

WORKSHOP

ABECE

O desenvolvimento das estruturas de concreto


CONCRETE SHOW
SOUTH AMERICA 2007

15 A 17 DE AGOSTO
TRANSAMÉRICA EXPO CENTER
SÃO PAULO-SP - BRASIL
HORARIO: 13 AS 20H
WWW.CONCRETESHOW.COM.BR

Acidentes. O Melhor Aprendizado!

Paulo Helene

Diretor Presidente do IBRACON

Prof. Titular da Universidade de São Paulo

*Member **fib** (CEB-FIP) Model Code for Service Life*

Coordenador Internacional da Rede REHABILITAR CYTED



1

SÉCULO XX 1900

APARECE UM NOVO MATERIAL

Concreto Armado

2



3



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1901
Altura 30 m

$f_{ck} = ?$
106 anos!!!!
*Edifício mais
antigo do mundo*

4



5



Palacio Salvo
Montevideo

27 andares

Uruguai 1925

Altura 103 m

$f_{ck} = ?$

80 anos!!!!

record mundial

6



*Edifício
Martinelli*

1929

106m

*record
mundial*

7

MINEÁPOLIS, EU
desabamento da ponte sobre o Mississippi



- sobre a rodovia I-35 maior ligação entre Minneapolis e St. Paul
- construída em 1967(40 anos);
- altura de 20 metros sobre o rio;
- passava por reformas^[1]_[SÉP] e reparos^[1]_[SÉP]

01/08/2007 01/08/2007

8



MINEÁPOLIS, EU

desabamento da ponte sobre o Mississippi

- Há nove meses, tinha sido vistoriada e submetida a arranjos do pavimento;
- Sete pessoas morreram e mais de 60 ficaram feridas no acidente;

9

Província Hunan, sul da China

desabamento de ponte em construção



- sobre o rio Jiantuo a obra seria inaugurada a fim de agosto;
- 320 m de comprimento e 42 m de altura;

10

Provincia Hunan, sud China

desabamento de ponte em construção



Equipes trabalham sobre pilar de ponte que caiu na China, matando ao menos 22

13/08/2007

- ✓ 22 pessoas morreram;
- ✓ 20 ficaram feridas;
- ✓ 46 pessoas desaparecidas.

Relatório 2006 do Ministério dos Transportes:

- ✓ 6.300^[SEP] pontes "em estado perigoso, com alguns componentes estruturais^[SEP] importantes seriamente danificados" --> seguras ate 2010;
- ✓ 2000 e 2005^[SEP] o Governo gastou US\$ 1,97 bilhão na reabilitação de 7 mil pontes

11

Robert Stephenson no discurso de posse na presidência do Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha em 1856:

"...tenho esperança de que todos os acidentes e problemas que tem ocorrido nos últimos anos sejam registrados e divulgados. Nada é tão instrutivo para jovens engenheiros como o estudo dos acidentes e da sua correção. O diagnóstico desses acidentes, o entendimento dos mecanismos de ocorrência, é mais valioso que a descrição dos trabalhos bem sucedidos. Também os engenheiros experientes aprendem desses ensinamentos e lições dos acidentes que até podem ocorrer nas suas próprias obras. Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação desses problemas nos arquivos desta reconhecida Instituição".

12

Estação Pinheiros Metrô SP

Visão Geral

Dez. 2006

13

O POÇO DA LINHA 4...

12,8 quilômetros de extensão

11 estações (Luz até Vila Sônia)

900 000 passageiros serão transportados por dia

5 empreiteiras formam o consórcio responsável pela construção (CBPO Engenharia, Queiroz Galvão, OAS, Camargo Correa e Andrade Gutierrez). A CBPO, subsidiária da Odebrecht, lidera o consórcio

1,8 bilhão de reais é o custo da obra

1,3 bilhão de reais é o valor da apólice de seguro

2 700 homens trabalham na execução da Linha 4

120 deles na Estação Pinheiros

7 acidentes (com uma morte) já haviam ocorrido envolvendo a linha

2008 é o ano previsto para a conclusão de seis estações. A segunda fase deve ir até 2012

Duro de roer
Por estar próximo ao Rio Pinheiros, o solo apresenta camadas de areia, argila e rochas cheias de fissuras

1,5 metro de asfalto e solo orgânico

6 a 8 metros de areia e argila

Até quatro explosões por dia
Para escavar os túneis da Estação Pinheiros, as empreiteiras adotaram o método New Austrian Tunneling Method (NATM). Trata-se de detonações com explosivos e pequenas escavadeiras para abrir caminho. Eram feitas quatro explosões por dia até dezembro. Foram reduzidas para uma neste mês. À medida que o buraco avançava, os operários colocavam uma tela de aço e jataavam concreto nas paredes e no teto. No segundo semestre, a estrutura receberá uma nova cobertura de concreto, mais resistente

EXPLOSIVOS

Por dentro da Estação Pinheiros

Rua Capri

40 metros

27 metros

Estação Faria Lima

Estação Butantã

Espaço com a CPTM

Marginal Pinheiros

Estação Pinheiros fotografada em 12/12/2006

60,2 quilômetros em 32 anos

Inauguração do metrô paulistano	1974
Extensão atual (em quilômetros)	60,2
Número de linhas	4
Número de estações	54
Passageiros transportados por ano	513 milhões

TRAGÉDIA DO METRÔ – Veja Ano 40 **24 de Janeiro de 2007**

14

Riscos nas Inspeções de Rotina

ou

Manutenção e risco de perdas de vidas humanas

15

RECURSOS PARA INSPEÇÕES

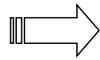
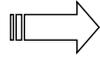
INSPEÇÃO PRELIMINAR

- Anamnese
- Observação visual
- Umidade e pH
- Direções Preferenciais
- Fissuras, ninhos, desaprumos
- Sintomatologia
- Projeto, controle, diário de obra

INSPEÇÃO DETALHADA

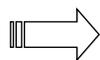
16

INSPEÇÃO DETALHADA

-  **ESTUDO DOS PROJETOS ORIGINAIS**
-  **ESTUDO DOS ANTECEDENTES**
-  **PLANO DE INSPEÇÃO e AMOSTRAGEM**
 - **PACHOMETRO**
 - **ESCLEROMETRO**
 - **ULTRASOM**
 - **CARBONATAÇÃO**
 - **RESISTIVIDADE IÔNICA**
 - **POTENCIAL de CORROSÃO**
 - **PERFIL DE CLORETOS**
 - **CORRENTE DE CORROSÃO**

17

INSPEÇÃO DETALHADA

-  **PLANO DE INSPEÇÃO e AMOSTRAGEM**
 - **FISSURAS**
 - **TOMOGRÁFIA**
 - **GAMARADIOGRÁFIA**
 - **RAYOS X**
 - **VIBRAÇÕES**
 - **EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS**
 - **f_c, E_c, PERMEABILIDADE**
 - **ANÁLISE PETROGRÁFICA**
 - **ABSORÇÃO de ÁGUA, POROSIDADE**
 - **ESCLEROMETRIA. ECO, ...**

18

EDIFÍCIO de ESCRITÓRIOS

São Paulo, 1999

Vistoria → 1998

23 anos

$f_{ck} = 18 \text{ MPa}$

Custo = 3 andares novos completos

Eng. de manutenção na prisão

19

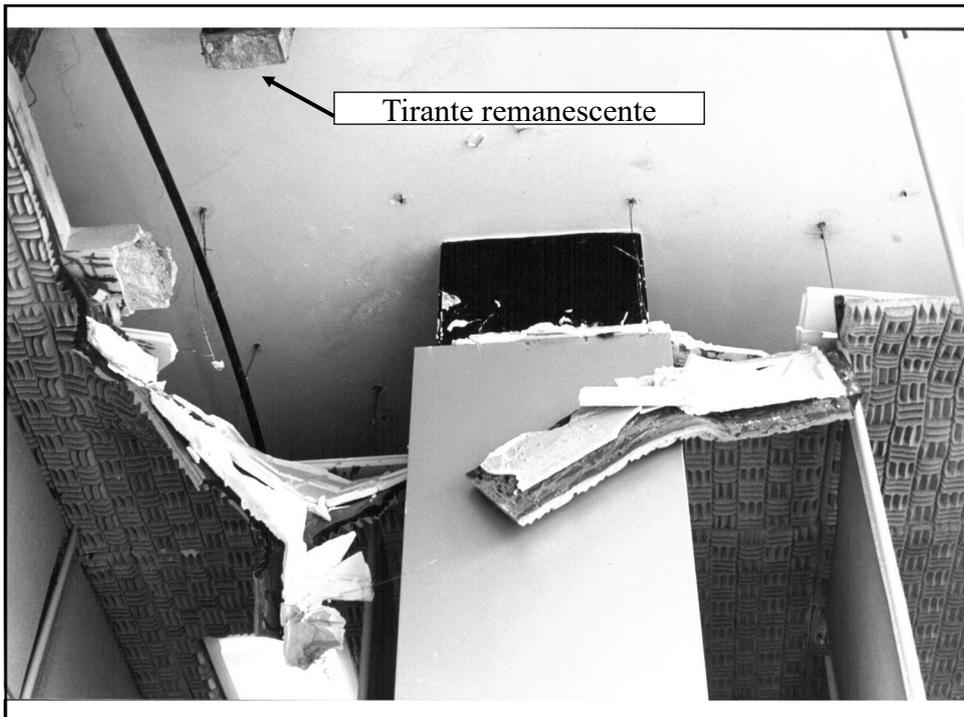
ACIDENTE

**Colapso de parte da estrutura de uma laje
suplementar no último andar de um edifício
situado na cidade de São Paulo.**

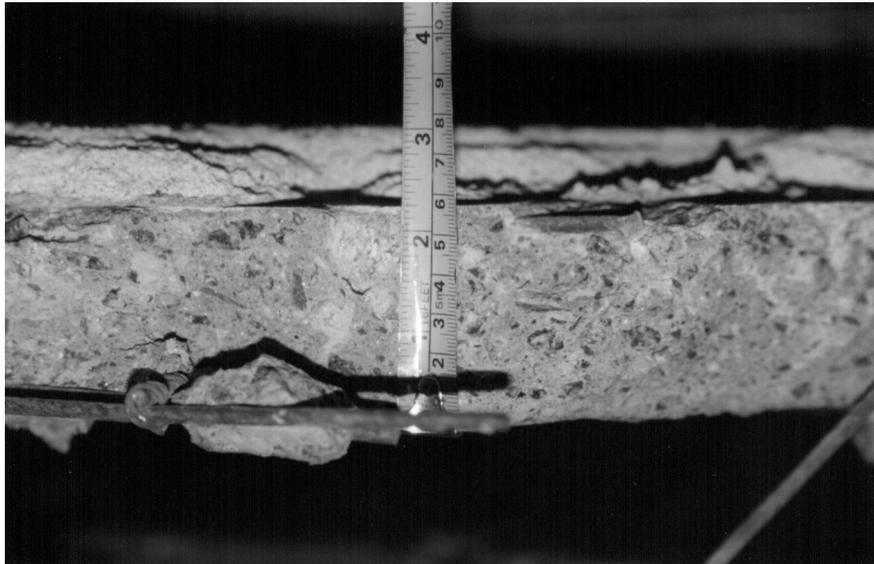
20



21

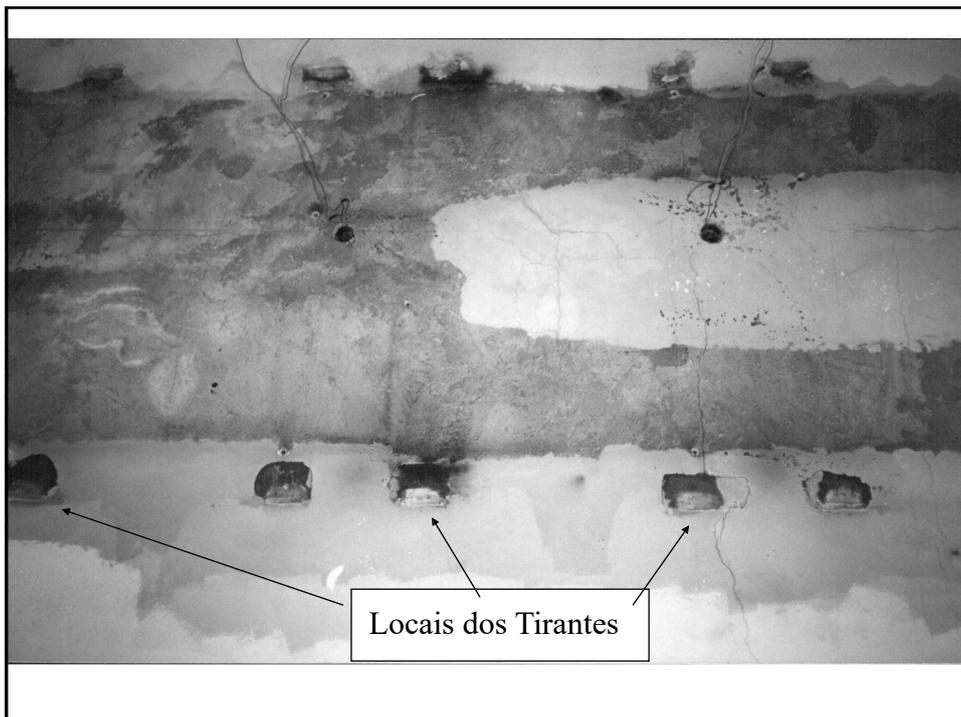


22



espessura da laje suplementar

23



24

O PROBLEMA PATOLÓGICO

**Corrosão das armaduras dos
tirantes (pendurais) de
sustentação da laje suplementar,
construída em concreto armado.
Ruptura frágil sem aviso !**

25

HIPÓTESES PARA A OCORRÊNCIA DO PROBLEMA

1. Falta de manutenção permitindo o aparecimento de infiltrações que atacaram as armaduras ?
2. Problemas executivos durante o processo de construção das lajes suplementares ?
3. Solução técnica incompatível com as condições necessárias para estabilidade e durabilidade da estrutura, apesar de não infringir as normas da ABNT ?

26

ENSAIOS REALIZADOS

- **Teor de cloretos;**
- **Dureza superficial por esclerometria;**
- **Resistividade iônica superficial;**
- **Profundidade de carbonatação;**
- **Potencial de corrosão;**
- **Velocidade de corrosão.**

27

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

1. Falta de Manutenção → Infiltrações:

- **Em levantamento visual, verificou-se “in loco” a existência de infiltrações na região sinistrada;**
- **Algumas fissuras na laje de cobertura continuavam com umidade;**
- **O piso da laje de cobertura encontrava-se em bom estado de conservação;**
- **A piscina de resfriamento do ar condicionado encontrava-se em bom estado visual.**

28



29



30



31



32

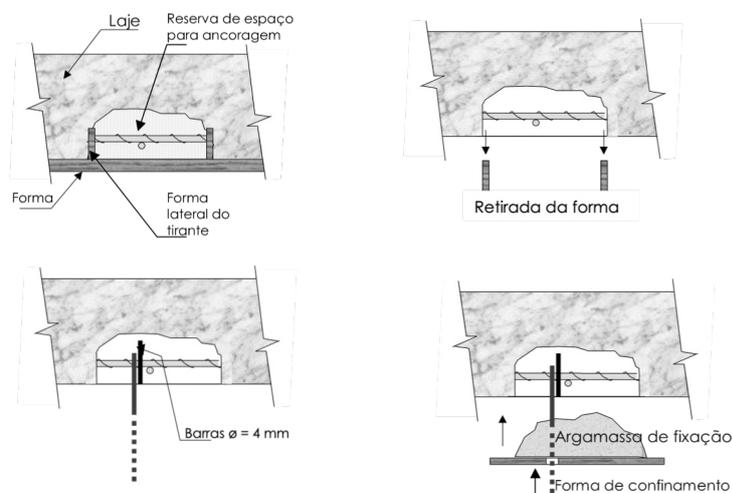
VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

Problemas executivos:

Sistema construtivo não convencional com dificuldades operacionais para confecção e fixação dos tirantes das lajes suplementares, à laje da cobertura, propiciando a existência de deficiências na região de contato tirante/lajes.

33

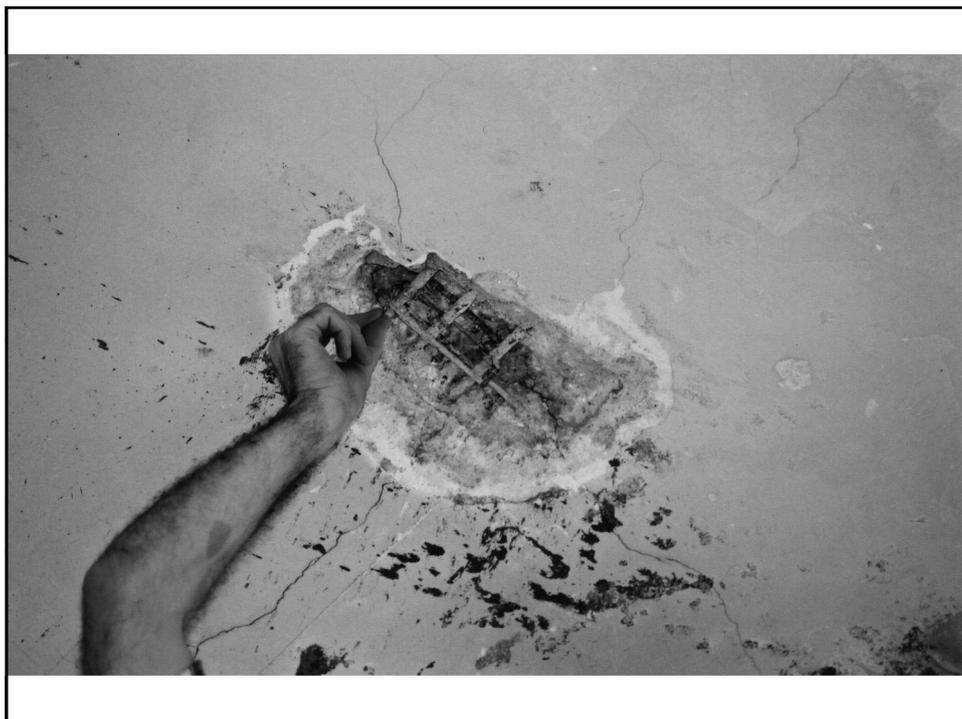
Seqüência provável de execução dos tirantes



34



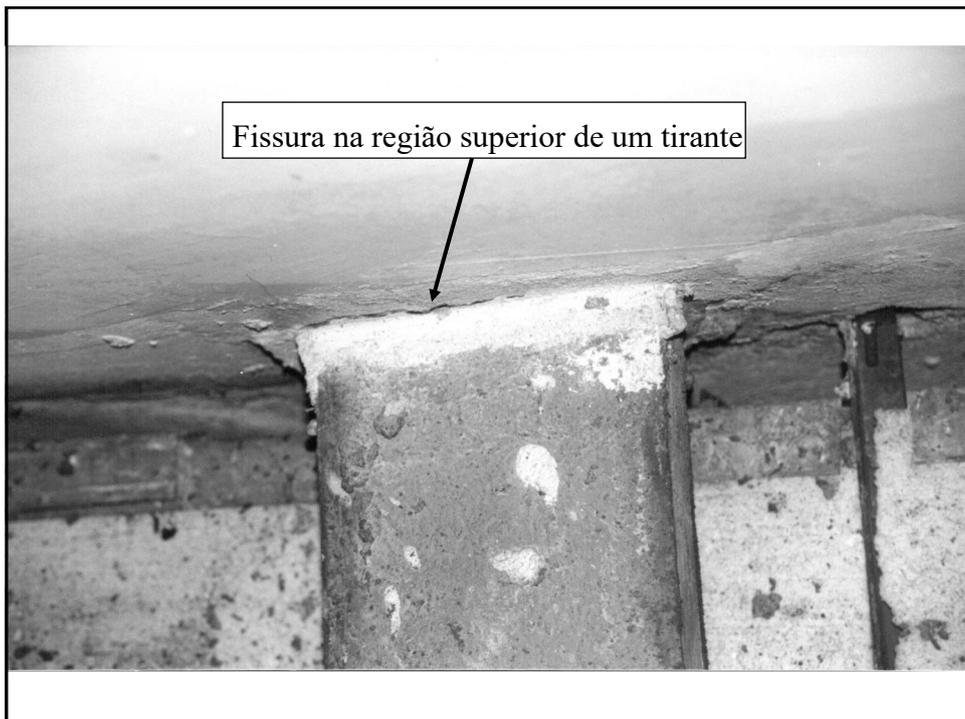
35



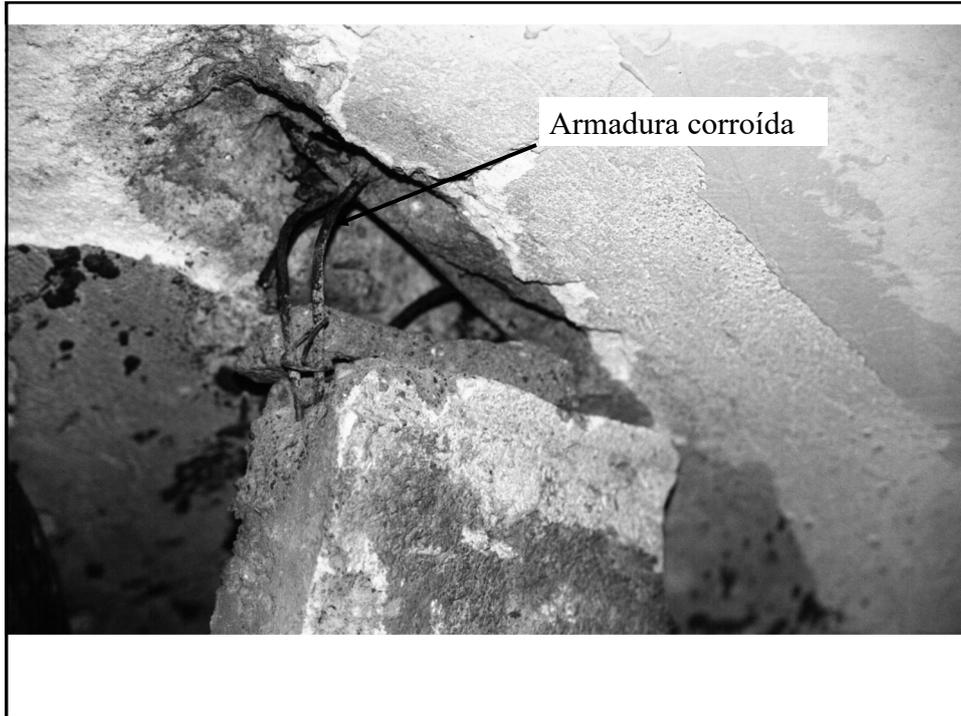
36



37



38



39

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

3. Solução técnica inadequada do ponto de vista da durabilidade

No dimensionamento dos tirantes de concreto, foi considerada apenas a capacidade portante da armadura, para suportar (sem romper) o peso da laje suplementar.

40

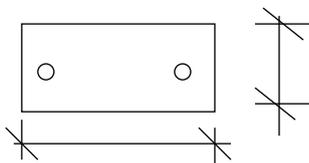
No dimensionamento de tirantes de concreto armado, a NBR 6118:1978 e as normas anteriores que a antecederam, recomendam a verificação de duas condições de segurança :

- Segurança contra o colapso da peça;
- Segurança contra a fissuração nociva (*durabilidade*).

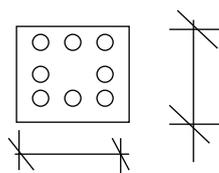
Em local protegido no interior das edificações a abertura característica de fissura ELS, pode chegar a 0,3mm, o que conduz a número menor de barras para suportar a carga da laje suplementar

41

**Situação encontrada
no caso em questão**



Situação aconselhável



42

A experiência recomenda que o cálculo de tirantes de concreto armado, leve em conta o enorme risco de corrosão localizada das armaduras com consequente ruptura frágil (sob tensão).

Requer a utilização de um número maior de barras de aço para uma mesma seção de armadura, aumentando-se assim o perímetro de contato e reduzindo-se a deformação das barras e as fissuras dela decorrente.

43

Providências adotadas após o acidente

- **Verificação do projeto estrutural (havia desenhos disponíveis da construção original);**
- **Remoção de móveis e equipamentos;**
- **Escoramento emergencial;**
- **Elaboração de laudo de segurança para desinterditar o resto do edifício junto ao CONTRU;**
- **Demolição técnica com utilização de cimento expansivo para minimizar vibrações na estrutura.**

44



45



46



47



48



49

LIÇÕES

- Atenção ao elaborar laudos técnicos em estruturas que sofreram modificações ou reformas:

ASSUMINDO RESPONSABILIDADES

- Quando executar obras de reforma que interferirem com a estrutura, mesmo que sejam apenas para fixação de materiais de acabamento, elaborar um documento contendo todas as modificações inseridas.

50



Edifício de escritórios

Brasília

51



Edifício Escritórios

Brasília → 1999

4 anos → escritórios $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

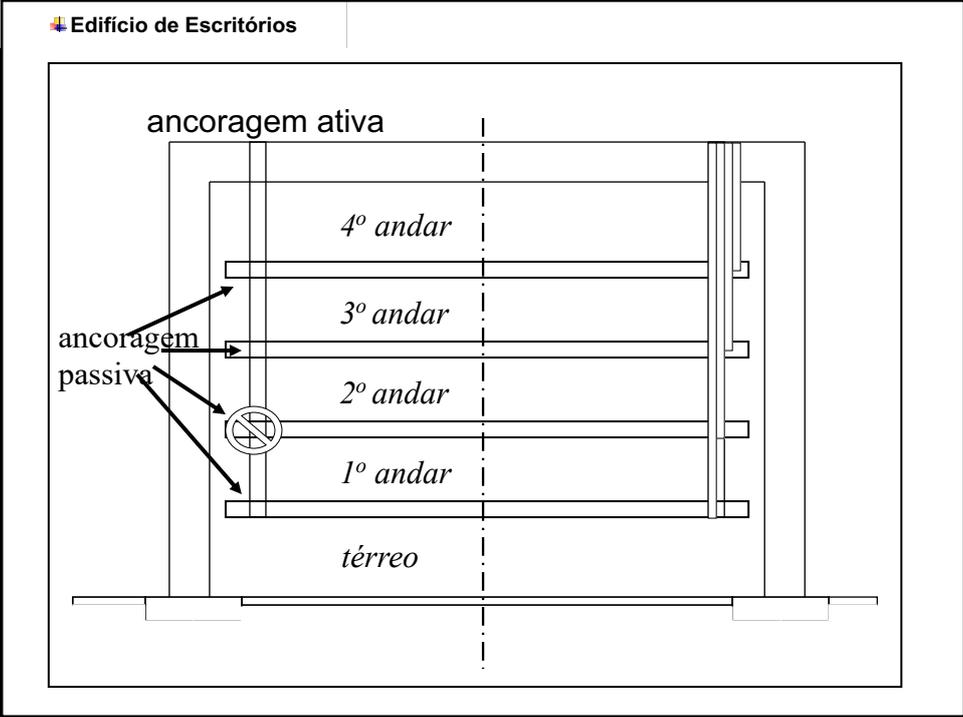
**um cabo colapsa → estrondo seco
→ a laje inclina**

→ mesas e cadeiras escorregam

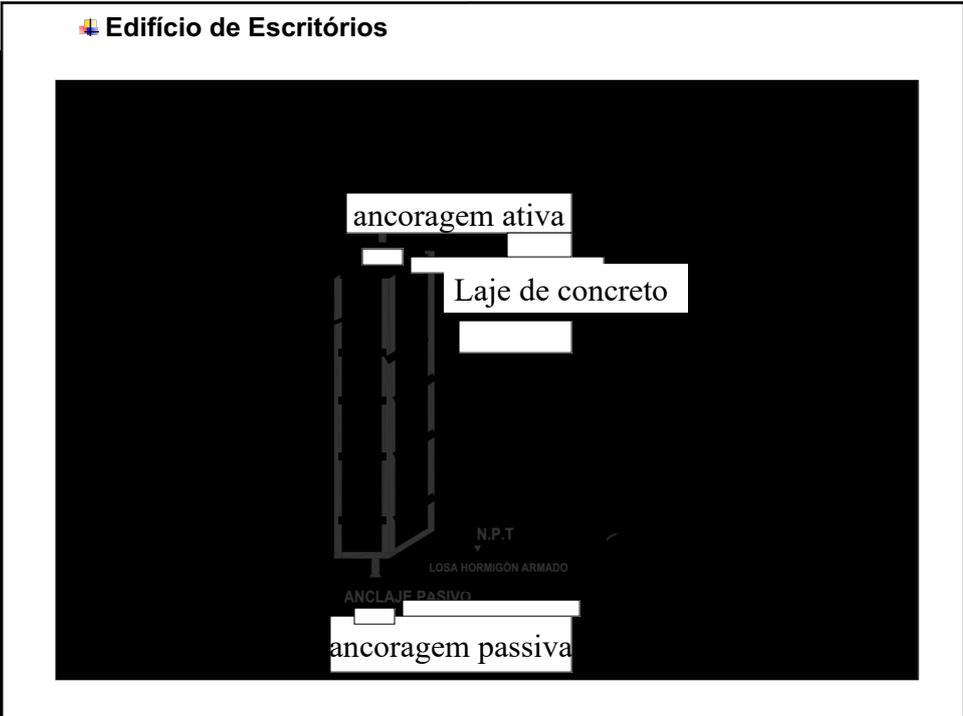
→ usuários correm muito assustados

→ grande preocupação com o estante

52



53



54

Edifício de Escritórios

16 lajes → 300 m² / por andar
4 andares mais térreo
20.000 m² área total construída
4 cabos por laje → 64 cabos por andar
256 cabos → 512 ancoragens
18 cordoalhas → $\Phi=12,5\text{mm}$ → 19.000 MPa

55

Edifício de Escritórios

18
cordoalhas

expostas na gaiola
de aço

bainha galvanizada

laje de
concreto
armado
48 cm

grout

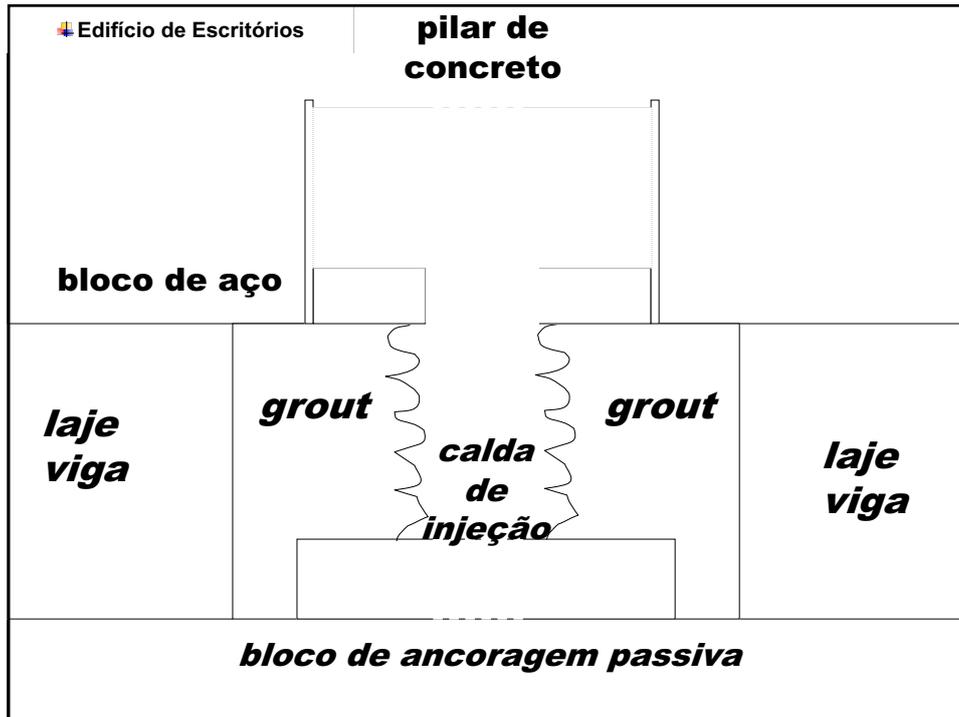
*calda
de
injeção*

grout

laje de
concreto
armado
48 cm

bloco de ancoragem passiva

56



57

Edifício de Escritórios

Inspeção e Diagnóstico

- 14 ancoragens passivas inspecionadas
- $i_{\text{corr}} = 2,25 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ por perda de peso
- 36% longitude da corrosão ~ 2,5 cm
- 1 já mostrava 2 cordoalhas rompidas
- $I_{\text{coor}} \rightarrow 0,01$ a $0,96 \mu\text{A}/\text{cm}^2$
- $E_{\text{coor}} \rightarrow -50$ a -400 mV
- $\text{Cl}^- \rightarrow 0,06\%$ no concreto e $0,54\%$ no grout

58

Conclusão e Solução

**Alto risco de
corrosão em
todas as
ancoragens**

**Projeto errado
Materiais
inadequados
(com Cl⁻)**

**Troca de
todas as
ancoragens**

**\$ 9,5 vezes
o custo
inicial**



MARQUISES

Rio de Janeiro, Porto

Alegre, São Paulo,

Recife, Salvador...

O processo foi mais rápido e as leis de execução penal e de economia popular. Com as alterações, acaba a lei Fleury, que permitia aos réus primários responder processo em liberdade. Página 4

Agricultura e Saúde brigam pelos dietéticos

Os refrigerantes dietéticos são disputados por dois ministérios. O da Saúde publica hoje no Diário Oficial uma liberação para o comércio, pela Antártica e pela Coca-Cola. O da Agricultura avisa: mandará apreendê-los. Página 24

Bom tempo para viajar no feriado

Quem vai passear no fim de semana pode contar com bom tempo. Os bancos fecham hoje e só reabrem terça. Os postos de gasolina estão liberados para funcionar domingo e segunda. Página 13

TURISMO
Boston é conhecida pela Universidade de Harvard, a mais tradicional dos Estados Unidos, e a tonalidade vermelha de seus prédios. Mas a capital de Massachusetts, na região da Nova

ves para os empregados do Departamento Nacional de Produção Mineral. Ontem, o presidente José Sarney resolveu conceder-lhes um reajuste salarial entre 95% e 120%. Página 26

Marquise cai e mata nove em Porto Alegre

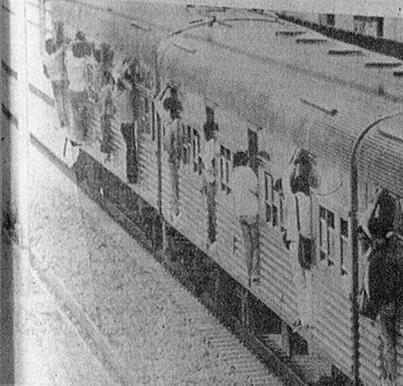
Nove pessoas morreram, entre as quais uma criança, dez ficaram gravemente feridas e outras 30 sofrem escoriações leves com o desabamento, ontem à tarde, da marquise da Loja Arapuá, no centro de Porto Alegre, na rua Doutor Flores. No momento do acidente, muitas crianças estavam na frente do prédio, recebendo doces de funcio-

obediência à nova Carta, será permitido o registro de candidaturas validadas por tribunais regionais porque a Constituição anterior fixava prazo de um ano para o domicílio eleitoral.

ceiras não precisarão cumprir o limite do tabelamento dos juros de 12%, ao ano imposto pela nova Constituição. O Banco Central emitiu ontem uma circular estabelecendo que, en-

quanto não sair a regulamentadora do sistema financeiro, continuarão a valer as normas atuais. O esclarecimento foi feito depois que o presidente José Sarney aprovou o parecer do consultor-geral

da República, com a publicação. O parecer foi publicado hoje. Em consulta uma boa data nimo.



O embrião da CBTU entre Jundiaí e Paranapiacaba: o perigo, a violência e

Para PM, fogo no trem foi planejado

A Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CBTU na quarta-feira tenha sido uma ação premeditada, pos-

Notas e Informações

Apesar de todo o autoritarismo e de todo o temor que parecia inspirar, o governo do general Augusto Pinochet realizou um plebiscito livre e

46
Mais o Supl
Ciência e Tecnol
Classificação
Comportamento
Economia
Educação
Esportes

CADERNO 2
Cicero Dias fala de pintar e viver
Aos 82 anos de idade e 60 de experiência, o pintor

DINOSSAURO
Pesquisadores disseram ter achado, em Santa Maria (RS), ossadas de espécie desconhecida de dinossauro, que teria vivido há 220 milhões de anos. Essa espécie seria uma das mais primitivas do mundo. As fósseis medem cerca de 50 cm de altura e 120 m de comprimento. Os animais, segundo os pesquisadores, provavelmente se alimentavam de plantas e insetos animais. Pág. 1-14

BRASIL
Opinião da Folha
Linha editorial: "Difícil situação fina", sobre entrada de capitais; "Demagogia e justiça", sobre o caso do Palace; e "Pressão nas estradas", acerca de roubo de cargas. Pág. 1-2

Campanha começa com pichações
Pág. 1-8

ÍNDICE

Brasil	1-14
América	1-14
Europa	1-14
África	1-14
Ásia	1-14
Oceania	1-14
Artes e Letras	1-14
Ciência e Tecnologia	1-14
Esportes	1-14
Opinião da Folha	1-2
Campanha começa com pichações	1-8
Reforma vai dar reajuste salarial aos 3 Poderes	3-8
Destroços das duas marquises de 30 metros de comprimento que desabaram da fachada de loja no centro de São Caetano do Sul	1-14
Guia da Folha	1-14
Atmosfera	1-14
Ilustrada	1-14

Mancha de lama invade a lagoa Rodrigo de Freitas, depois da chuva que atingiu o Rio durante a madrugada e a manhã de ontem

Marquises desabam e matam 2 no ABC

O desabamento ontem à tarde de duas marquises de um prédio no centro de São Caetano do Sul (SP) matou duas pessoas que passavam pela rua e deixou outras duas feridas. As causas do acidente ainda são desconhecidas. Laudo deverá ficar pronto em 15 dias. No Rio, uma mulher morreu e três pessoas ficaram feridas no desabamento de duas casas no Anarái (zona norte), após temporal ontem de manhã. A chuva, que começou de madrugada, parou a cidade. Houve congestionamentos de até 20 km devido ao alagamento de vários acessos ao centro. Para o prefeito Luiz Paulo Conde (PFL), que decretou estado de alerta, "os mesmos lugares que enchem enchiam há 180 anos". São Paulo



Destroços das duas marquises de 30 metros de comprimento que desabaram da fachada de loja no centro de São Caetano do Sul

CASAÇÃO
FERNANDO RODRIGUES de Souza e Freitas
O deputado Sérgio Naya (sem partido-MG) mudou de idéia e tentará voltar ao PIR. Advogados o convencem de que sua expulsão foi irregular. Responsável pelo prédio que ruíu no Rio, ele é acusado de falta de decoro e pode ter o mandato cassado — processo contra o qual Naya também resolve agir. Pág. 3-8

Reforma vai dar reajuste salarial aos 3 Poderes

O primeiro efeito da reforma administrativa, aprovada ontem, será o reajuste de até 59% para a cúpula de Executivo, Legislativo e Judiciário. O novo teto salarial da administração federal deverá ficar em R\$ 12.720, segundo negociação em curso nos Três Poderes, da qual resultará um inédito projeto de lei de iniciativa conjunta. O aumento poderá ocorrer em abril. Pág. 1-9

GUIA DA FOLHA

186	SP
bares	
300	restaurantes
54	cinemas
29	



65

FOLHA DE S. PAULO sexta-feira, 13 de março de 1998 são paulo 3 3

PERIGO 2 Prefeitura diz que só vistoria prédios quando vai conceder Habite-se; polícia procura o proprietário do imóvel

Falta de ferragens pode ter causado queda

da Reportagem Local

As causas do desabamento das marquises de loja Out-Let ainda são desconhecidas. O Instituto de Criminalística fará uma pericia no local. O laudo deve ficar pronto em 15 dias.

Para o engenheiro José Galvão, da Defesa Civil, numa primeira análise, as marquises tinham ferragens insuficientes para o peso delas e apresentavam umidade. "O prédio é muito antigo, da década de 50".

Na avenida Conde Francisco Matarazzo, onde ocorreu o acidente, a prefeitura está fazendo obras para criar uma espécie de calçada 24 horas.

Alguns vizinhos e funcionários da loja suspeitam que as obras possam ter influenciado no acidente. "O prédio vibra sempre que as britadeiras trabalham na rua", disse a balconista da Out-Let Miriam Dalva dos Santos.

O diretor de Obras da Prefeitura de São Caetano, Isomar Darronqui, afirma que as obras não têm nenhuma relação com o acidente. "As obras foram até feitas, pois se a avenida não estivesse parcialmente interditada, mais pessoas poderiam estar passando sob as marquises no momento do desabamento", disse.

Segundo Darronqui, que interdição o prédio estava, a prefeitura só vistoria as obras para concessão do Habite-se.

O diretor afirmou ainda que essa vistoria não avalia condições de segurança da estrutura. "Isso é de responsabilidade do engenheiro que fez a obra", afirmou. Pelo Código Civil, uma construtora é responsável nos cinco primeiros anos após a conclusão da obra.

O dono da loja, Omar Abdouni, disse que é inquilino do prédio há três anos e que ele nunca havia apresentado problemas nesse prédio. Abdouni não confirmou a informação da funcionária de que o prédio vibrava com o trabalho das britadeiras. A polícia agora vai localizar o proprietário do prédio. (SERENATOKRAUSZ)

da Reportagem Local

As marquises de Out-Let caíram tão rápido que as duas pessoas que moravam nem sequer tiveram tempo de correr, segundo testemunhas.

De acordo com Alexandre Athanazio, 18, funcionário de uma farmácia vizinha à loja, o rapaz Alex dos Santos, que estava no 1º colegial, já tinha passado pela marquise, com o barulho, deu um passo para trás e acabou atingido.

A família de Alex soube do acidente pela televisão. O pai, Benedito dos Santos, chegou à sua casa e encontrou a mulher chorando. Santos foi à delegacia e, após confirmar que era mesmo seu filho, ficou em estado de choque.

A família da dona-de-casa Teresinha Nakasato também soube pela televisão. Teresinha era casada e tinha quatro filhos.

O electricista Aloizio da Silva escapou por pouco, segundo seu irmão Everaldo da Silva, 40.

Aloizio sofreu apenas uma escoriação no braço. Após o acidente ele não quis ir ao hospital e voltou para o trabalho. "De tão assustado, ele chegou aqui tremendo e suando muito", disse o irmão.

O outro ferido, Samuel Corêla Biço, teve escoriações na mão e nas costas. Ele foi levado ao PS Municipal de São Caetano.

Uma mulher que também passava sob a marquise saiu ilinte por alguns milímetros. Segundo testemunhas, a mulher deu um passo para dentro da Out-Let e as marquises caíram na sua frente. (R9)

da Reportagem Local

O delegado Marco Antonio Barreira, titular do 1º DP de São Caetano do Sul, disse que vai aguardar o laudo do IC para identificar os culpados pelo acidente na loja Out-Let.

"Se houve negligência, alguém irá responder por homicídio culposo (sem intenção)".

De acordo com o delegado, caso fique comprovado que os responsáveis já souberam de problemas nas marquises, sem tomar providências, é possível que ocorra um indiciamento por homicídio doloso (com intenção).

Barreira deve consultar hoje o registro de imóveis para localizar os proprietários do prédio.

O delegado afirmou que pretende ouvir o proprietário e o inquilino do imóvel pelo menos duas vezes antes e depois de receber o laudo do IC.

O procurador-geral de Justiça de São Paulo, Luiz Antonio Marrey, designou ontem dois promotores para acompanhar o inquérito policial.

O dono da loja, Omar Abdouni, disse que o prédio pertence à família Zetune. Nenhum membro da família foi localizado ontem.

Segundo Abdouni, o edifício anteriormente havia sido alugado para uma espécie de shopping center, com várias lojas.

Com o tempo, os outros inquilinos foram saindo e o local acabou virando uma loja. A área construída do prédio é de aproximadamente 2.100 m². (R9)

Vítima não teve tempo de correr Delegado vai ouvir dono 2 vezes

da Reportagem Local

Técnica de relaxamento no trânsito: ligar o rádio.

APRESENTA MÚLTIPLOS BENEFÍCIOS

scallam
1957
A rádio anti-estresse

66

Marquise suspensa por tirantes
Rua Barata Ribeiro 31
Copacabana Rio de Janeiro
uma vítima
20m de extensão
1990

67



Vista geral da marquise mostrando a parte desabada e a remanescente

Edifício Mercúrio – Copacabana

17:30h, 8 novembro 1990

68



Detalhe para os tirantes em concreto armado no plano da fachada e para os escombros.

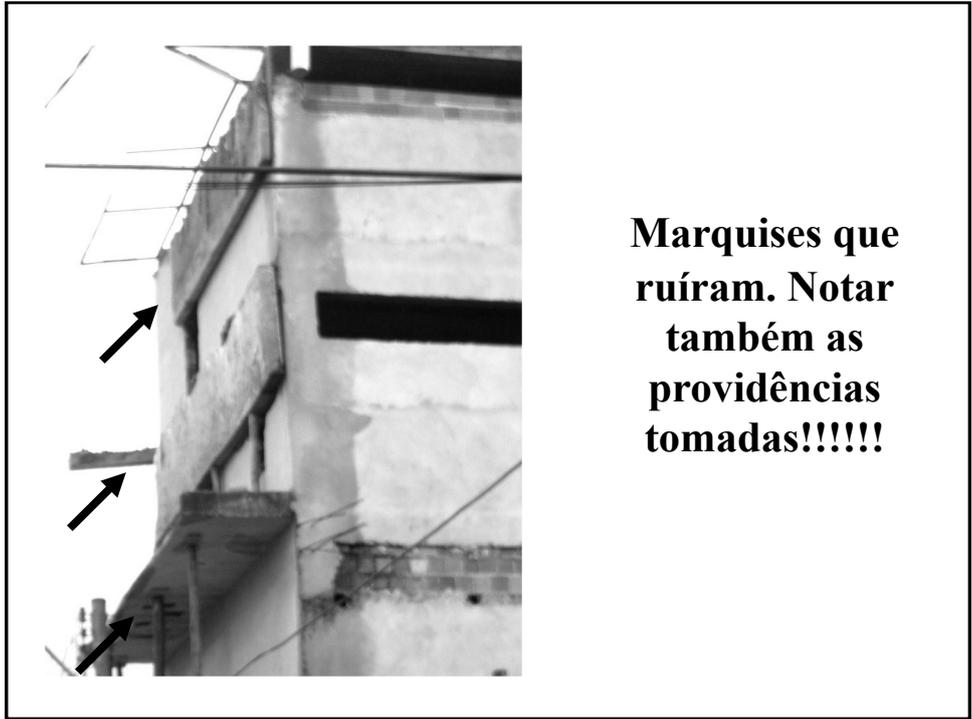
69

Marquise
Jardim Bicão
São Carlos, SP
Obra em construção
2003

70



71



72



PONTE do SOCORRO

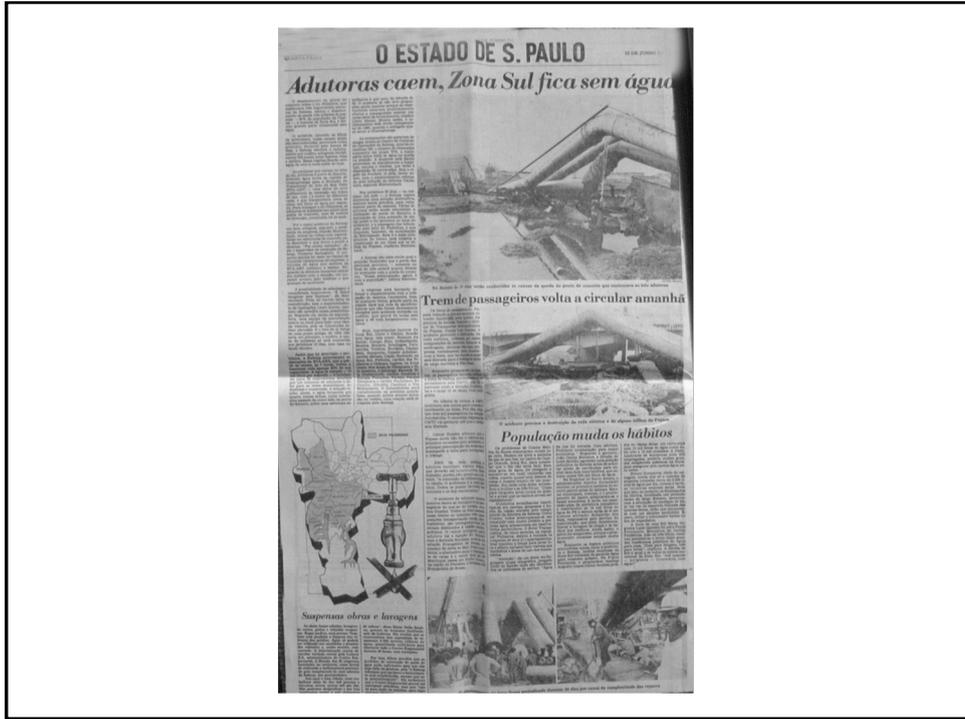
São Paulo, 28 junho 1988

- laudo 5 meses antes
- 27 anos, $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$
- Inspeções 81, 83, 84, 87,
- Janeiro 88
- Vão de “52 m.”
- custo = incomensurável

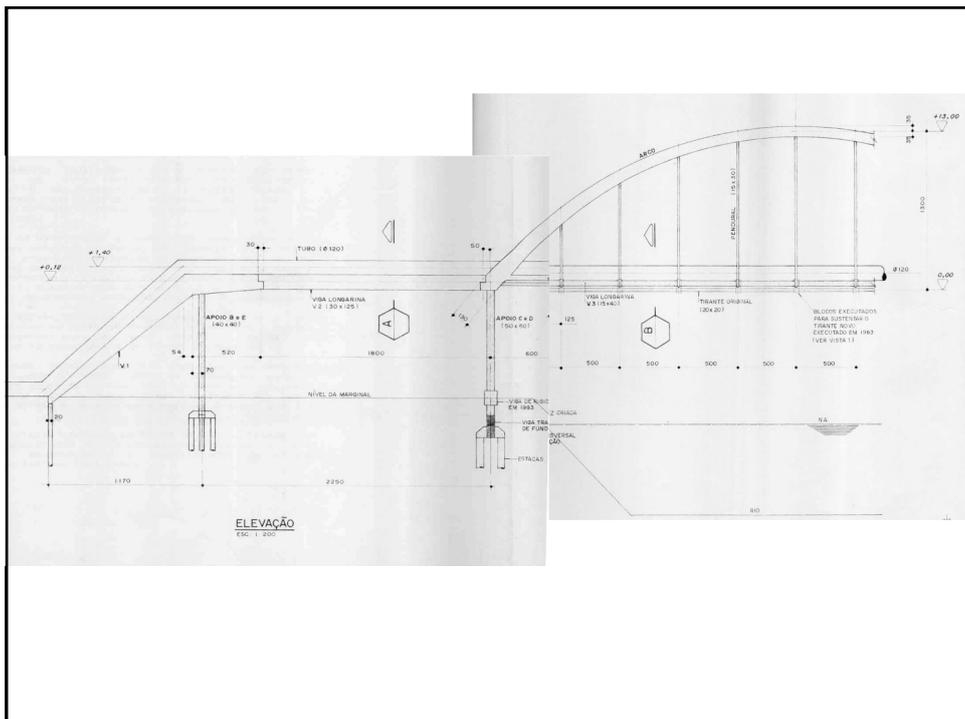
73



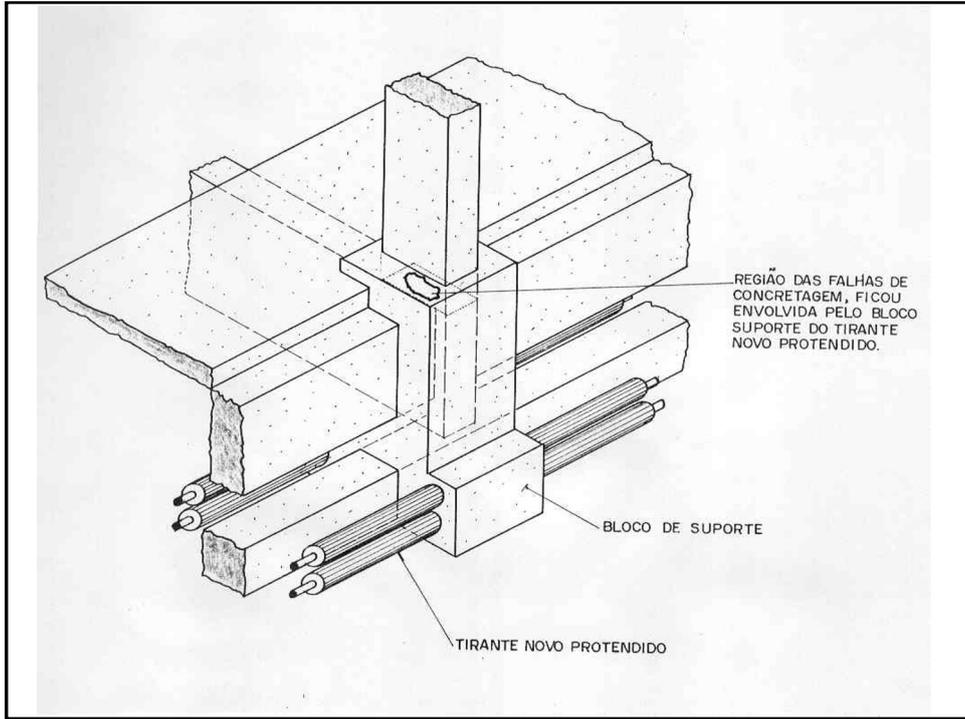
74



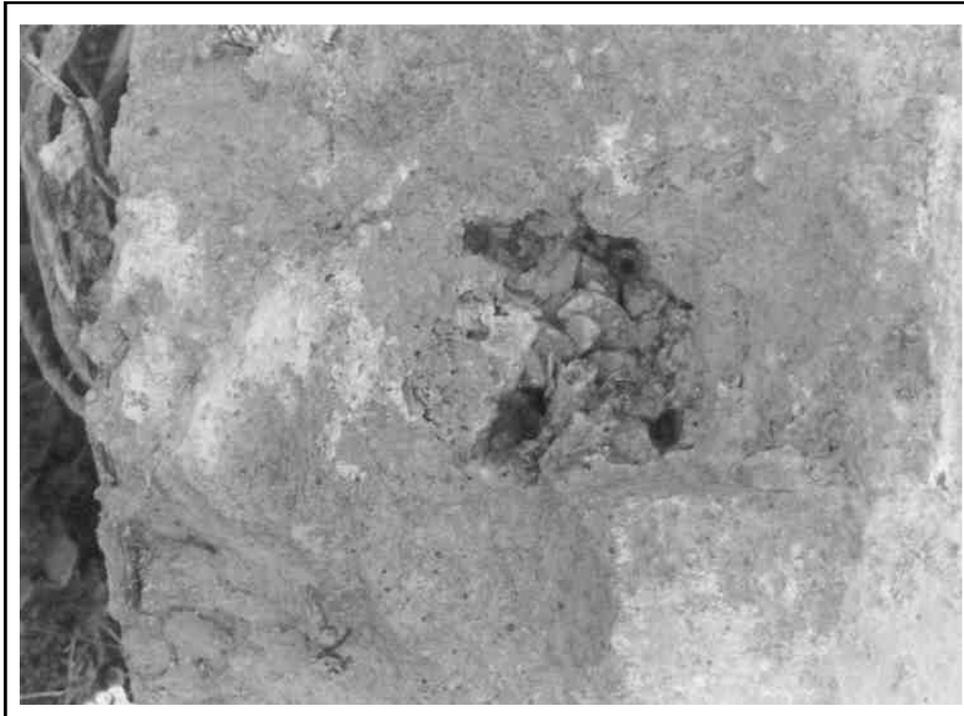
75



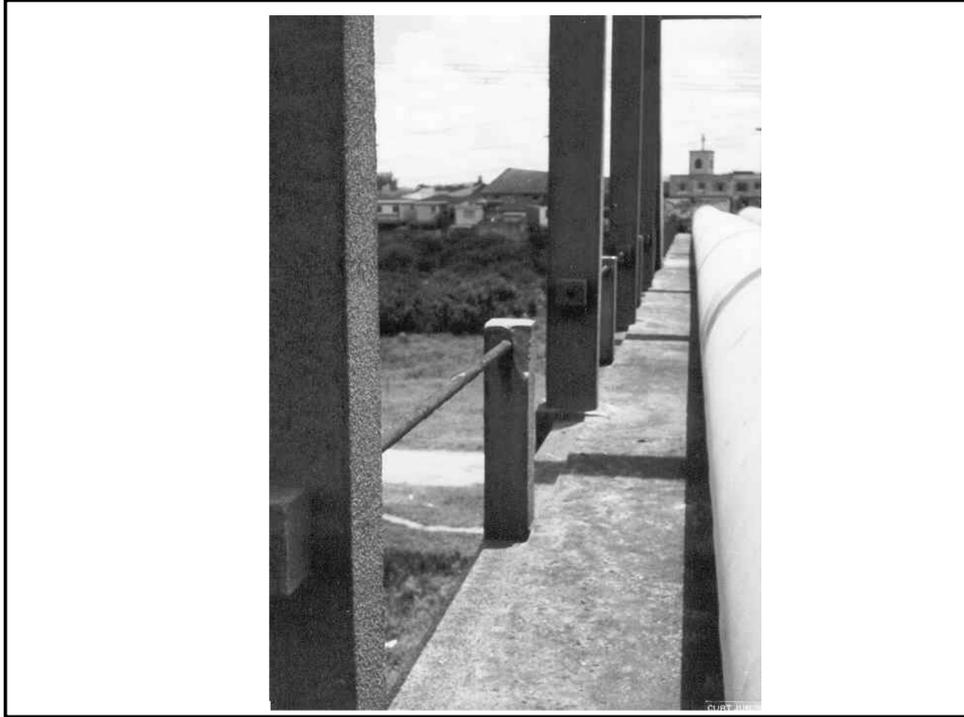
76



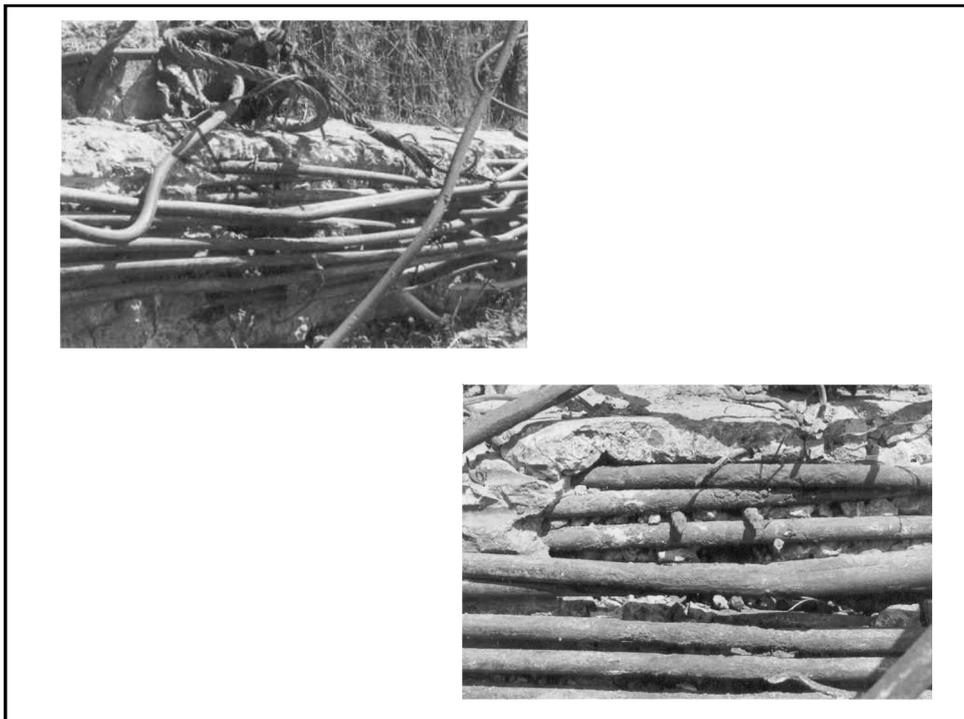
77



78



79



80

PONTE DOS REMÉDIOS

São Paulo, 1997

Laudo 6 meses antes

36 anos

$f_{ck} = 21 \text{ MPa}$

Custo = 3 vezes uma ponte nova

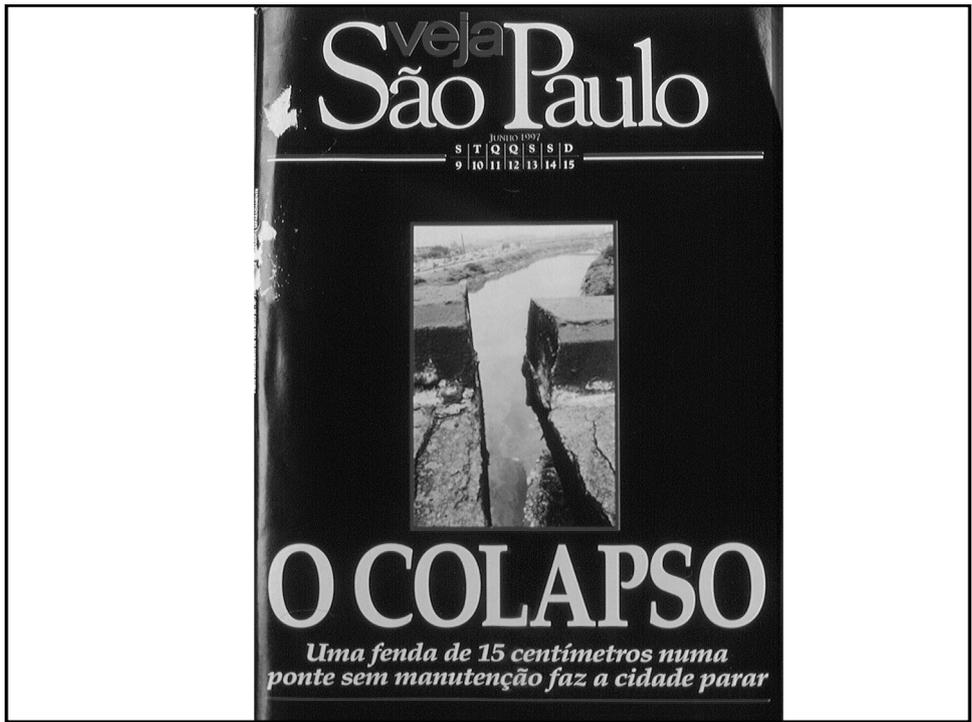
81



82



83



84



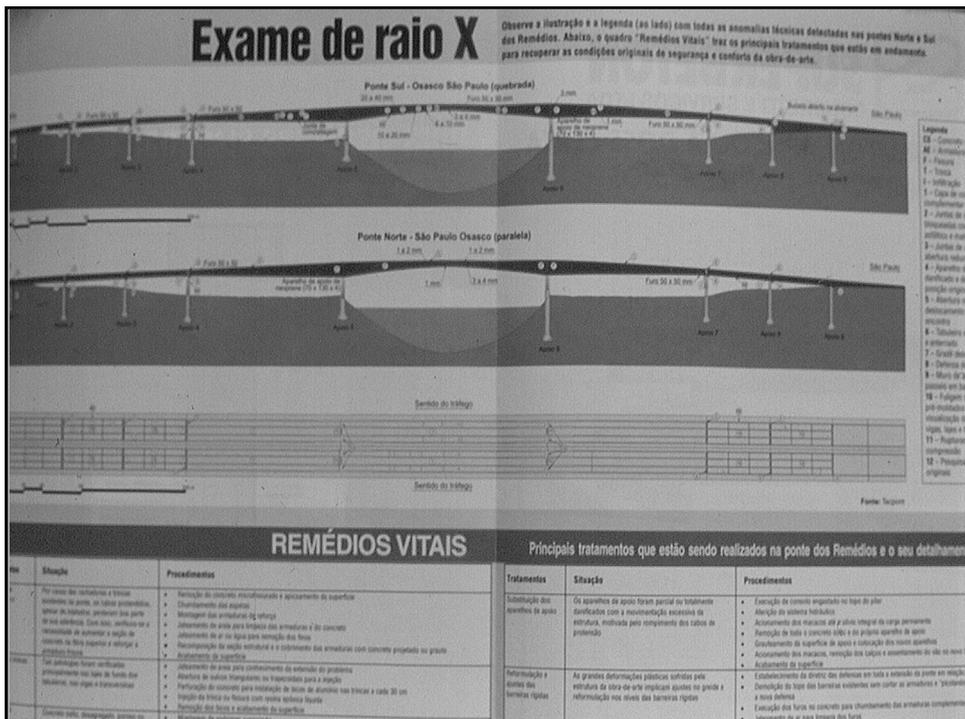
85



86



87



88



Rachadura no vão central vista pelo lado externo

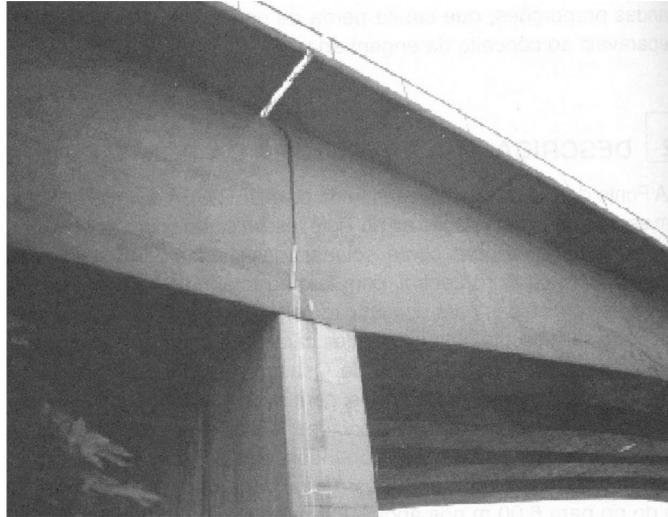
89



Detalhe da rachadura no vão central da vista pelo lado interno

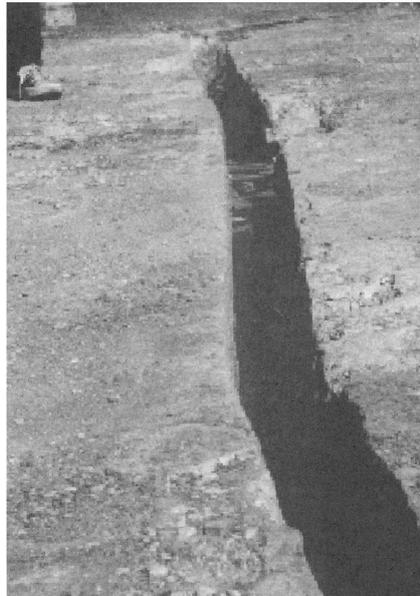
90

Ponte dos Remédios



Vista lateral da rachadura

91

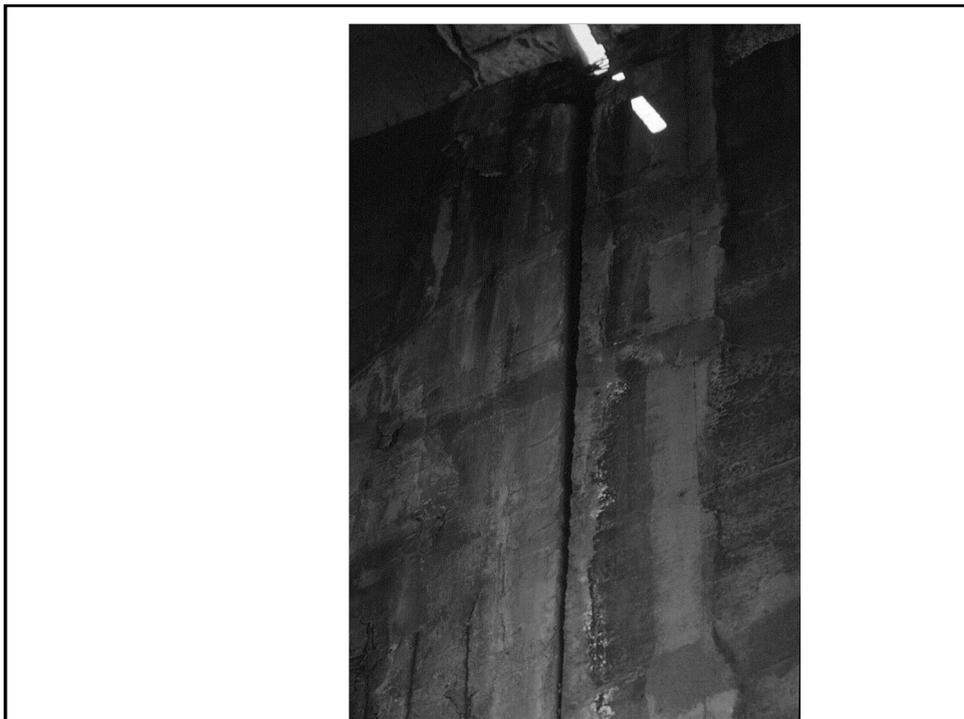


Vista superior da rachadura

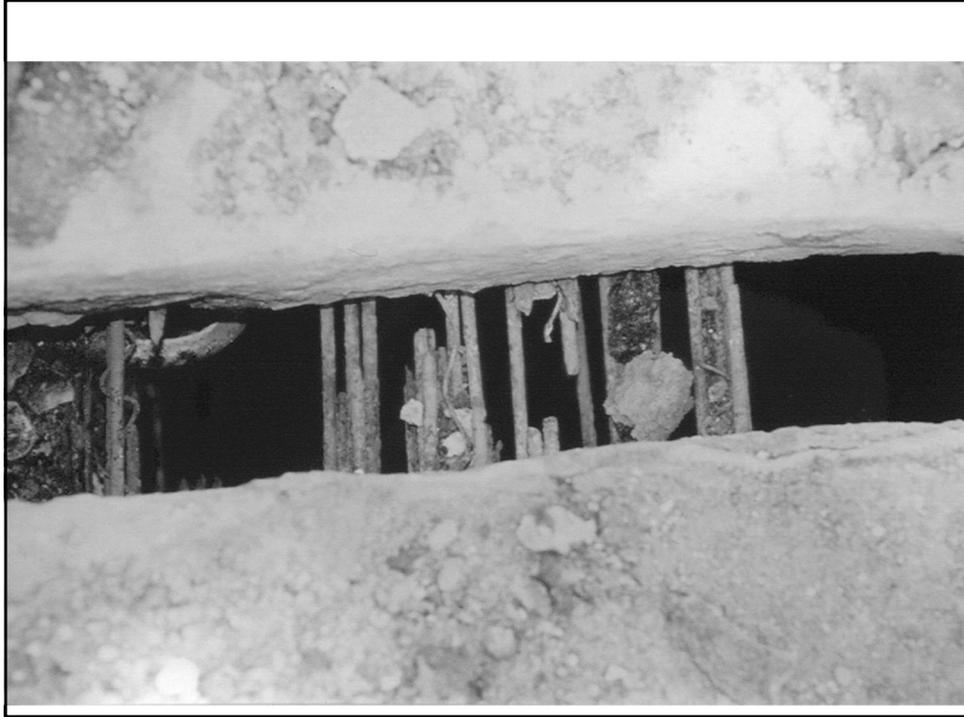
92



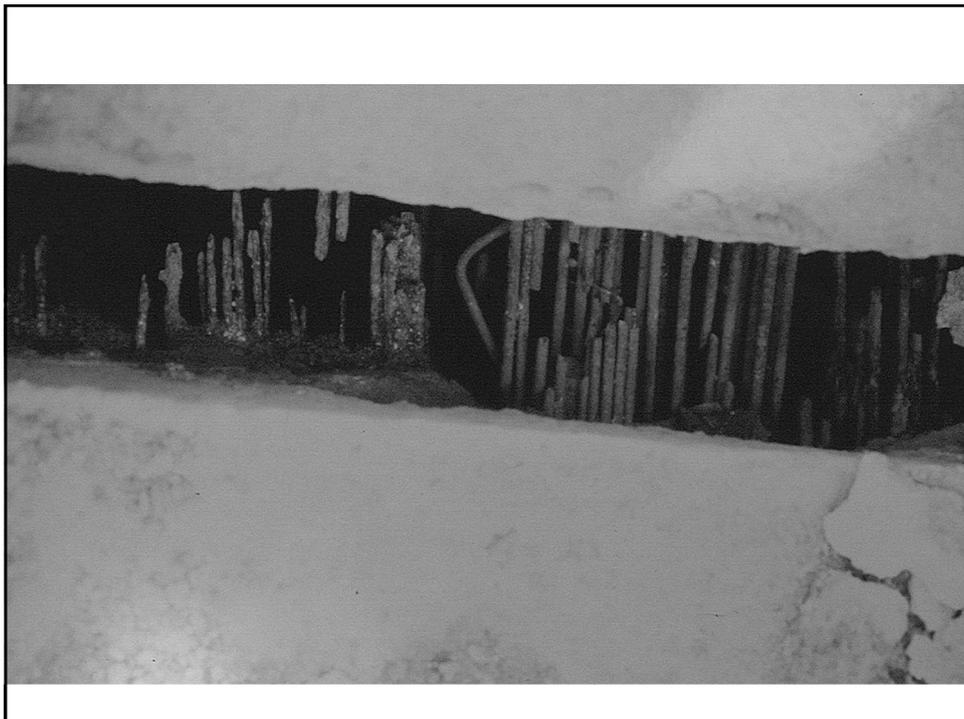
93



94



95



96

SILO de CEREAIS

Santa Catarina, 1995

Laudo de vistoria 2 meses antes

21 anos

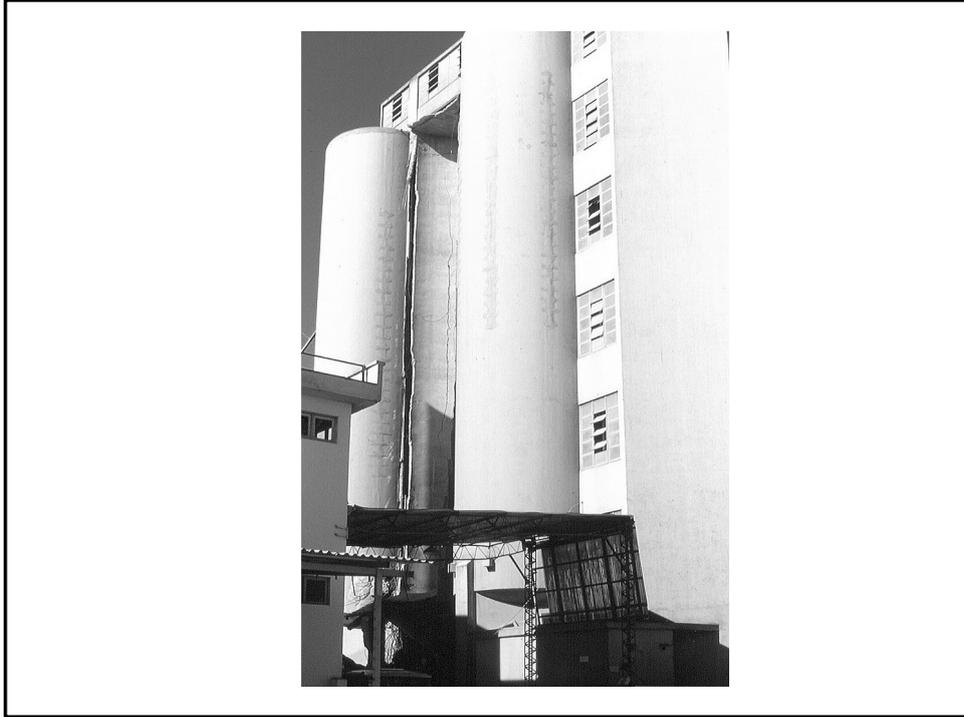
$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$

Custo = 1,2 novo

97



98



99



100

RECOMENDAÇÕES

-  **ATENÇÃO A SOLUÇÕES com TIRANTES em umidade alta (não avisam)**
-  **DIMENSIONAR para NÃO fissuração (!)**
-  **PROTEGER (Como ?)**
-  **INSPECIONAR PERIODICAMENTE (Como ?)**

101

PUENTE LEONEL VIEIRA

**Concreto armado/protendido com
cabos de protensão galvanizados
(casa Roebling)**

**Sistema construtivo com pré-tração
original**

Inspeção impede colapso

102



Puente Leonel Viera, Punta del Este, Uruguay

103



Puente Leonel Viera, Punta del Este, Uruguay

104



105



106



107

FISSURAÇÃO SOB TENSÃO

⇒ **FRAGILIZAÇÃO do AÇO**

⇒ **(PRE) CONCEITOS USUAIS**

■ **ESTRUTURAS PROTENDIDAS**

■ **Estruturas Armadas**

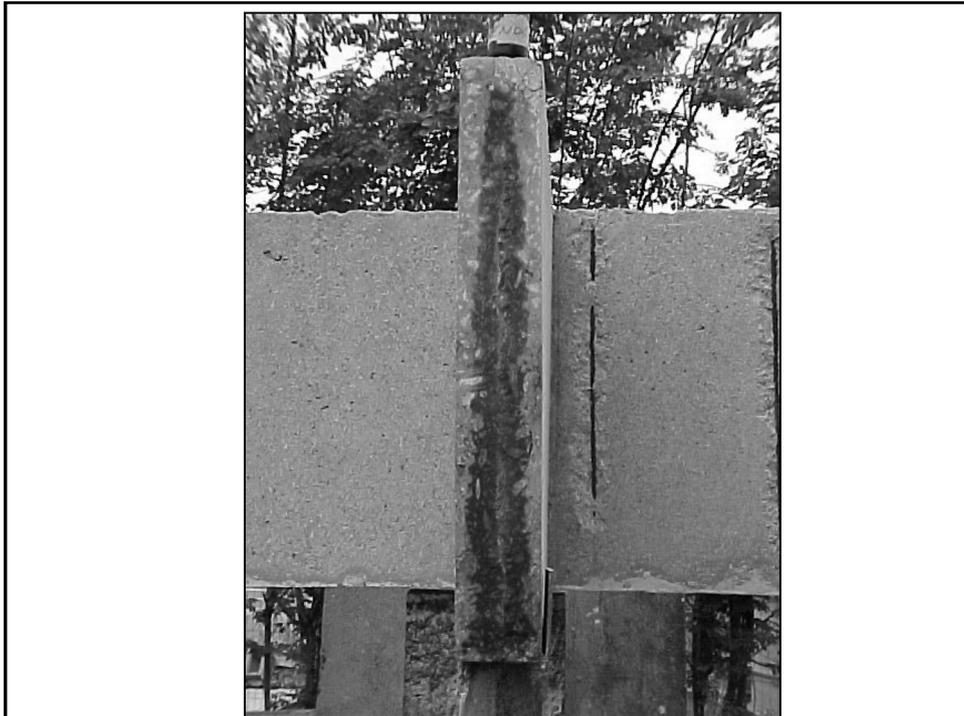
■ **CLORETOS**

■ **Carbonatação**

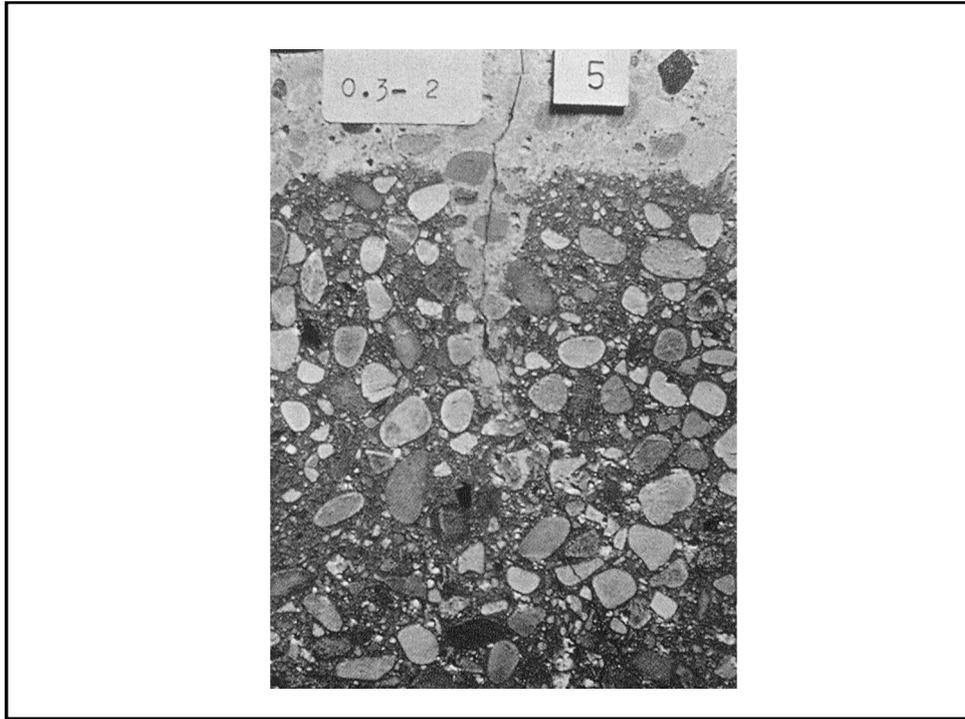
108

Carbonatação

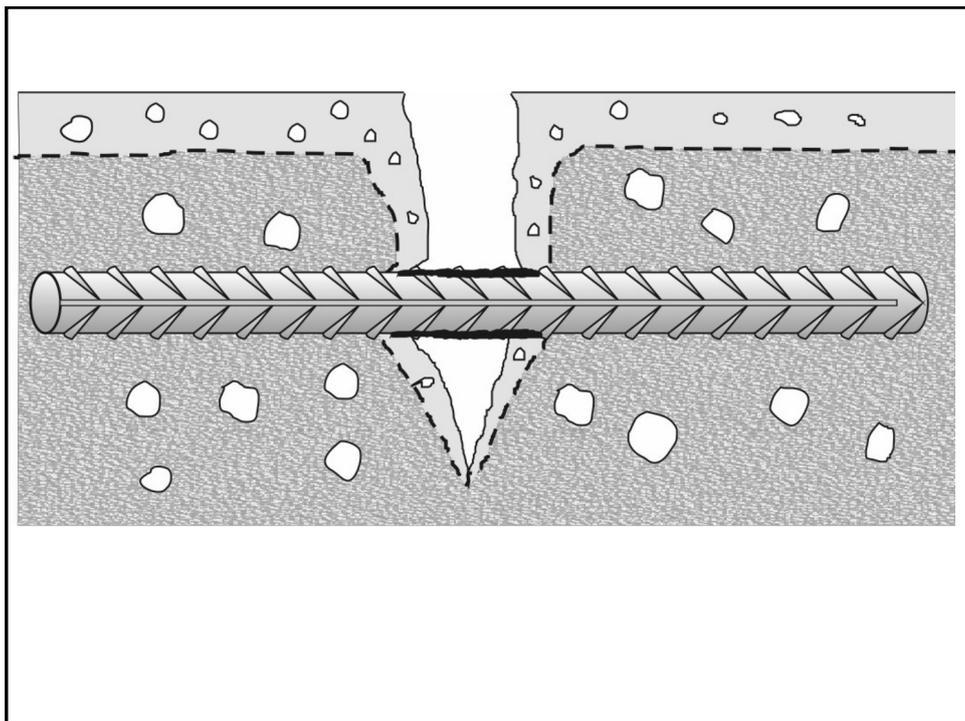
109



110



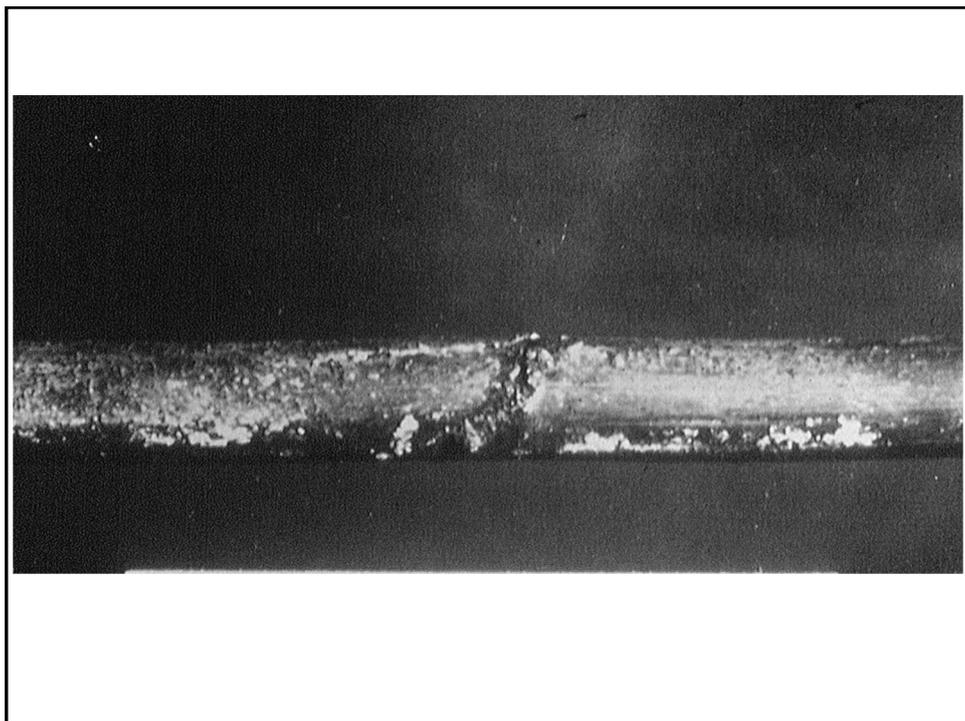
111



112



113



114

Prevenção:

NBR 6118:2003 → Não será o caso de rever as tolerâncias de abertura máxima característica de fissura para componentes estruturais fletidos e tracionados onde ocorra risco de umidade e corrosão?

115

**Edifício Areia Branca
Recife, Pernambuco
14 de outubro de 2004
quinta-feira às 20:30h
1977 → 1979
25 anos
12 andares + térreo + 1 garagem**

116



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

117



118



Escombros - manhã seguinte do desabamento

119



120



121



122



123



Edificações Vizinhas

124

Cronologia:

- 10 → domingo → estrondo;
- 12 → terça → síndico ao estacionar observa alagamento e fissuras na parede da cisterna
- 13 → quarta → calculista inspeciona: fissuras vigas, esmagamento alvenaria. Recomenda reforçar
- 13/14 → quarta/quinta → muitos ruídos de rupturas metálicas secas não deixam moradores dormir
- 14 → quinta 1:30h da madrugada → Síndico registra ocorrência e chama defesa civil
- 14 → quinta 2:40h → Defesa civil inspeciona e não encontra evidências.

125



Vista geral do subsolo

126



Trinca na viga do teto do subsolo junto a cisterna

127



Vista geral do reservatório inferior (cisterna) e alagamento

128



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela Defesa Civil

129

Cronologia:

- 14 → quinta 8h → Síndico e moradores decidem deixar o prédio
- 14 → quinta de manhã → Síndico desliga elevadores e esvazia os reservatórios de água
- 14 → quinta 10:20h → Defesa civil inspeciona o prédio junto com moradores. Calculista e empresa de reforço aguardam no local autorização para iniciar trabalhos
- 14 → quinta 15h → início dos trabalhos com escavação dos pilares centrais junto à cisterna
- 14 → quinta 17h → fissura aparece na viga de contorno, escavação de 1,40m mostra armaduras flambadas no pilar
- 14 → quinta 19h → início do reforço do pilar com cintamento e graute. Escavação do segundo pilar que estava íntegro

130



131

Cronologia:

14 → quinta 20:20h → segundo pilar apresenta estrondo e o concreto começa a destacar fissurar. Operários e uma moradora que acompanhava os trabalhos correm para a rua;

14 → quinta 20:25h → uma série de estrondos precede o desabamento do edifício que dá uma “paradinha” no 6 andar, gira uns poucos graus e segue desmoronando-se;

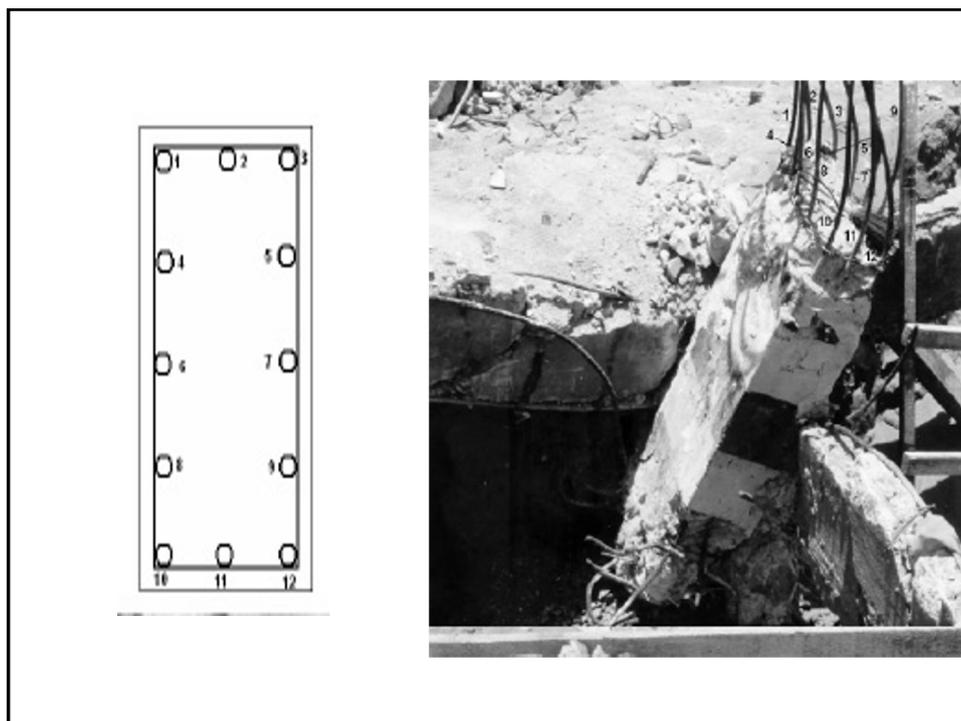
14 → quinta 20:30h → edifício totalmente desabado, 4 vítimas e inúmeros sonhos destruídos

132

Diagnóstico:

- Projeto de acordo com NB 1 / 1960
 - 30 pilares (6 x 5)
 - Sapatas diretas a -1,8m
- Pescoços de pilares contraventados por cinta 10cm x 40cm
- $\sigma_R = 135 \text{ kgf/cm}^2 = 13,5 \text{ MPa}$ média = 15MPa
 - Cobrimentos de 1,5cm em pilares
 - Pilares 20cm x 50cm
 - 12 barras de 16mm com estribos de 4,2mm cada 15cm
- Corrosão dos estribos e flambagem da armadura

133



134



135



136



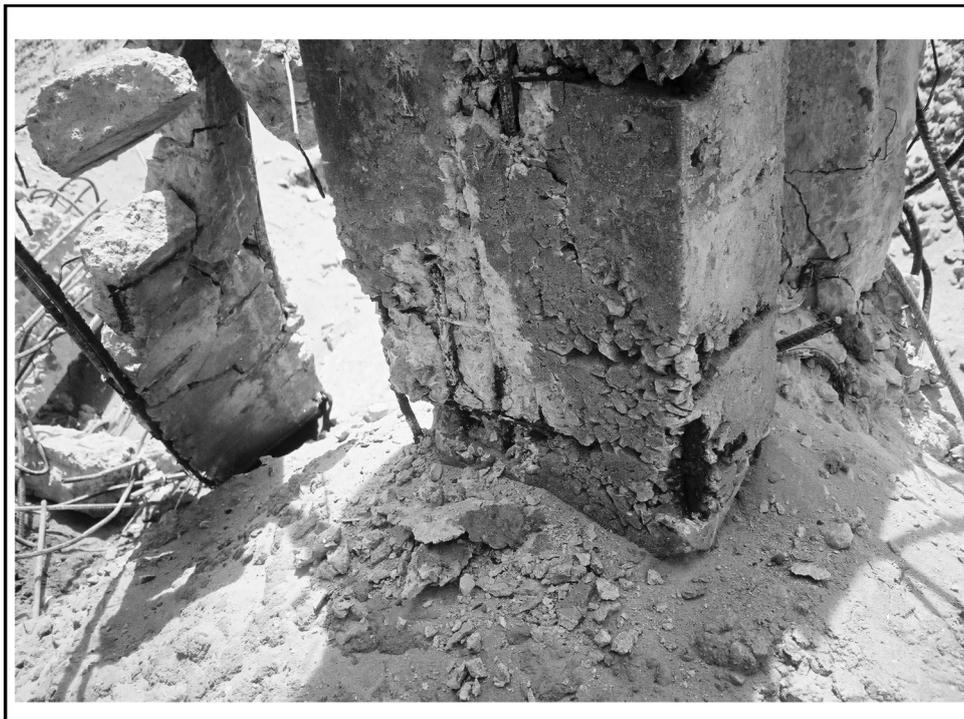
137



138



139



140



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

141



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

142



143

Edifício Solar da
Piedade, vizinho ao
Areia Branca
Recife, Pernambuco
novembro de 2004
inspeção impede colapso

144



Edifício Solar da Piedade, Boa Viagem, Recife PE

145



146



147



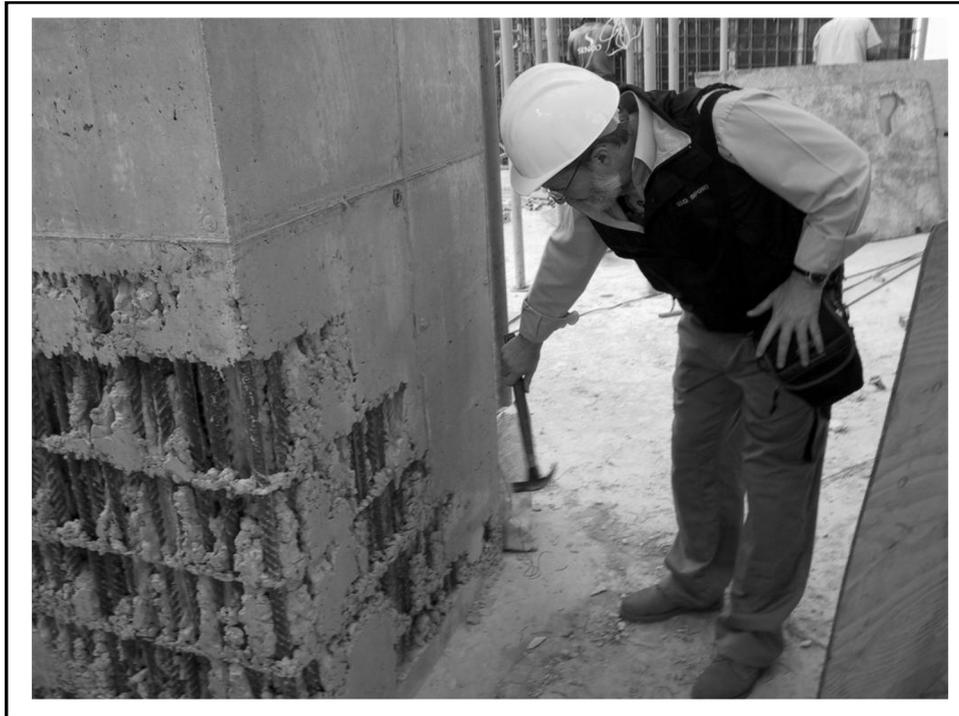
148



149



150



151

“O GRITO DA ESTRUTURA”

O mundo do veterinário é o de decifrar murmúrios, miados, mugidos, olhares ou uma inclinação de cabeça. É adivinhar sentimentos nos irracionais, é uma aproximação com os instintos. É identificar a origem de uma dor ou uma tristeza através da observação de uma indisposição para alimentar. É entender o porquê de uma renúncia à vida. O animal sofre, perde a alegria e tem-se que fazer algo urgente para salvá-lo.

No mundo do engenheiro também deve haver esta comunicação silenciosa. Identificar e avaliar uma patologia estrutural requer sensibilidade para o imponderável, para o imensurável. Não há números nem análise computacional que permita uma avaliação impessoal. O recado da estrutura vem através de uma fissura, um deslocamento, um desaprumo, um recalque, uma mancha, um destacamento, ou uma perda de nível.

São manifestações silenciosas. O grito por socorro de uma fissura de pilar pode ser extremamente incomodo para quem a identifica, mas pode passar despercebido para o inexperiente. Esse grito não chega a seu conhecimento, quando muito, avalia ser “um probleminha” e em muitas ocasiões providencia para que se esconda o sinal com uma massa ou pintura. Manda a estrutura calar.

Nos últimos quarenta anos têm-se notícias, com certa regularidade, de sinistros e catástrofes nas obras de engenharia -- O Pavilhão da Gameleira em Belo Horizonte, mais de 60 mortes. No mesmo ano de 1971 o Elevado Paulo de Frontin no Rio, mais de 20 mortes. O Edifício Palace II também no Rio e tantos outros pavilhões, igrejas, edifícios, marquizes. Ainda não saiu totalmente da mídia o mais recente, o desabamento do túnel da Estação Pinheiros do Metrô de São Paulo.

Sem exceções, todas estas obras pediram por socorro e ninguém ouviu. O pilar 5 do Pavilhão da Gameleira estava afundando. O grito por socorro do pilar não foi suficiente para paralisar a obra. Havia um cronograma a ser cumprido. O Palace II no Rio por mais de dois anos gritou por socorro. Os responsáveis, construtora e síndicos do condomínio, optaram por aplicar um analgésico. Algum técnico se dispôs a aplicar uma “massinha” barata onde saía fragmentos de um dos pilares. Por dias, até semanas, o túnel do Metrô de São Paulo clamou por socorro. Fissurou o solo no entorno, incomodou a vizinhança, fissurou casas, aumentou as infiltrações, por fim, fissurou o concreto projetado do túnel e mesmo assim só desabou no dia seguinte.

Lição Renovada

152

Há uma máxima jurídica que diz “a ninguém é dado o direito de desconhecer a lei”. Será que o engenheiro pode, por desinformação ou falta de experiência, ignorar o grito da estrutura?

Carlos Campos

Carlos Campos Consultoria e Construções

Obs.: Carlos de Oliveira Campos é geólogo, sócio atuante e pró-ativo do IBRACON, categoria diamante, e já exerceu a Diretoria Regional do IBRACON em Goiânia.

153



154