



# Lecciones de Fallas y Accidentes en Obras



Paulo Helene  
*Director PhD Engenharia*  
*Prof. Titular Universidade de São Paulo USP*  
*Conselheiro Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON*  
*Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*  
*Presidente ALCONPAT*

Montevideo 23 de Marzo de 2012 Uruguay

1

# Errores, Fallas, Omisiones, Colapsos, Accidentes, Frustraciones, Retrasos, Constreñimientos, Decepciones, Vergüenza...

2

**“Duro”  
Aprendizaje!**

---

3

**“Duro”  
Aprendizaje!**  
*vitórias/soluciones/desafios*

---

4

**Robert Stephenson discurso de posse presidência Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha. 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 e experientes 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.*

*Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação , discussão e divulgação desses problemas através desta reconhecida Instituição...”*

5

**✓ Postura**

**✓ com experiência de um CONSTRUTOR**

**✓ conhecimento de quem atende casos de colegas**

**✓ com a humildade de quem já errou...**

6

## **Edifício Liberdade**

**Rio de Janeiro/RJ.**

**Acidente: 25/01/2012,  
quarta-feira às 20:30h.**

**Construção: 1938 → 1940**

**Idade: 72 anos**

**18 andares + loja + sobreloja**

7



8



9

## Reação em cadeia

### A queda dos 3 prédios no Centro do Rio

Edifício Liberdade*	Edifício 13 de maio, nº 40	Edifício Colombo
Andares: <b>20</b>	Andares: <b>4</b>	Andares: <b>10</b>
Padrão: Comercial*	Padrão: Comercial	Padrão: Comercial
Construção: 1940	Construção: 1938	Construção: 1938
Estrutura: <b>18</b> pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja	Estrutura: <b>4</b> pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja	Estrutura: <b>10</b> pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja
Empresas: Várias, como no ramo turismo, de traduções e de RH	Empresas: Tinha uma loja de produtos naturais	Empresas: Agência bancária do Itaú no subsolo
Endereço: Avenida 13 de Maio, 44 <small>*Zelador morava no térreo</small>	Endereço: Avenida 13 de Maio, 40	Endereço: Avenida 13 de Maio, 38

#### O acidente

- **Horário**  
Por volta das 20h30 de 25 de janeiro
- **Feridos**  
Seis pessoas ficaram feridas
- **Resgate**  
Na manhã do dia 26 foram encontrados os primeiros corpos

Fonte: Globo G1

10



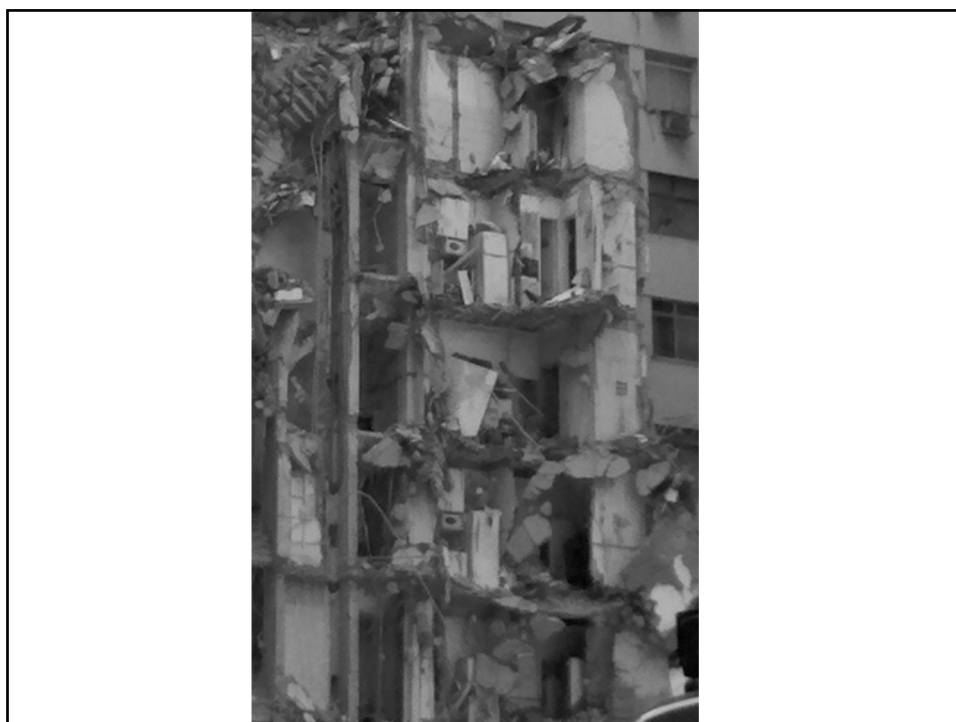
11



12



13



14



15

## Hipóteses

1) Alteração de uso:  
Carga atuante em edifícios  
residenciais:  $150\text{kg/m}^2$   
(promedio mundial em 1938)

Carga atuante em edifícios de  
oficinas:  $350\text{kg/m}^2$  (promedio  
mundial em 2010)

Demolición de paredes portantes

16



## Colapso

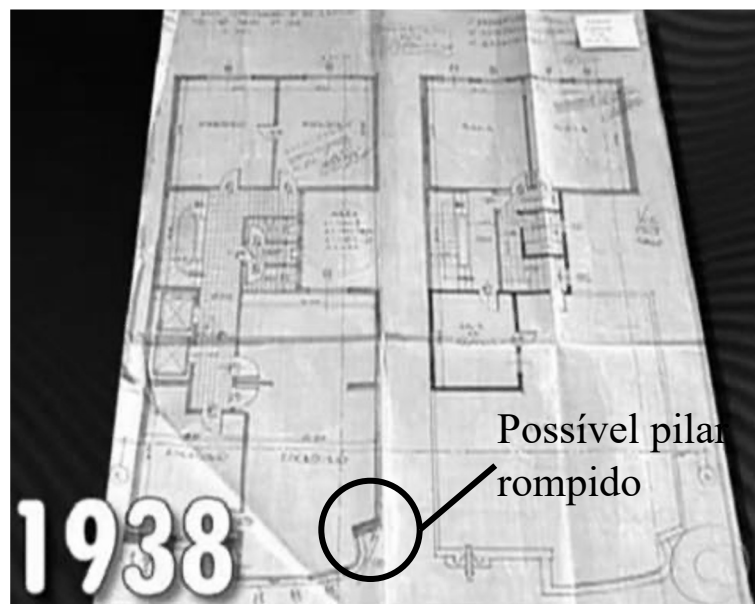
- 1) Laudo encomendado por empresa responsável por reformas: ruptura de pilar frontal do prédio.

## Hipóteses

- 1) Alteração de uso: inicialmente projetado para ser residencial mas posteriormente usado como escritórios;
- 2) Alteração do projeto original, resultando sobrecargas não previstas;
- 2) Reforma no 3º e 9º andar: sobrecarga e danificação de elementos estruturais;

17

## Colapso: ruptura de pilar frontal do prédio



18

## 2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais

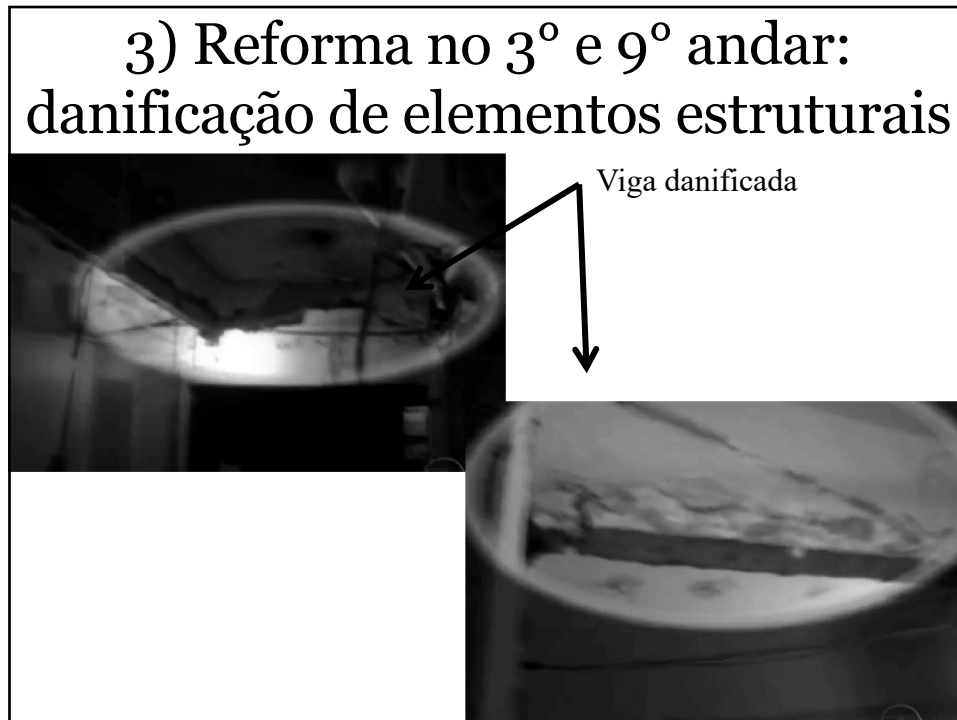


19

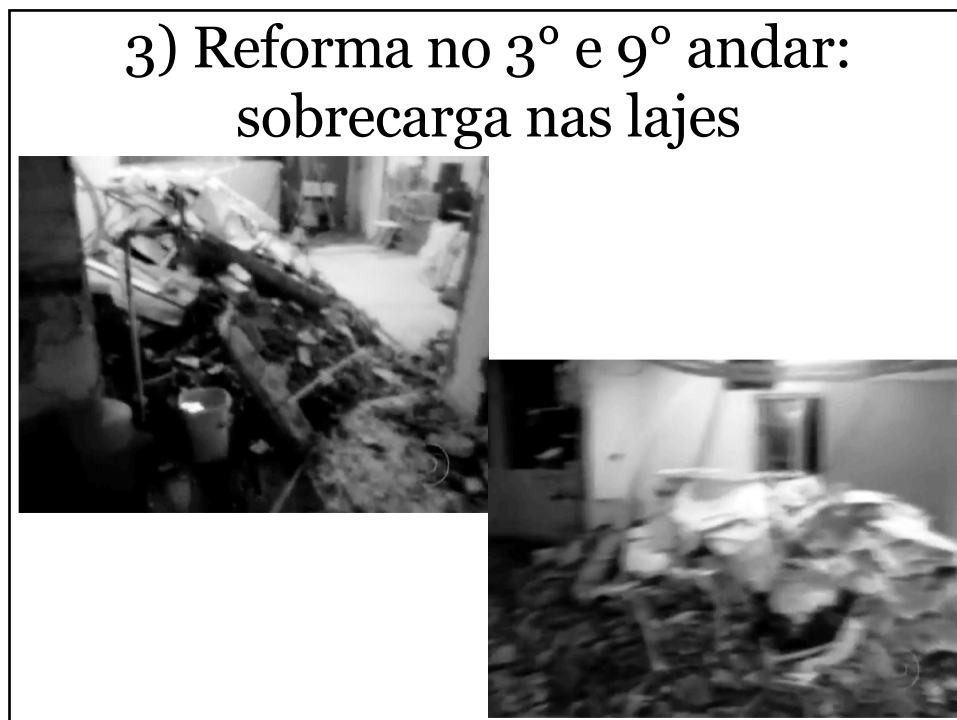
## 2) Alteração do projeto original



20



21



22

## Avisos

- 1) A filha do zelador disse que não gostava de dormir ali pois o prédio estalava muito à noite;
- 2) Comerciante local viu o reboco da fachada desplacar: “(...) tudo começou a cair nas pessoas que estavam embaixo, que começaram a correr assustadas.”;
- 3) Pedreiro que trabalhava na obra do 9º andar constatou que caía argamassa através do poço de elevador.

23

## Reflexão

A legislação brasileira permite que se façam reformas internas sem a contratação de um Engenheiro, desde que não afete estruturas.

Um leigo não consegue identificar as diferenças entre alvenaria estrutural e estrutura reticulada.

Não há Justiça sem um Advogado e ...

***...Não há segurança sem um Engenheiro!***

24

## **Edifício Senador**

**São Bernardo do Campo/SP.**

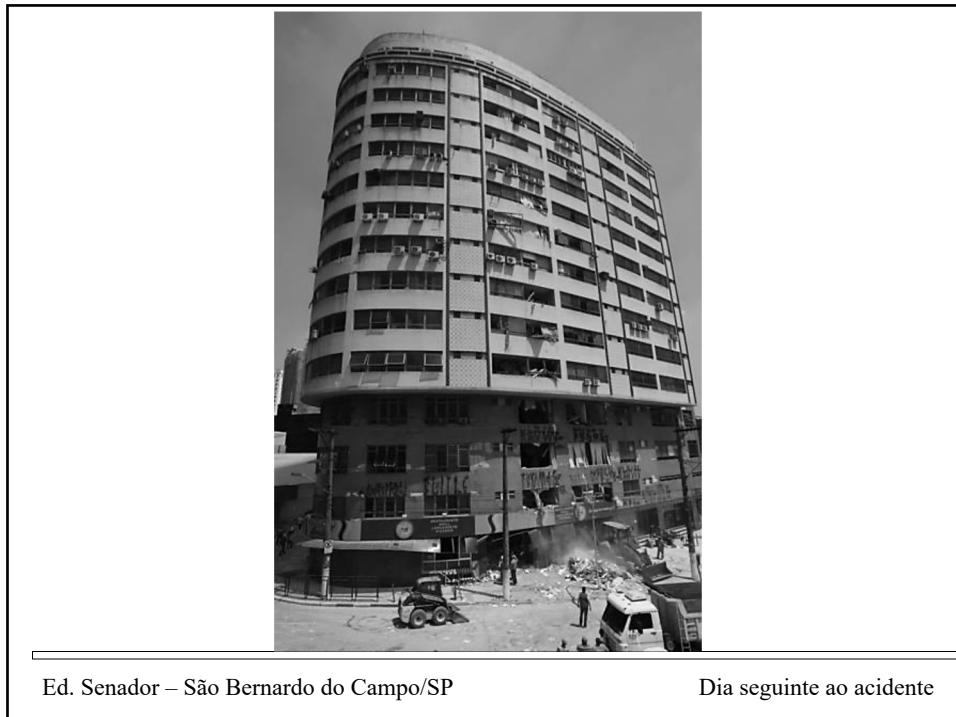
**Acidente: 06/02/2012,  
segunda-feira às 19:30h.**

**Construção: 1978**

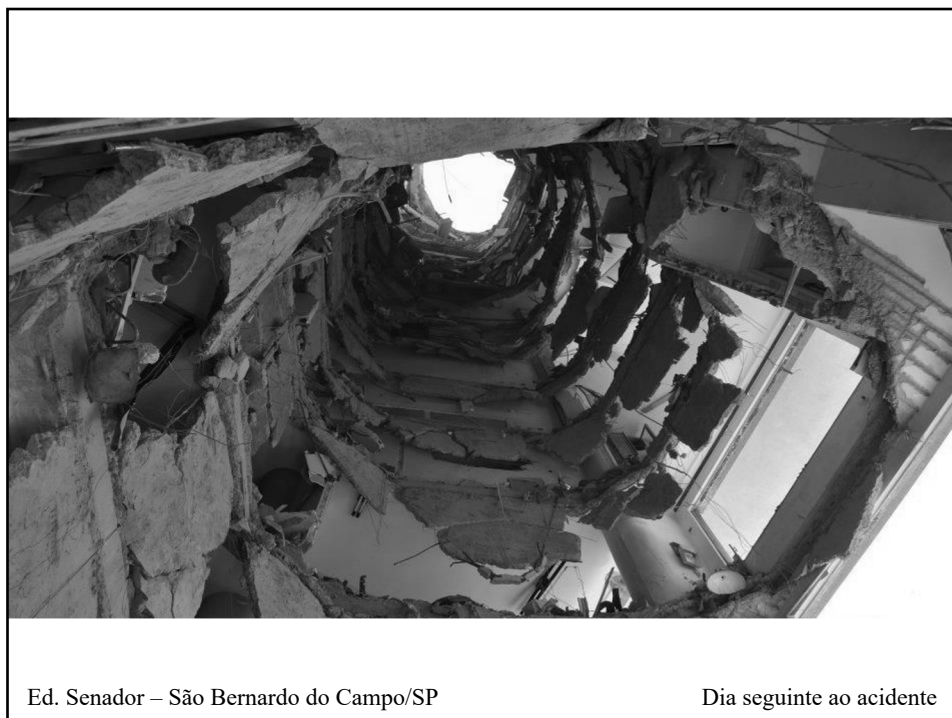
**Idade: 34 anos**

**13 andares + térreo + subsolo**

25



26



27

## **Possíveis causas**

- 1) Infiltrações na laje de cobertura ocasionaram a corrosão das armaduras;
- 2) Sobrecarga na laje.

28

## **Edifício na Rússia**

**Astrakhan /Rússia.  
Acidente: 27/02/2012.  
8 andares + térreo**

29

## **Edifício na Rússia**



30

**Explosão de gás teria destruído os 4 andares inferiores do edifício**



Astrakhan /Rússia

Momento do acidente

31

**Sem sustentação, andares superiores vem abaixo**



32



## Destruição e mortes



33

## Implosão sem dinamite



34

## Cabo de corte?



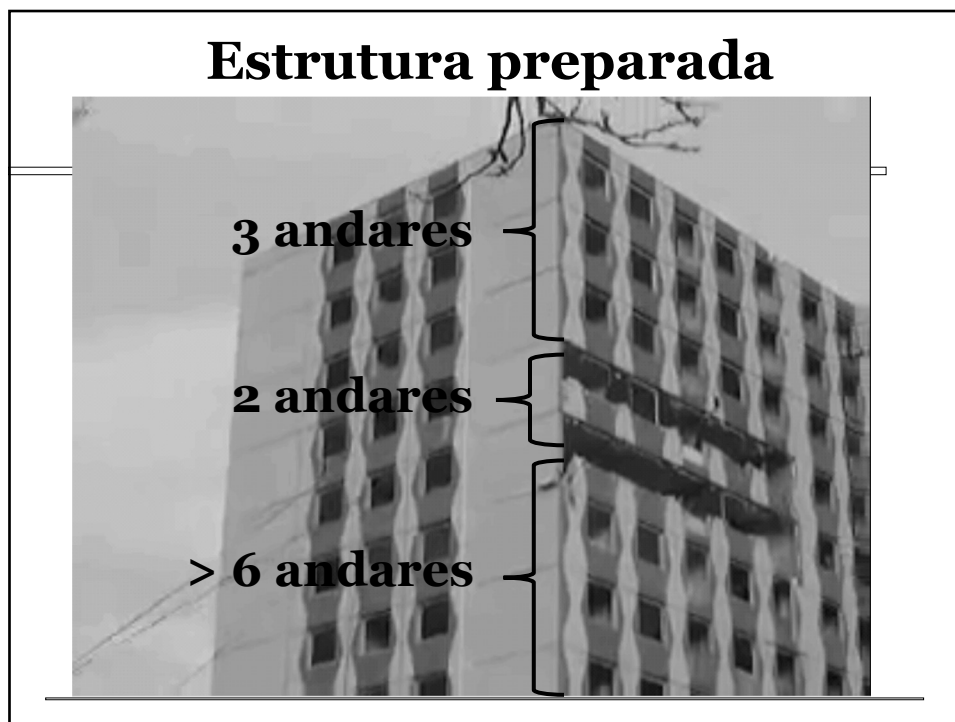
35

## Estrutura preparada

-Nota-se que toda a estrutura do prédio foi preparada para o evento:

1. Fica claro a remoção de alvenaria da fachada para induzir o colápsio nesses andares;
2. Também nota-se uma linha como uma “junta de dilatação” no meio do prédio.

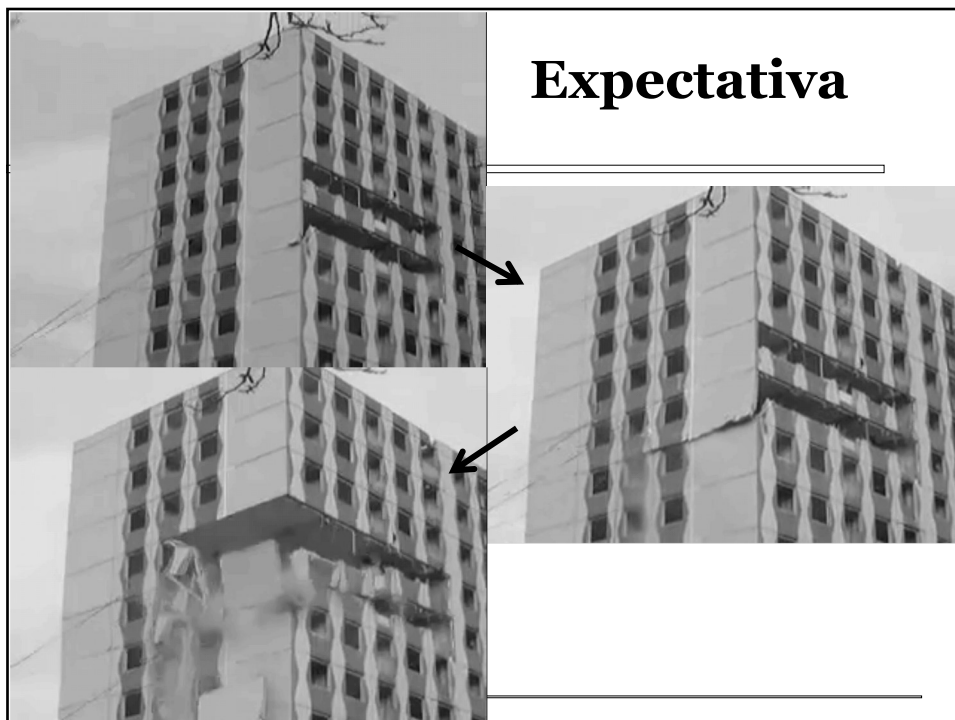
36



37



38



39



40

## Isso vai dar certo???



41

## O que acontece quando um avião colide com uma parede de concreto??



42

## **Edifício Comercial**

---

**2009**  
**fisuras em losas**  
*obra nova*

43

## ***Irresponsabilidade ou Incompetência?***

**Caso 1:**  
**bloque de cimentación**  
**350m<sup>3</sup>**  
 **$f_{ck} = 35\text{MPa}$**   
**39 caminhões OK**

**6 caminhões**  
**com  $f_{ck}$  de 8MPa a 12MPa**

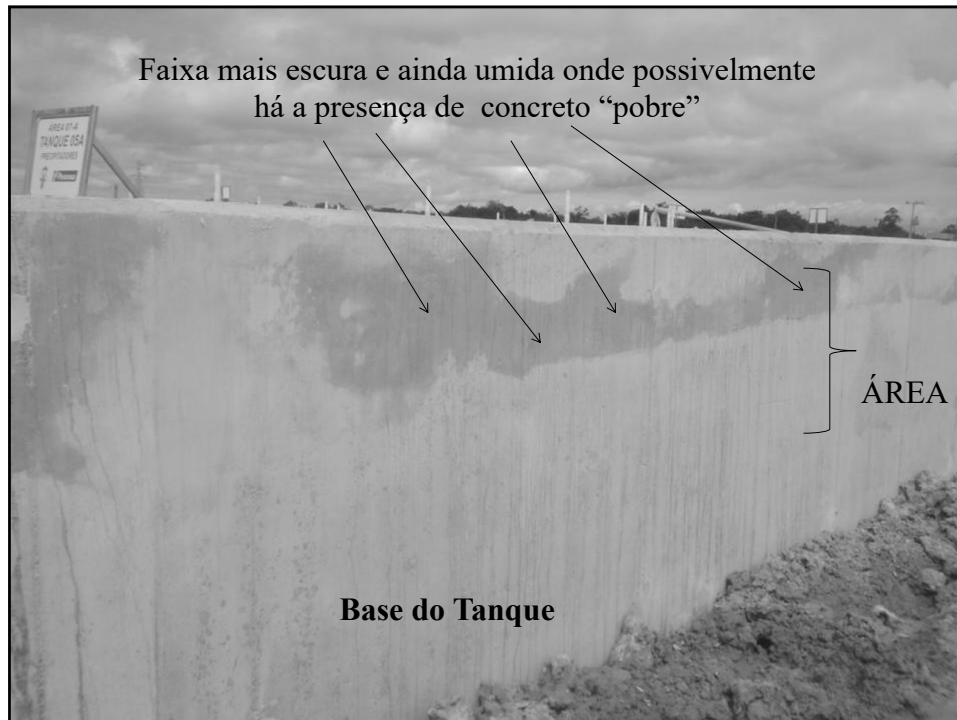
44



45



46



47

- **o Motorista não percebeu?**
- **quem realizou o controle de aceitação do concreto?**
- **o bombista não reclamou?**
- **O Encargado de obras não percebeu?**
- **o Engenheiro Director de obras viu?**

**OMISSÃO**  
**IGNORÂNCIA**  
**FALTA de COMPROMISO**

48



**Resposta do Engenheiro Construtor:**

**Nós percebemos mas decidimos colocar  
250kg de cimento (5sacos) dentro do  
balão para compensar...**

**Depois de 28dias deu no que deu!  
e ainda queria cobrar da Concreteira...**

49

**Foto 1**



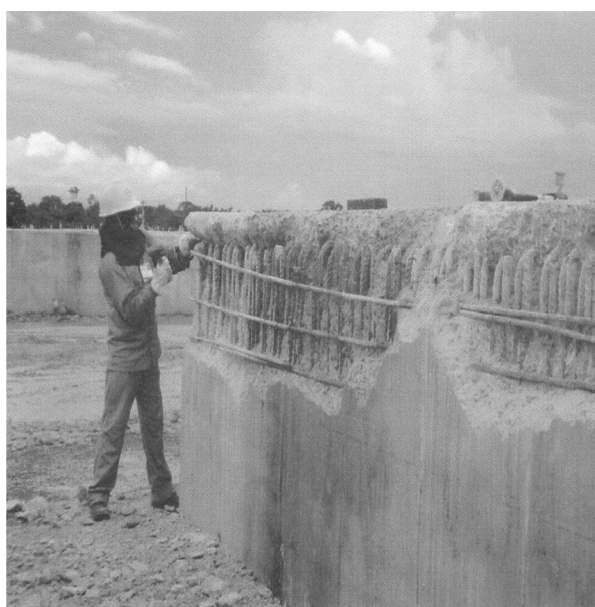
50

**Foto 2**



51

**Foto 3**



52

Foto 4



53

***Irresponsabilidade  
ou  
Incompetência?***

**Caso 2:**

**edifício da Diretoria da Construtora**

**8º andar**

**$f_{ck} = 40\text{MPa}$**

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**

54



55



56



57



58



59



60



61



62



63



64





65

MARTES 13 de Marzo de 2001 ABC Madrid

En los últimos 26 años han fallecido 33 personas a consecuencia de derrumbes de inmuebles, cornisas, marquesinas y muros en Madrid.

El pasado 7 de marzo, un ingeniero moría al derrumbar-se un edificio de cuatro plantas en la confluencia de Gaztambide con Alberto Aquilera, en pleno centro de la capital y una docena de personas resultaron heridas.

66

El 22 de enero de 1999 murió una joven de 18 años al caer sobre el coche en el que viajaba un trozo de la cornisa del teatro Calderón de Madrid.

El 27 de enero de 1993, murieron 6 personas al desplomarse la marquesina del cine Bilbao, situado en la calle Fuencarral, cuando hacían cola para comprar entradas.

67

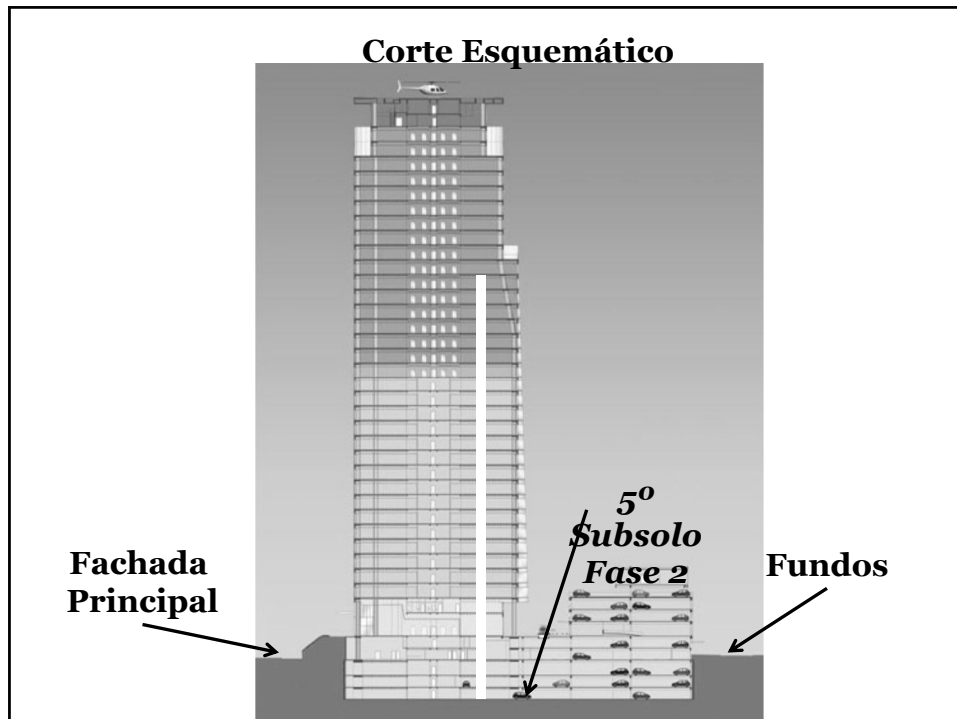
seria un caso  
de sabotage???

!!!

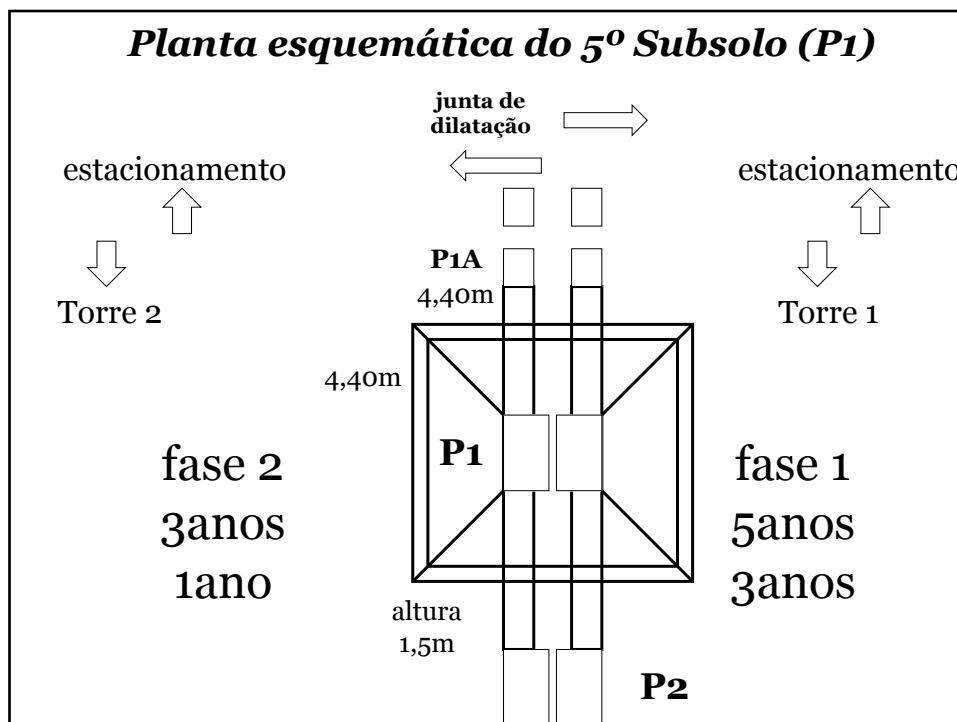
68

**Dados do Edifício:****Localização: Rio de Janeiro, RJ.****36 pavimentos + 5 subsolos****Pilar P1 Esforços de projeto:****Normal: 1.253tf****Mx: 55tf.m****My: 8tf.m**

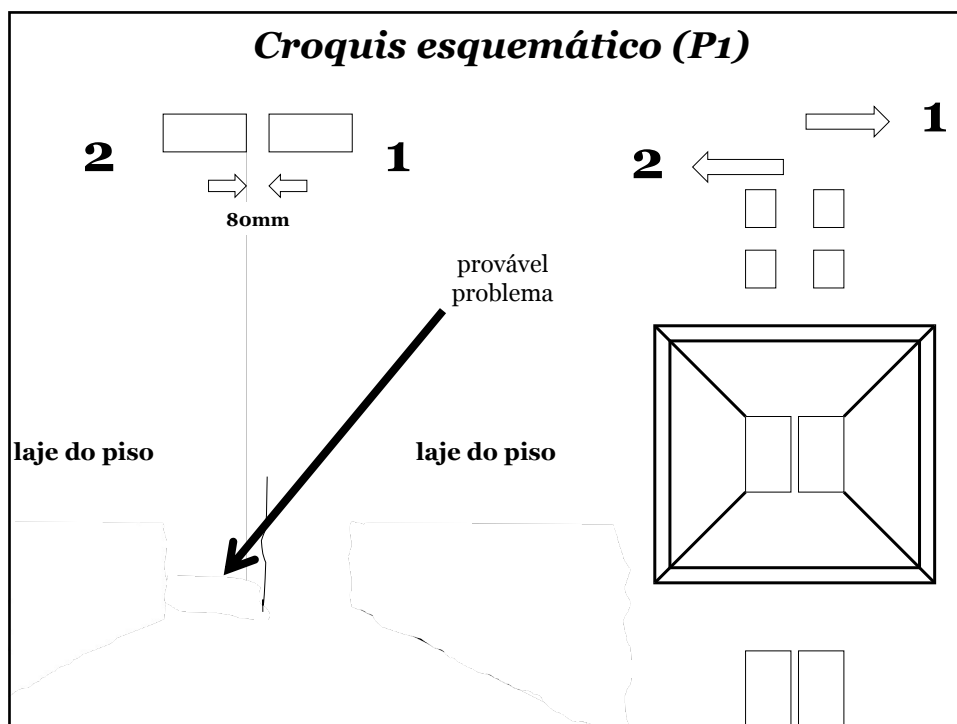
69



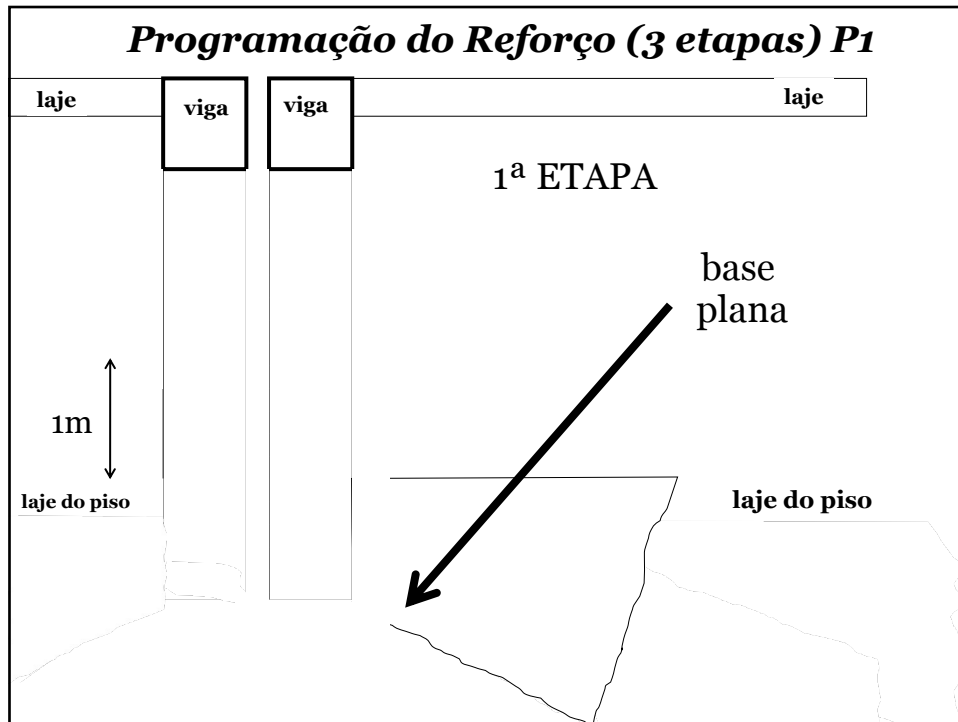
70



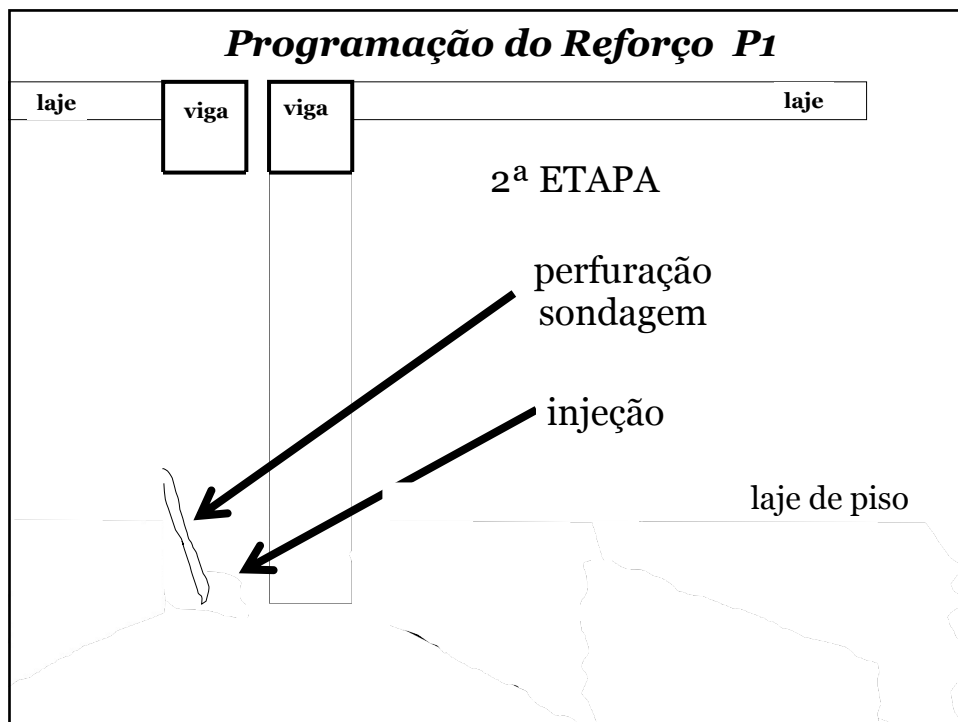
71



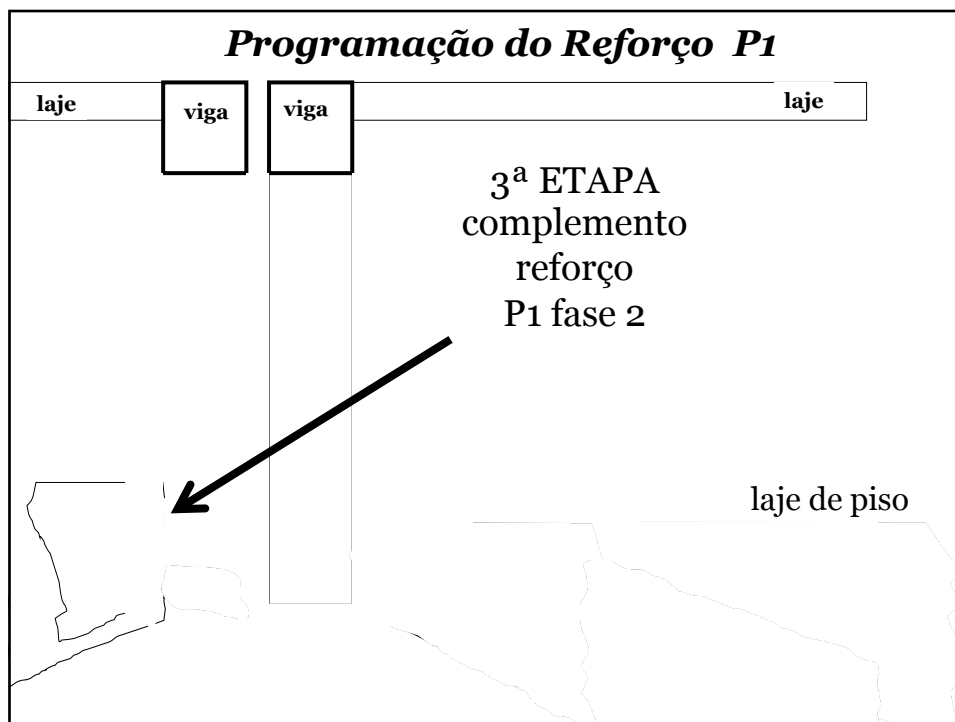
72



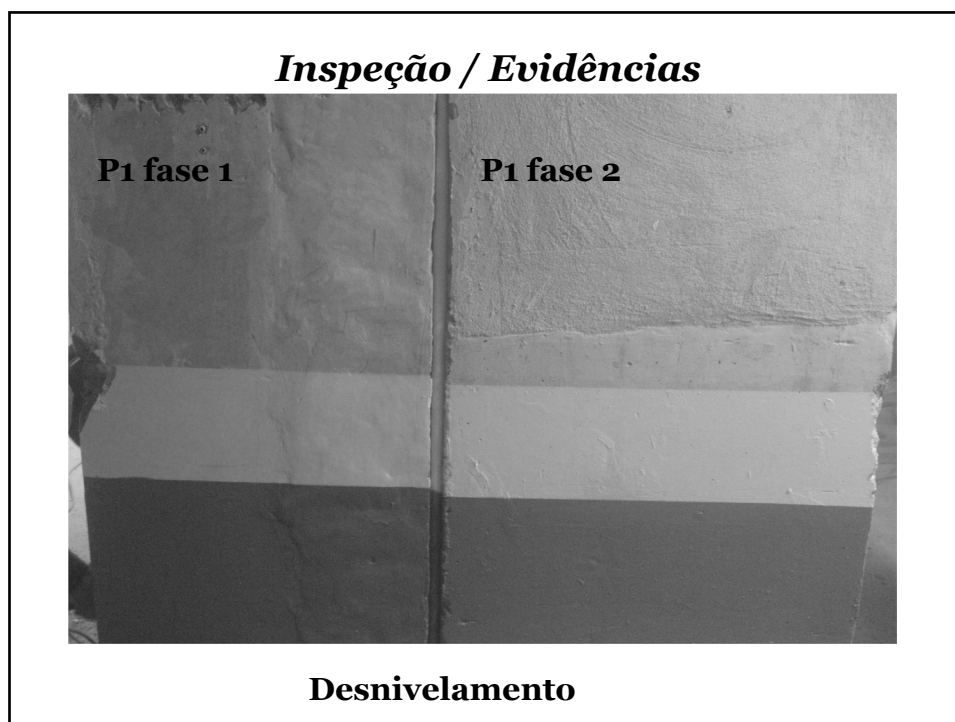
73



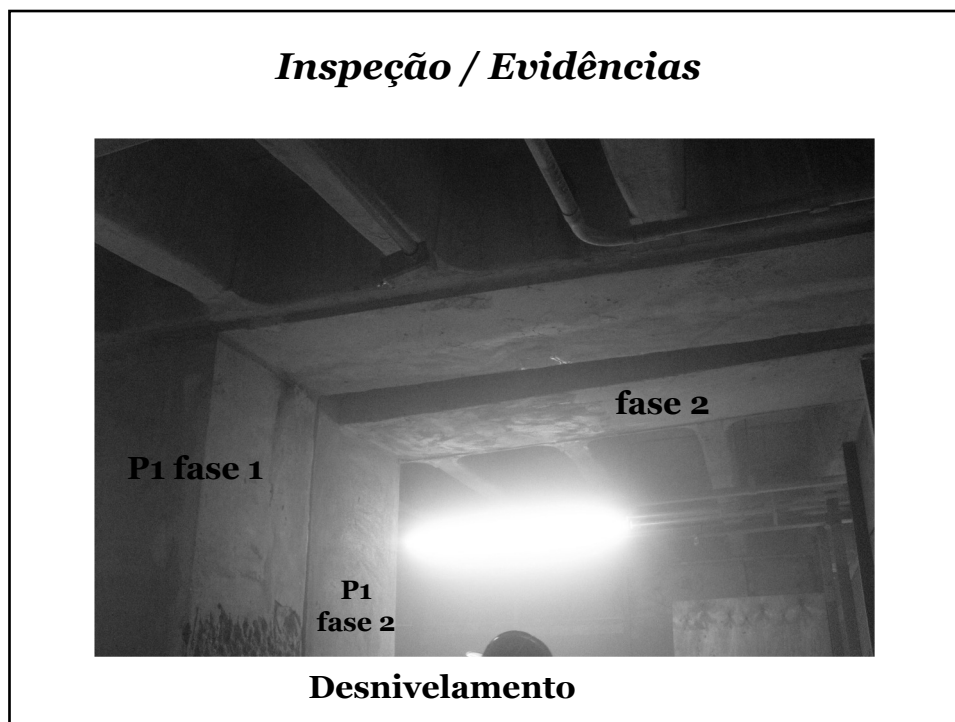
74



75



76



77



78

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

79

***Inspeção / Evidências***



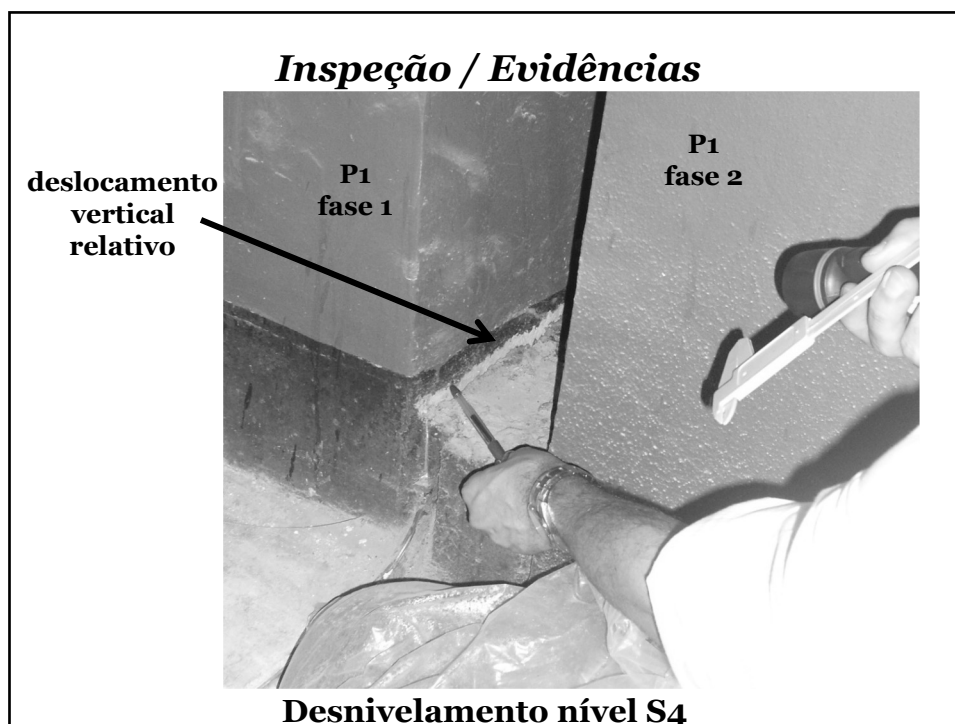
**Fissuras em Vigas**

80





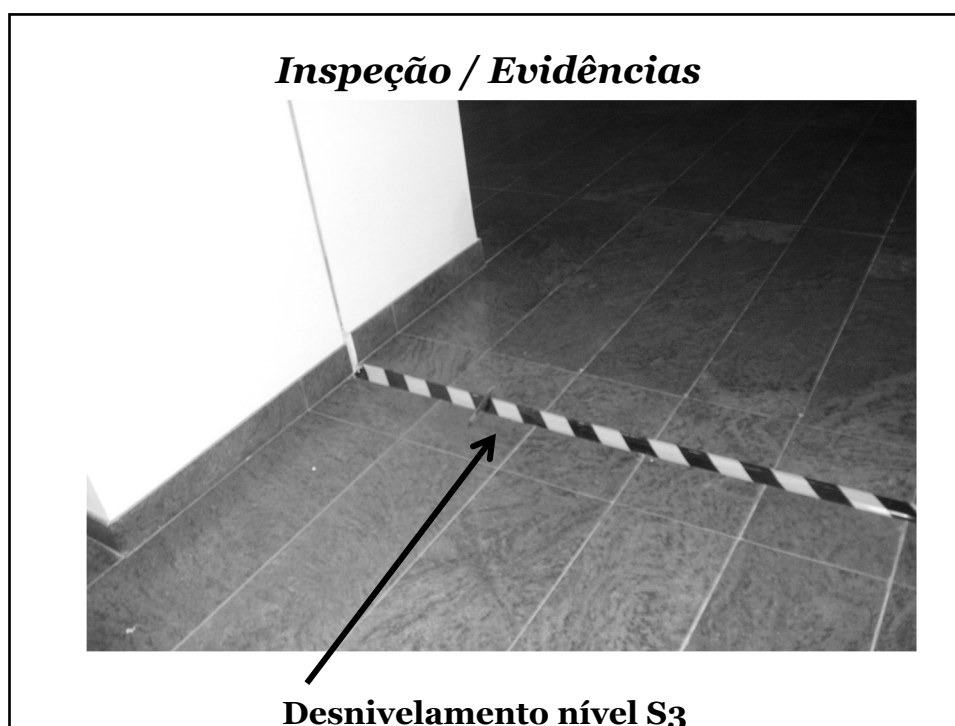
81



82



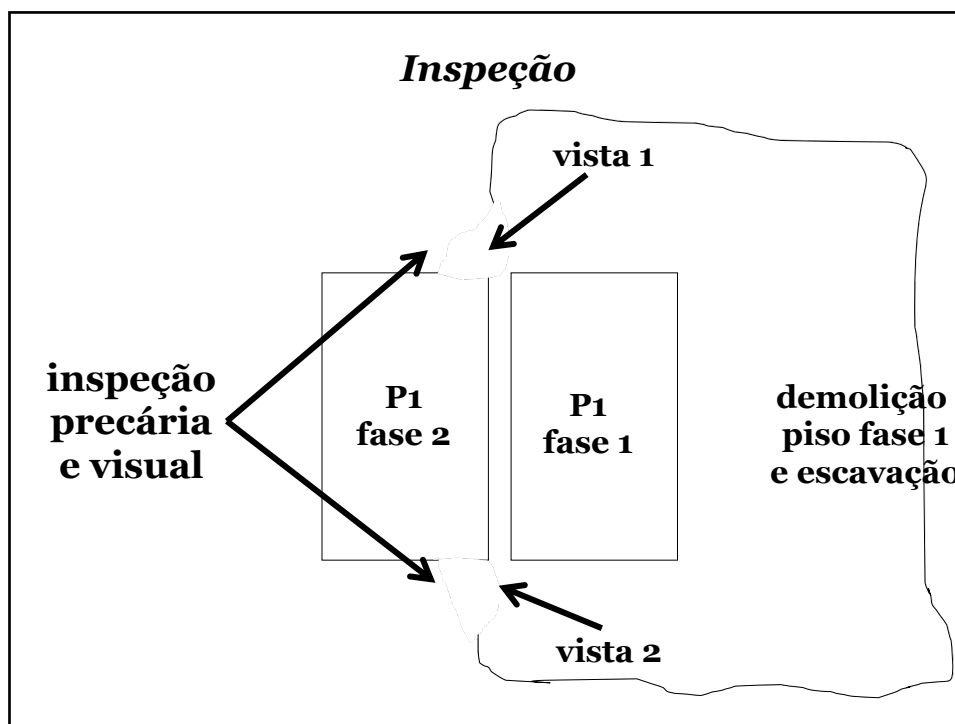
83



84



85



86

***Inspeção***



**Demolição Piso fase 1**

87

***Inspeção***

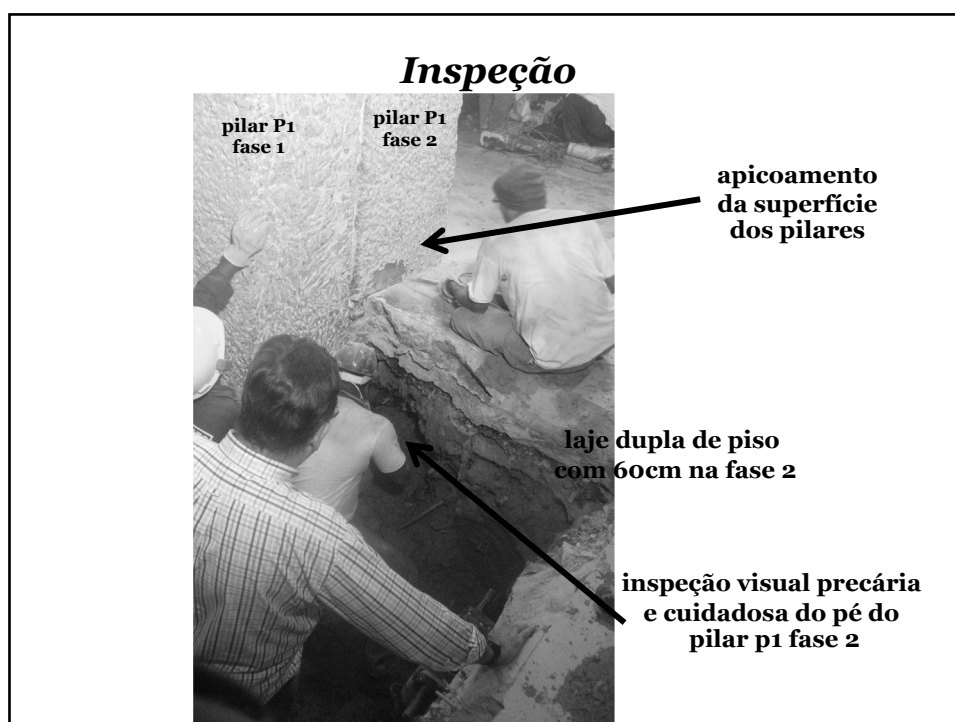


**Escavação Piso fase 1**

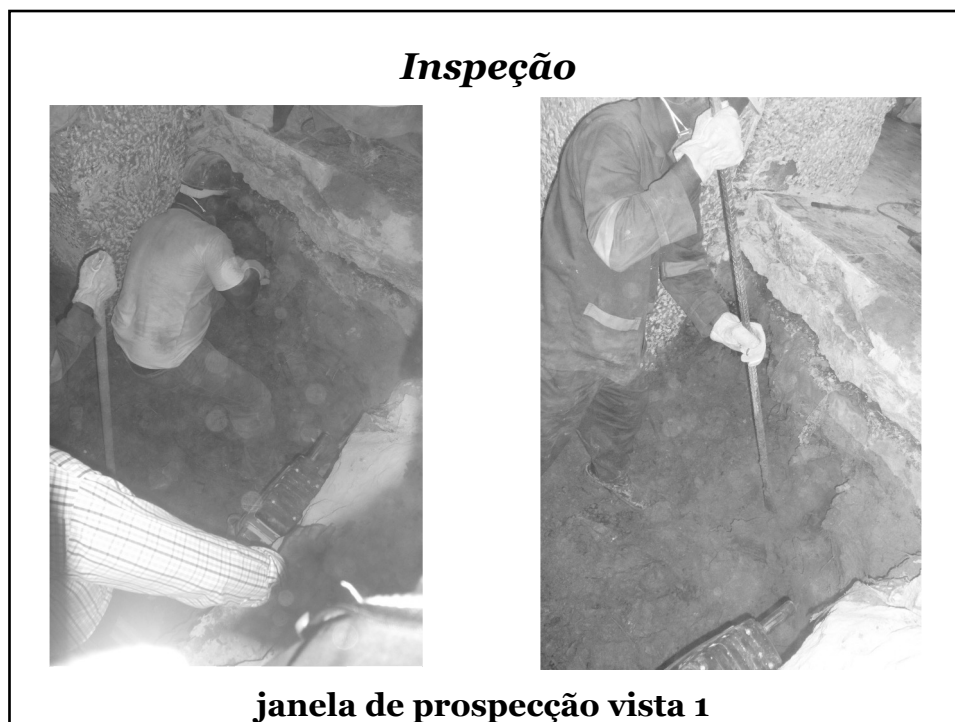
88



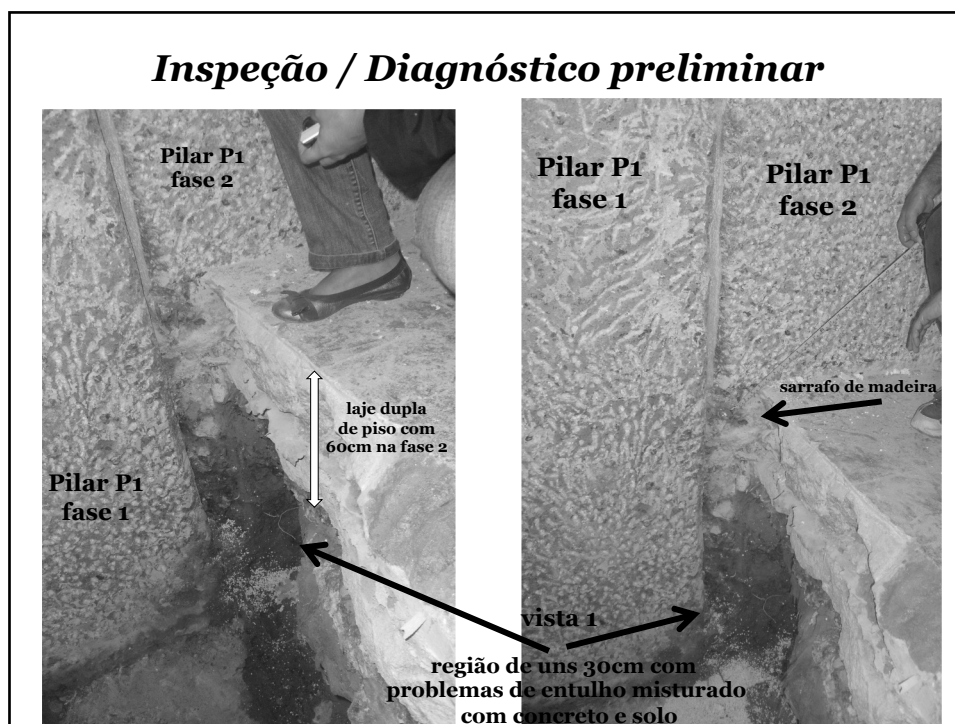
89



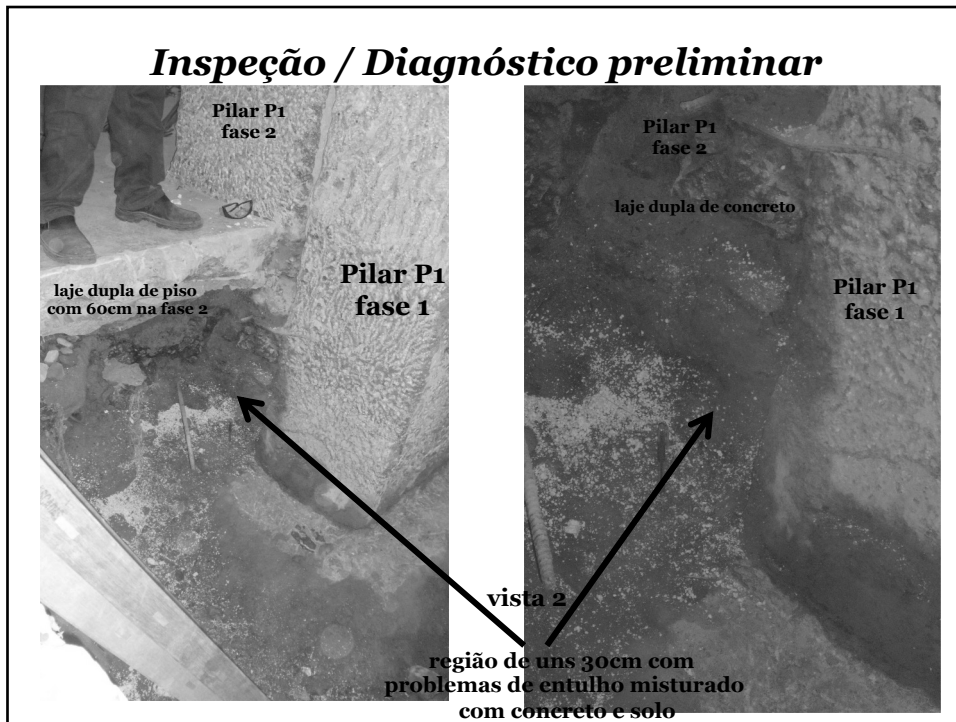
90



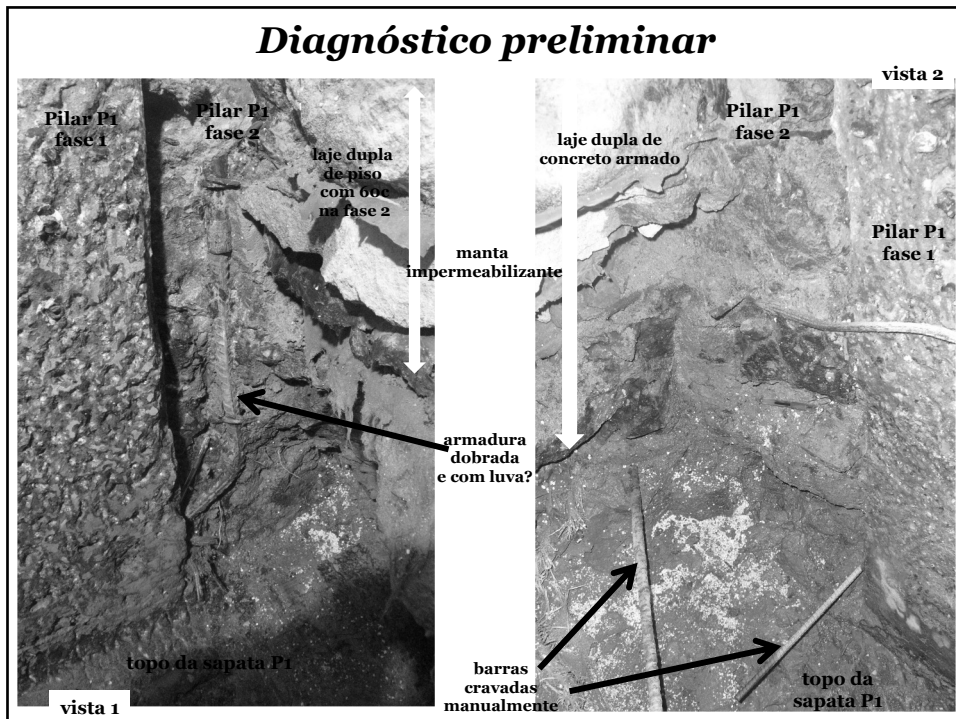
91



92



93



94

### *Inspeção*



Controle contínuo de deslocamento vertical (recalque) dos pilares P1, P1A e P2

95

### *Inspeção*

**nesse momento o grupo  
encarregado da observação  
por topografia da  
movimentação da estrutura  
informou que o pilar P1 fase  
2 desceu 3mm!!**

96



*Inspeção*



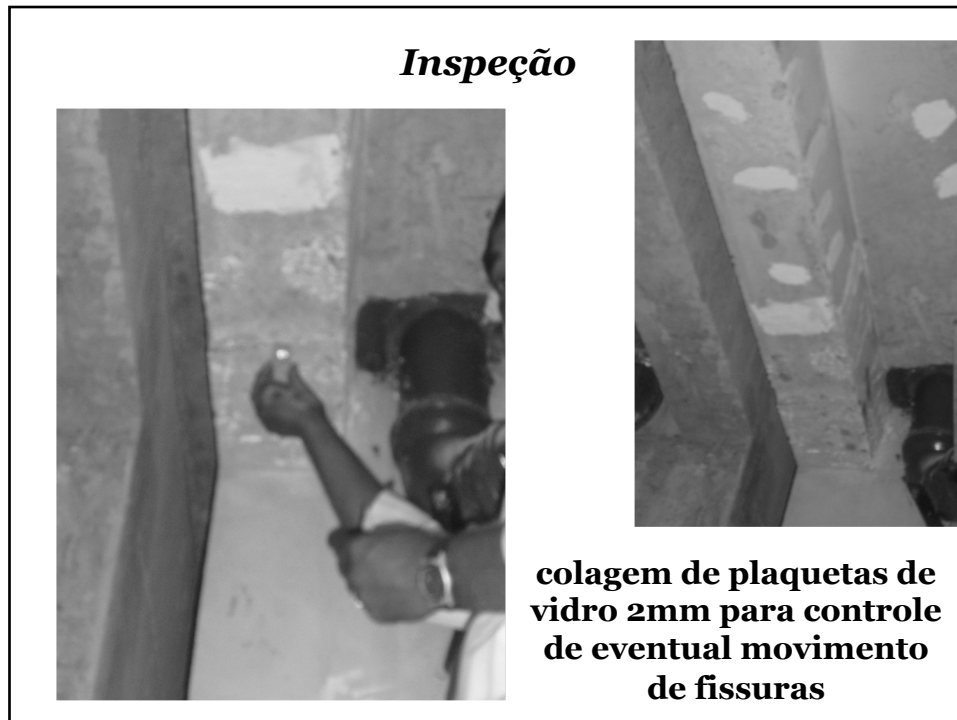
o encarregado  
da observação  
do selo  
de  
gesso  
confirmou  
rompimento  
do gesso

97

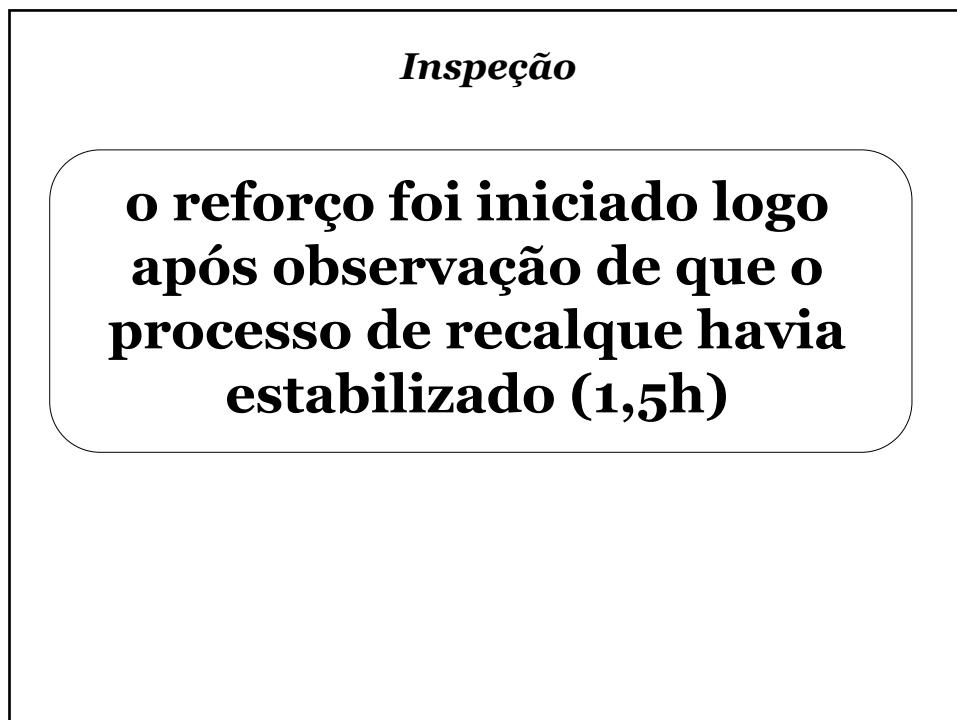
*Inspeção*

**imediatamente os  
serviços de  
escavação e  
prospecção foram  
interrompidos**

98



99



100

### ***Procedimento Padrão para Reforço do Pilar P1 com Problema***

1. Inspeção / diagnóstico;
2. Escavação;
3. Preparação do substrato;
4. Montagem da armadura;
5. Preparação da fôrma;
6. Preparação do graute;
7. Concretagem;
8. Desfôrma;
9. Cura.

101

### ***4. Preparação da fôrma***



102

### ***5.Preparação do Graute***



103

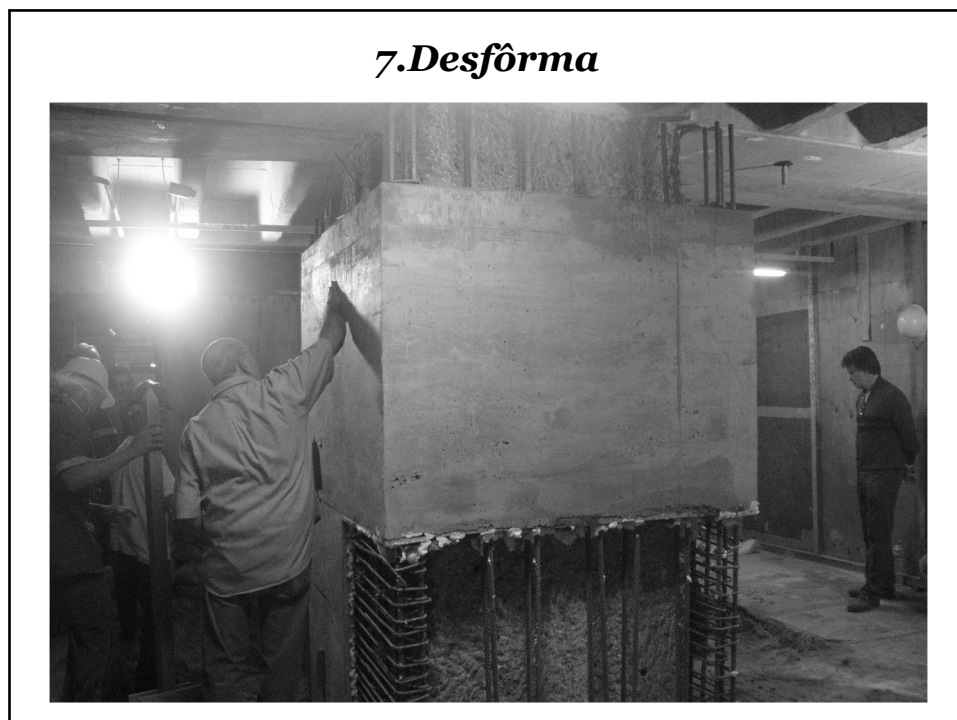
### ***5.Preparação do Graute***



104



105



106



107



108



109



110



111



112

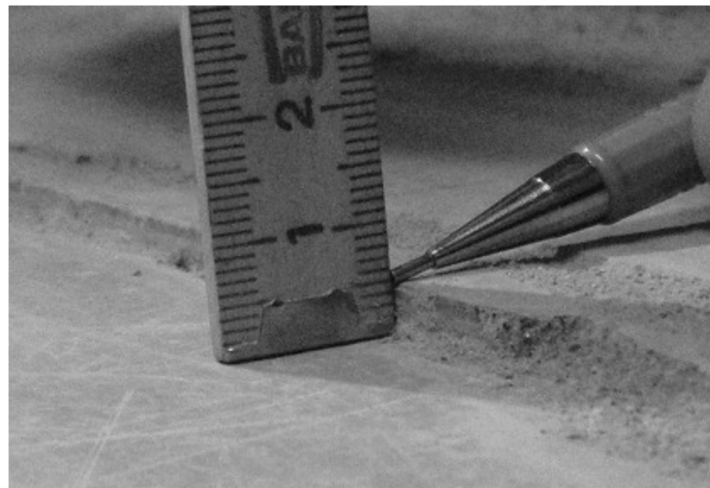


***Após concretagem piso desceu 4mm***



113

***Após concretagem piso desceu 4mm***



114



115



116



117



118



119

### *Resistência a Compressão Axial*

<b>Pilar</b>	<b>Resistência a compressão axial - MPa</b>				
	<b>24h.</b>	<b>2dias</b>	<b>3dias</b>	<b>7dias</b>	<b>28dias</b>
<b>P4</b>	<b>57,3</b>	<b>59,9</b>	<b>61,2</b>	<b>68,2</b>	<b>73,6</b>
	<b>59,5</b>	<b>62,4</b>	<b>63,7</b>	<b>68,8</b>	<b>73,6</b>
	<b>-</b>	<b>51,3</b>	<b>51,5</b>	<b>54,9</b>	<b>77,1</b>
	<b>-</b>	<b>52,2</b>	<b>55,5</b>	<b>57,6</b>	<b>73,8</b>
<b>Piso</b>	<b>-</b>	<b>54,1</b>	<b>46,4</b>	<b>57,4</b>	<b>75,9</b>
	<b>-</b>	<b>55,2</b>	<b>48,3</b>	<b>56,4</b>	<b>74,3</b>

120

# *Hipóteses prováveis...*

121

## *Hipóteses prováveis...*



122

# outro caso desastroso!

123

LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES				
PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	diferença
01	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	<b>+12 %</b>
02	(30 x 50)	22 Ø 12.5	16 Ø 16.0	<b>- 16 %</b>
03	(20 x 100)	48 Ø 16.0	50 Ø 16.0	<b>- 4 %</b>
04	(20 x 100)	24 Ø 16.0	36 Ø 16.0	<b>- 33 %</b>
05	(30 x 50)	24 Ø 12.5	18 Ø 16.0	<b>- 19 %</b>
06	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	<b>+12 %</b>
07	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	<b>-----</b>
08	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	<b>+ 56 %</b>
09	(25 x 80)	28 Ø 16.0	20 Ø 20.0	<b>- 10 %</b>

124

Registrado em 06 de abril de 2011.  
Livro: 010/ENG.

				<b>diferença</b>
<b>10</b>	(20 x 100)	34 Ø 12.5	34 Ø 16.0	<b>- 39 %</b>
<b>11</b>	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+5 %</b>
<b>12</b>	(25 x 178)	38 Ø 10.0	38 Ø 10.0	-----
<b>13</b>	(25 x 178)	16 Ø 16.0	38 Ø 10.0	<b>+8 %</b>
<b>14</b>	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+0,5 %</b>
<b>15</b>	(20 x 218)	34 Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
<b>16</b>	(20 x 218)	Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
<b>17</b>	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
<b>18</b>	(30 x 70)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+0,5 %</b>
<b>19</b>	(30 x 70)	08 Ø 16.0	20 Ø 10.0	<b>+2 %</b>
<b>20</b>	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	<b>+56 %</b>
<b>21</b>	(20 x 70)	12 Ø 12.5	30 Ø 10.0	<b>- 37 %</b>
<b>22</b>	("25" x 100)	42 Ø 16.0	30 Ø 20.0	<b>- 10 %</b>
<b>23</b>	("25" x "208")	34 Ø 12.5	76 Ø 10.0	<b>- 30 %</b>
<b>24</b>	("25" x 100)	42 Ø 16.0	34 Ø 20.0	<b>- 21 %</b>
<b>25</b>	(20 x 70)	08 Ø 12.5	16 Ø 10.0	<b>- 22 %</b>

Obs: Foi constatado que todos os estribos possuíam bitolas de 4.2mm com espaçamento entre eles de 15cm exceto o pilar P15 que possui estribos de 6.3mm e espaçamento igual aos demais.

125



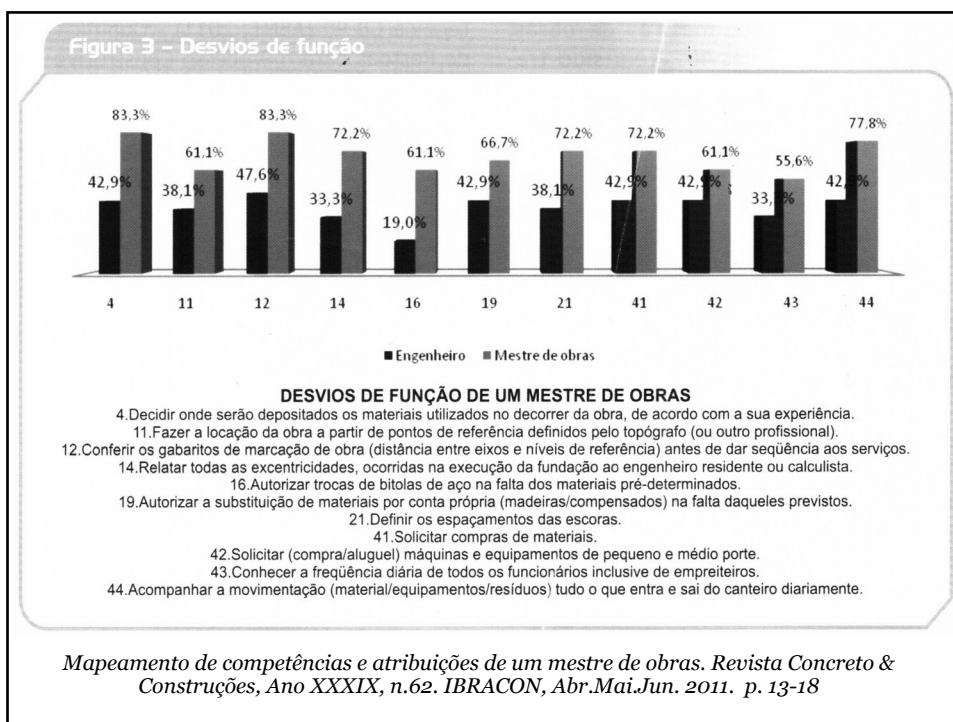
126

## Edifício Real Class



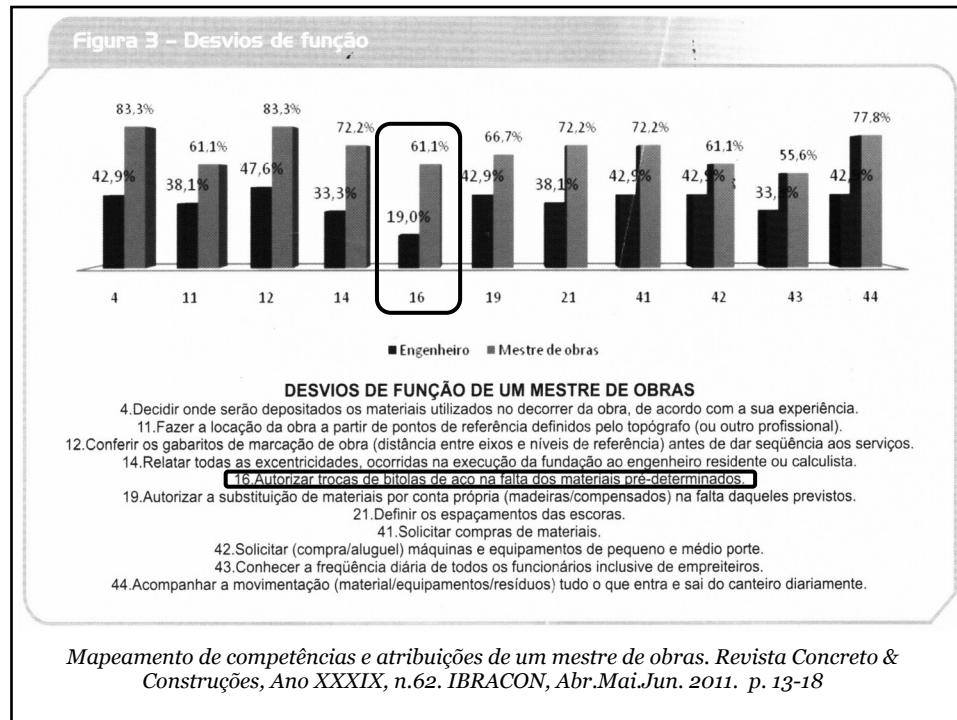

**Belém do Pará**  
**34 pavimentos**  
**105m    20.01.2011    35MPa**

127



128



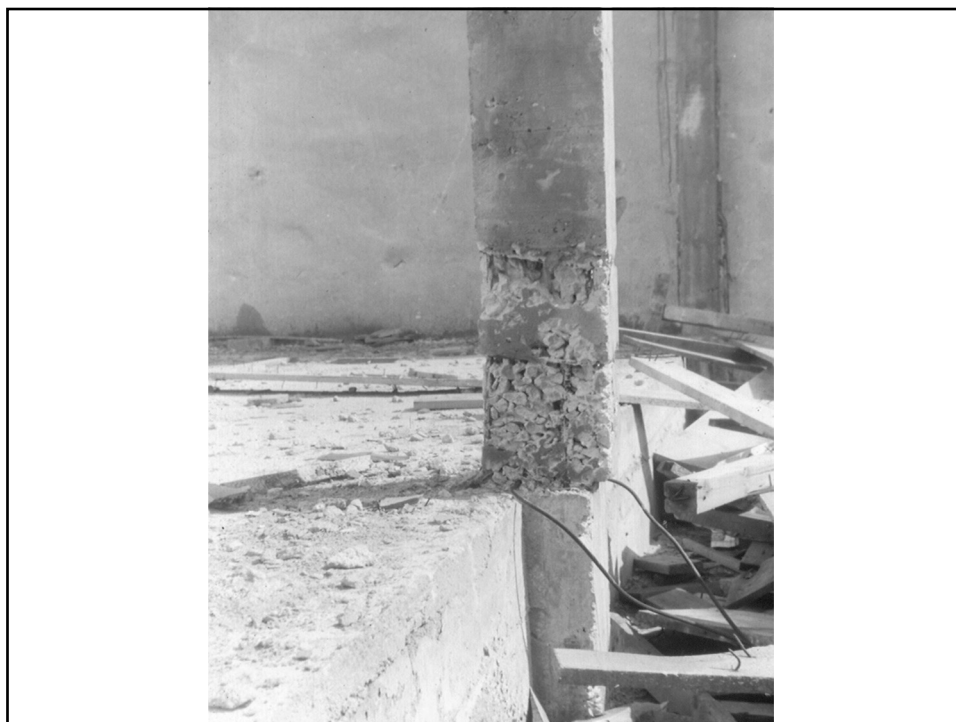


129

## Edifício Habitacional

# concretagem de pilares *obra nova*

130



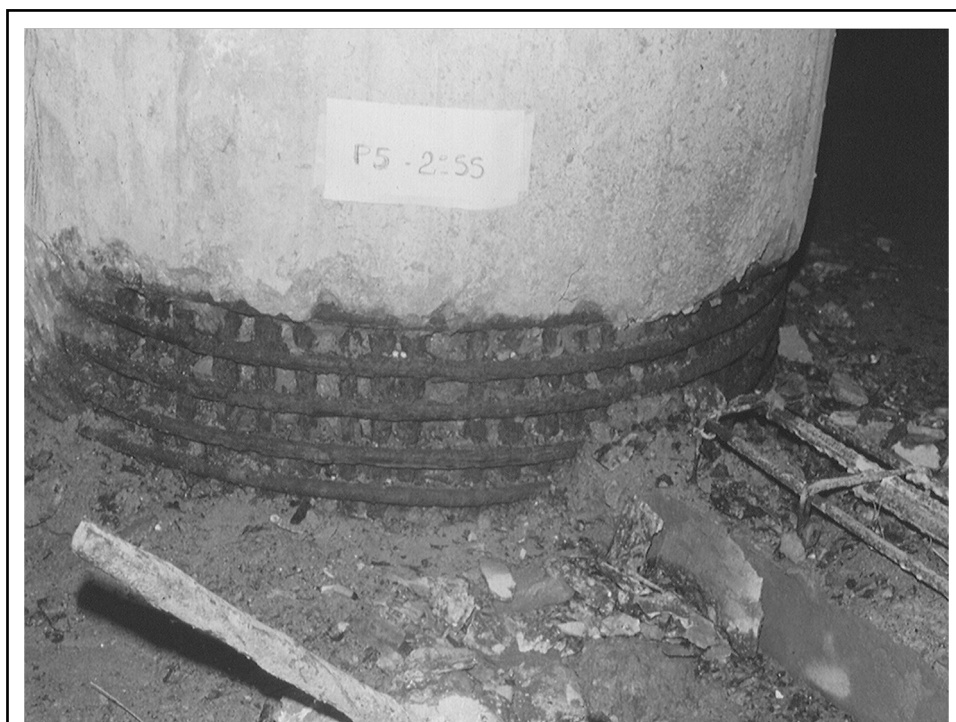
131



132



133



134



135

## **CONSTRUTOR**

precisa ter consciência  
de que a consequência  
de seus atos pode levar  
anos para aparecer!

136

## **Edifício Areia Branca**

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

137



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

138



139

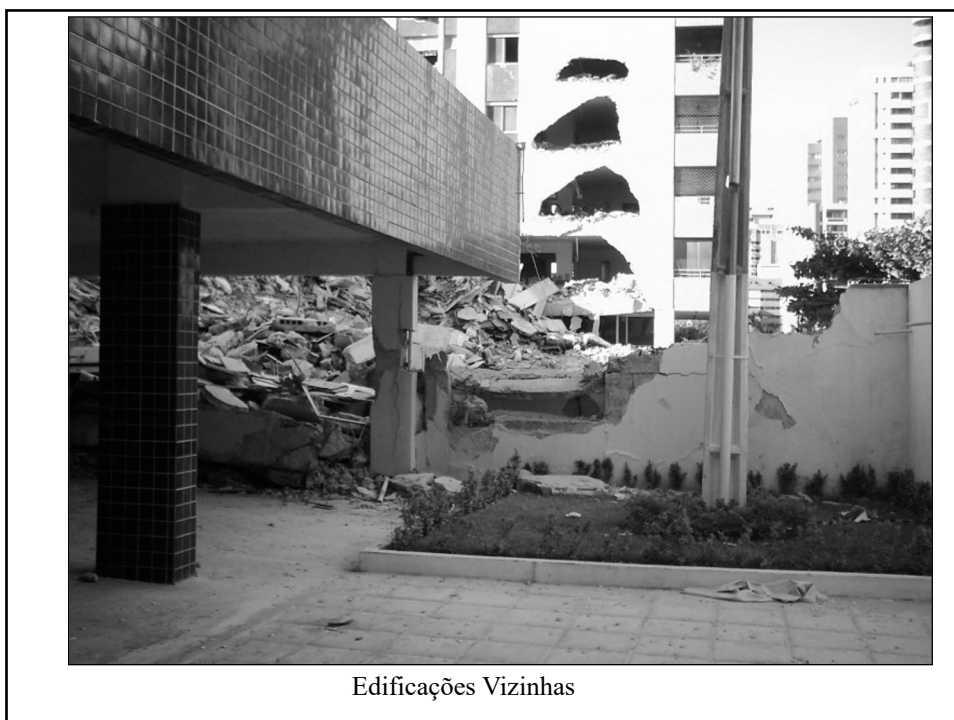


Escombros - manhã seguinte do desabamento

140



141



Edificações Vizinhas

142

## 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.

143



Vista geral do subsolo

144





145



146



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela Defesa Civil

147

## 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

148



149

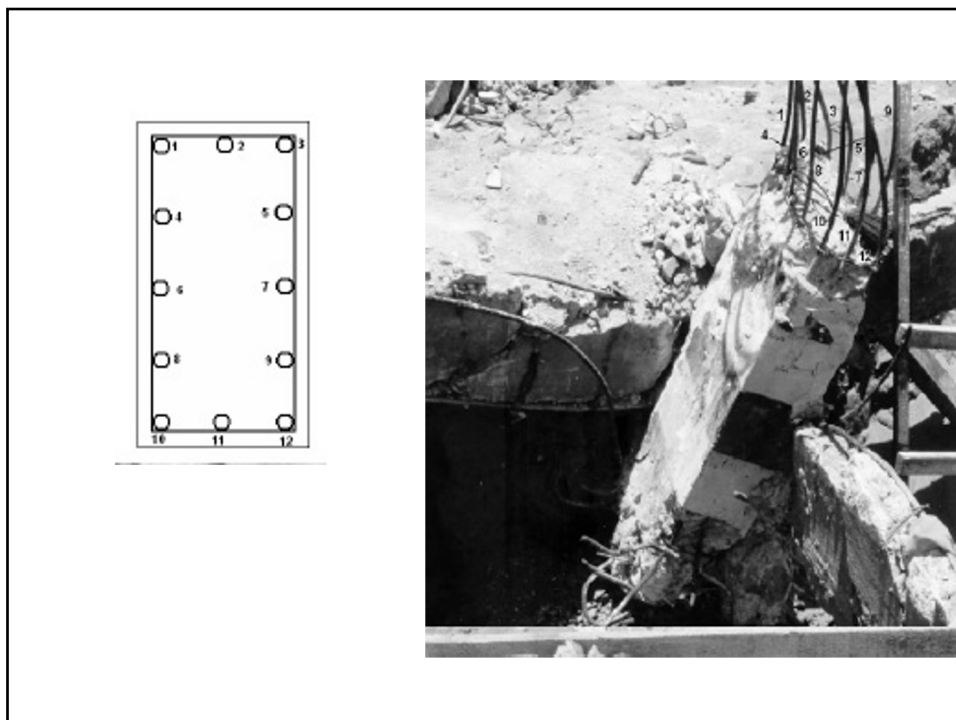
## Cronologia:

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 colapsando;;

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

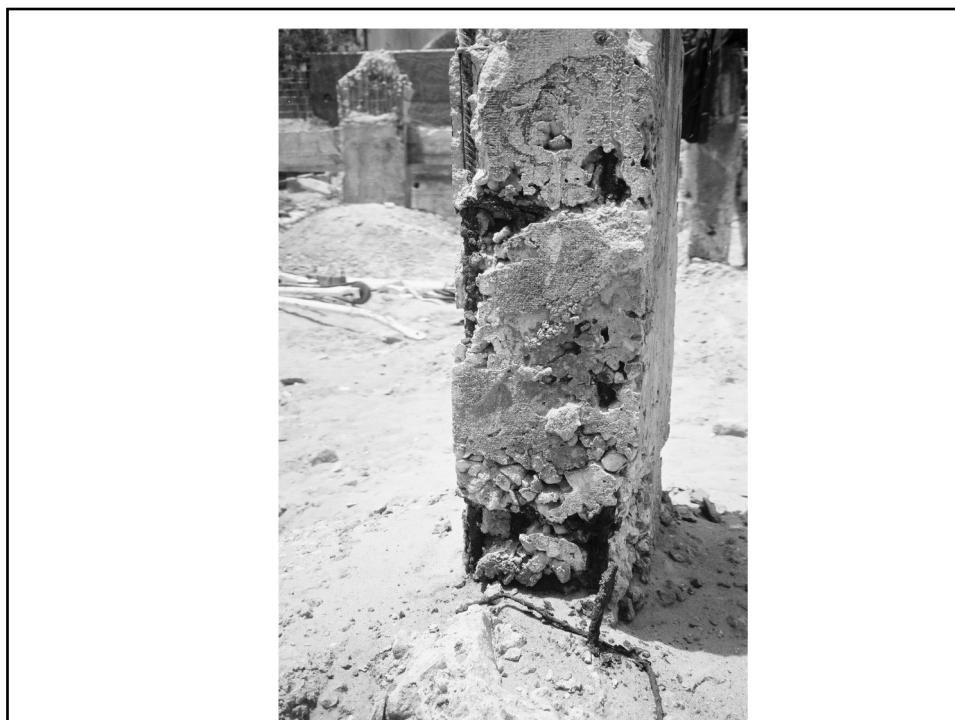
150



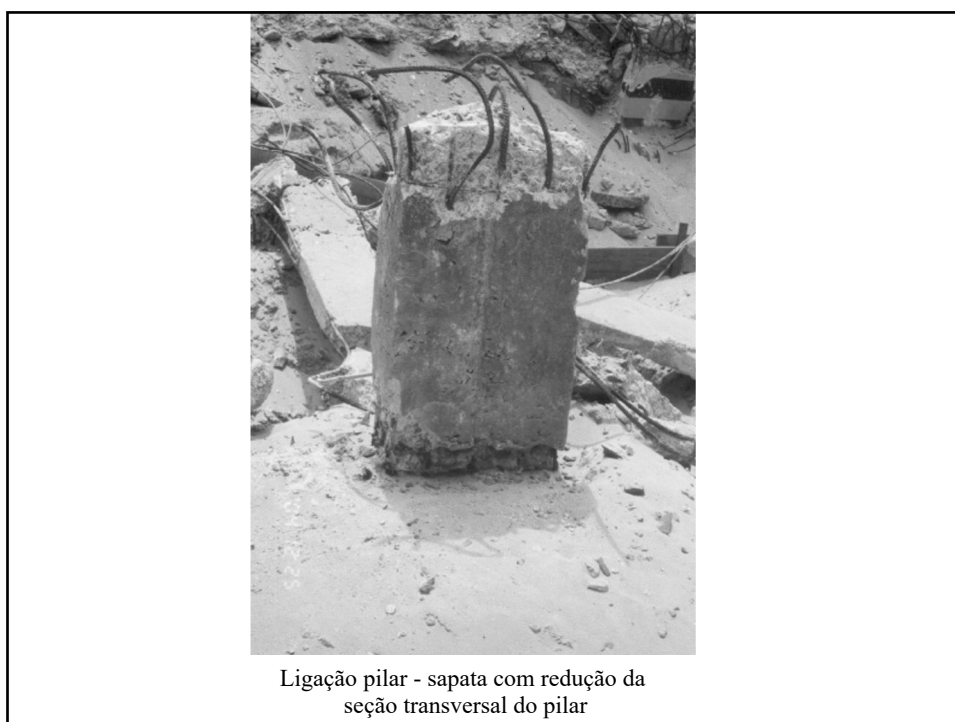
151



152



153



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

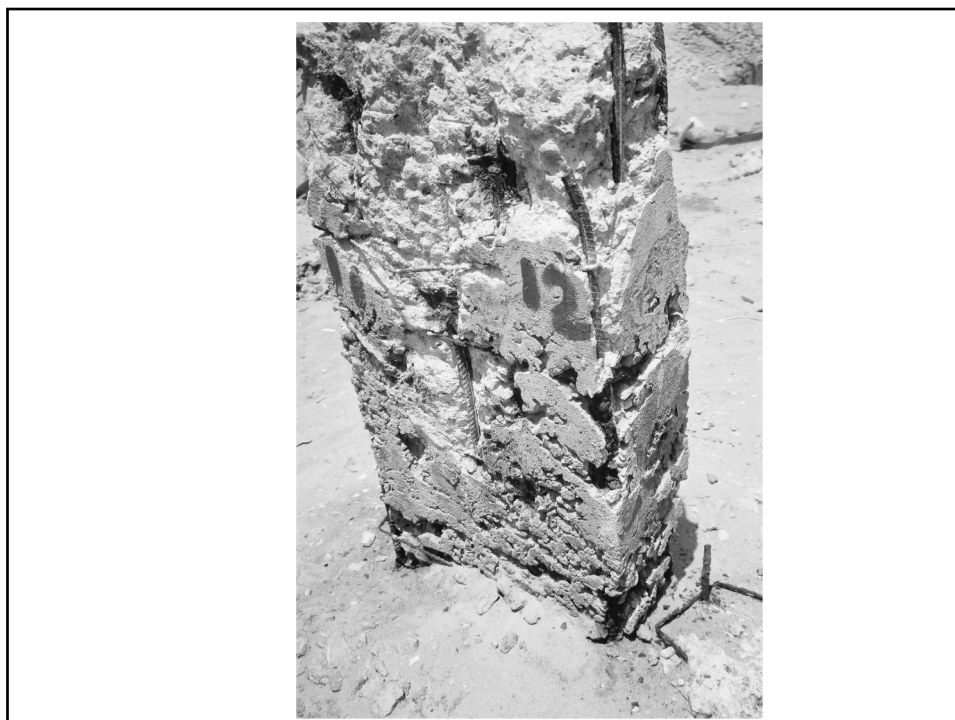
154



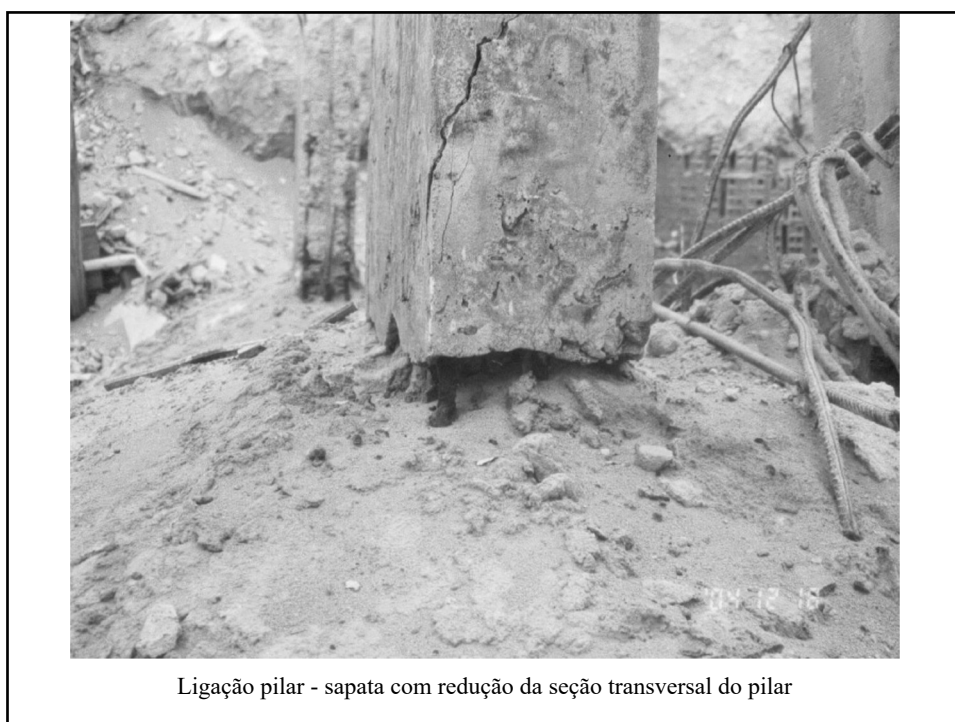
155



156



157



158



159

## **CONSTRUTOR**

precisa ter consciência  
de que as consequências  
de seus atos podem ser  
desastrosas e onerosas!

160



**Edifício Emblemático**  
Alphaville, São Paulo  
50MPa  
35 andares  
Comercial  
ninho de concretagem

161



162



163



164



165



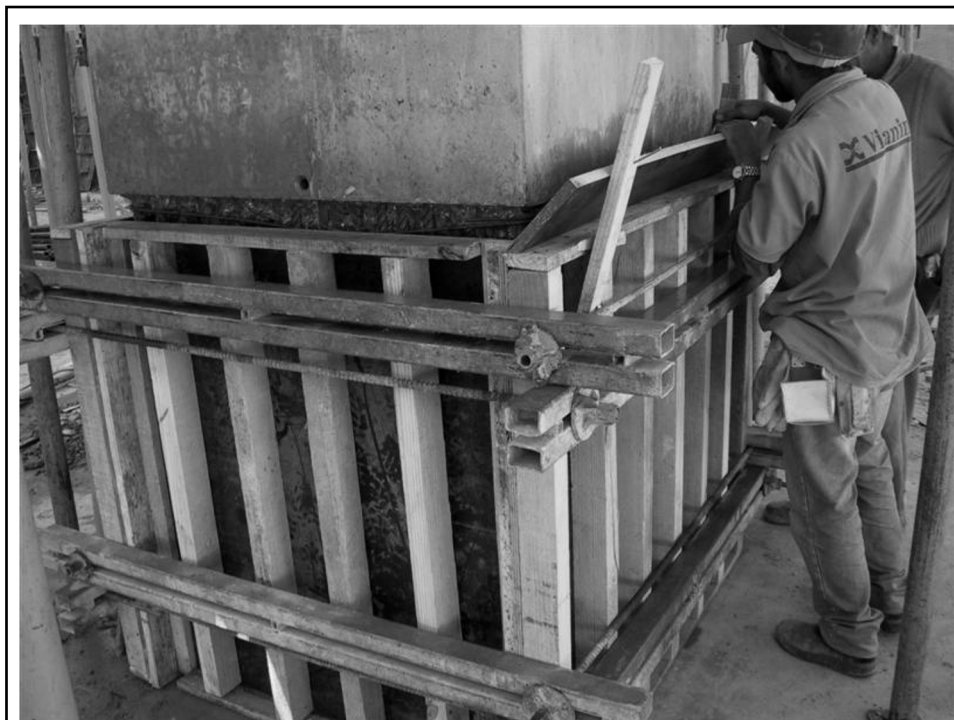
166



167



168



169



170

## **CONSTRUTOR**

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

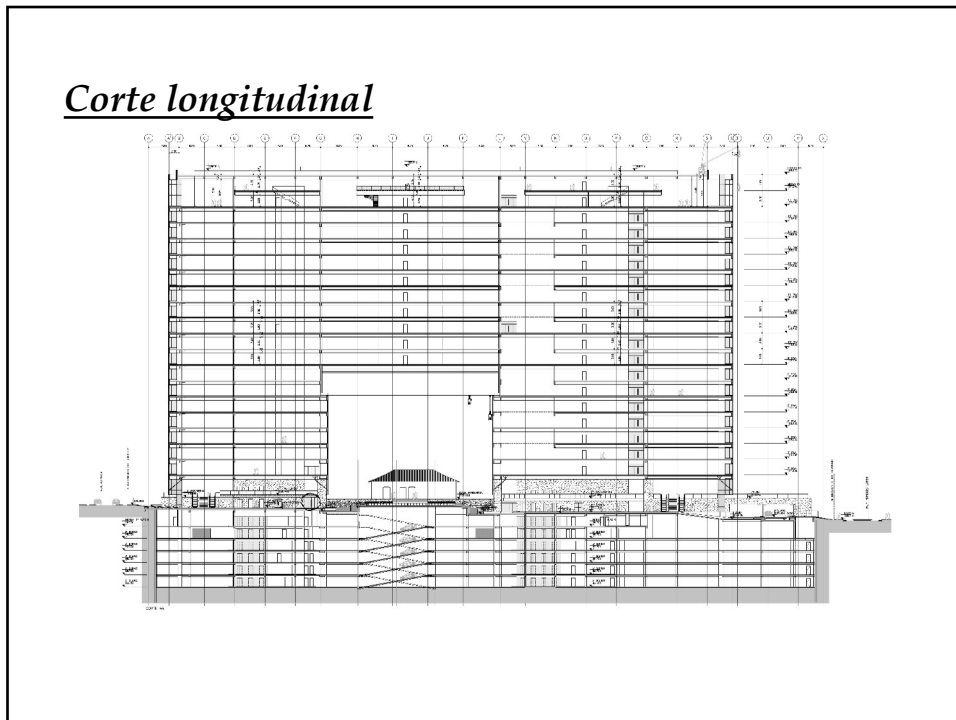
Deve estudar os projetos e  
antecipar-se aos problemas!

171

Qual a **MISSÃO** do Construtor?

- ✓ Sem dúvida a mais nobre
- ✓ Sem dúvida a mais importante
- ✓ Sem dúvida a mais difícil
  - ✓ Sem dúvida a mais cara
  - ✓ Sem dúvida a de maior  
responsabilidade

172



173



174

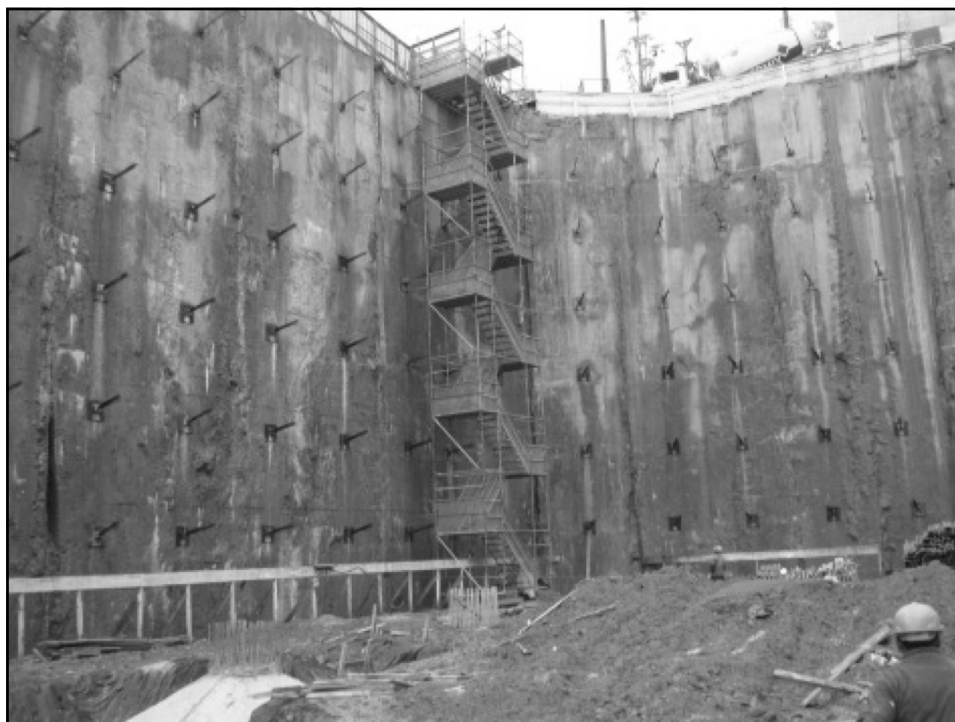


175

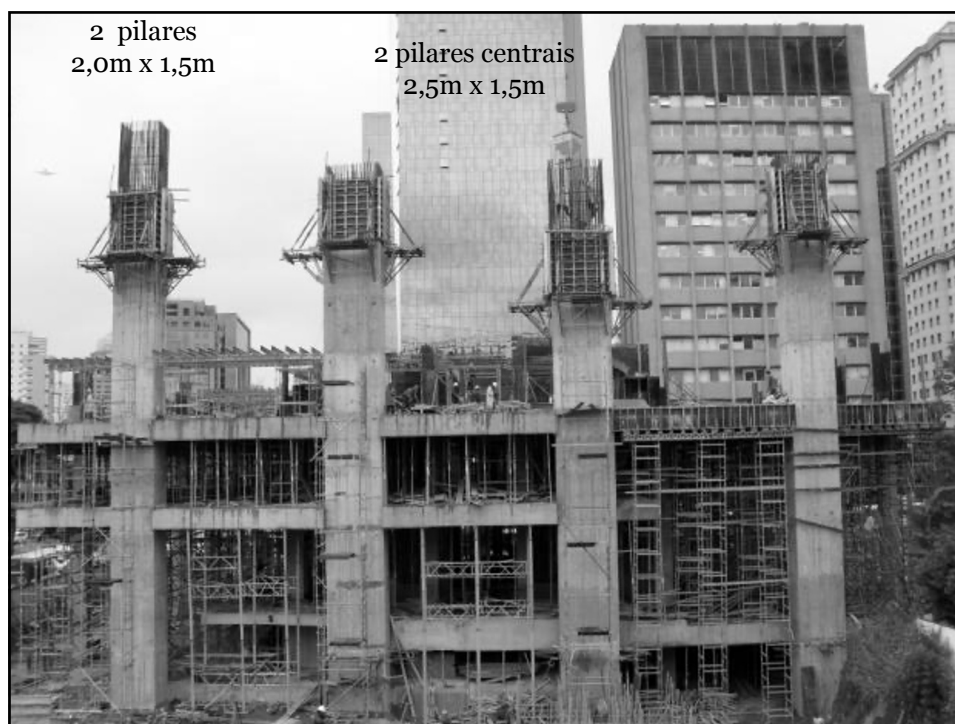


176

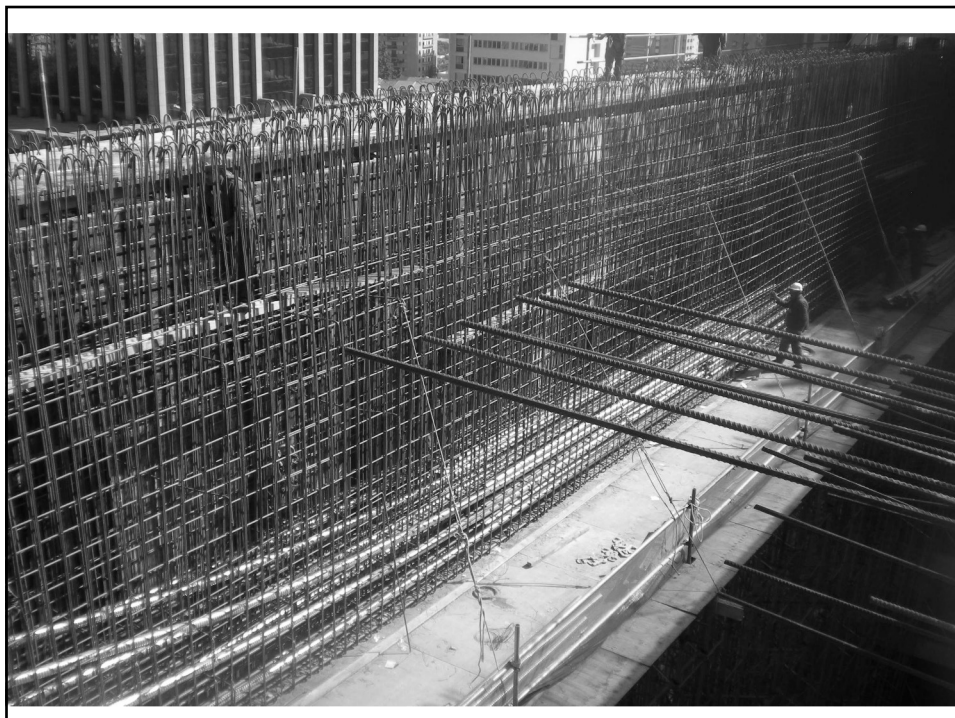




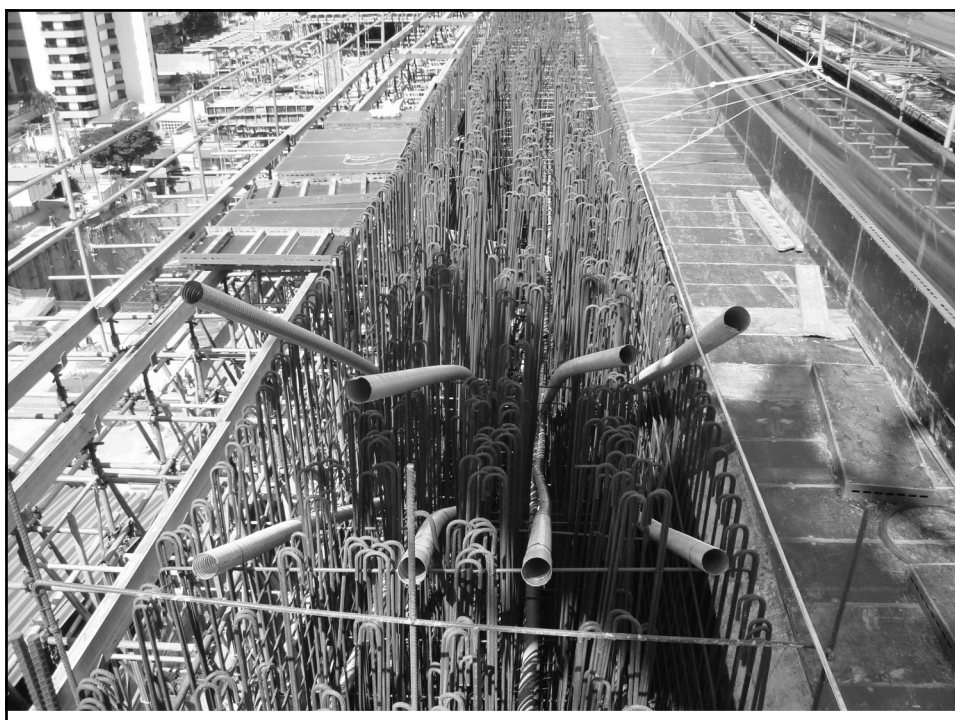
177



178



179



180



181



182



183



**proteção contra a chuva**

184



**escoramento em balanço**

185

### *Temperatura de lançamento*

- ✓ **depende do consumo dos materiais (traço)**
- ✓ **depende do calor específico dos materiais**
- ✓ **depende da temperatura natural dos materiais**
- ✓ **depende da logística (fator tempo)\***

*\* tempo associado a transporte e descarga do concreto*

**dato de entrada mutável**

186

186

## Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m³.°C)	T (°C)	Q (kcal/m³)
Cimento.CPIL E-40	365	0,240	87,60	55	4818
Microsilica	29,6	0,200	5,92	40	236,8
Areia Artif.	525,3	0,200	105,06	22	2311,32
Areia Nat.	525,3	0,200	105,06	22	2311,32
Brita 0	336,5	0,200	67,30	22	1480,6
Brita 1	504,7	0,200	100,94	22	2220,68
Água	119,8	1,000	119,84	25	2996,1
Umidade Miúdo Art.	13,1	1,000	13,13	25	328,3
Umidade Miúdo Nat.	42,0	1,000	42,02	25	1050,6
Umidade Graúdo	0	1,000	0	25	0
Betoneira					2000
Total			646,88		19753,72
Transporte (Ganho)		10,0°C			
T Lançamento=		40,5°C			

**sem gelo**

187

187

## Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m³.°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti -Tf (°C)	Q (kcal/m³)
Cimento.CPIL E-40	365	0,240	87,60	55	0	55	4818
Microsilica	29,6	0,200	5,92	40	0	40	236,8
Areia Artif.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Areia Nat.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Brita 0	336,5	0,200	67,3	22	0	22	1480,6
Brita 1	504,7	0,200	100,94	22	0	22	2220,68
Água	0	1,000	0	25	0	25	0
Umidade Miúdo Art.	13,1	1,000	13,13	25	0	25	328,31
Umidade Miúdo Nat.	42,0	1,000	42,02	25	0	25	1050,6
Umidade Graúdo	0	1,000	0	25	0	25	0
Gelo	119,8	0,500	59,92	0	0	0	0
Fusão Gelo	119,8	1,000	119,84	0	0	0	-9587,48
Gelo + Água	119,8	1,000	119,84	0	18	-18	-2157,18
Betoneira							2000
Total			826,65				5012,97
Transporte (Ganho)		10,0°C					
T Lançamento=		16,1°C					

**com gelo: redução de 60%**

188

188

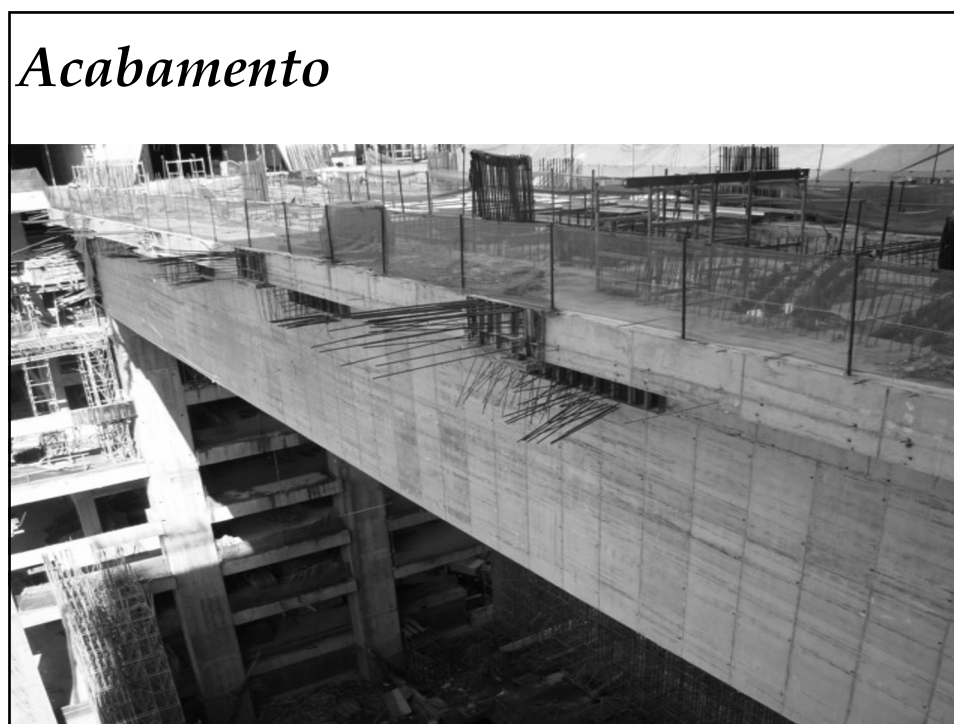
## *Temperatura de lançamento*



**é possível ...**

189

189



190



191



192

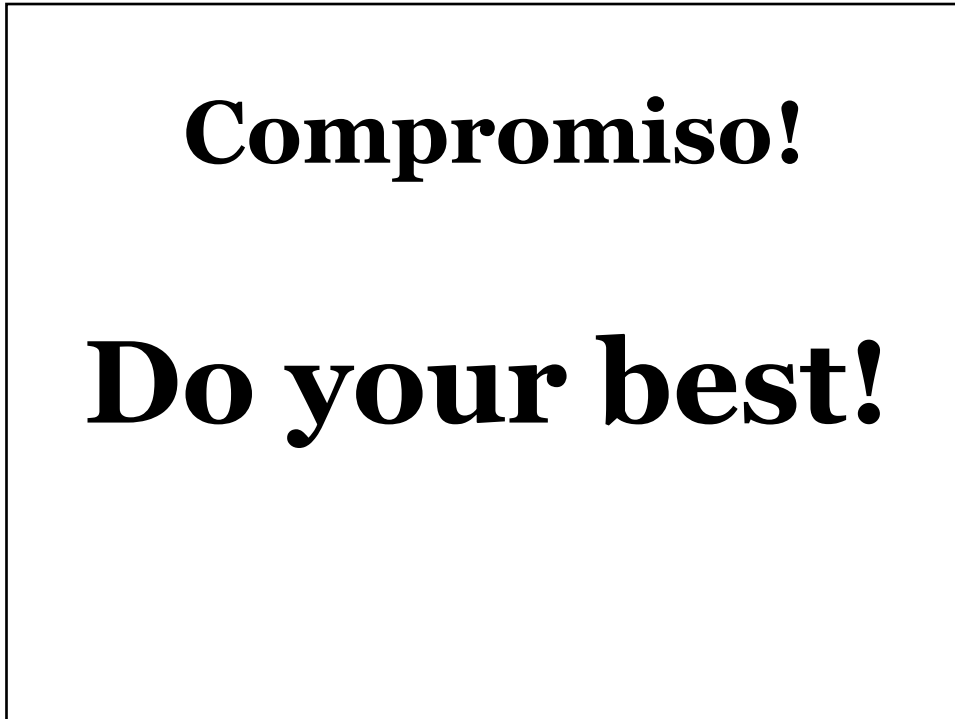




193



194



195



196