



Lecciones de Fallas y Accidentes en Obras



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Presidente ALCONPAT Internacional
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

Colégio de Ingenieros 01 de Junio de 2012 Mérida / México

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: 20	Andares: 4	Andares: 10
Padrão: Comercial*	Padrão: Comercial	Padrão: Comercial
Construção: 1940	Construção: 1938	Construção: 1938
Estrutura: 18 pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja	Estrutura: 4 pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja	Estrutura: 10 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: 150kg/m^2
(promedio mundial em 1938)

Carga atuante em edifícios de
oficinas: 350kg/m^2 (promedio
mundial em 2010)

Demolición de paredes portantes

16

Colapso

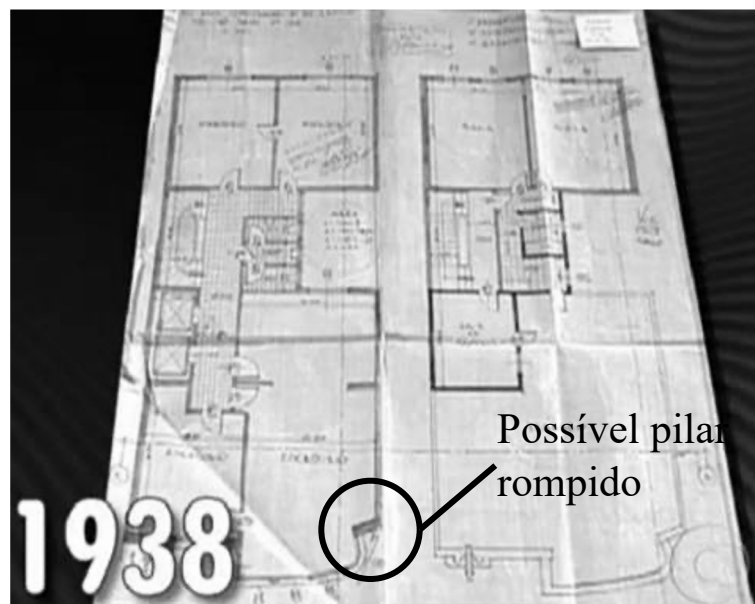
- 1) Laudo encomendado por empresa responsável por reformas: ruptura de pilar frontal do prédio.

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



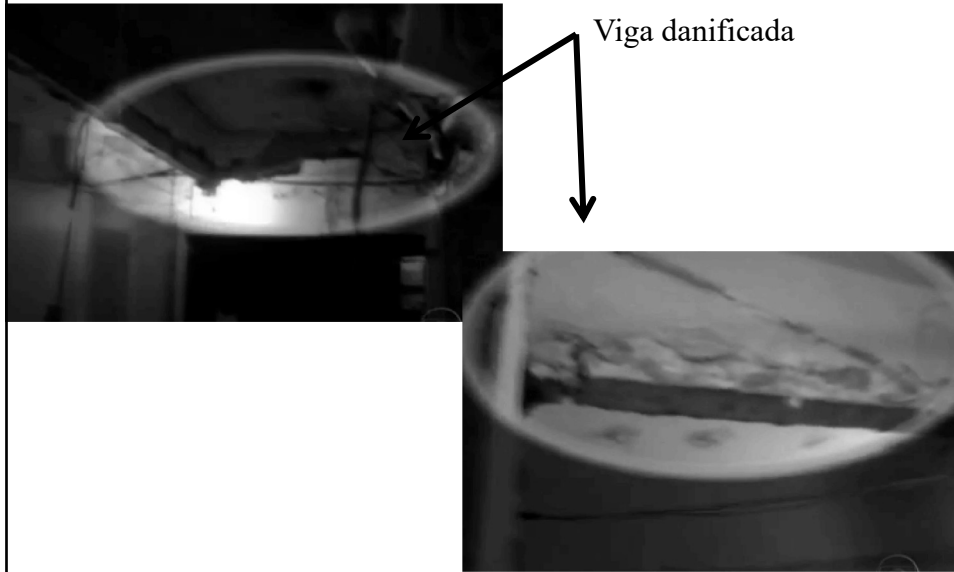
19

2) Alteração do projeto original



20

3) Reforma no 3° e 9° andar: danificação de elementos estruturais



21

3) Reforma no 3° e 9° andar: sobrecarga nas lajes



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.

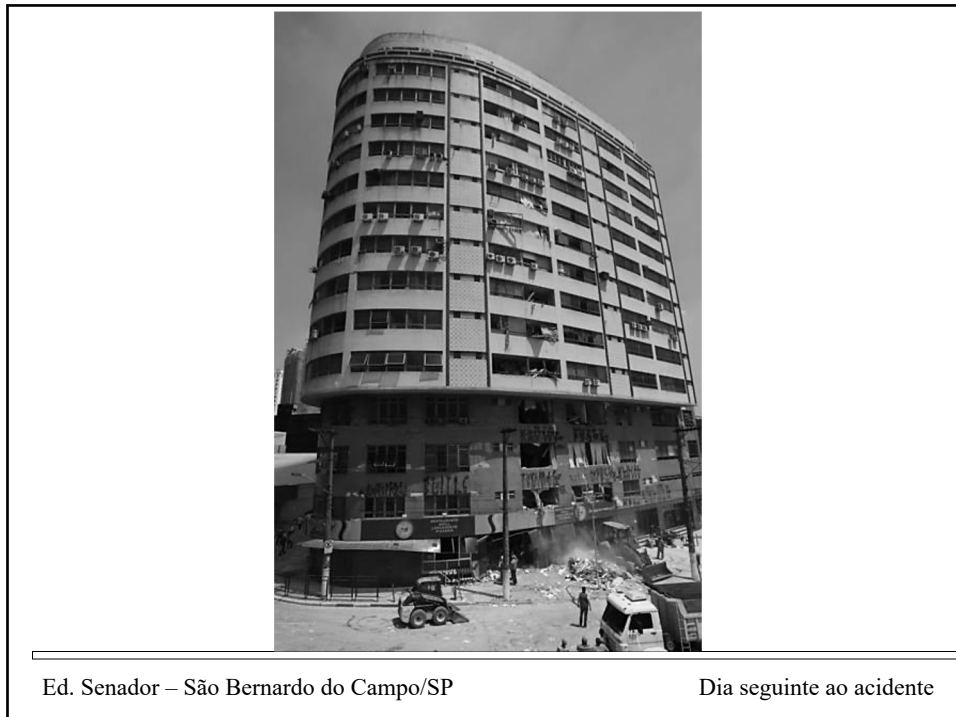
**Acidente: 06/02/2012,
segunda-feira às 19:30h.**

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?



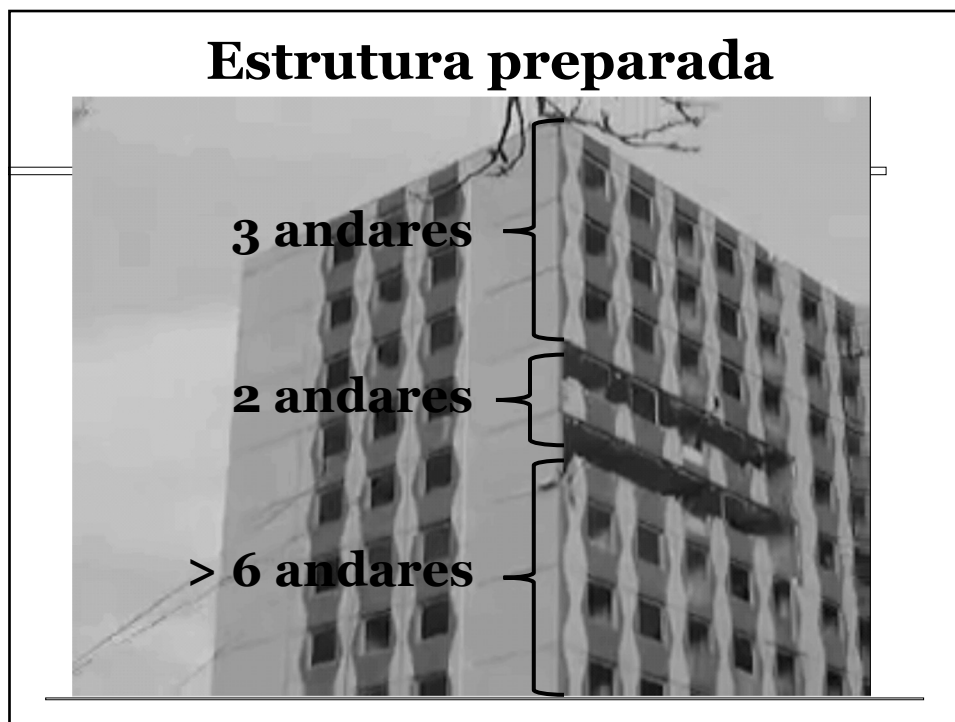
35

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.

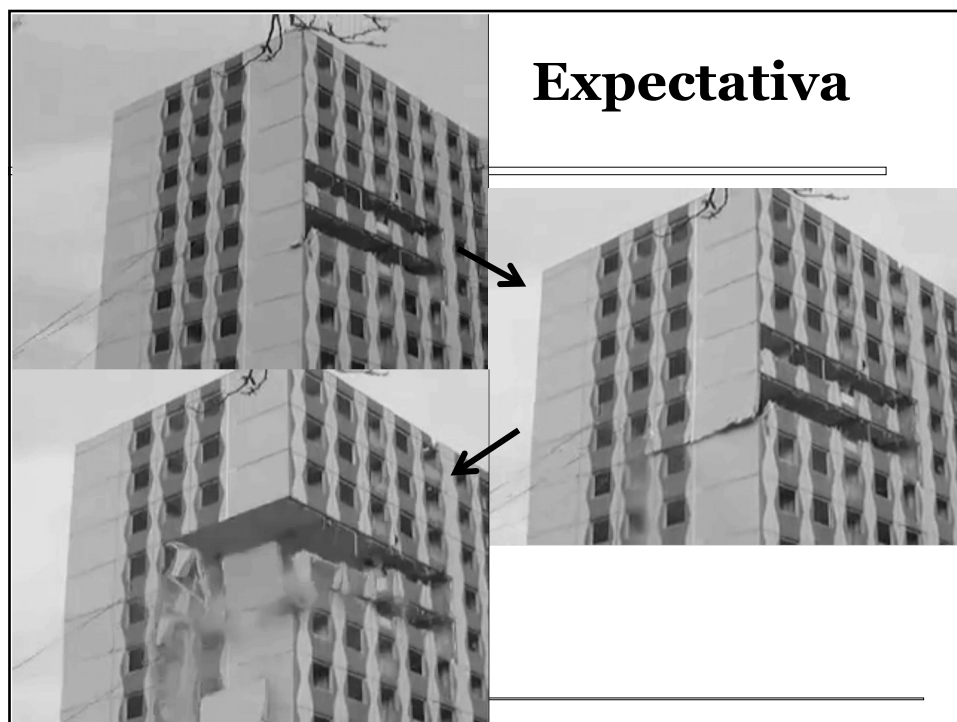
36



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
350m³
 $f_{ck} = 35\text{MPa}$
39 caminhões OK

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

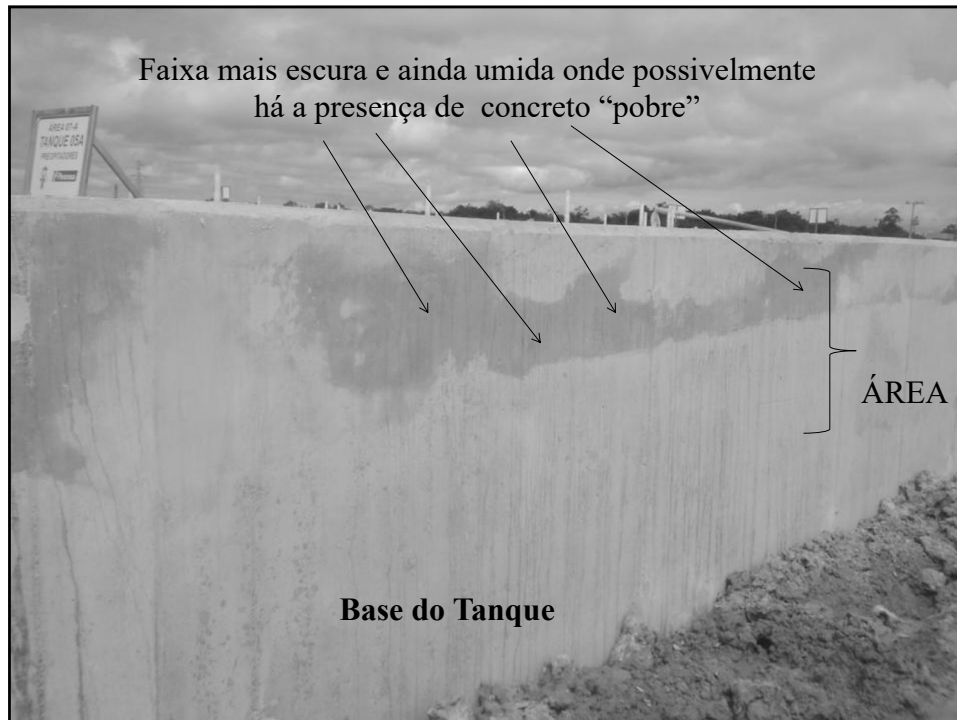
44



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

8^o 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

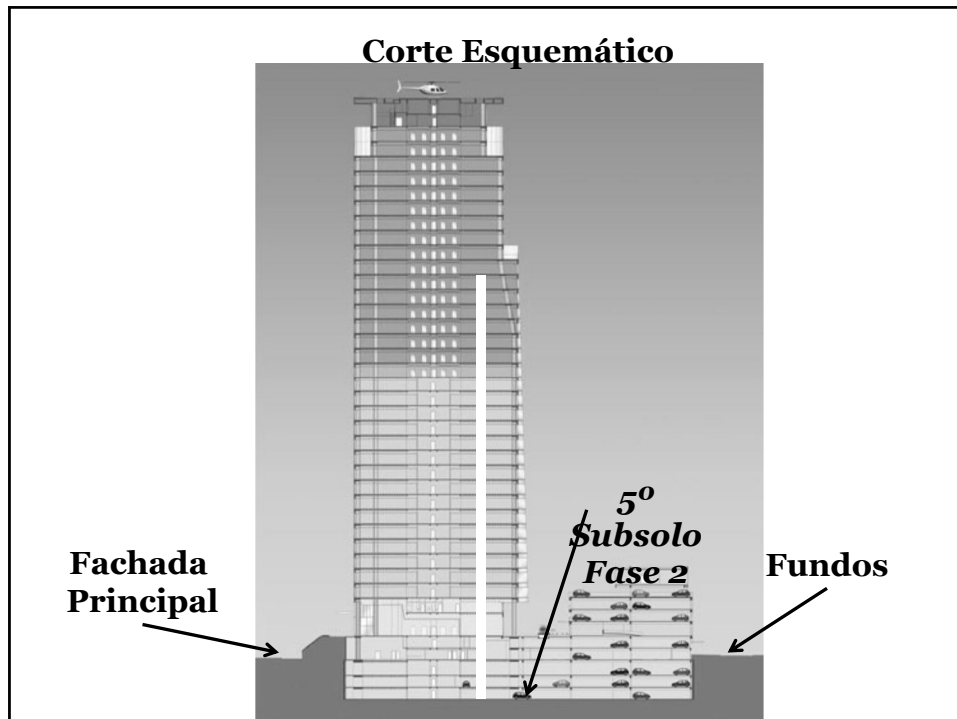
seria un caso
de sabotage???

!!!

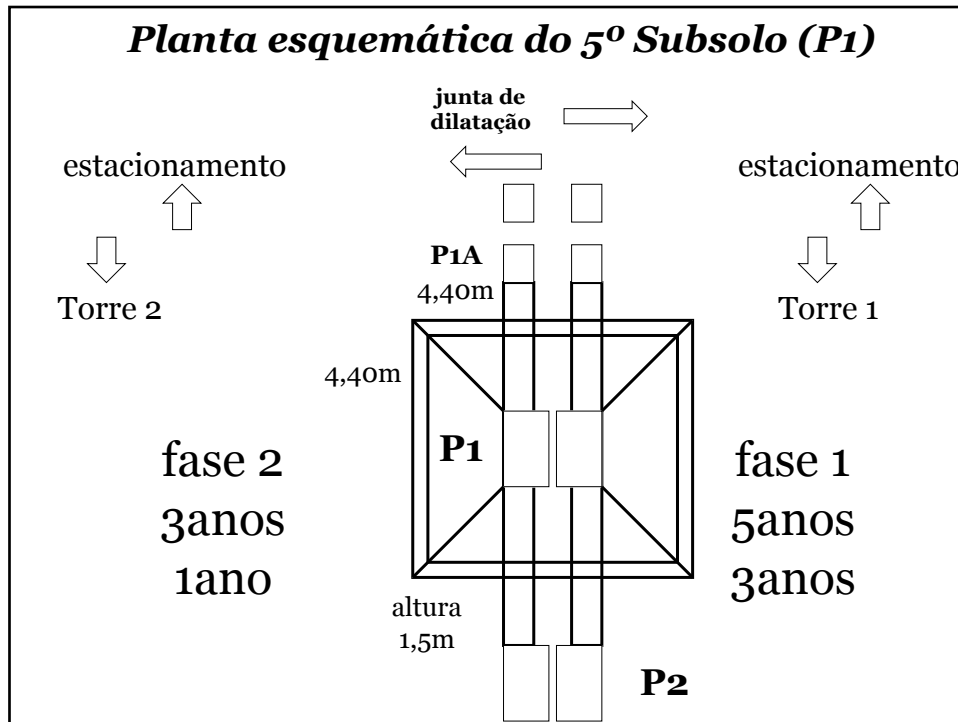
68

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**

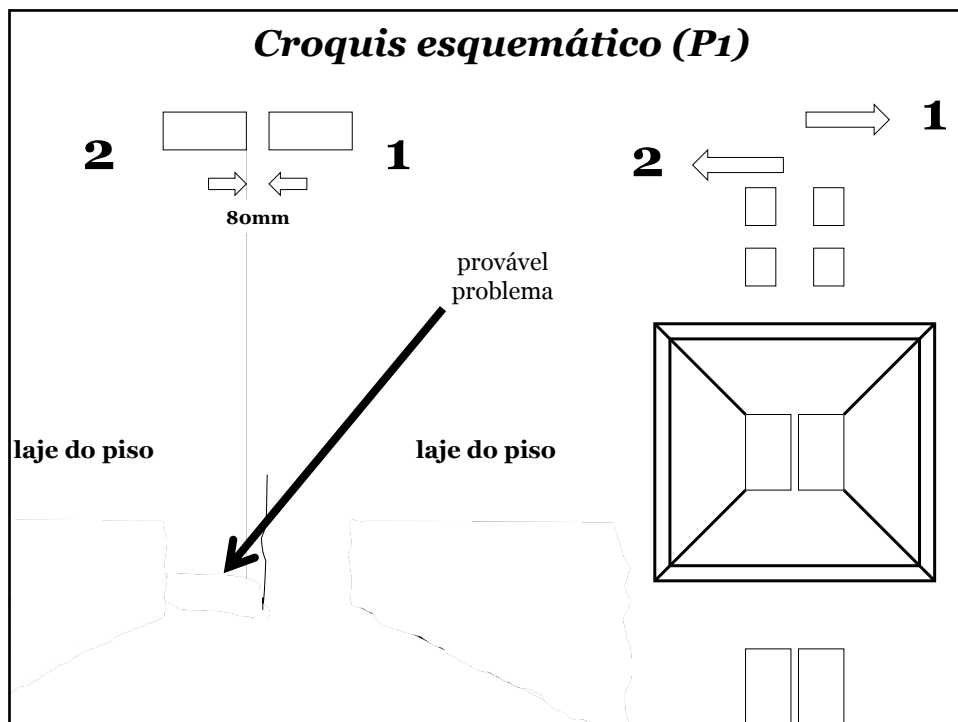
69



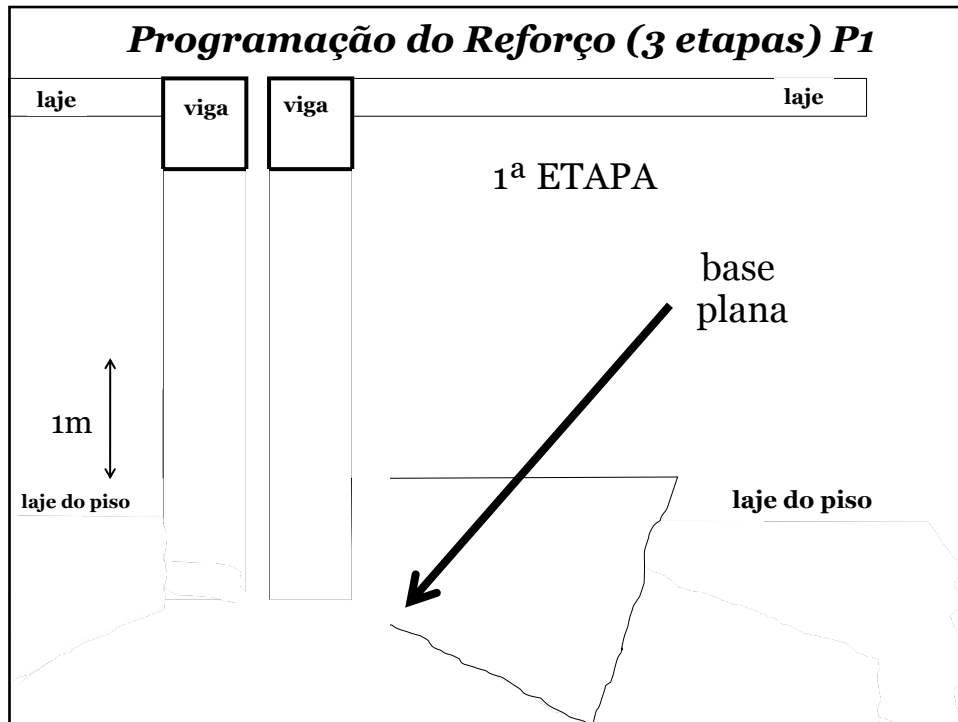
70



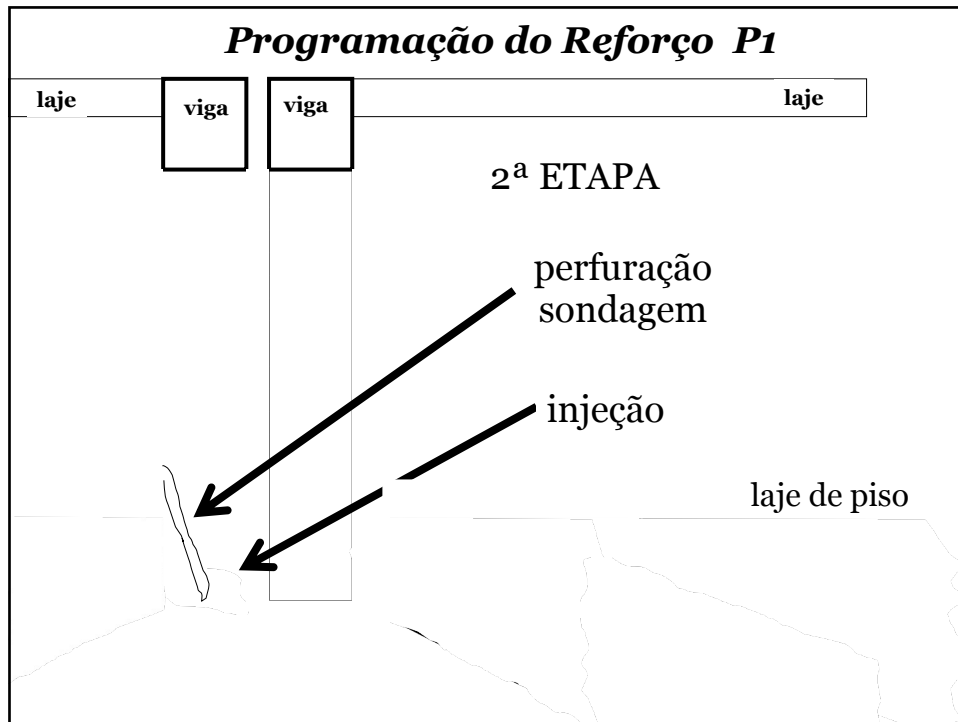
71



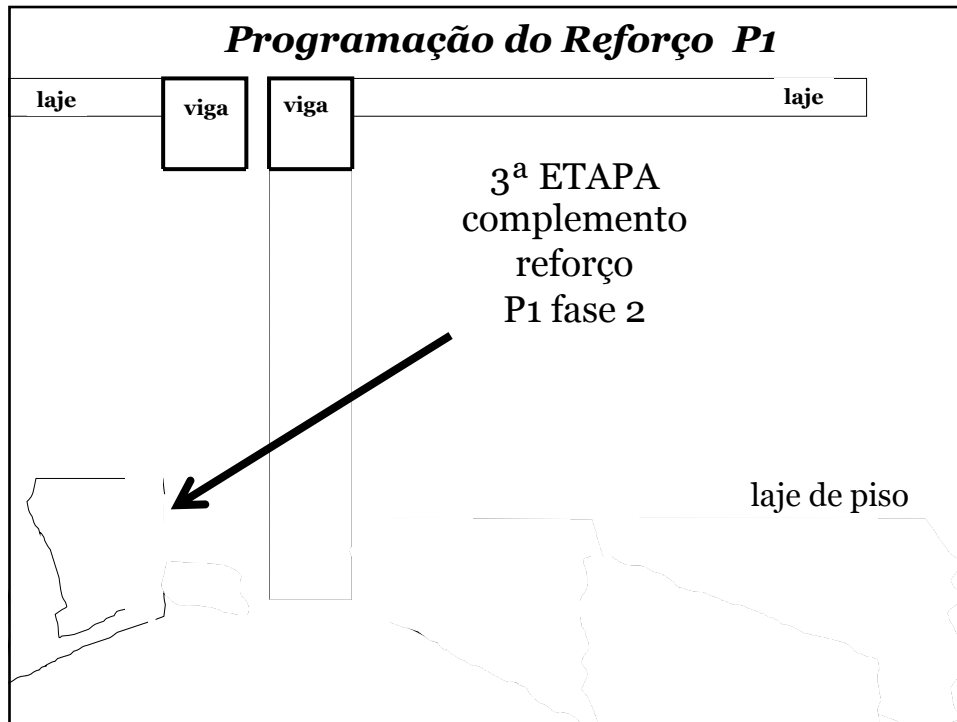
72



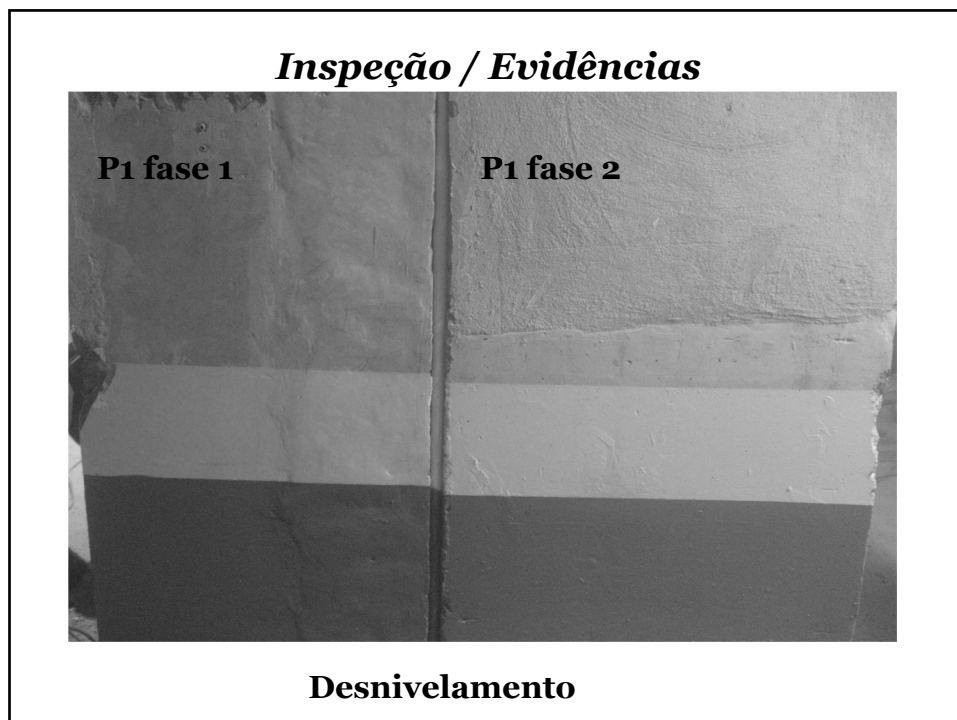
73



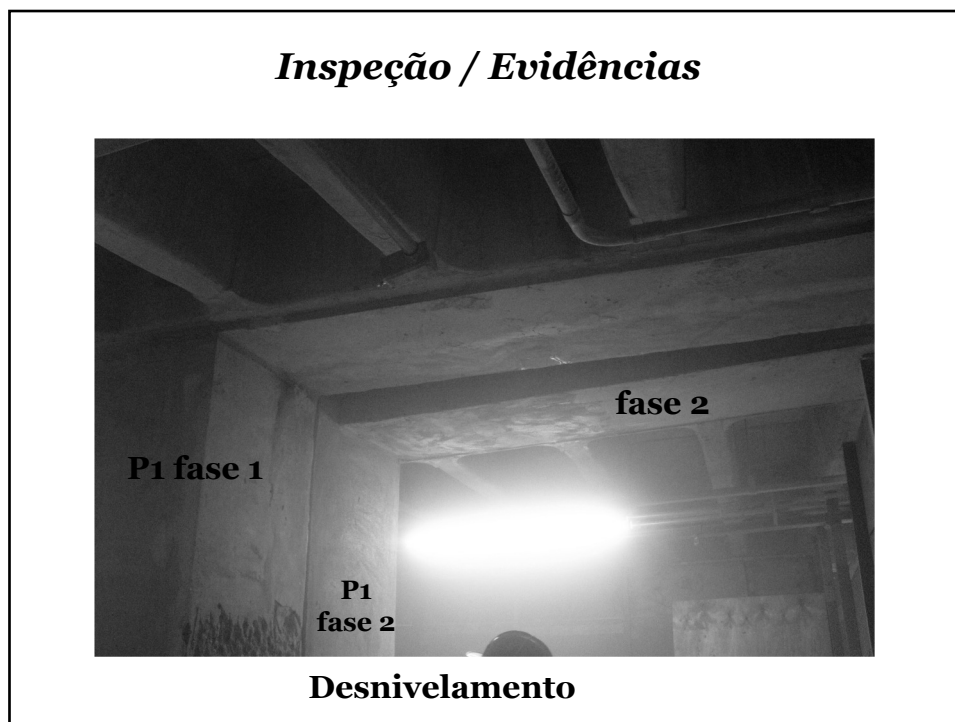
74



75



76



77



78

Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

79

Inspeção / Evidências

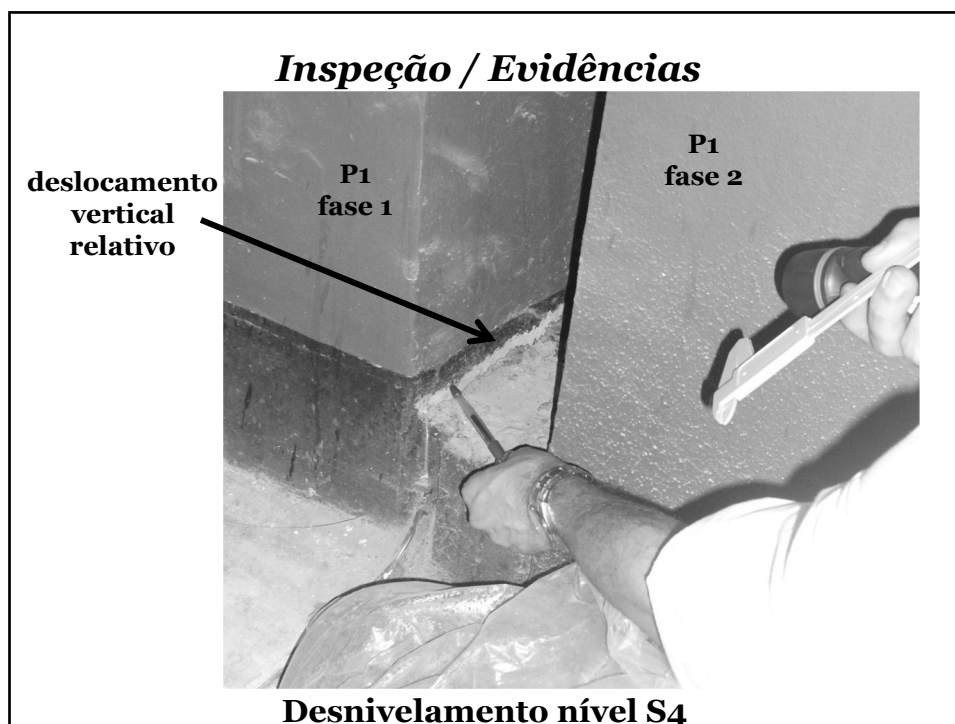


Fissuras em Vigas

80



81



82



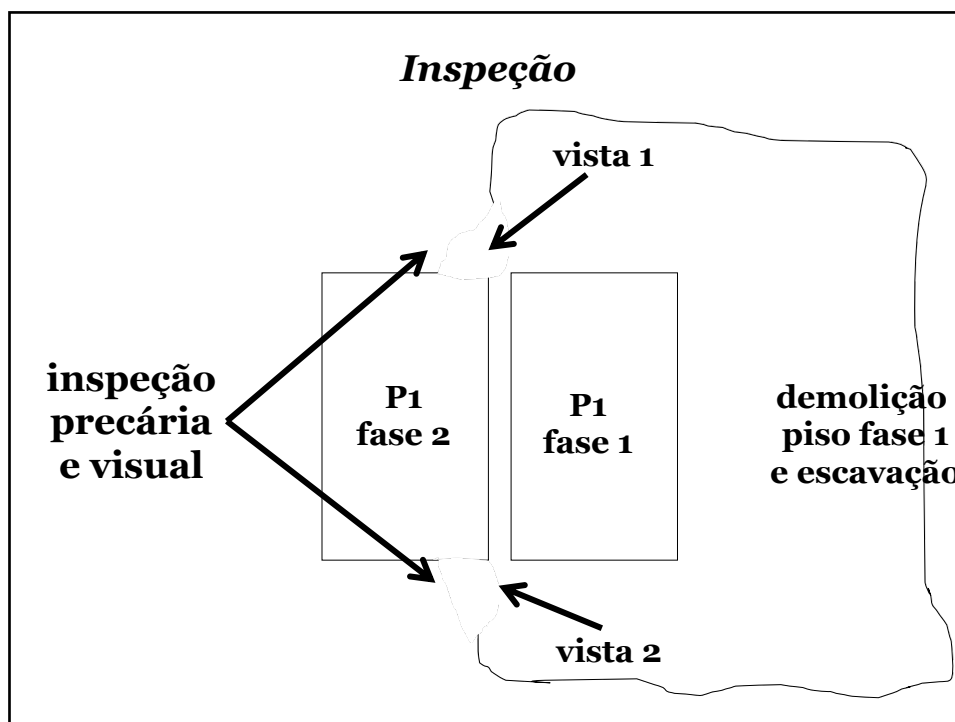
83



84



85



86

Inspeção



Demolição Piso fase 1

87

Inspeção

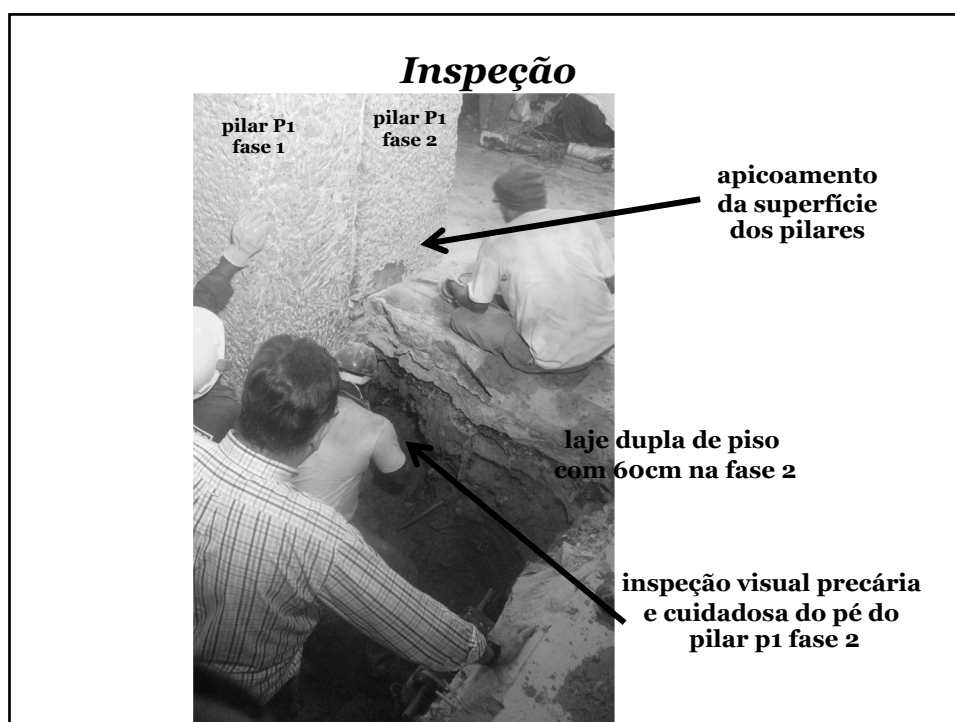


Escavação Piso fase 1

88



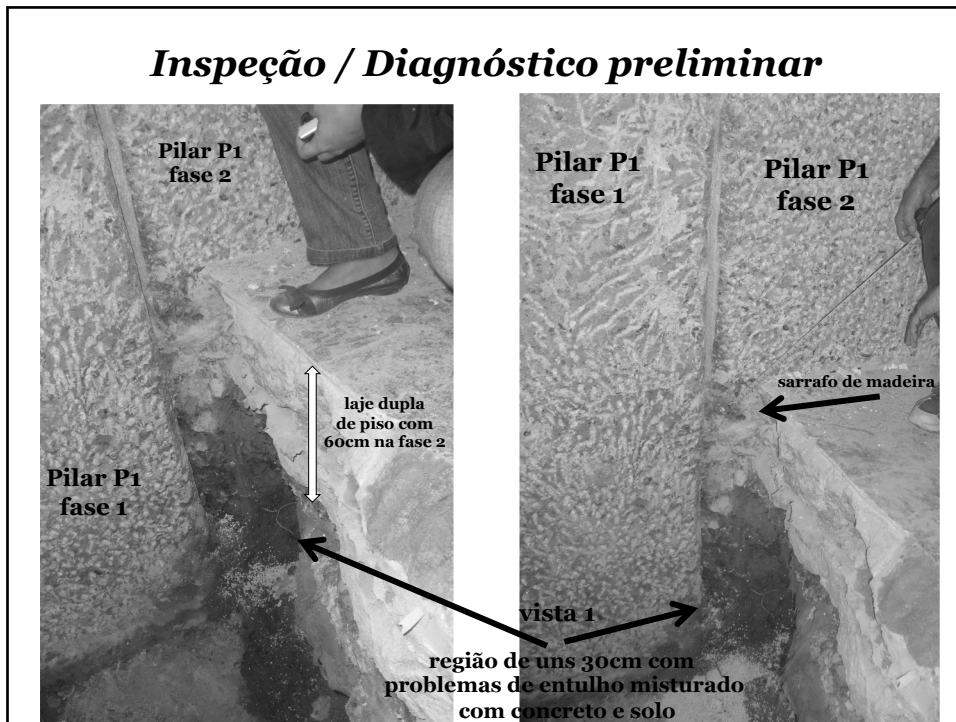
89



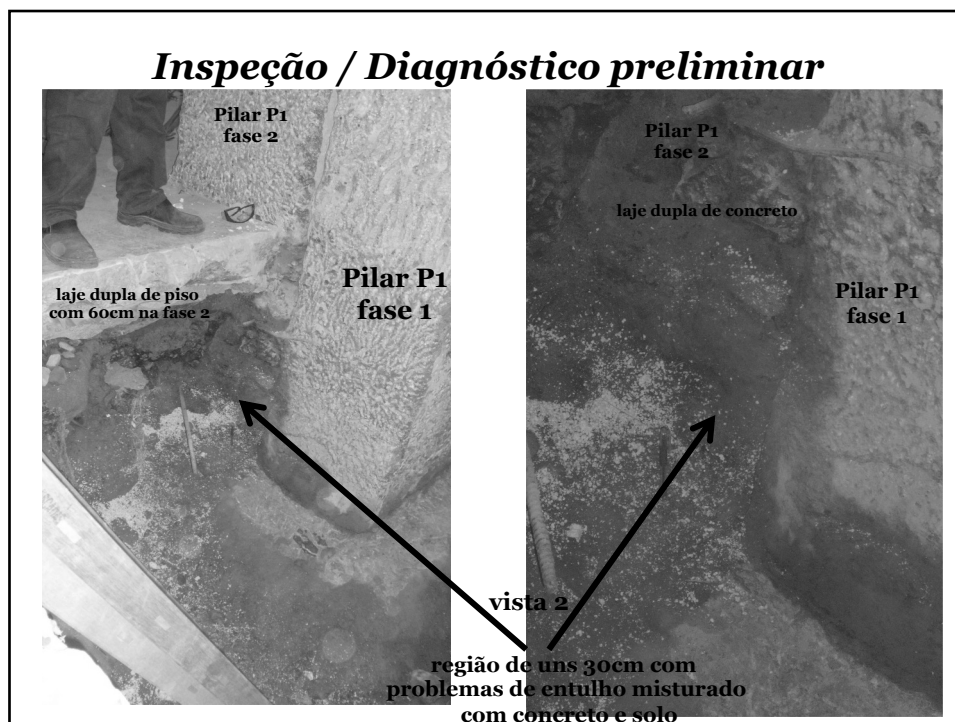
90



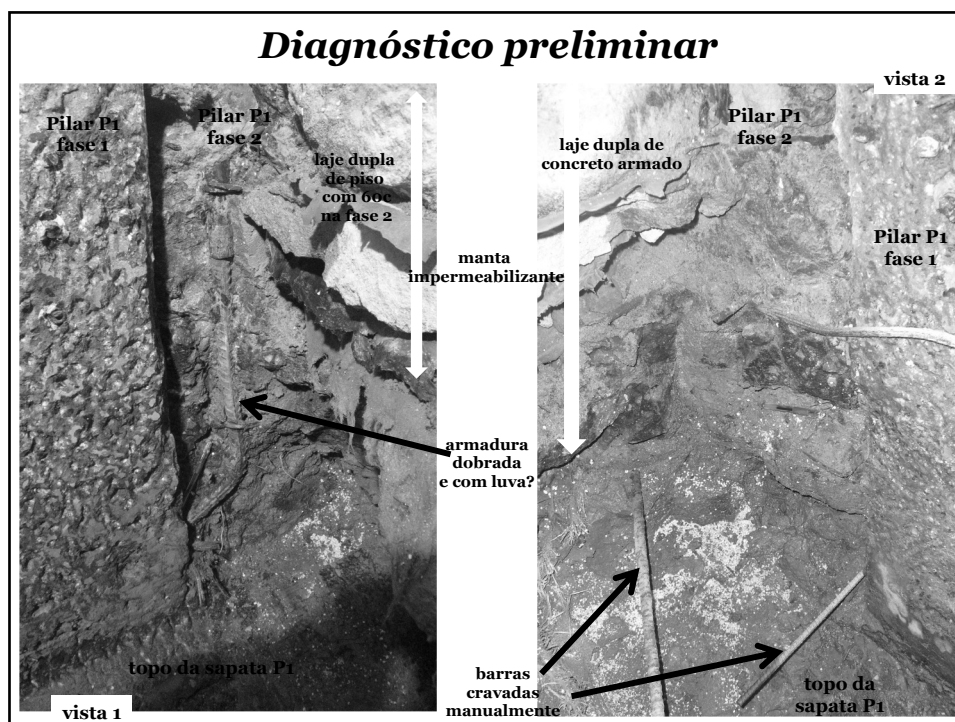
91



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



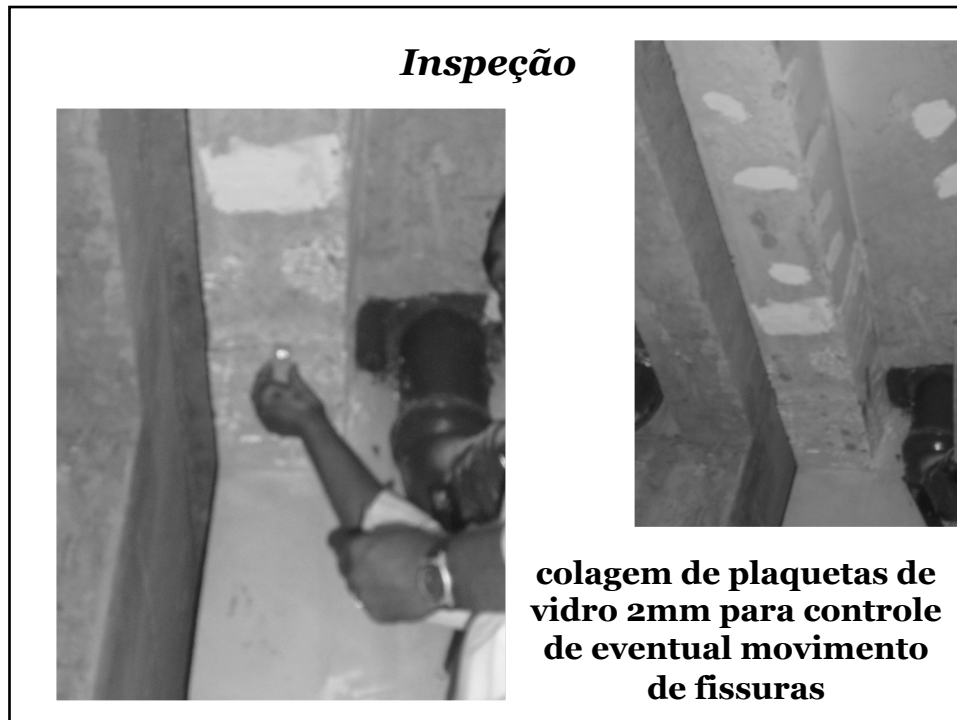
o encarregado
da observação
do selo
de
gesso
confirmou
rompimento
do gesso

97

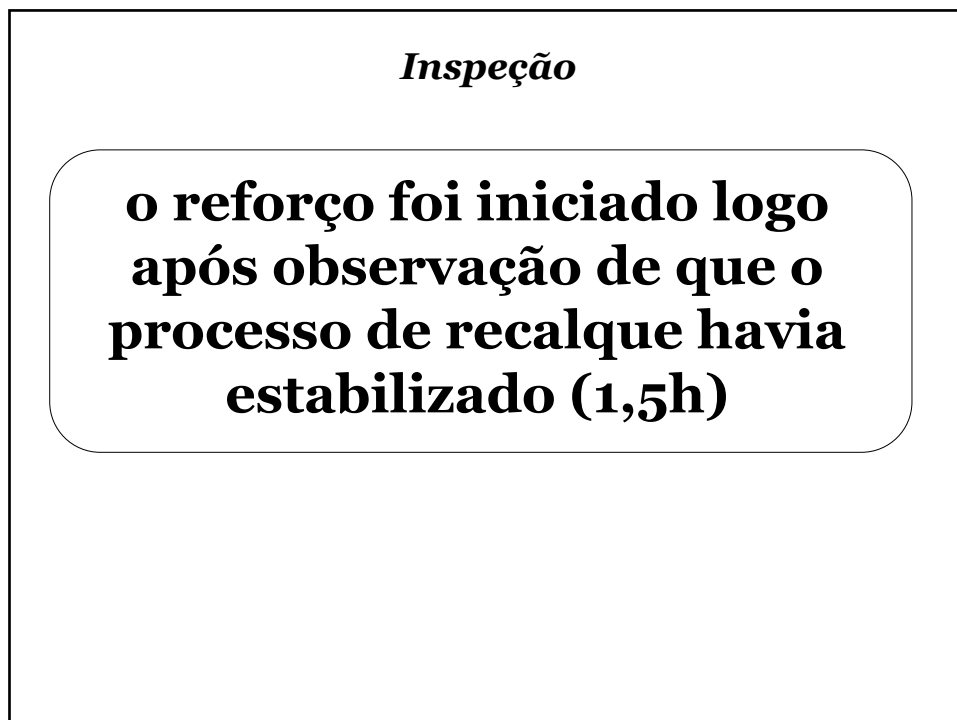
Inspeção

**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

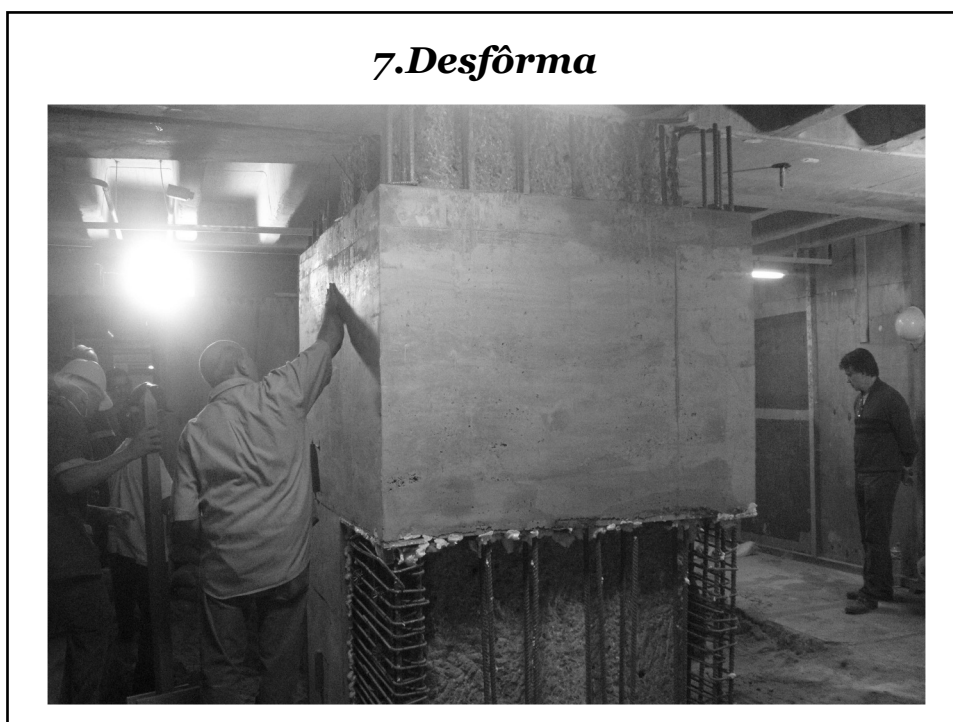
5.Preparação do Graute



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

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

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	+12 %
02	(30 x 50)	22 Ø 12.5	16 Ø 16.0	- 16 %
03	(20 x 100)	48 Ø 16.0	50 Ø 16.0	- 4 %
04	(20 x 100)	24 Ø 16.0	36 Ø 16.0	- 33 %
05	(30 x 50)	24 Ø 12.5	18 Ø 16.0	- 19 %
06	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
07	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
08	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+ 56 %
09	(25 x 80)	28 Ø 16.0	20 Ø 20.0	- 10 %

124

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

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

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



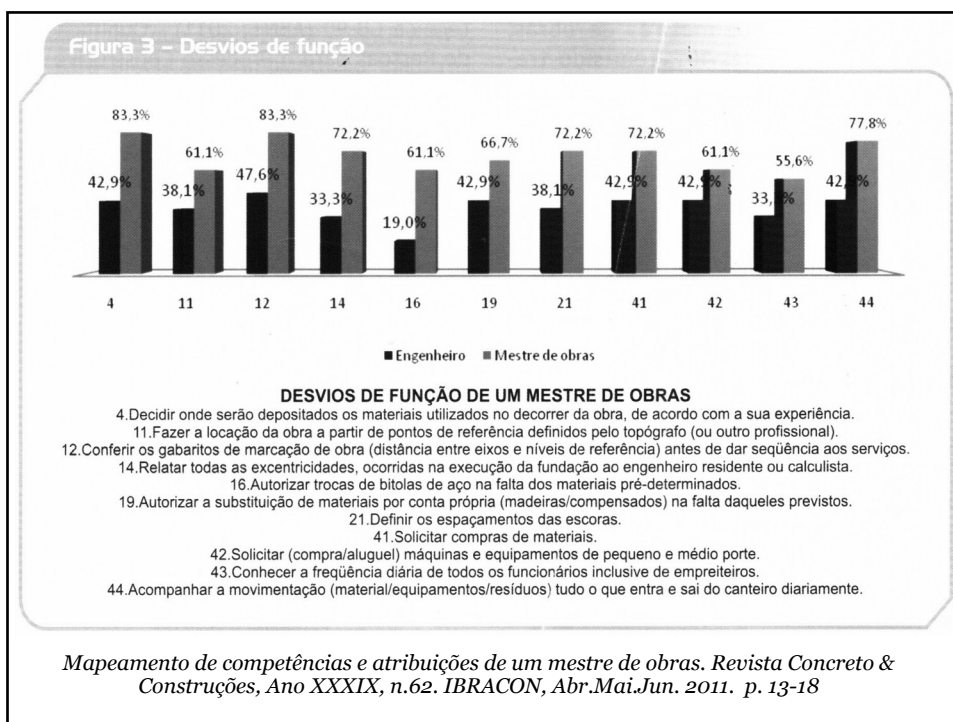
126

Edifício Real Class

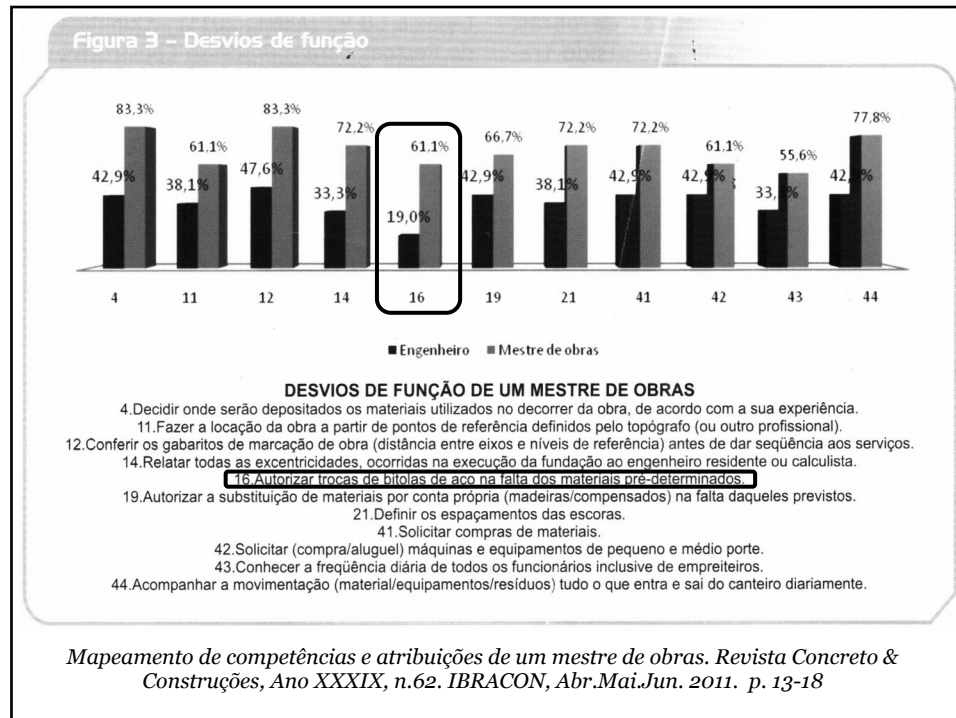



Belém do Pará
34 pavimentos
105m 20.01.2011 35MPa

127



128

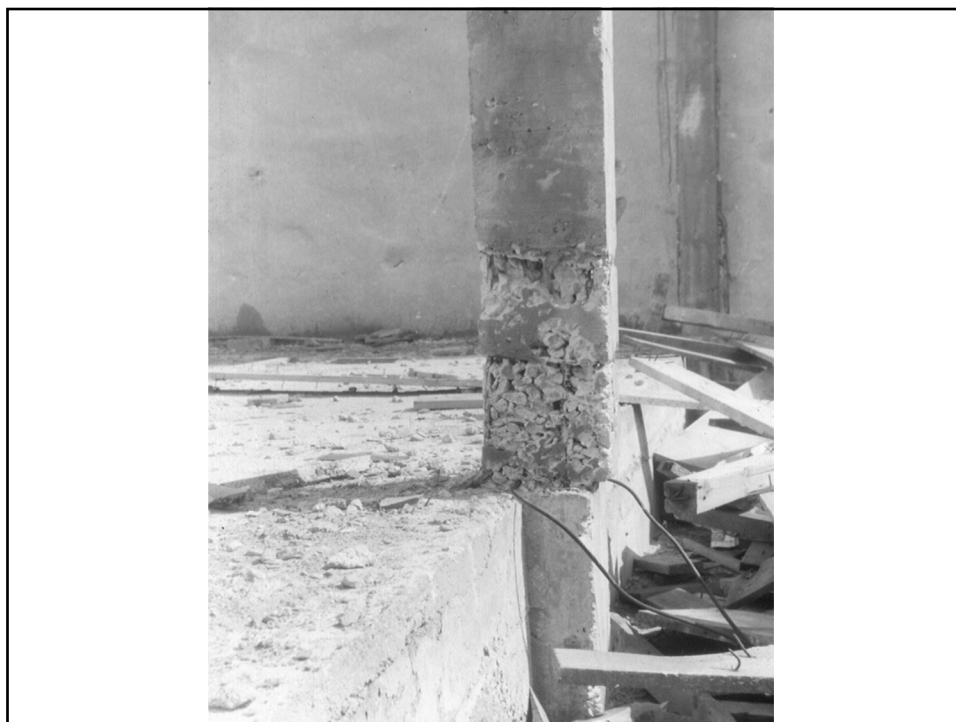


129

Edifício Habitacional

concretagem de pilares *obra nova*

130



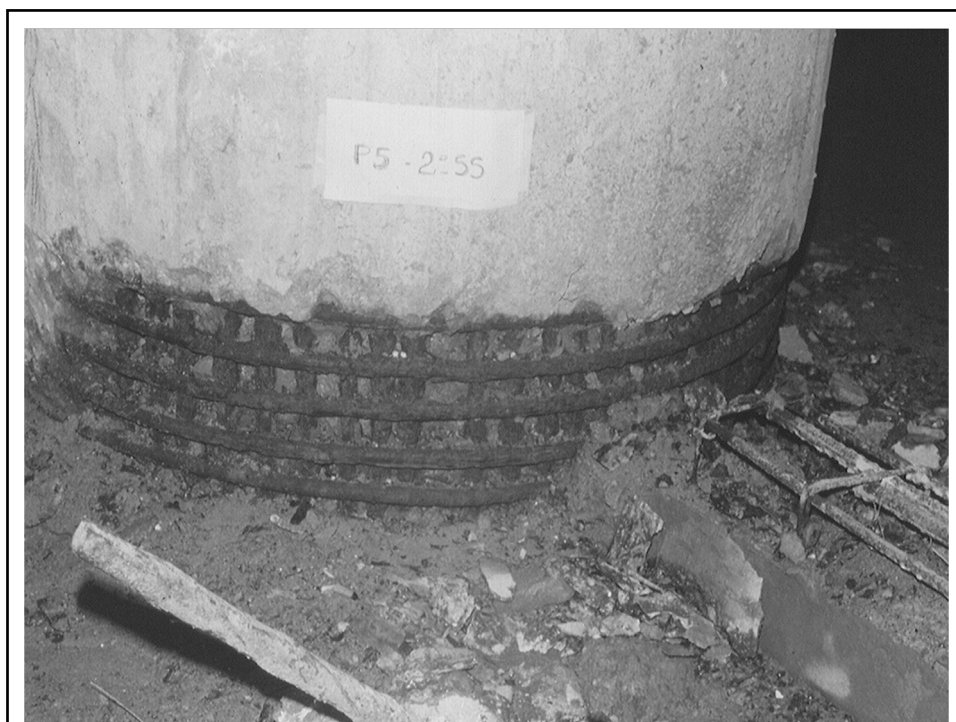
131



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

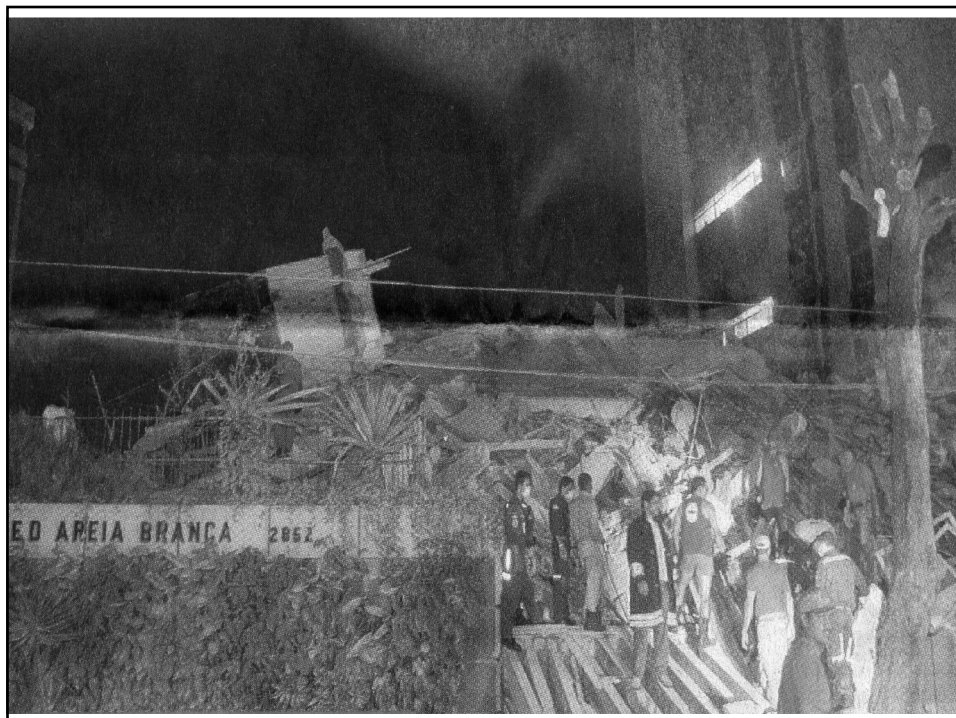
137



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

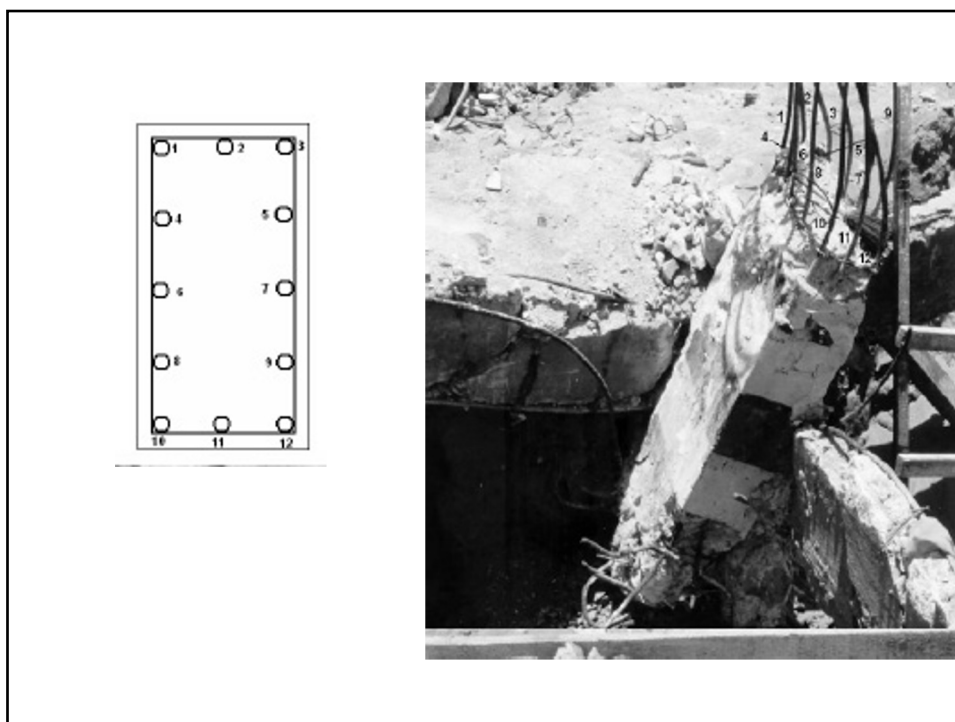
Cronologia:

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

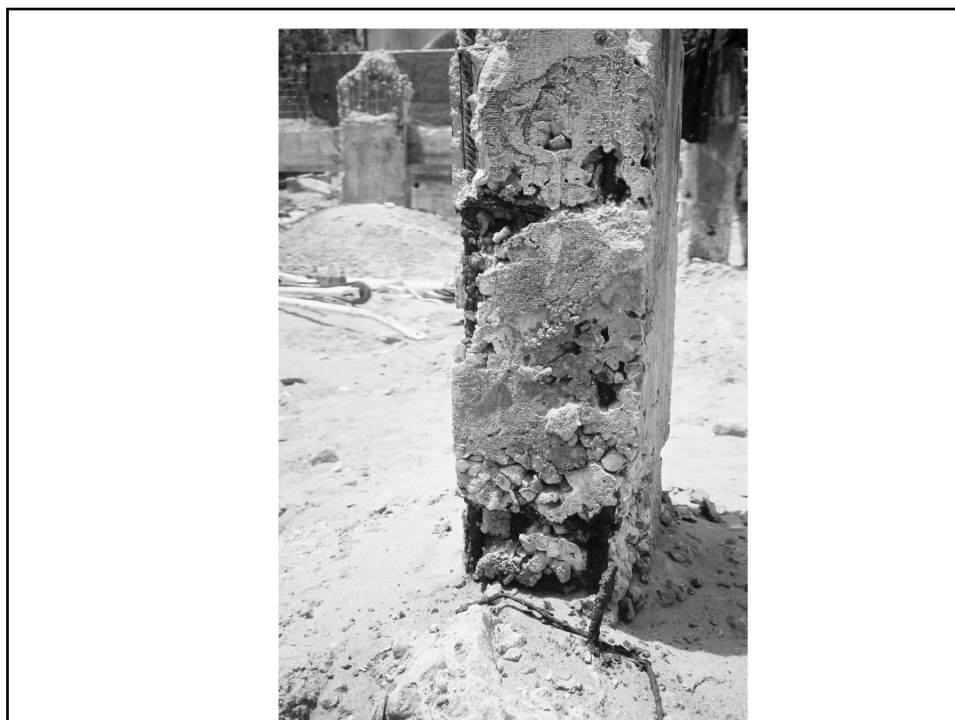
150



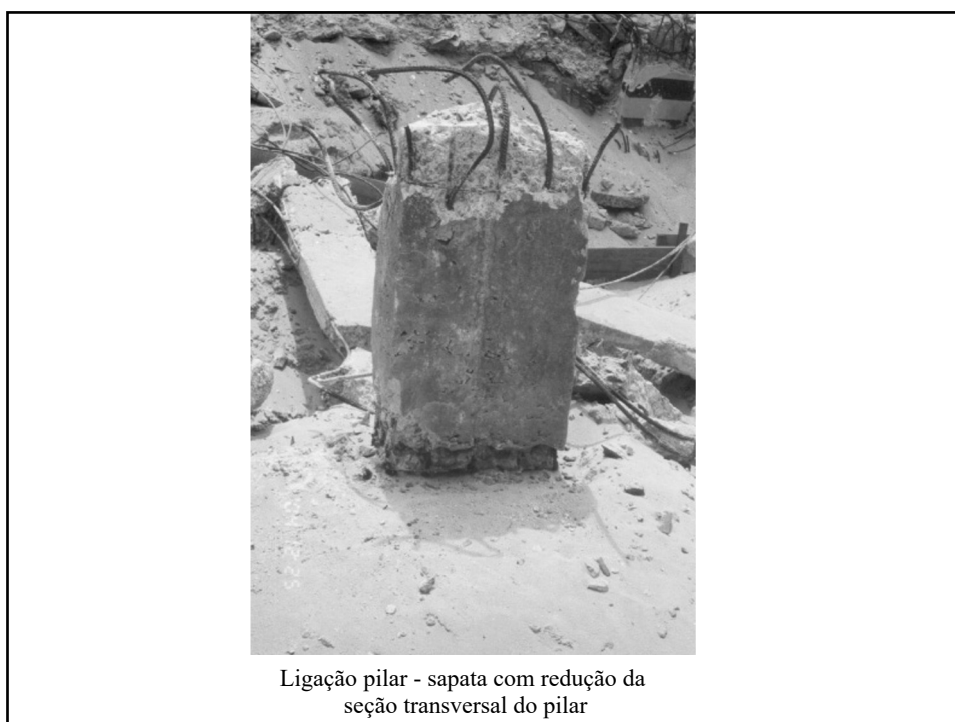
151



152



153



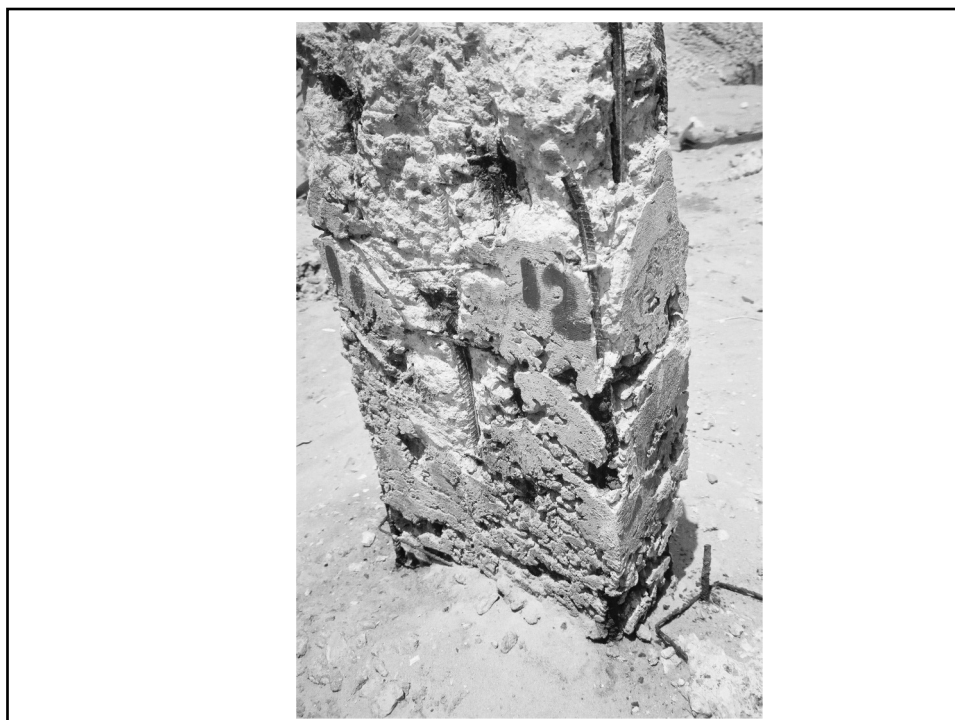
154



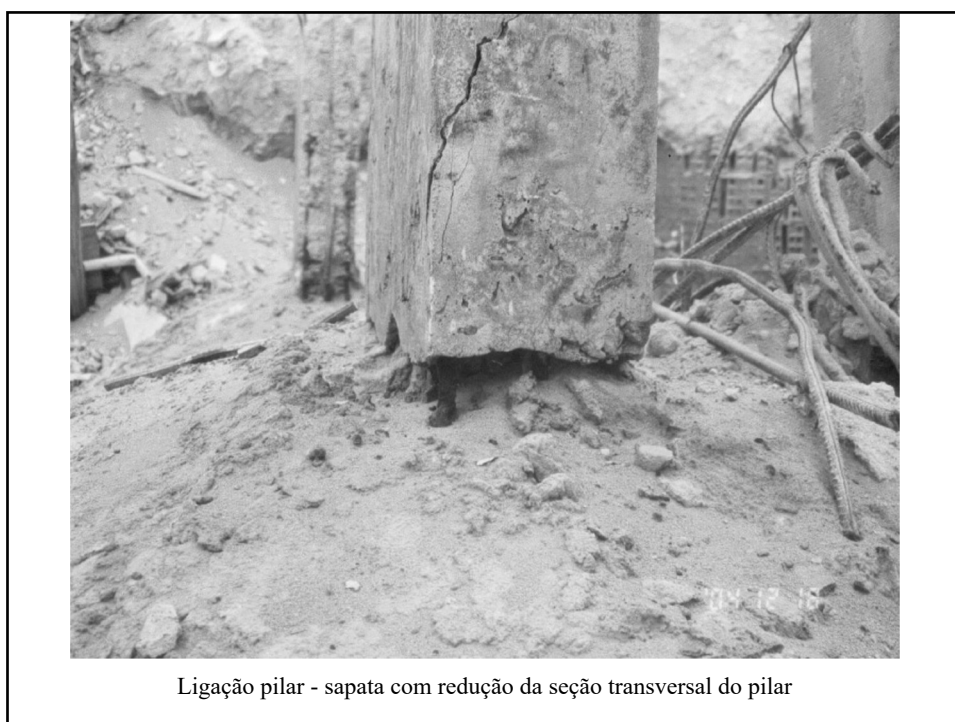
155



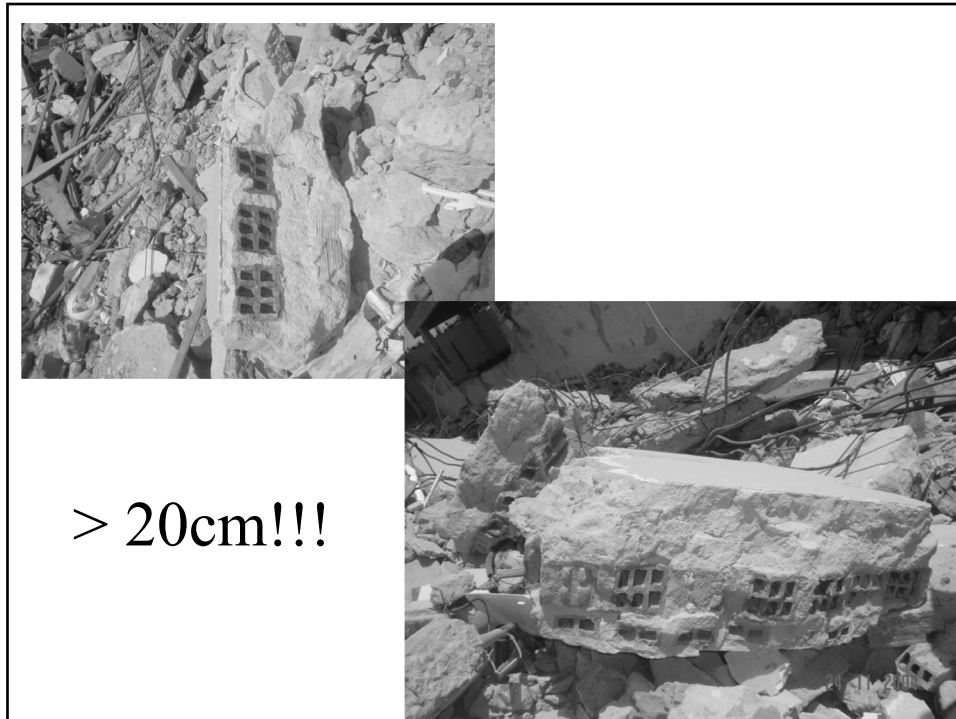
156



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

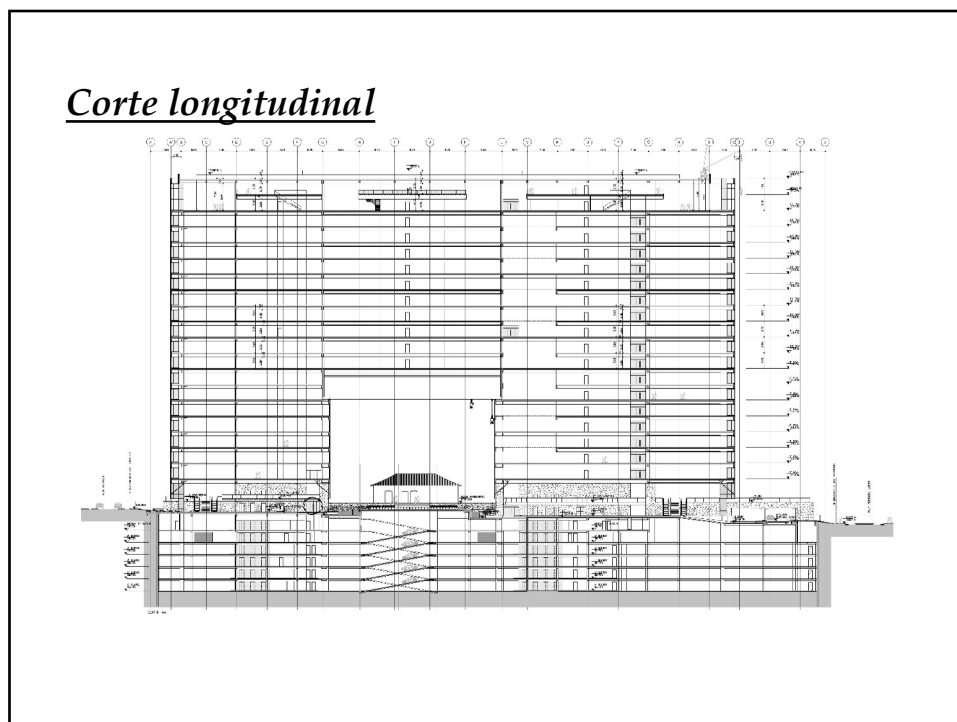
Deve estudar os projetos e
antecipar-se aos problemas!

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



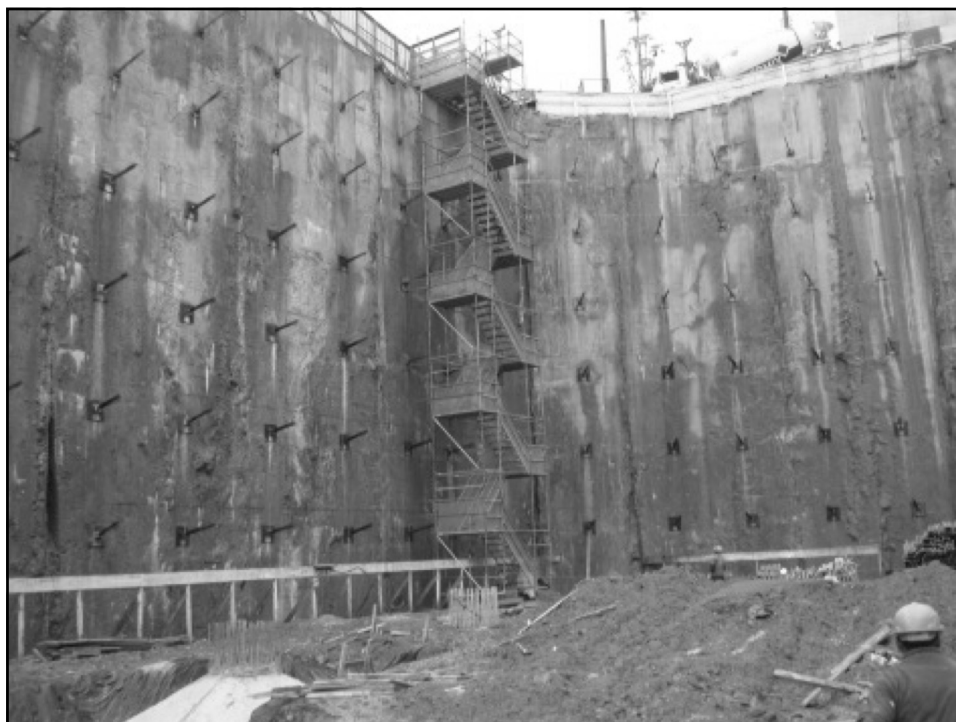
174



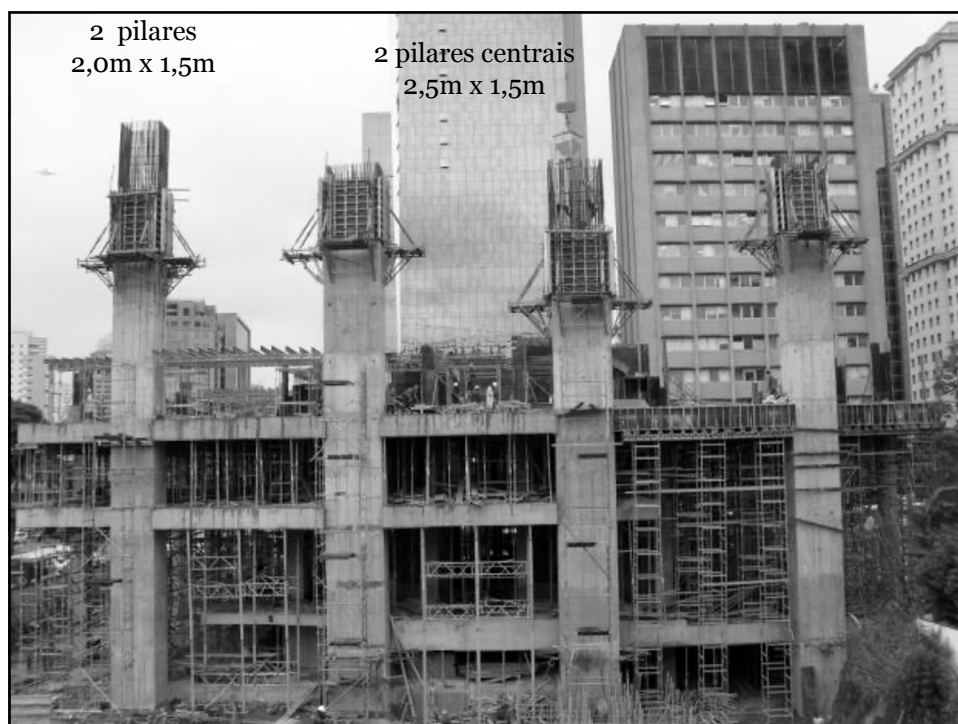
175



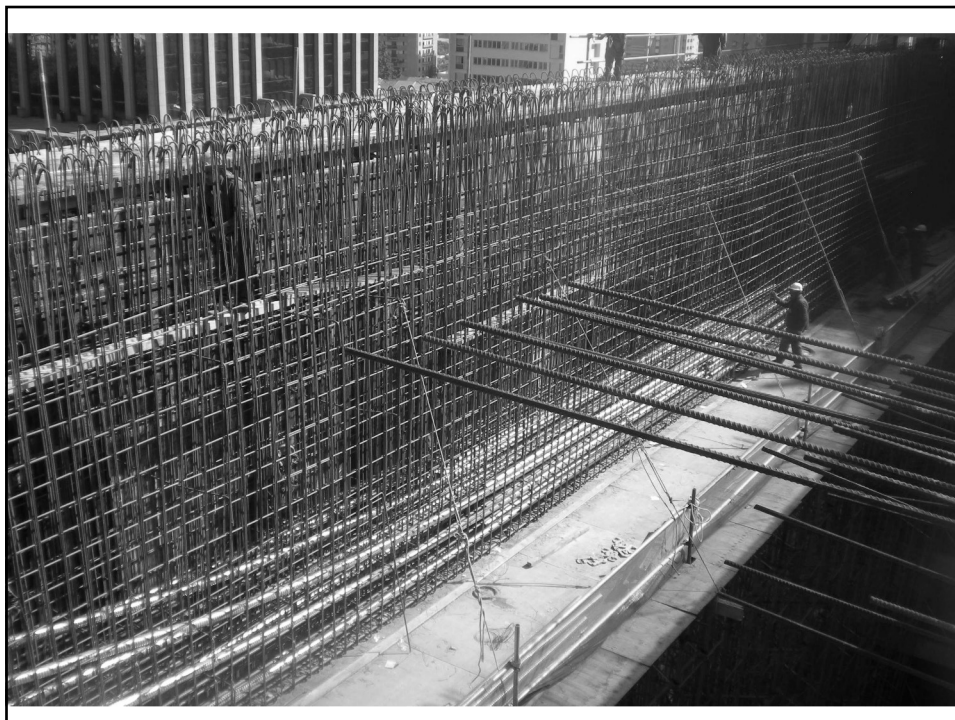
176



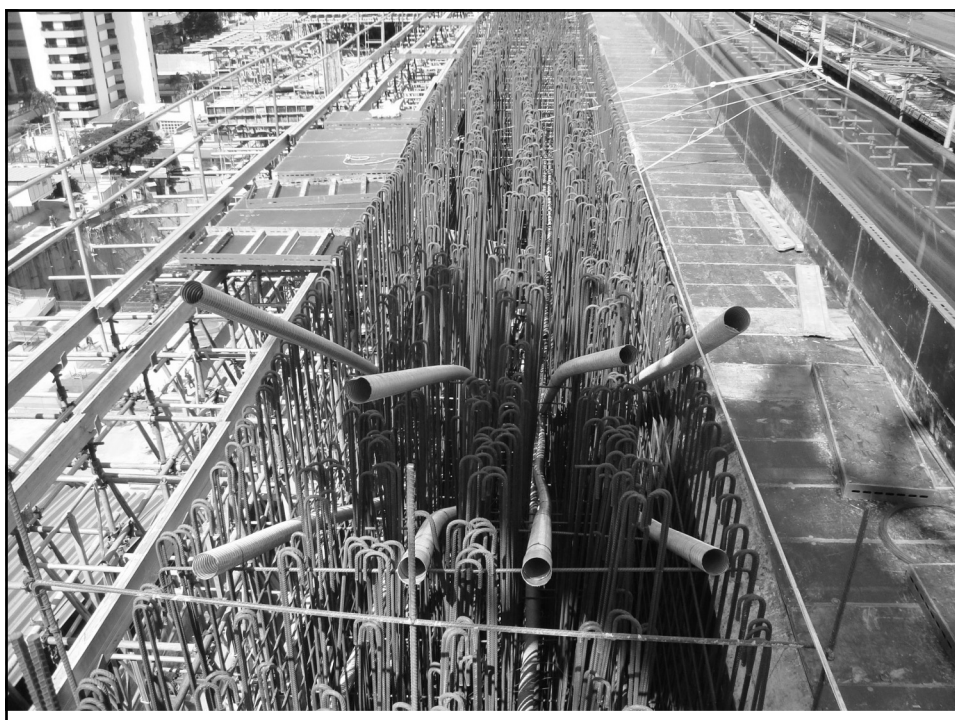
177



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.CP II 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.CP II 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

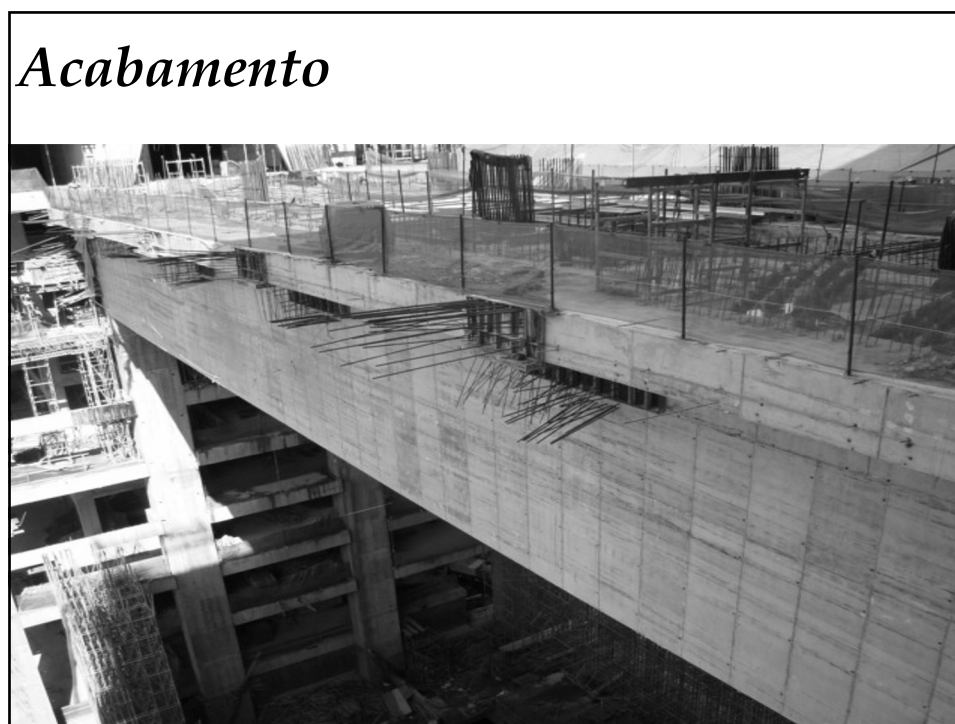
Temperatura de lançamento



é possível ...

189

189



190



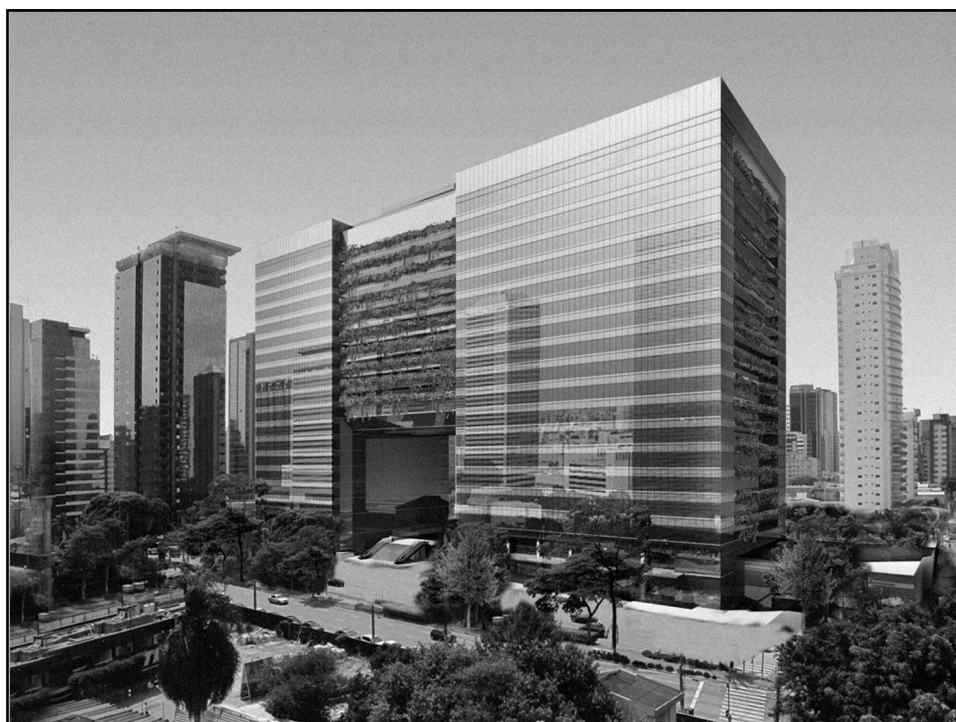
191



192



193



194

Compromiso!

Do your best!

195



196