

ES-017

Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto

Riscos nas Inspeções de Estruturas de Concreto

1

OBJETIVO

 **Despertar a atenção do meio técnico para os riscos intrínsecos de uma INSPEÇÃO de ESTRUTURAS de CONCRETO em Serviço**

 **“FOCO”**

- Especialistas em diagnóstico (estrutural, funcional, durabilidade)
- Projetistas
- Proprietários privados e públicos

2

S U M A R I O

RECURSOS para inspeção

“Exemplos”

- Edifício de Escriórios SP
- Ponte do Socorro SP
- Edifício de Escritórios BR
- Ponte dos Remedios SP
- Silo de Cereais SC
- Marquises SP, BA, RJ, RS, PE,

FISSURAÇÃO sob Tensão

RECOMENDAÇÕES

3

RECURSOS PARA INSPEÇÕES

INSPEÇÃO PRELIMINAR

- Anamnese
- Observação visual
- Umidade e sais
- Direções Preferenciais
- Carbonatação
- Fissuras
- pH
- Recobrimentos

INSPEÇÃO DETALHADA

4

INSPEÇÃO DETALHADA (I)



ESTUDO DOS PROJETOS ORIGINAIS



ESTUDOS DOS ANTECEDENTES



PLANO DE INSPEÇÃO e AMOSTRAGEM

- **PACHOMETRO**
- **ESCLEROMETRO**
- **ULTRASOM**
- **CARBONATAÇÃO**
- **RESISTIVIDADE**
- **POTENCIAL de CORROSÃO**
- **PERFIL DE CLORETOS**
- **VELOCIDADE DE CORROSÃO**

5

INSPEÇÃO DETALHADA (II)



PLANO DE INSPEÇÃO e AMOSTRAGEM

- **TOMOGRAFÍA**
- **GAMARADIOGRAFÍA**
- **RAYOS X**
- **VIBRAÇÕES**
- **EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS**
- **OBSERVAÇÃO VISUAL**
- **DEMOLIÇÃO PARCIAL**
- **FISSURAS**

6

EDIFÍCIO de ESCRITÓRIOS

São Paulo, 1999

Vistoria → 1998

23 anos

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

Custo = 3 andares novos completos

7

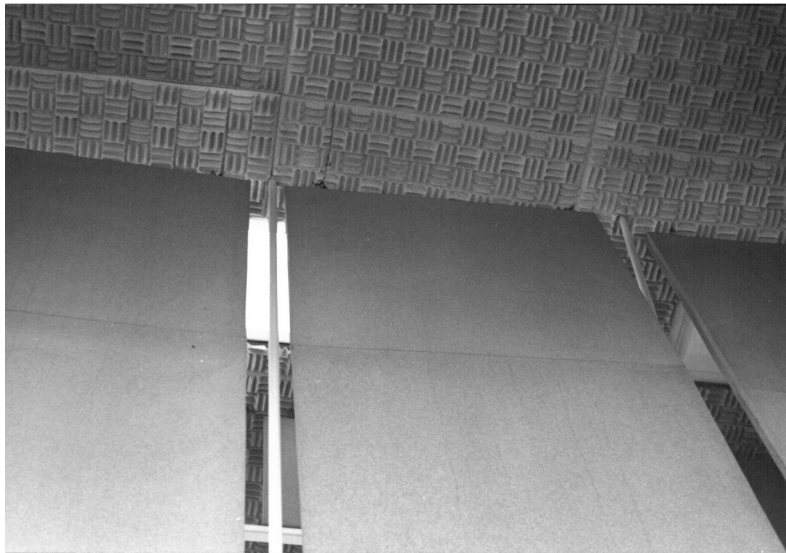
O PROBLEMA

**Colapso de parte da estrutura de uma laje
suplementar no último andar do edifício
situado na esquina da avenida Paulista com
a rua Augusta em São Paulo**

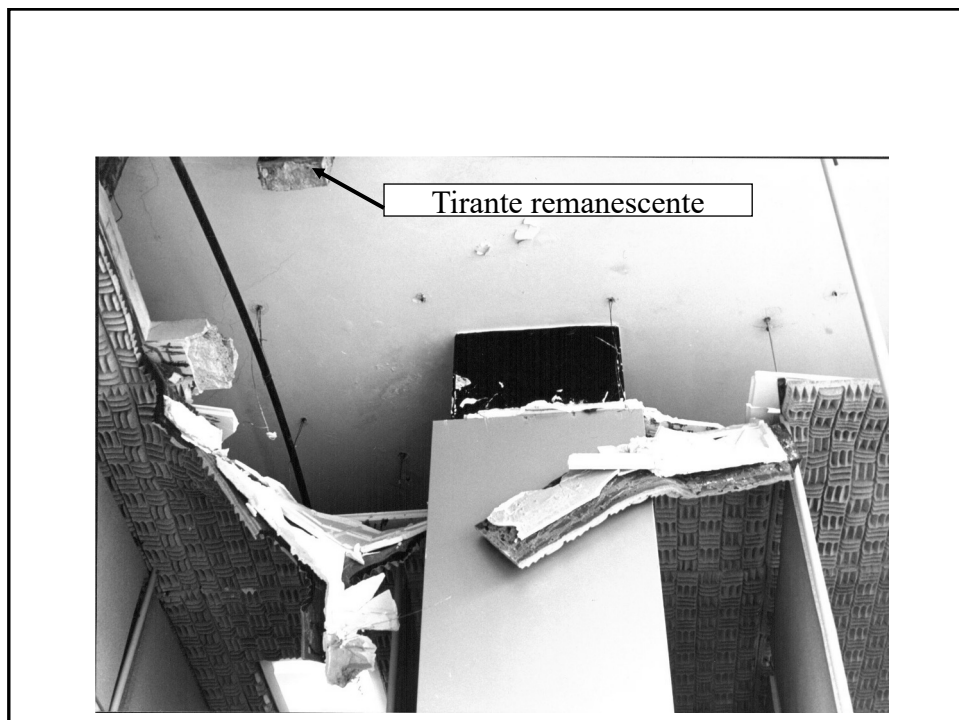
8



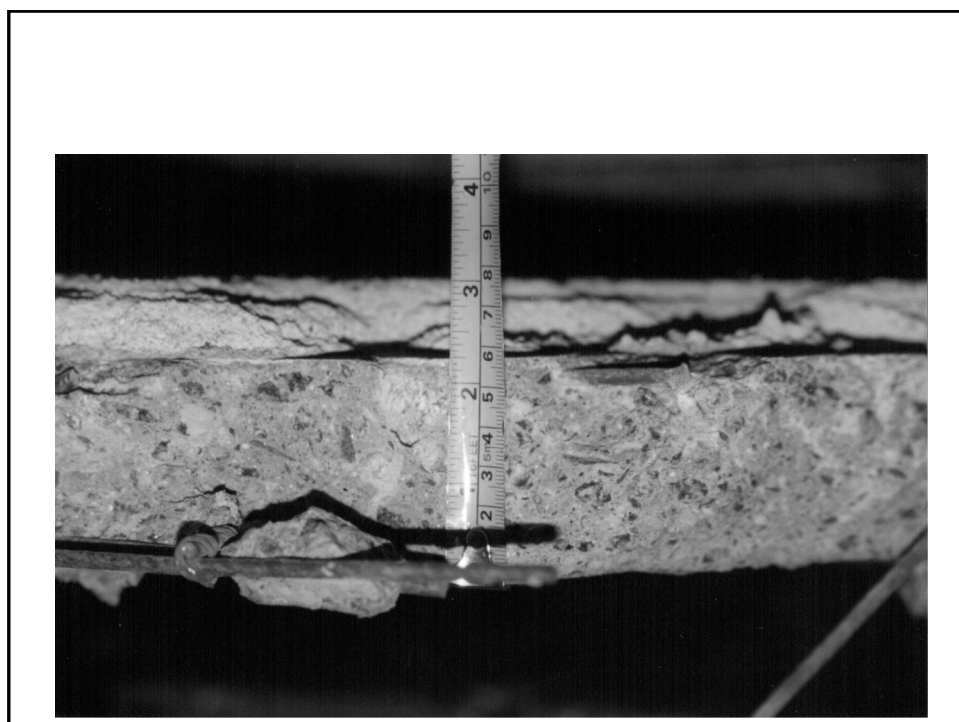
9



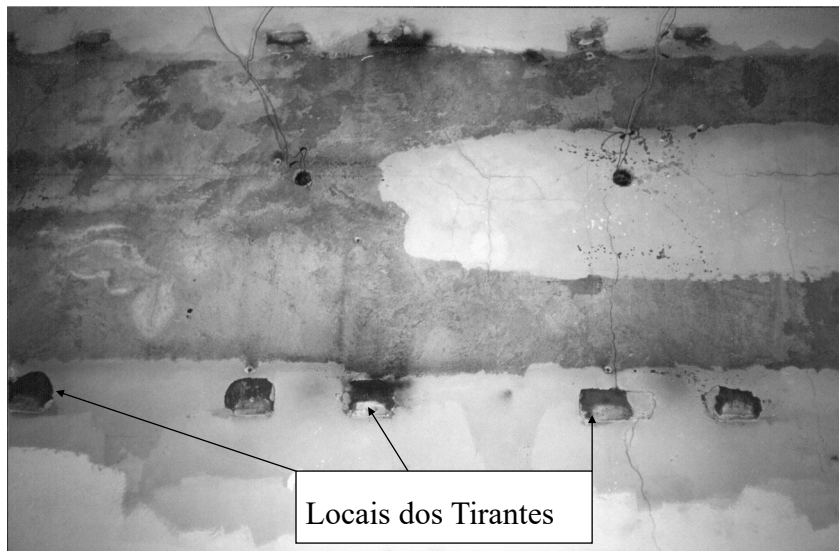
10



11



12



13

O PROBLEMA PATOLÓGICO

Corrosão das armaduras dos tirantes (pendurais) de sustentação da laje suplementar, construída em concreto armado.

14

HIPÓTESES PARA A OCORRÊNCIA DO PROBLEMA

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

15

ENSAIOS REALIZADOS

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

16

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

Infiltrações:

- Em levantamento visual, verificou-se “in loco” a inexistência de infiltrações na região sinistrada;
- Passado mais de um ano, não existe infiltração;
- As fissuras na laje de cobertura continuam secas e inativas (mortas);
- O piso da laje de cobertura encontra-se em bom estado.

17



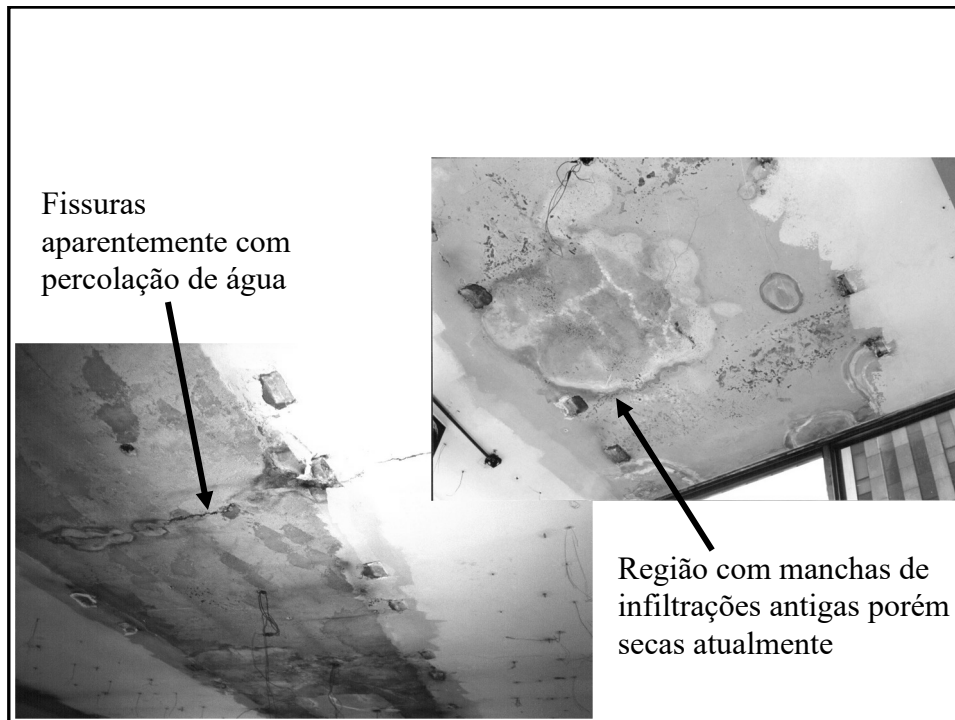
18



19



20



21

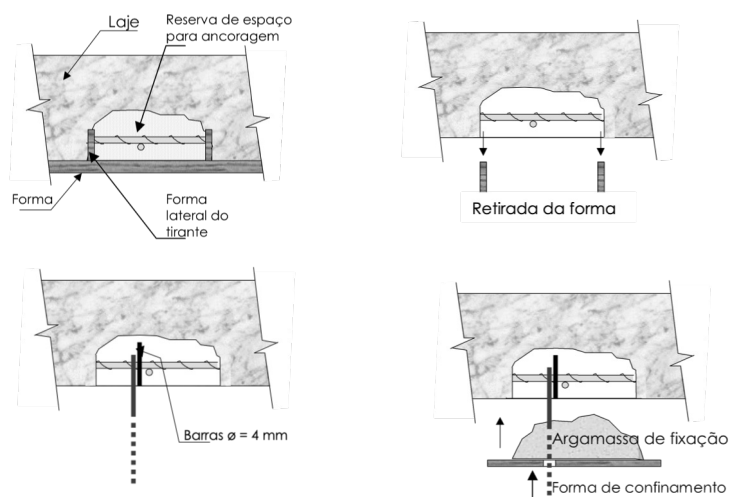
VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

Problemas executivos:

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

22

Seqüência provável para execução dos tirantes



23



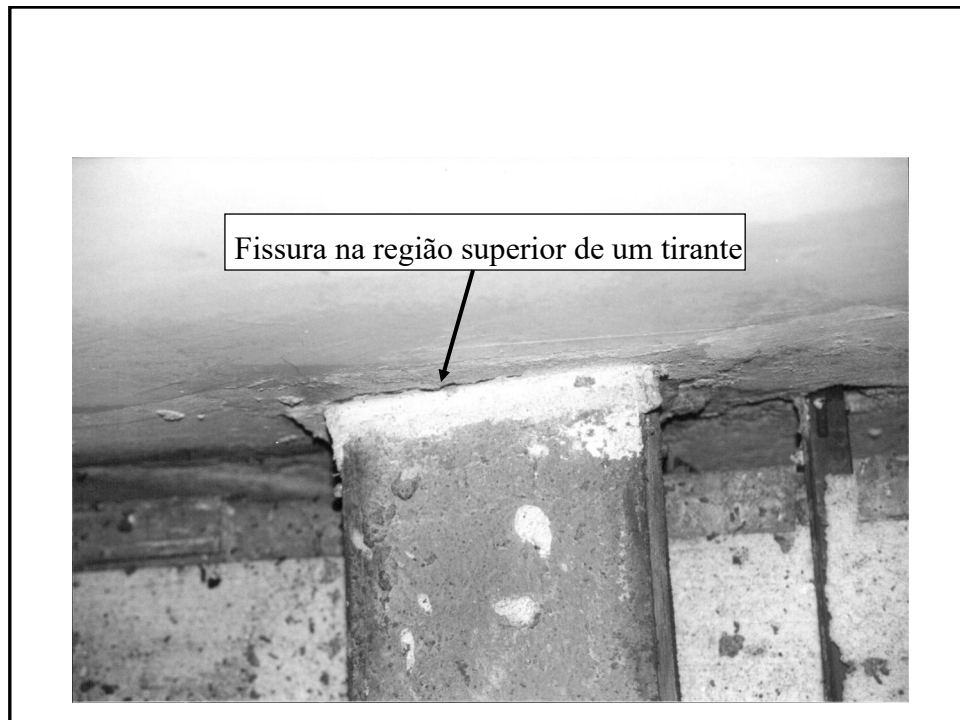
24



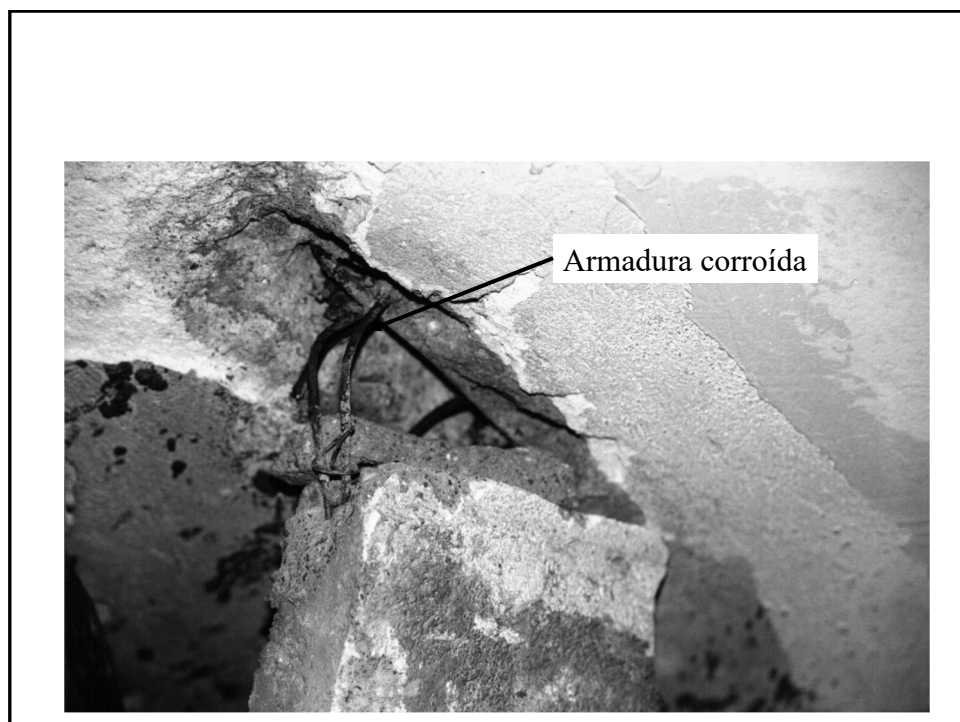
25



26



27



28

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

Solução técnica adotada

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

29

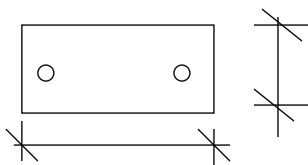
No dimensionamento de tirantes de concreto armado, a NBR 6118/ ABNT e as normas anteriores que a antecederam, indicam a verificação de duas condições de segurança :

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

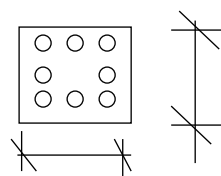
A experiencia recomenda que o cálculo de tirantes de concreto armado, requer a utilização de um número maior de barras de aço para uma mesma seção de armadura, aumentando-se assim o perímetro de contato.

30

Situação encontrada no caso em questão



Situação aconselhável



Providências adotadas após o acidente

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



33



34



35



36



37

LIÇÕES

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

ASSUMINDO RESPONSABILIDADES

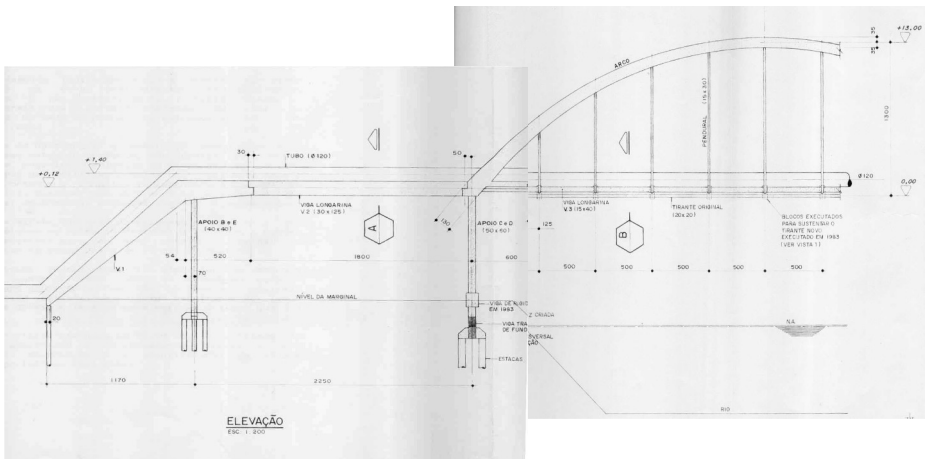
- Quando executar obras de reforma que interferirem com a estrutura, mesmo que sejam apenas para fixação de materiais de acabamento, elaborar um documento contendo todas as modificações inseridas.

38

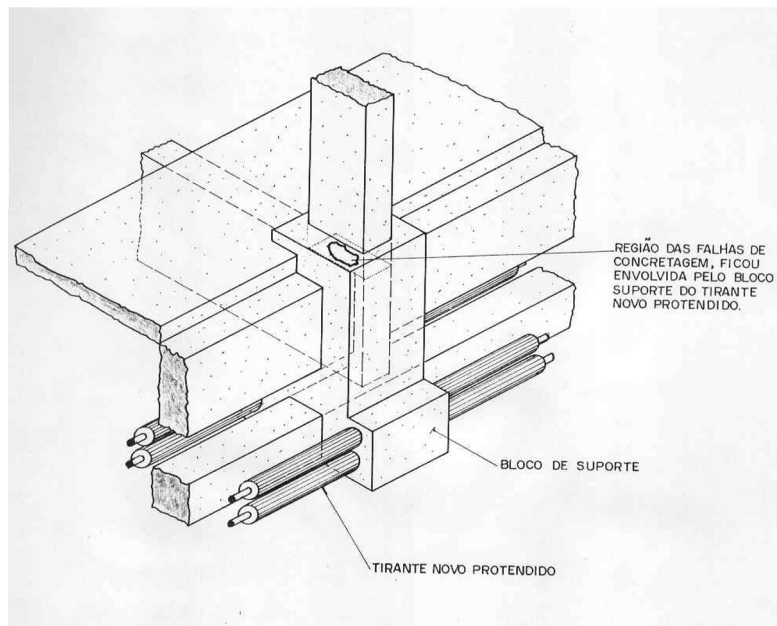
São Paulo, 28 junho 1988

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

39



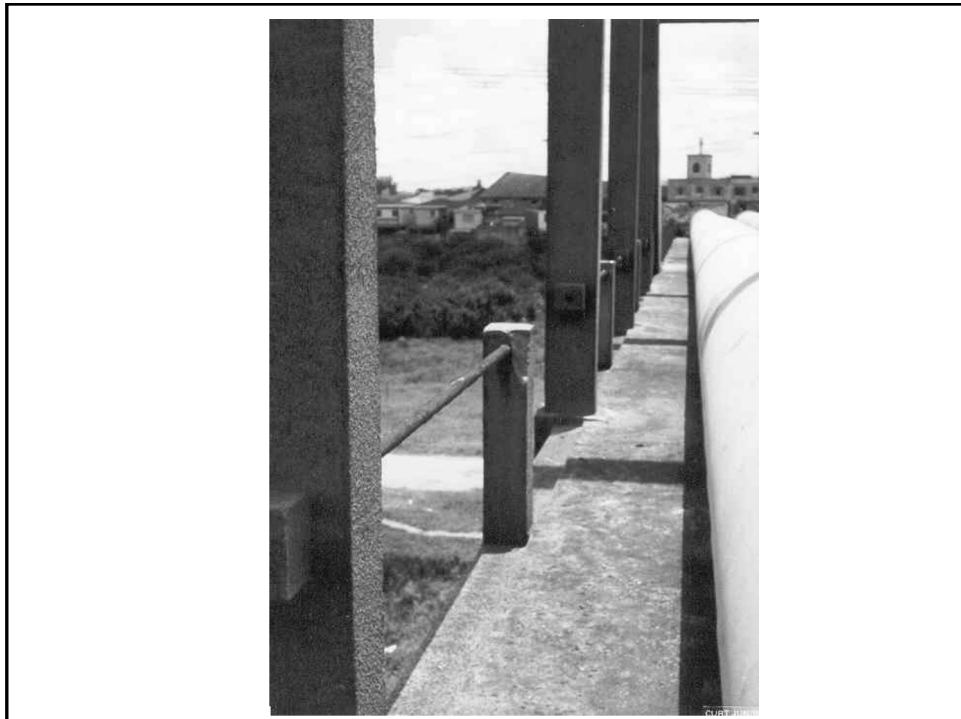
40



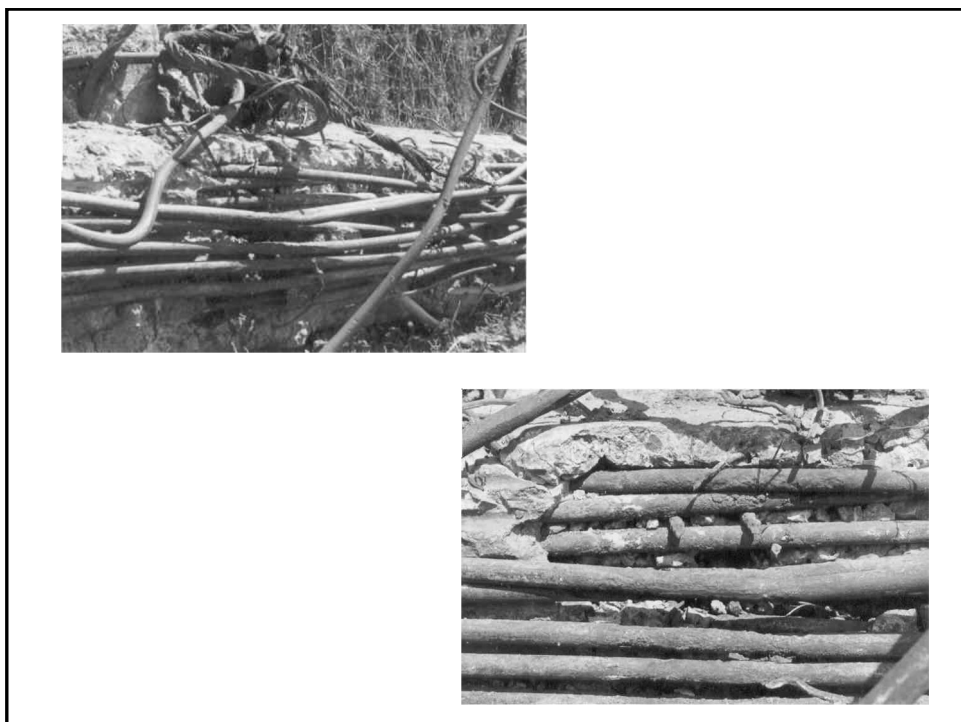
41



42



43



44

EDIFÍCIO de ESCRITÓRIOS

Tribunal Superior de Justiça

Brasília, 1998

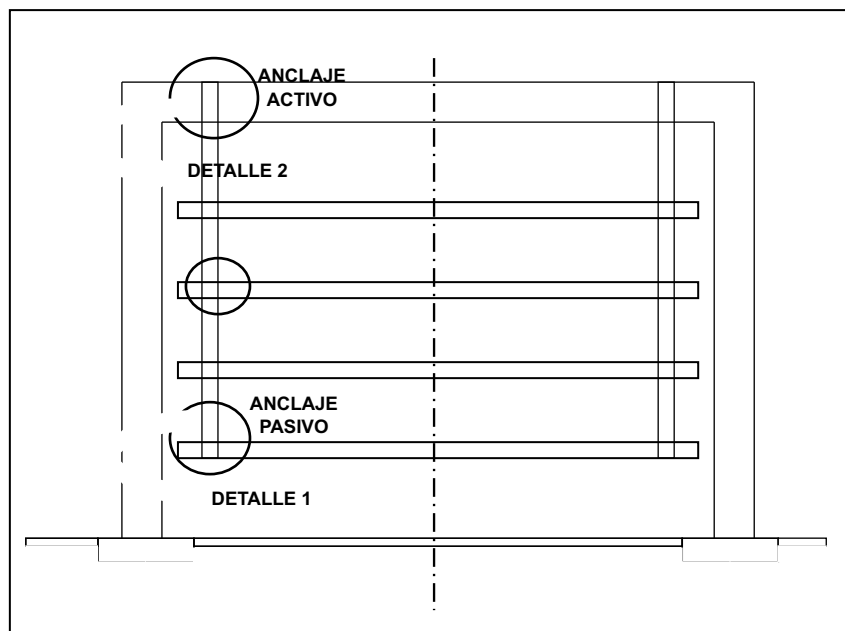
4 anos

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Custo = edifício novo

45

TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTIÇA

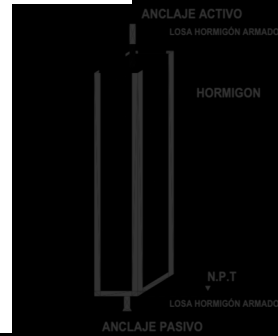


46

TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTIÇA

4 anos
468 cabos
/ancoragens
“Cordoalha” $d = \frac{1}{2}$ “
Custe 9.5 vezes o
custo de
construção

DETALLE 2



DETALLE 1

47

Justine **headquarters** **building** ***Brasília***

48



Justine Headquarters Building

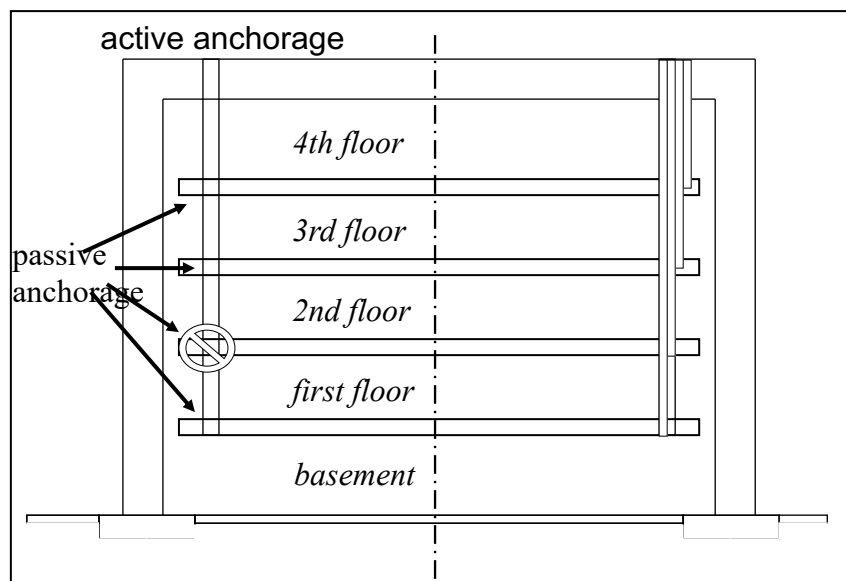
Brasília → 1999

4 years → office building $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

4 July one tendon collapse → big noise →
the slab incline → tables and chairs slides
→ people run quickly
→ big concern

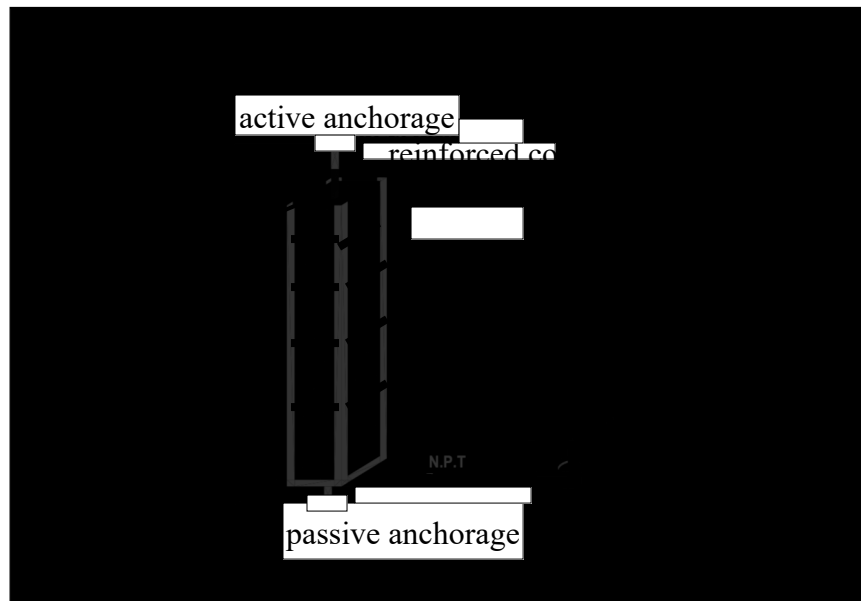
49

Justine Headquarters Building



50

 Justine Headquarters Building

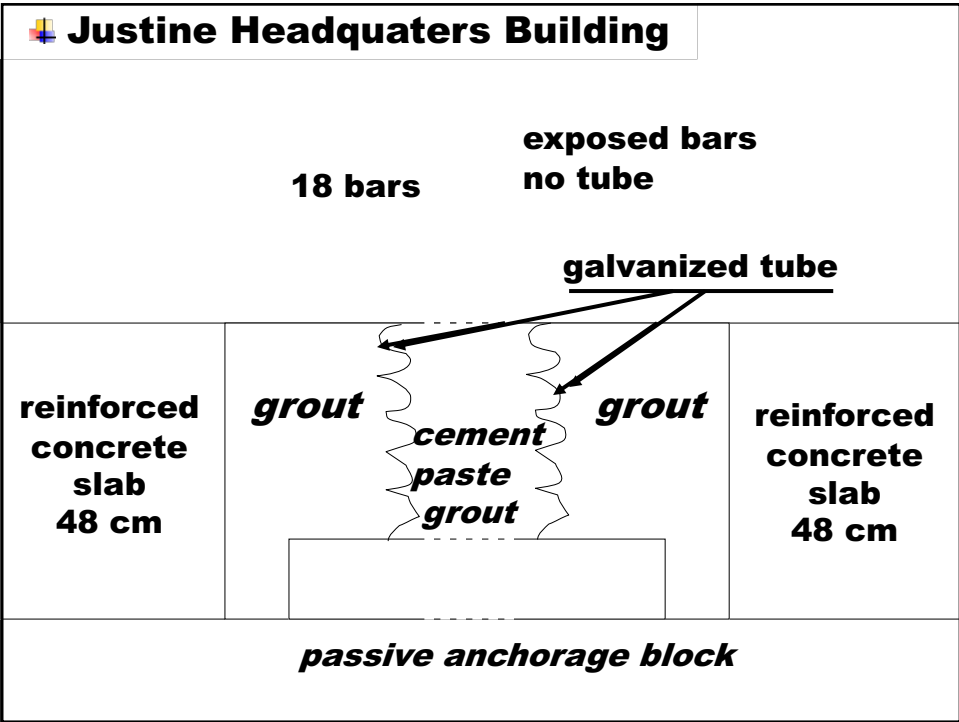


51

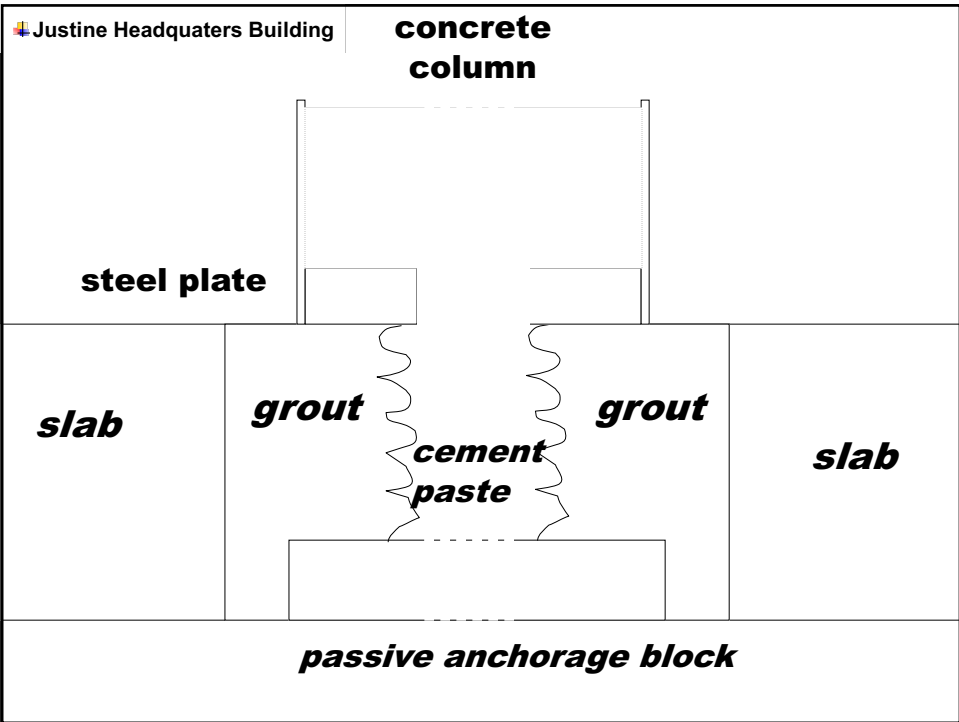
 Justine Headquarters Building

16 slabs → 300 m² / by floor
4 floors (pavements)
20.000 m² total building area
4 tendons by each slab → 64 tendons floor
256 tendons → 512 anchorage places
18 bars → 12,5 mm each → 19.000 MPa

52



53



54

Inspection and Diagnosis

- 14 junctions (anchorage) inspected
- $i_{\text{cor}} = 2,25 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ by loss weight
- 36% show corrosion length ~ 2,5 cm
- 1 show 2 bars collapsed by corrosion
- i_{cor} from 0,01 to 0,96 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$
- E_{cor} from -50 to -400 mV
- Cl^- 0,06% concrete to 0,54% grout

Conclusion & Solution

**High risk of
corrosion
in news
tendons**

**design error
materials
with Cl^-**

**Change all
anchorage**

**\$ 9,5 times
the initial
cost**

PONTE DOS REMEDIOS

São Paulo, 1997

Lauda 6 meses antes

36 anos

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

Custo = 3 vezes uma ponte nova

57

SILO de CEREAIS

Santa Catarina, 1995

Lauda de vistoria 2 meses antes

21 anos

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

Custo = 1,2 novo

58

Marquises

**São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul
Rio de Janeiro, Londrina.....,**

59

FISSURAÇÃO SOB TENSÃO

 **FRAGILIZAÇÃO do AÇO**

 **(PRE) CONCEITOS USUAIS**

■ **ESTRUTURAS PROTENDIDAS**

■ **CLORETOS**

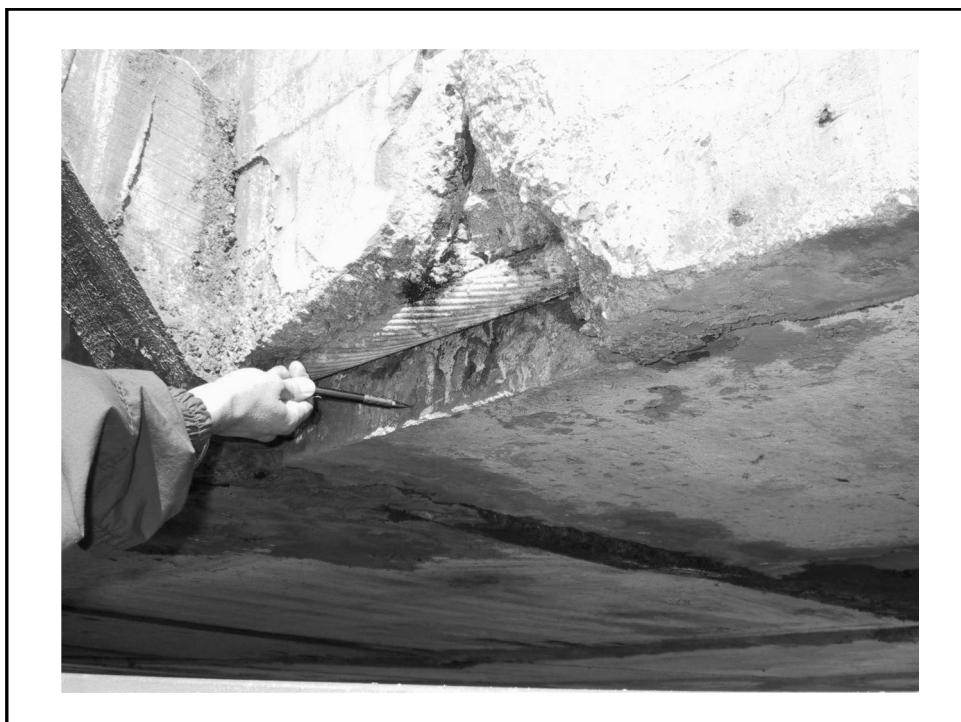
CONCRETO ARMADO?

CARBONATAÇÃO?

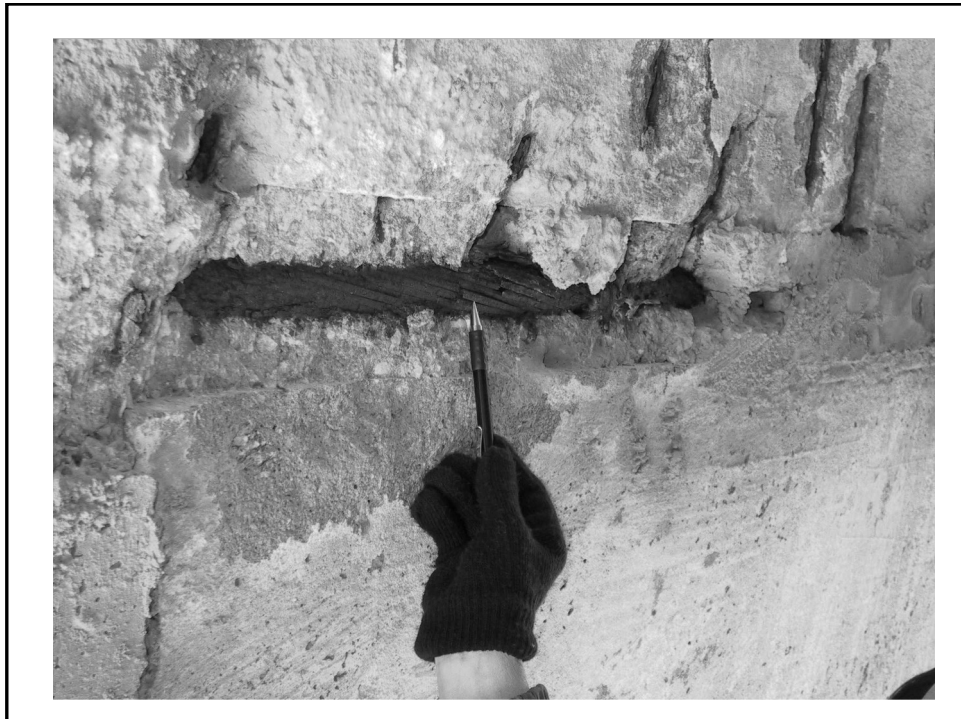
60



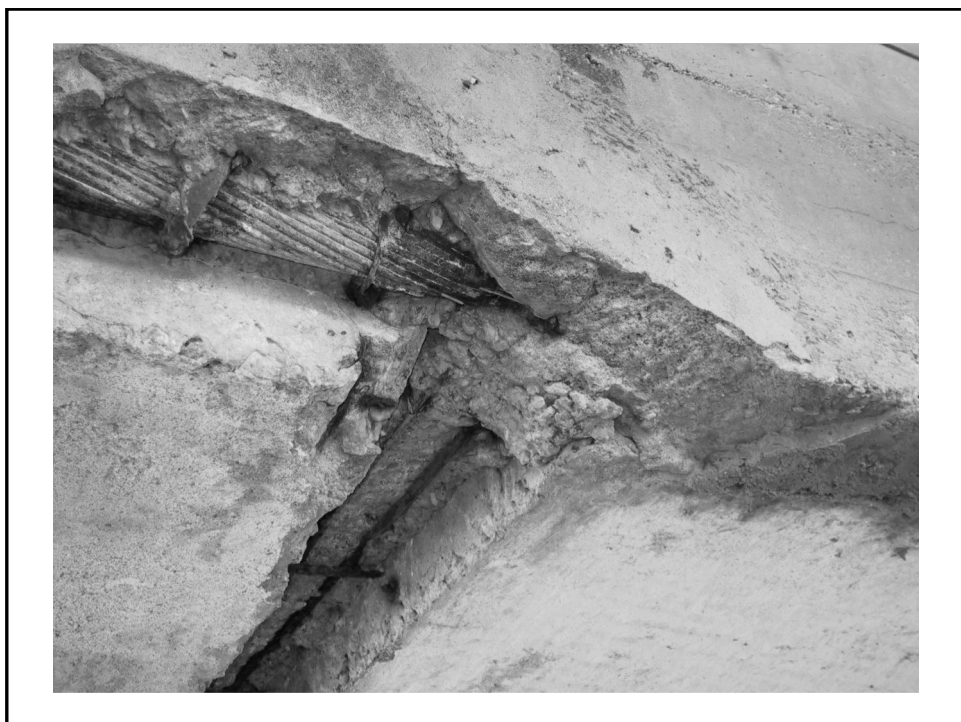
61



62



63



64

RECOMENDAÇÕES

-  **ATENÇÃO A SOLUÇÕES com TIRANTES em umidade alta (nAò avisam)**
-  **DIMENSIONAR para ESTADIO UM (!)**
-  **PROTEGER (Como ?)**
-  **INSPECIONAR PERIODICAMENTE (Como ?)**