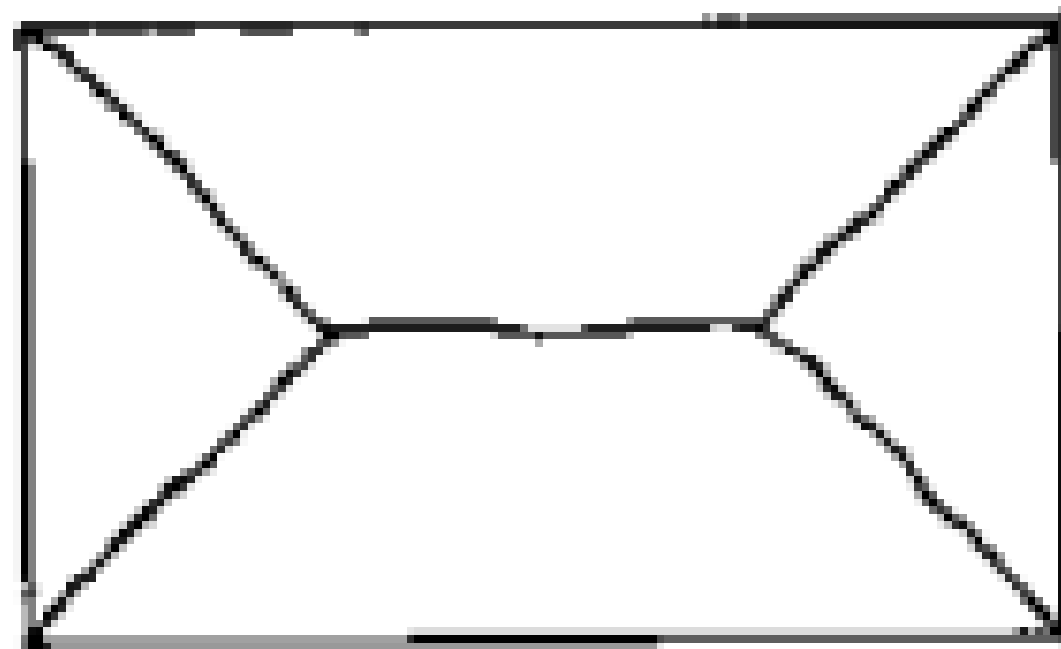


Figura 42 – Ruptura por torção de viga de concreto armado
Fonte: França (2015).





Face Superior



Face Interior



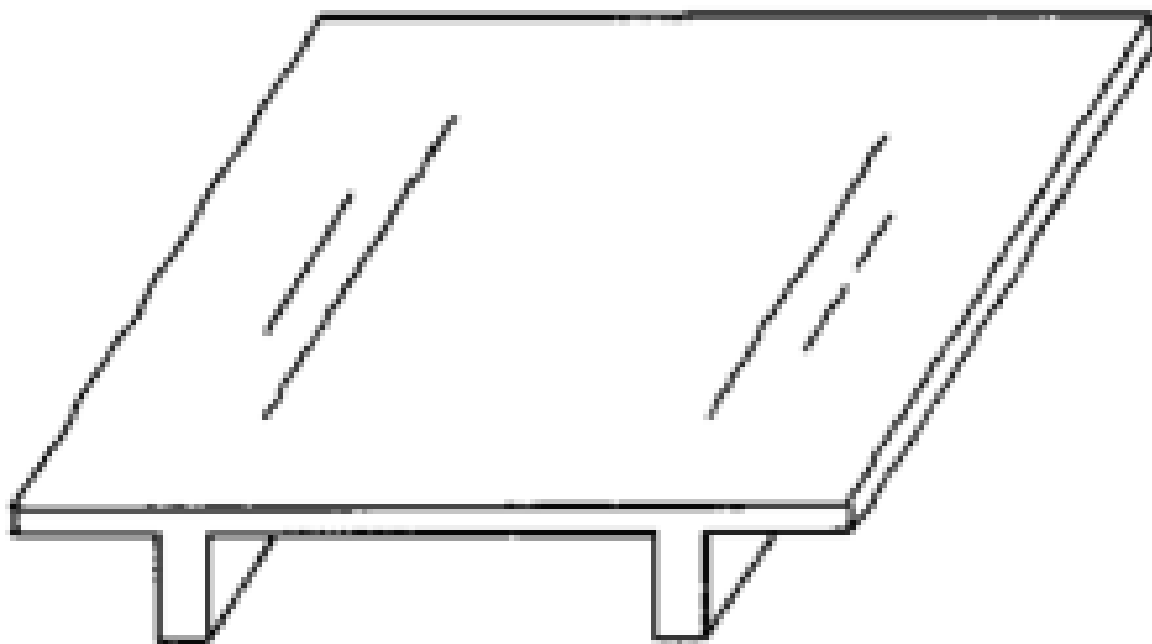


Figura 44 – *Fissuras devidas à insuficiência de armadura negativa, problema comum em lajes de subsolos*

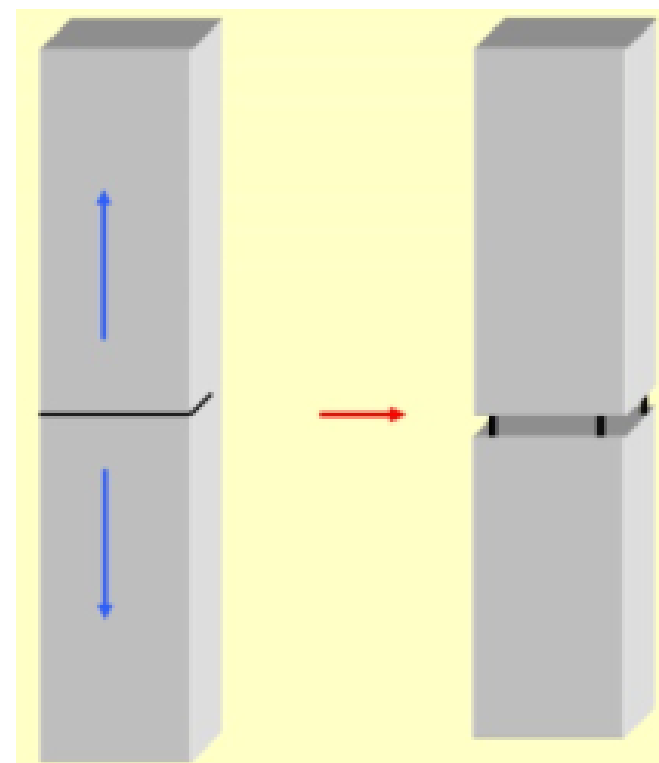
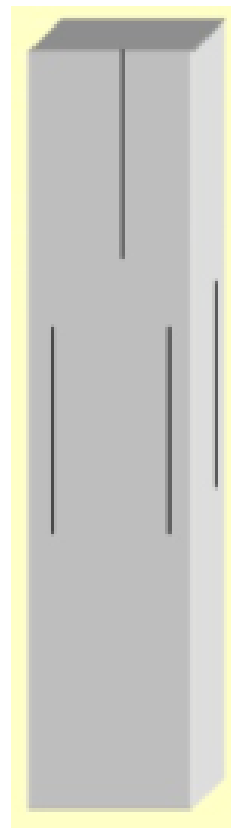
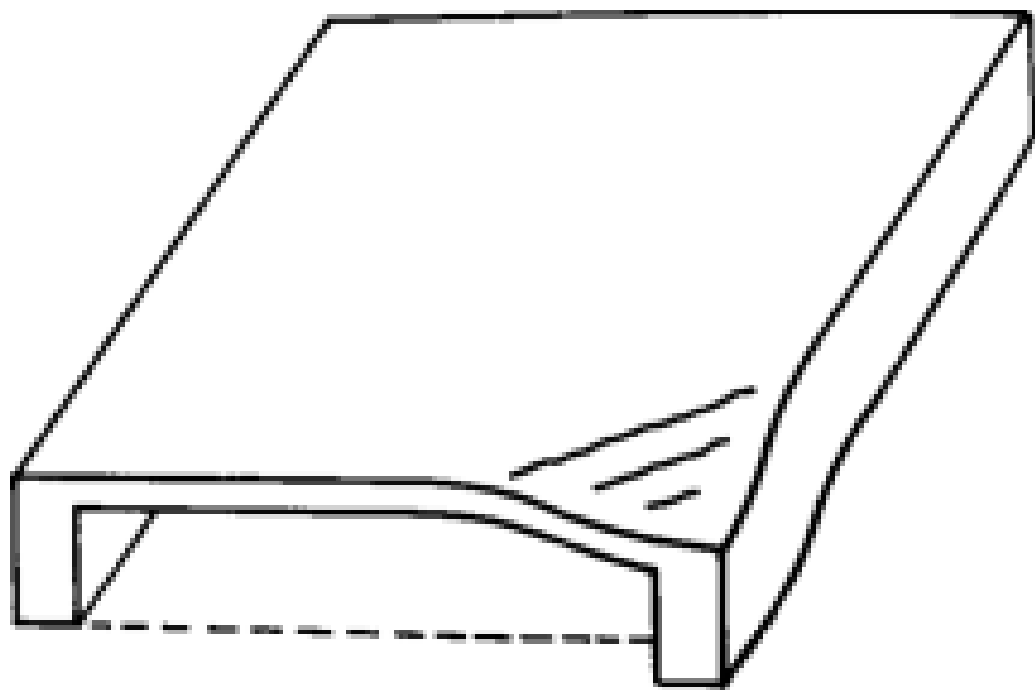




Figura 45 – Fissuras e lascamentos nas extremidades de (A) consolo pré-moldado e (B) consolo moldado no local, por concentração de tensões

Figura 46 – Esmagamento da cabeça de pilar por deficiência de estribos e/ou desbalanceamento ou retirada precoce do escoramento



Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas em alvenarias

- Forma geométrica do componente;
- Resistência mecânica dos componentes de alvenaria e da argamassa de assentamento;
- Módulos de deformação longitudinal e transversal dos componentes da alvenaria e argamassa;
- Rugosidade superficial e porosidade dos componentes da alvenaria;
- Poder de aderência;
- Retenção de água;
- Elasticidade e retração da argamassa;
- Regularidade e tipo de junta de assentamento;
- Esbeltez da parede produzida.

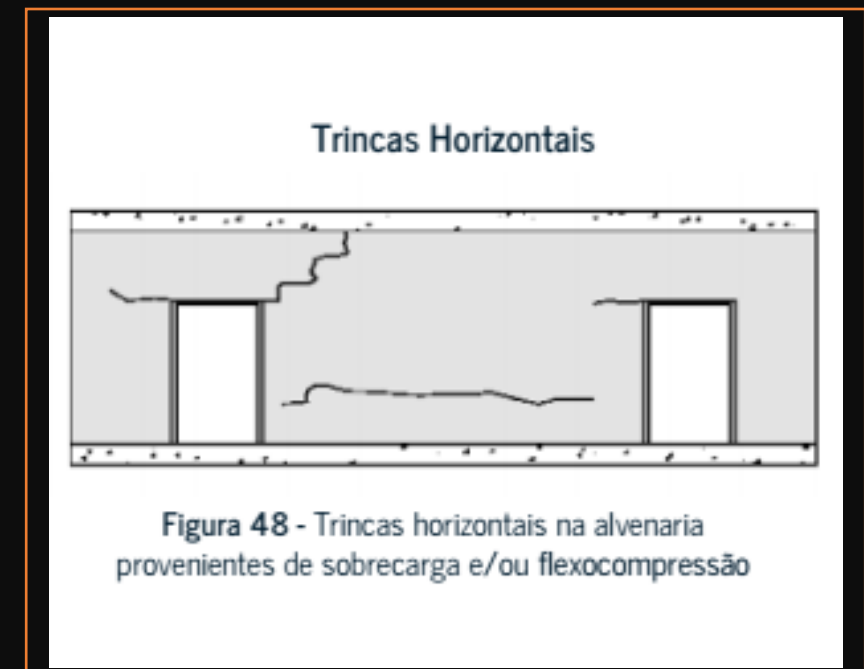
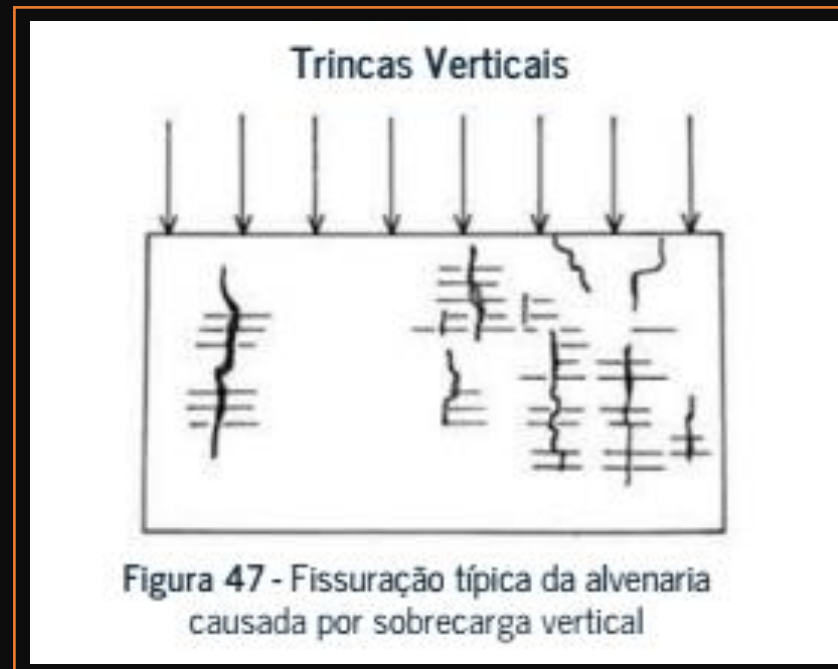




Figura 49 – Alvenaria de blocos cerâmicos estruturais solicitada à compressão: a deformação transversal da argamassa de assentamento provoca a ruptura de nervuras internas e a expulsão dos “tampos” de alguns blocos





Figura 50 – Prédio em fase de reforma: (A) sobrecarga no andar superior e (B) fissuras importantes na alvenaria de tijolos do andar abaixo



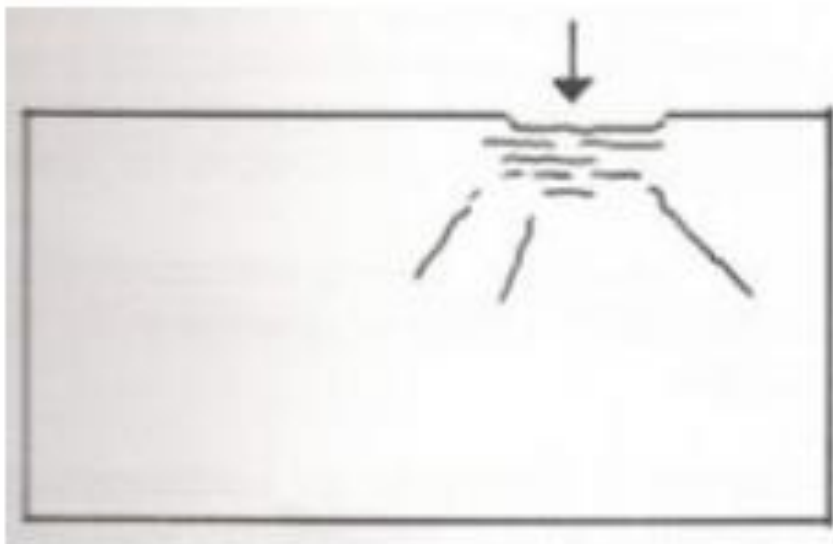


Figura 51 - Ruptura localizada da alvenaria sobre o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir deste ponto

A atuação de sobrecargas concentradas também podem provocar a ruptura dos componentes de alvenaria na região de aplicação da carga e/ou o aparecimento de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação da carga.



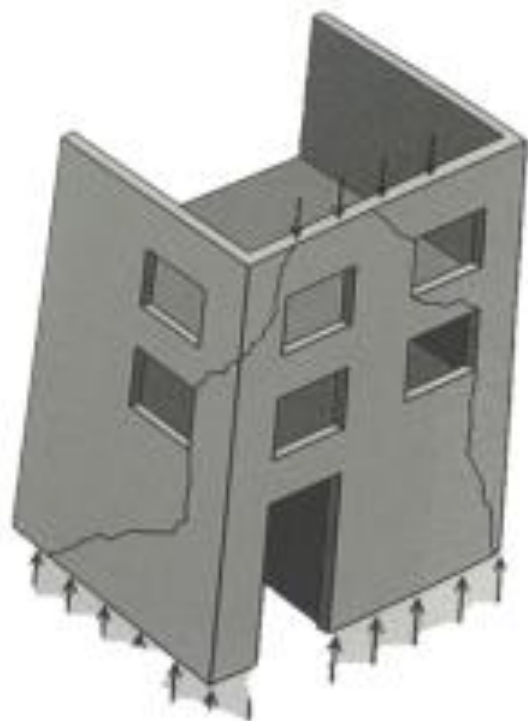


Figura 52 - Decorrentes de sobrecargas, fissuras têm caminhamento preferencial nas seções enfraquecidas pela presença de vãos de portas ou de janelas.

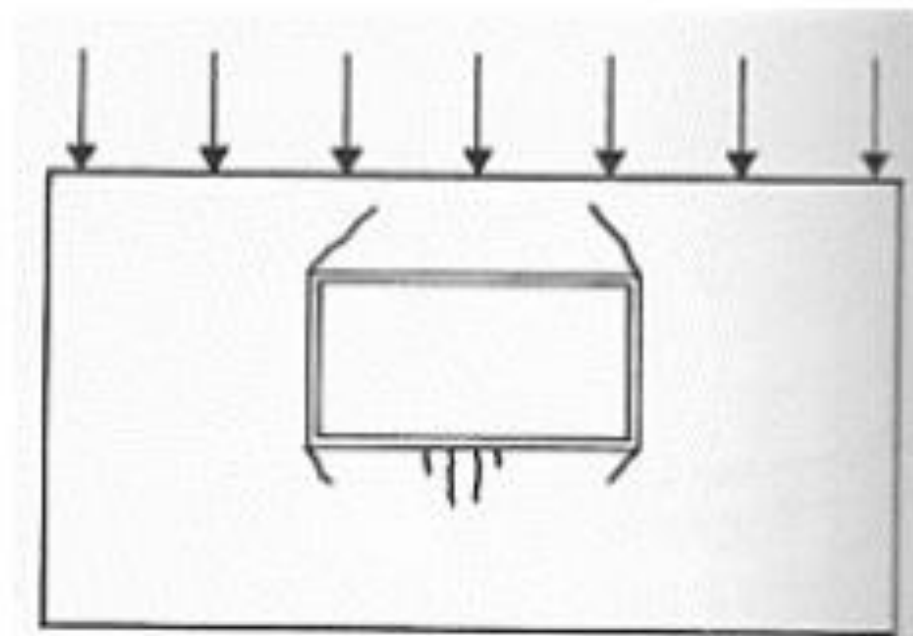
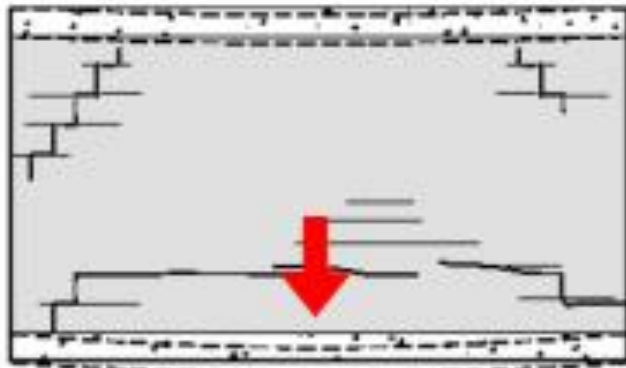


Figura 53 - Fissuração teórica no entorno de abertura, em parede solicitada por sobrecarga vertical.

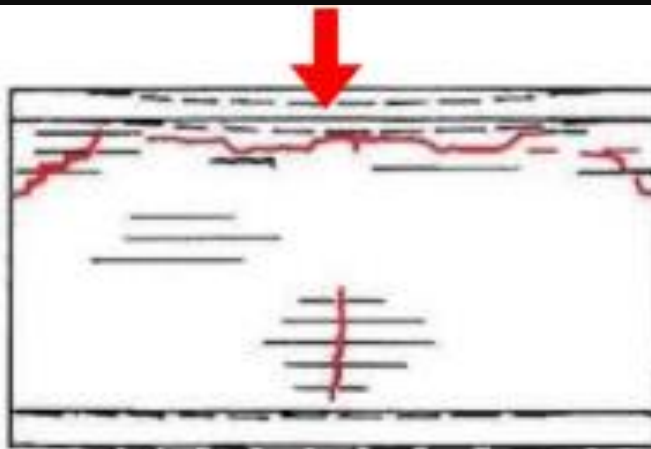


Fissuras por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado

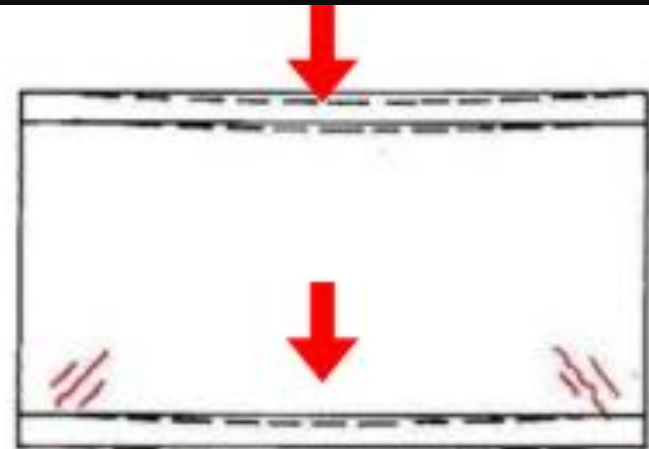
Para paredes de vedação sem abertura de portas e janelas, existem 03 configurações típicas de trincas



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



Trincas em parede de vedação:
deformação da viga superior maior que a
deformação do suporte



Trincas em parede de vedação:
deformação do suporte idêntica à
deformação da viga superior

Para paredes de vedação com abertura de portas e janelas, existe 01 configuração:

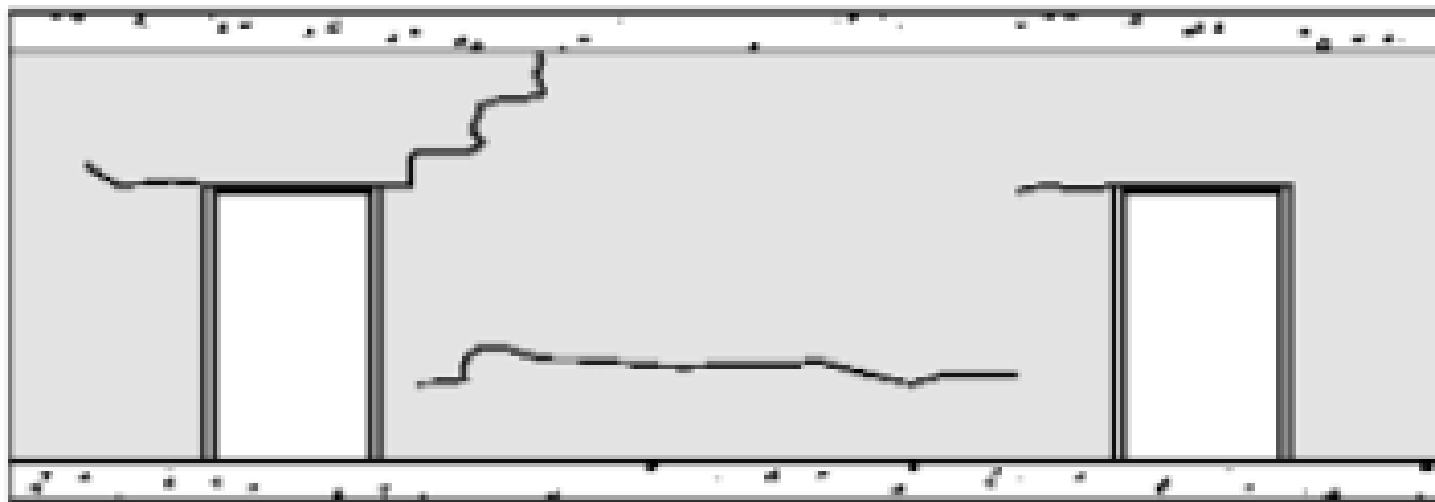


Figura 54 - Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais.



Figura 55 – *Fissuras em alvenarias do pavimento térreo decorrentes de flechas em vigas baldrame*





Figura 56 – *Fissuras em alvenaria do pavimento térreo decorrentes de flecha na viga de fundação*





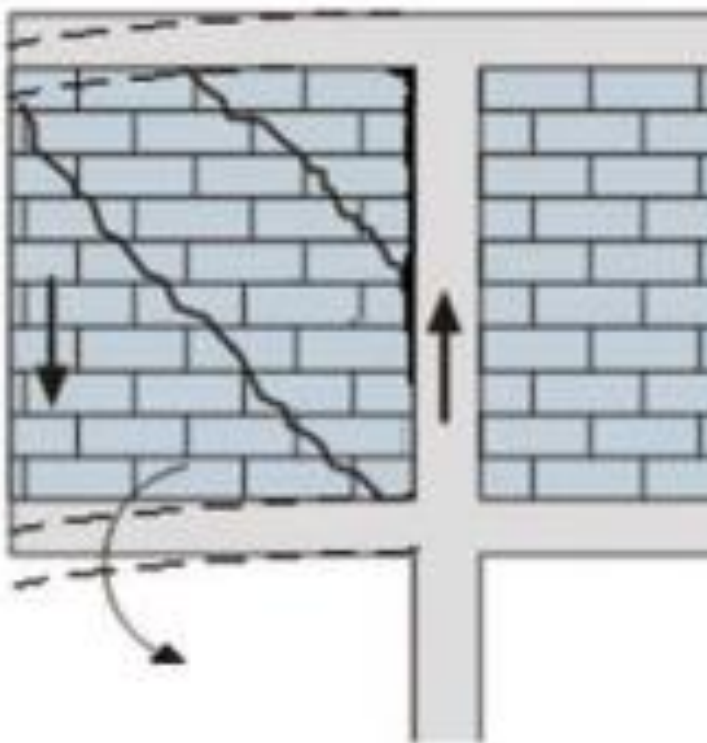




Figura 63 – *Destacamento de piso cerâmico devido à excessiva deformação da laje*

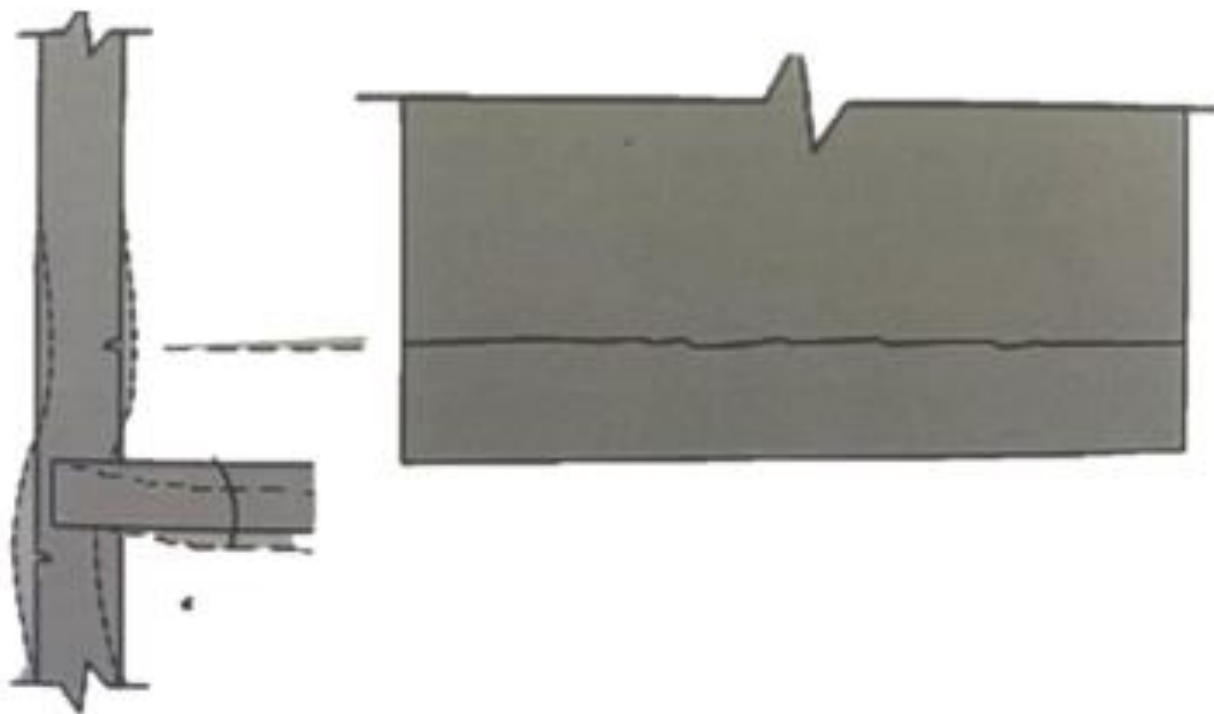


Figura 64 -Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje.



Figura 65 – Ruptura de blocos cerâmicos com furos na horizontal e expulsão do revestimento em argamassa, decorrentes das tensões introduzidas pela flecha desenvolvida na viga





Figura 66 – *Fissuras e rupturas localizadas de blocos decorrentes da flexibilidade da estrutura*

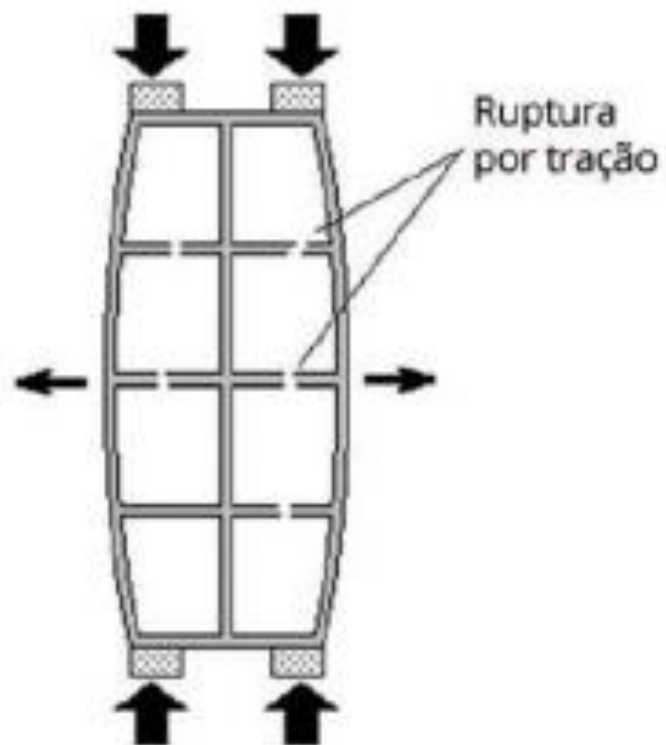


Figura 67 – Ruptura característica de bloco cerâmico com furos horizontais sob deformação imposta: observar na foto o encurtamento das paredes externas do bloco e a ruptura das nervuras horizontais internas

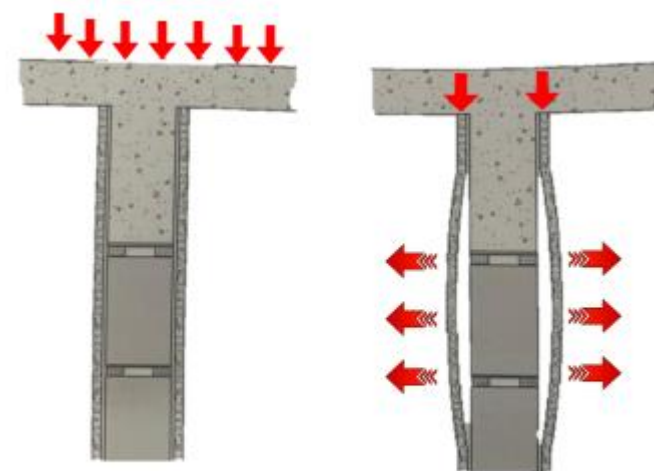


Figura 68 - Esquema do deslocamento da argamassa de revestimento pela flexão da viga superior







Figura 75 – Tela encurvada na posição da junta de assentamento e tela que não foi introduzida na alvenaria no encontro com o pilar – ambas sem nenhuma função





Figura 76 – Peças assentadas sobre os peitoris dos vãos, mas que não atuam como contravergas



Fissuras por recalques de fundação

Edificações com carregamentos desbalanceados

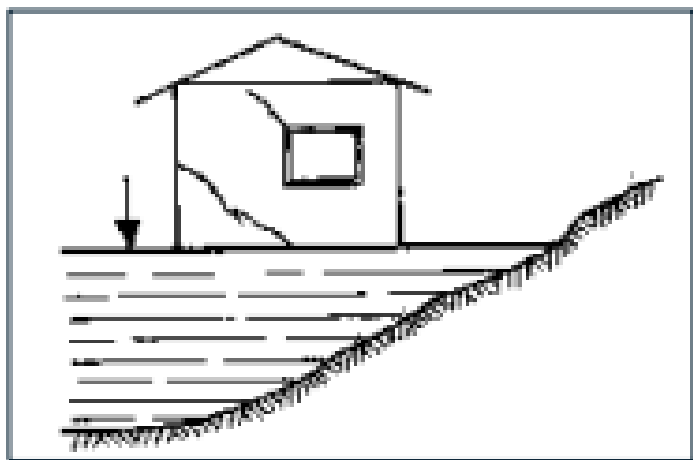


Figura 82 – Recalque diferenciado por consolidações distintas do aterro carregado.

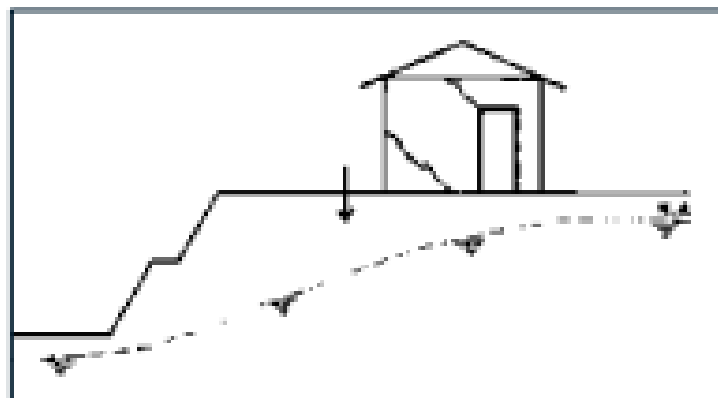


Figura 83 – Recalque diferenciado pelo rebaixamento do lençol freático.

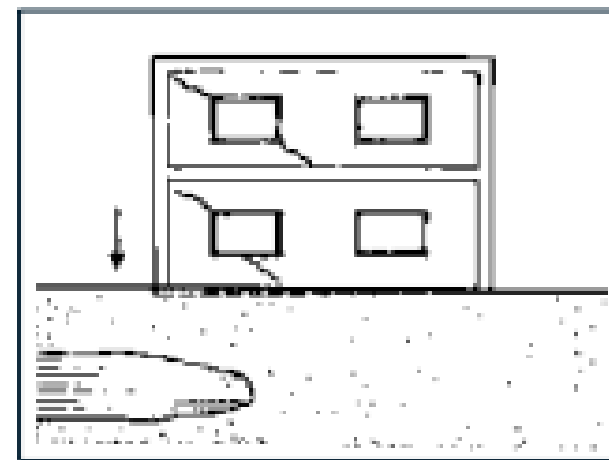
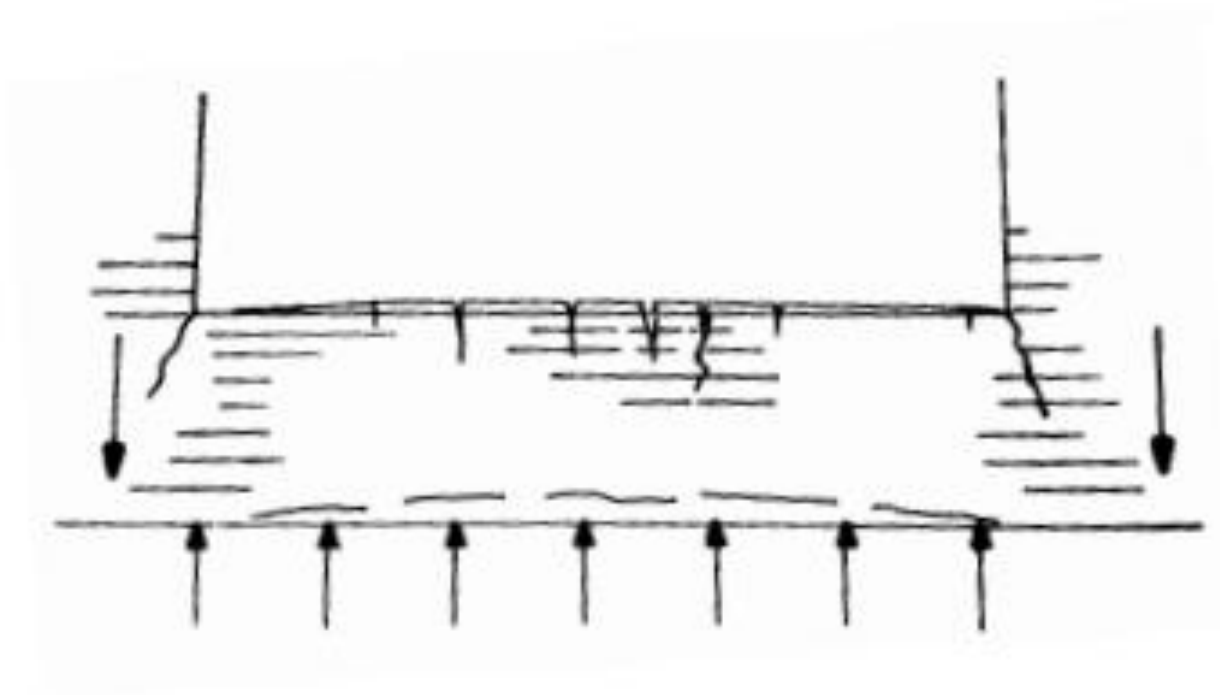
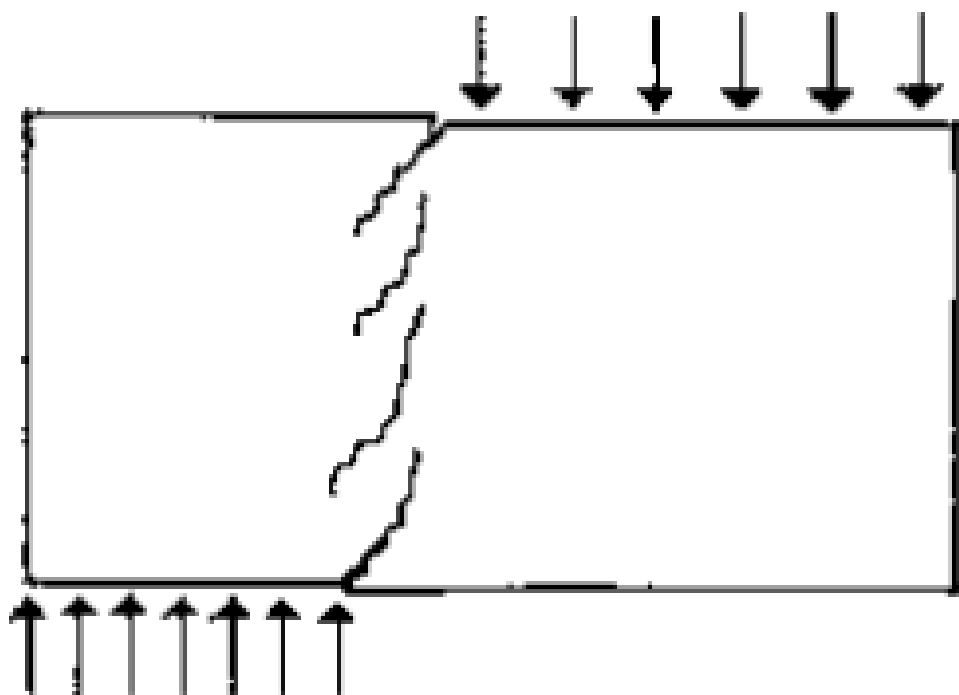


Figura 84 – Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo.



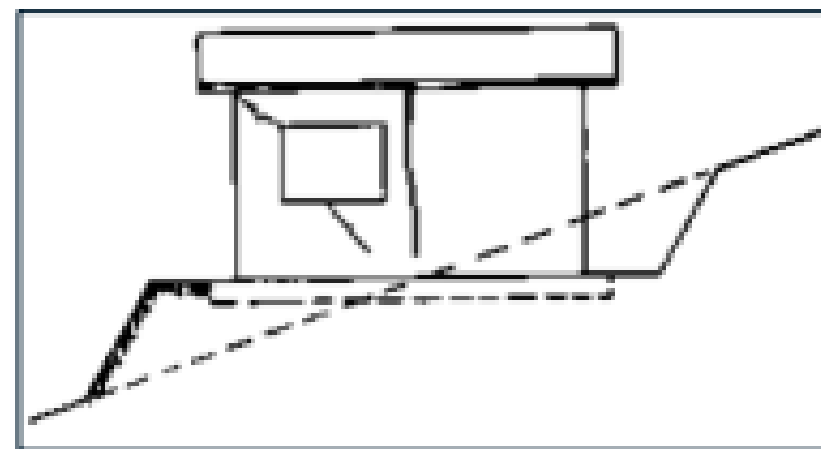
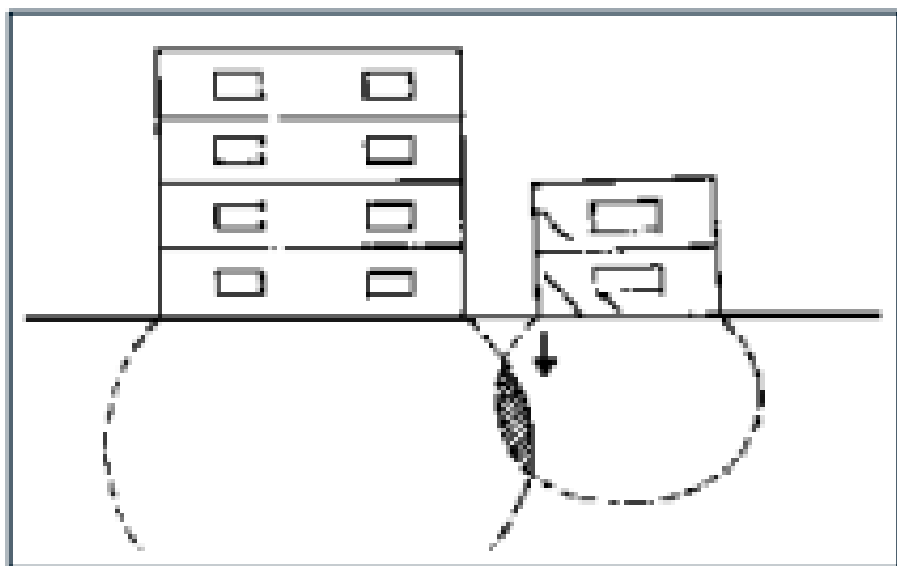
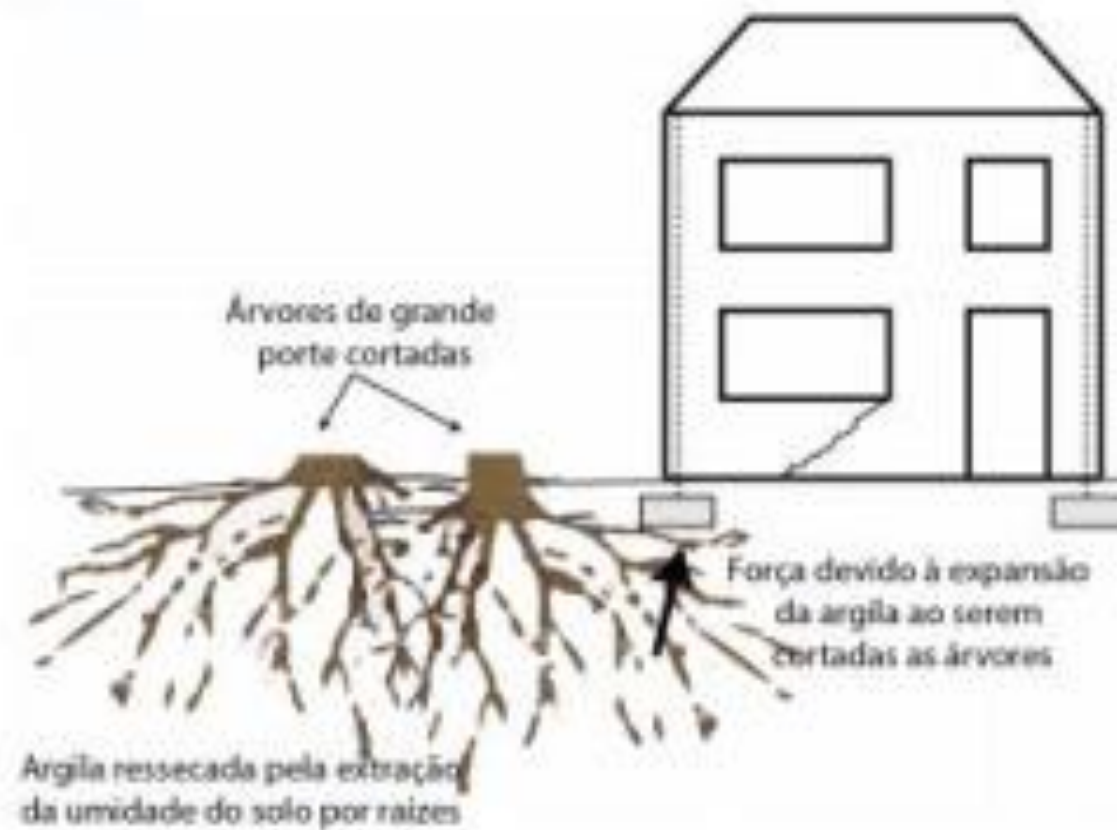


Figura 86 – Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro, com trincas de cisalhamento nas alvenarias.





defesacivil.es

www.defesacivil.es.gov.br

#DefesaCivilSomosTodosNos



Figura 95 - Fissura com abertura bastante pronunciada em sobrado com necessidade de reforço das fundações e da própria estrutura.



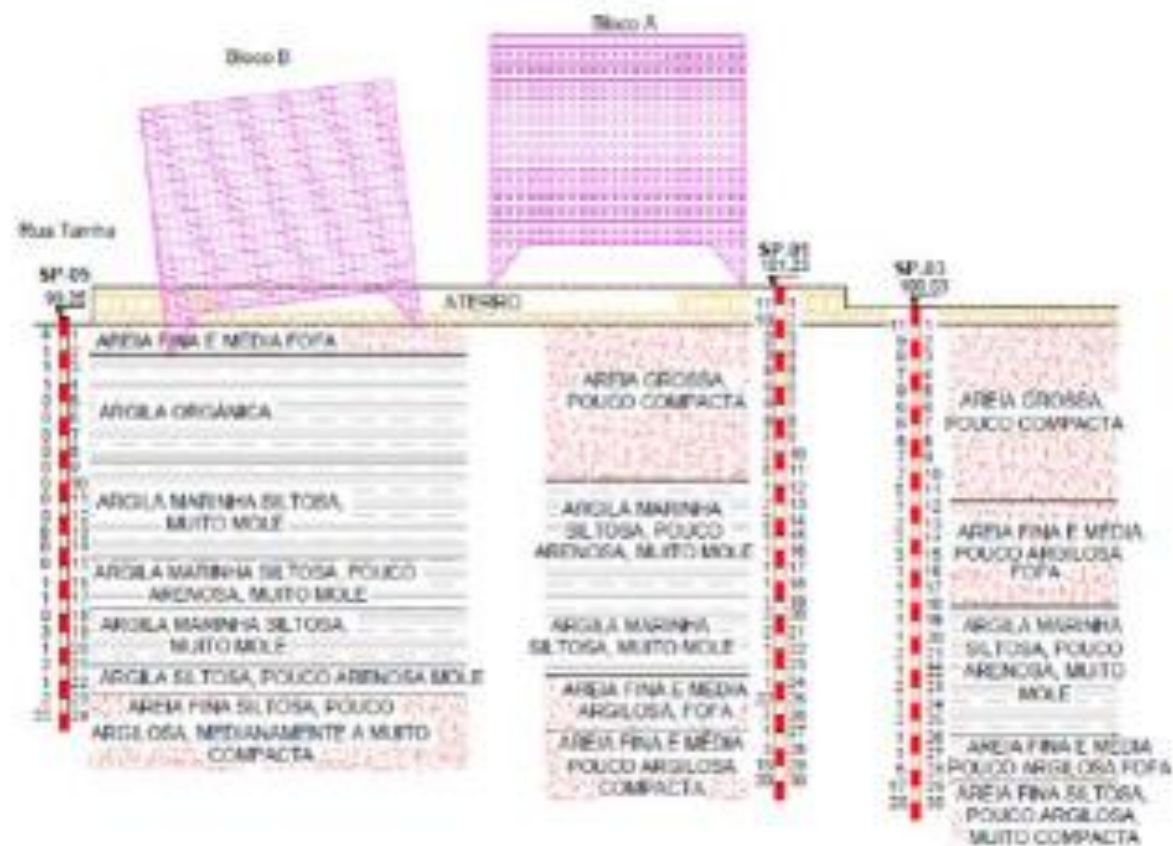


Figura 96 - Edificação no litoral norte de São Paulo, com importante desaprumo causado pelo adensamento de camada de argila marinha, gerando tensões horizontais que provocaram a ruptura de estacas – efeito Tschebotarioff



Figura 96 - Edificação no litoral norte de São Paulo, com importante desaprumo causado pelo adensamento de camada de argila marinha, gerando tensões horizontais que provocaram a ruptura de estacas – efeito Tschebotarioff



Figura 97 - Reservatórios tombados em razão de amolecimento do solo por vazamento de água, conjugado com ação do vento



**Fissuras causadas
pela retração de
produtos a base de
cimento**



Figura 102 - Fissuras de retração em laje com elevado consumo de cimento ocorridas ainda sob o processo de cura: (A) topo da laje e (B) base da mesma laje



Retração de lajes de concreto armado



Figura 103 - Fissura de retração no capeamento da laje pré-fabricada facilita infiltração de água, lixiviação da cal e formação de carbonato de cálcio, sendo que o sal está originando a corrosão da tubulação de incêndio (caso típico onde uma patologia provoca outra patologia)



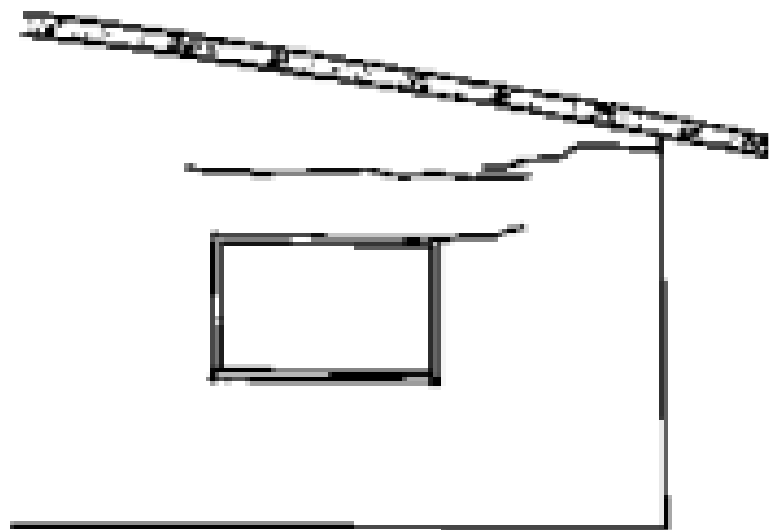


Figura 104 – Fissuras em parede externa promovidas pela retração da laje de cobertura.

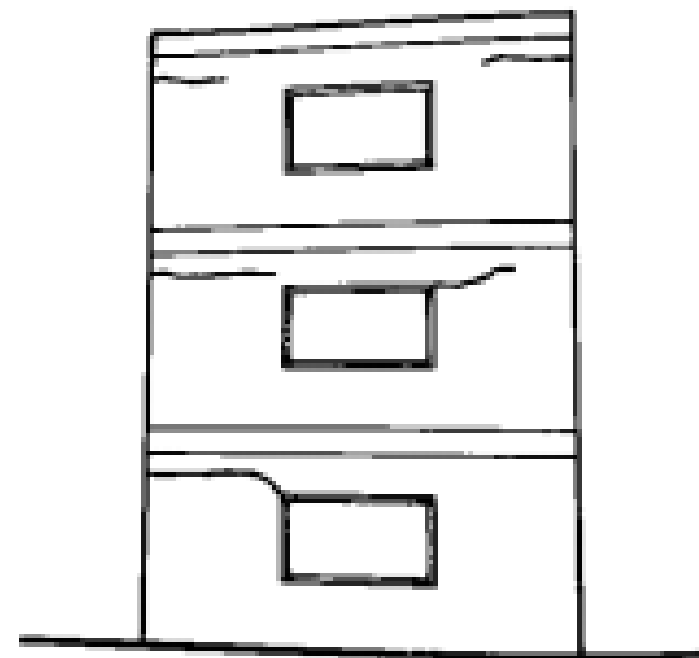


Figura 105 – Fissuras em parede externa promovidas pela laje intermediária em edifícios de alvenaria estrutural.



Figura 106 – Destacamentos entre blocos de concreto e argamassa de assentamento, e também fissuras de retração na alvenaria como um todo, provocando infiltrações de água e formação de bolor.

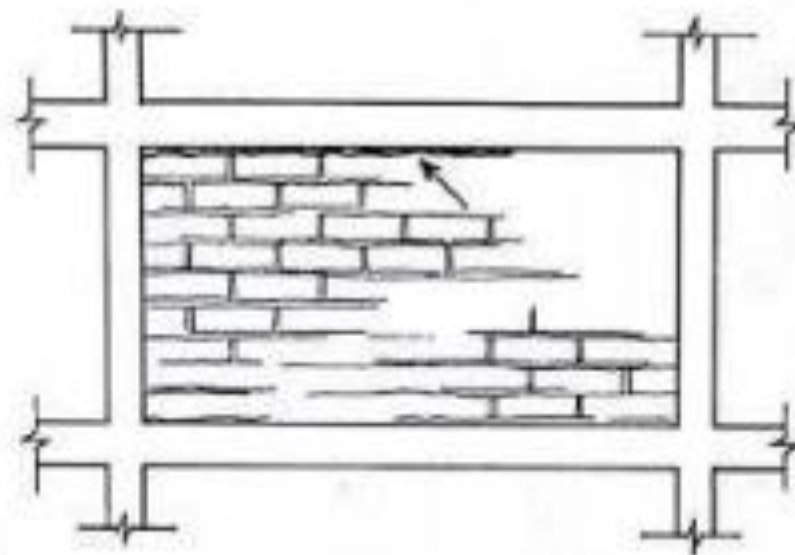


Figura 107 – Destacamento provocado pelo encunhamento precoce da alvenaria.





Figura 112 – Fissura de retração da argamassa de revestimento da parede.





Eng Dione / Eng Carlos Henrique