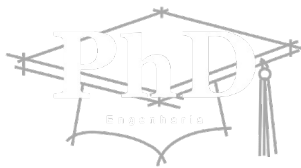




Estructuras de Concreto Lecciones Aprendidas de Accidentes y Fallas



Paulo Helene

*Conselheiro IBRACON
Diretor PhD Engenharia
Membro Red PREVENIR CYTED
fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life
M.Sc. PhD Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
Presidente Asociación Latino Americana de Control de Calidad y Patología
ALCONPAT Internacional*

IBCH

24 de agosto de 2012

Santa Cruz - Bolivia

1

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

PhD Engenharia

2

“Duro” Aprendizaje!

PhD Engenharia

3

“Duro” Aprendizaje!

vitórias/soluções/desafios

PhD Engenharia

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...”

PhD Engenharia

5

✓ Postura dos Organizadores deste evento

✓ com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

PhD Engenharia

6

✓ Postura dos Organizadores

✓ compareço aqui com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

PhD Engenharia

7

✓ Postura dos Organizadores

✓ com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

PhD Engenharia

8

✓ **Postura dos Organizadores**

✓ **com experiência de um
CONSTRUTOR**

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

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

PhD Engenharia

9

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

PhD Engenharia

10



11



12

Reação em cadeia

A queda dos 3 prédios no Centro do Rio

Edifício Liberdade*

Andares: **20**
 Padrão: Comercial*
 Construção: 1940
 Estrutura: **18** pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja
 Empresas: Várias, como no ramo turismo, de traduções e de RH
 Endereço: Avenida 13 de Maio, 44
 *Zelador morava no térreo

Edifício 13 de maio, nº 40

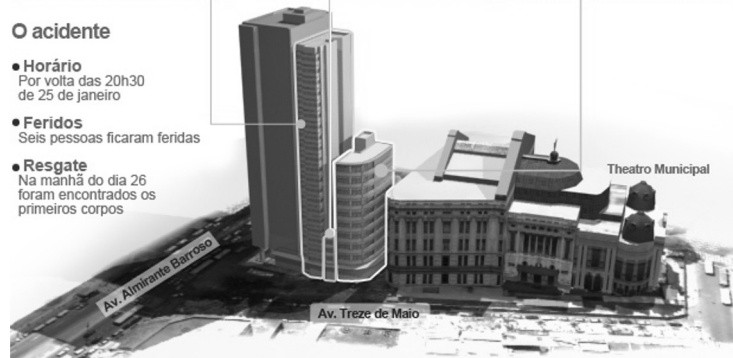
Andares: **4**
 Padrão: Comercial
 Construção: 1938
 Estrutura: **4** pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja
 Empresas: Tinha uma loja de produtos naturais
 Endereço: Avenida 13 de Maio, 40

Edifício Colombo

Andares: **10**
 Padrão: Comercial
 Construção: 1938
 Estrutura: **10** pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja
 Empresas: Agência bancária do Itaú no subsolo
 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

PhD Engenharia

13



-17 mortos no acidente;

Ed. Liberdade – Rio de Janeiro/RJ

26/01/2012

14



15



18



PhD Engenharia

19

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)

Demolição de paredes portantes

PhD Engenharia

20

Colapso

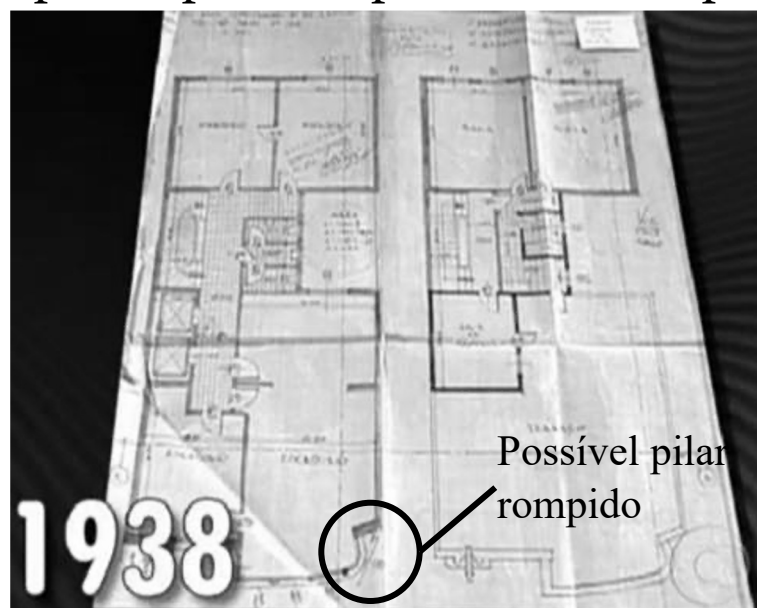
- 1) Parecer encomendado por empresa responsável por reformas: ruptura de pilar frontal do prédio.

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;

21

Colapso: ruptura de pilar frontal do prédio



PhD Engenharia

22

2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais



23

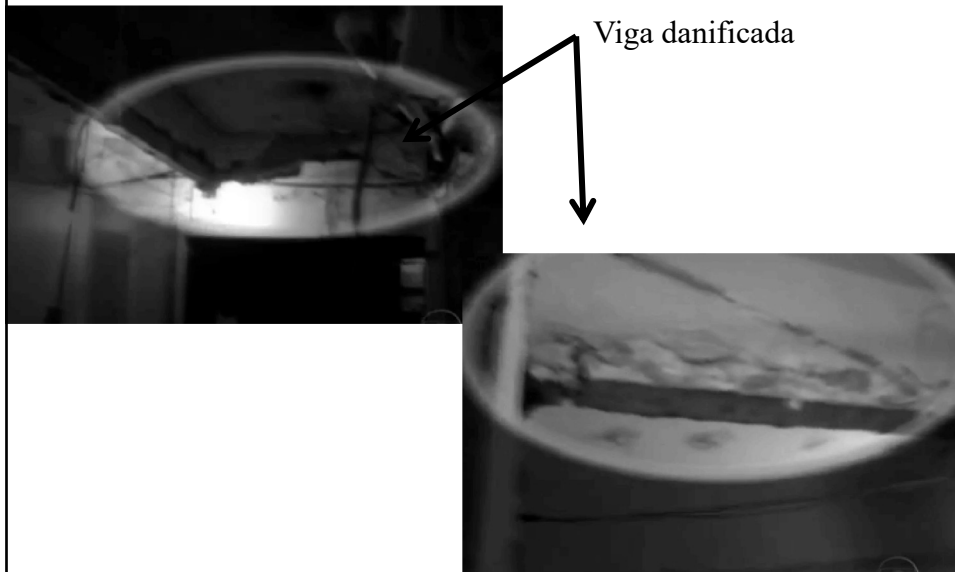
2) Alteração do projeto original



PhD Engenharia

24

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



25

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



26

Avisos da Estrutura

- 1) A filha do zelador disse que não gostava de dormir ali pois o prédio estalava muito à noite;
- 2) Comerciante local viu reboco da fachada deslocar: “...o revestimento da fachada caía frequentemente... pedaços na calçada...”;
- 3) Pedreiro que trabalhava na obra do 9º andar constatou que caía argamassa através do poço de elevador.

PhD Engenharia

27

Avisos da Estrutura

- 4) Usuário do edifício contou que encontrou restos de argamassa na entrada do elevador e que isso era recente
- 5) Zelador e Síndico estavam desconformes com a extensão das reformas...
- 6) Engenheiro disse que eram reformas sem importância e nem precisava de engenheiro no local...

PhD Engenharia

28

ULTIMAS NOTÍCIAS [O Brasil: falar agora em queda e vale R\\$ 1,83 na venda](#)

MAIS EM RIO [Guardas municipais vão virar zeladores do Rio](#) [CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde](#) [Após bate-boca, deputadas agora decidem se calar](#) [Trem e Metrô apresentam problemas](#)

Operários revelaram à polícia que serraram colunas do Edifício Liberdade

Recomendar 272 recomendações. Cadastre-se para ver o que seus amigos recomendam.

Prédio foi um dos três que desabaram no dia 25 de janeiro na Cinelândia, provocando a morte de 17 pessoas e deixando cinco desaparecidas

GUSTAVO SOUZA
ROGÉRIO DIAS
OSCAR MADRUGA

20412 - 23H42
Atualizado: 30/01/2012 - 09:04
Like

Tweet



Avenida Treze de Maio, no local onde desabaram prédios no dia 25 de janeiro (LIDONEX/REPRO/ARQUIVO O GLOBO)

RIO - Depoimentos dados à polícia por operários que trabalharam na reforma do nono andar do Edifício Liberdade, na Cinelândia, mostram que foram derrubados pelo menos um pilar e paredes de concreto armado. O Liberdade foi um dos três prédios que desabaram no dia 25 de janeiro, provocando a morte de 17 pessoas e deixando cinco desaparecidas.

Segundo o depoimento do operário Wanderley Muniz da Silva — a que O GLOBO teve acesso —, “todas as paredes foram derrubadas, à exceção das da sala dos arquivos da T.O. e de parte da parede que divide as salas do lado esquerdo do banheiro”. Wanderley diz que o andar “virou

PUBLICIDADE

para diferentes perfis, um tipo de assinatura.

ULTIMAS NOTÍCIAS DE RIO

[Trem e Metrô apresentam problemas nesta manhã](#)

[Guardas municipais vão virar zeladores do Rio](#)

[CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde](#)

[Após bate-boca, deputadas agora decidem se calar](#)

[Polícia apura vazamento de relatório sobre Rocinha](#)

Siga @OGlobo_Rio

O Globo on Facebook
Like 293,415

PhD Engenharia

29

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.

Além disso os edifícios estão envelhecendo...

Não há Justiça sem um Advogado e ...

...Não há segurança sem um Engenheiro!

PhD Engenharia

30

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

31



Ed. Senador – São Bernardo do Campo/SP

Dia seguinte ao acidente

32



33

Possíveis causas

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

PhD Engenharia

34

Implosão sem dinamite



PhD Engenharia

40

Cabo de corte?



41

Estrutura preparada

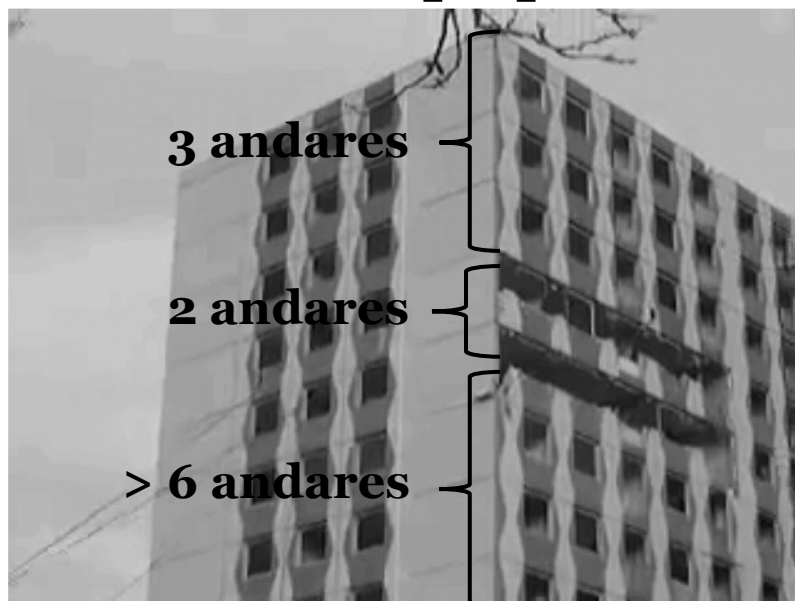
-Nota-se que toda a estrutura do prédio foi preparada para o evento:

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.

PhD Engenharia

42

Estrutura preparada



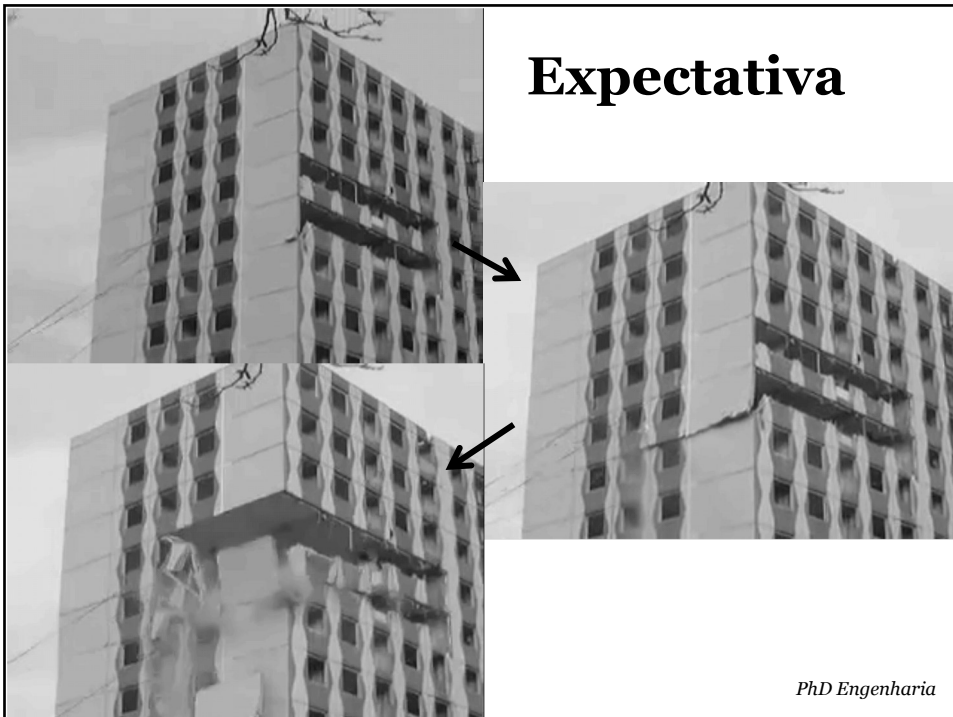
43

Estrutura preparada



44

Expectativa



45

Sucesso: implosão perfeita!



Parte do
edifício intacta



46

Isso vai dar certo???



47

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



48

Edifício Comercial

2009

fisuras em losas

obra nova

PhD Engenharia

49



50



Diagnóstico:
Mal posicionamento de armadura
negativa das lajes adjacentes, sobre as
vigas, devido a pisoteio durante a
concretagem

PhD Engenharia

51



52



53

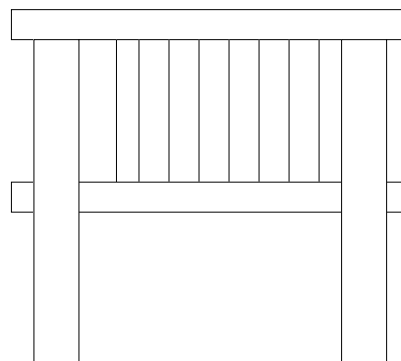


54

laje+vigas com espessura média de
22cm \rightarrow 550kg/m²

dimensionada para 150kg/m²

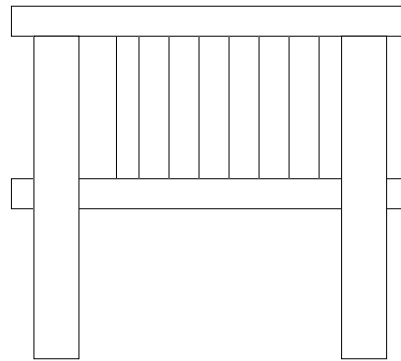
1 ano de idade



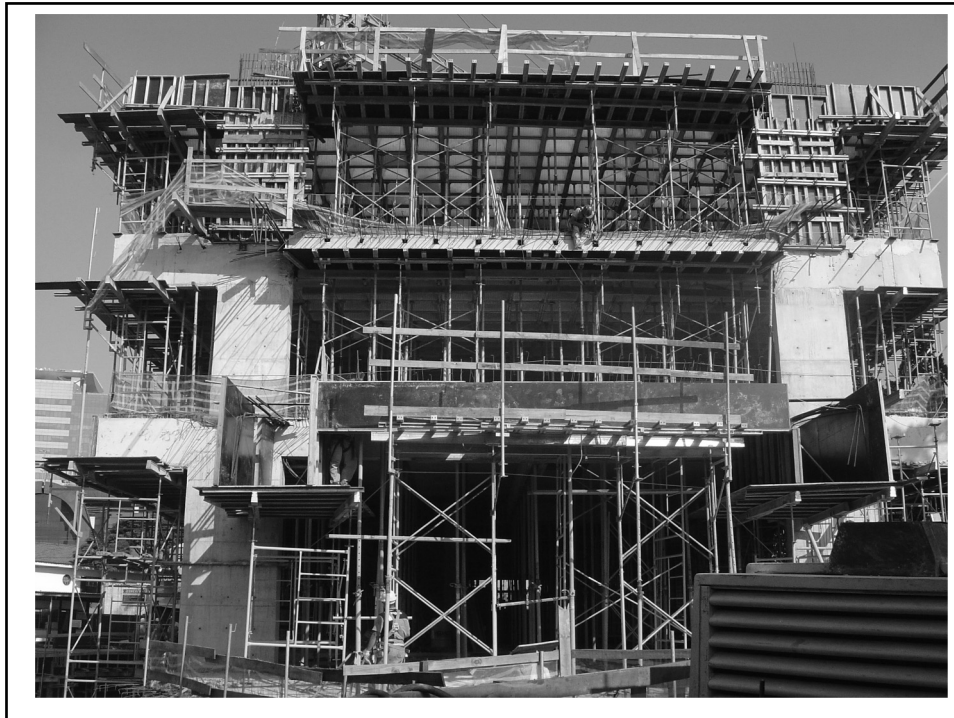
55

tem o módulo; tem o *fck*
mas não foi dimensionada
para essa carga

1 ano de idade



56



57

***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**

PhD Engenharia

58



59



faixa mais escura e ainda úmida onde possivelmente há a presença de concreto "pobre"

Base do Tanque

60



Faixa mais escura e ainda úmida onde possivelmente há a presença de concreto "pobre"

Base do Tanque

61

- o Motorista não percebeu?
- quem realizou o controle de aceitação do concreto deixou passar?
 - o bombista não reclamou?
- o Mestre de obras não percebeu?
 - o Engenheiro viu?

**OMISSÃO
IGNORÂNCIA
FALTA de COMPROMETIMENTO**

PhD Engenharia

62

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...**

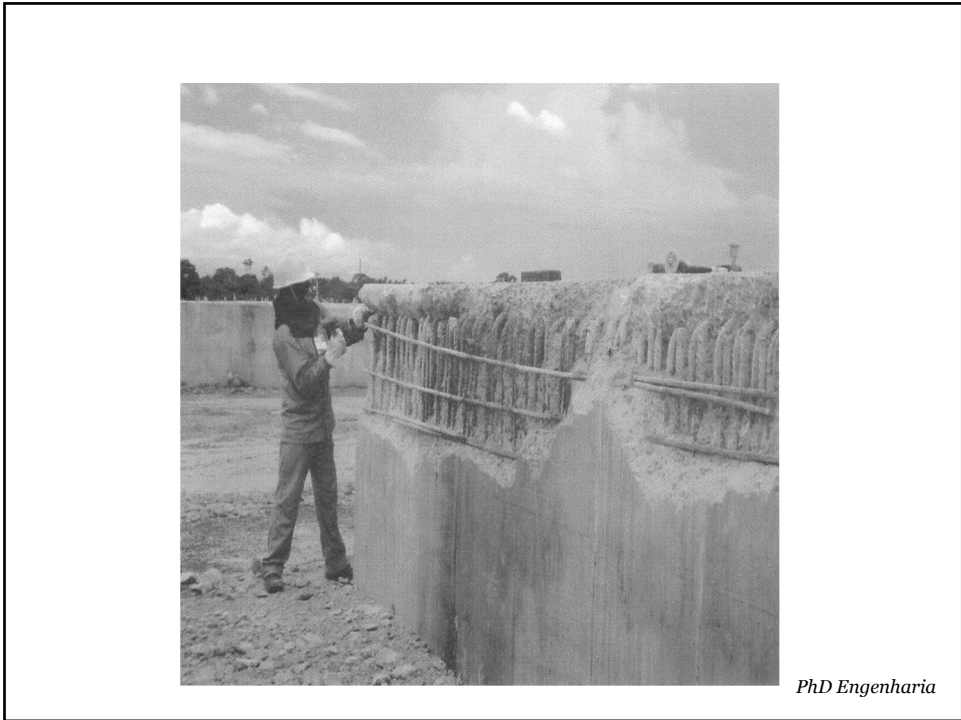
PhD Engenharia

63



PhD Engenharia

64



PhD Engenharia

65



66

Irresponsabilidade ou Incompetência?

Caso 2:

edifício da Diretoria da Construtora

8^o andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

PhD Engenharia

68



69



70



71



72



73



74



75



76



77

- **o Motorista não percebeu?**
- **quem realizou o controle de aceitação do concreto deixou passar?**
 - **o bombista não reclamou?**
- **o Mestre de obras não percebeu?**
 - **onde estava o Engenheiro?**

**OMISSÃO
IGNORÂNCIA
FALTA de COMPROMETIMENTO**

PhD Engenharia

78



79



80

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.

PhD Engenharia

81

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.

PhD Engenharia

82

seria um caso
de sabotagem
??? !!!

PhD Engenharia

83

Dados do Edifício:

36 pavimentos + 5 subsolos

Edifício em uso há 1 ano

Fissurou 18 andares

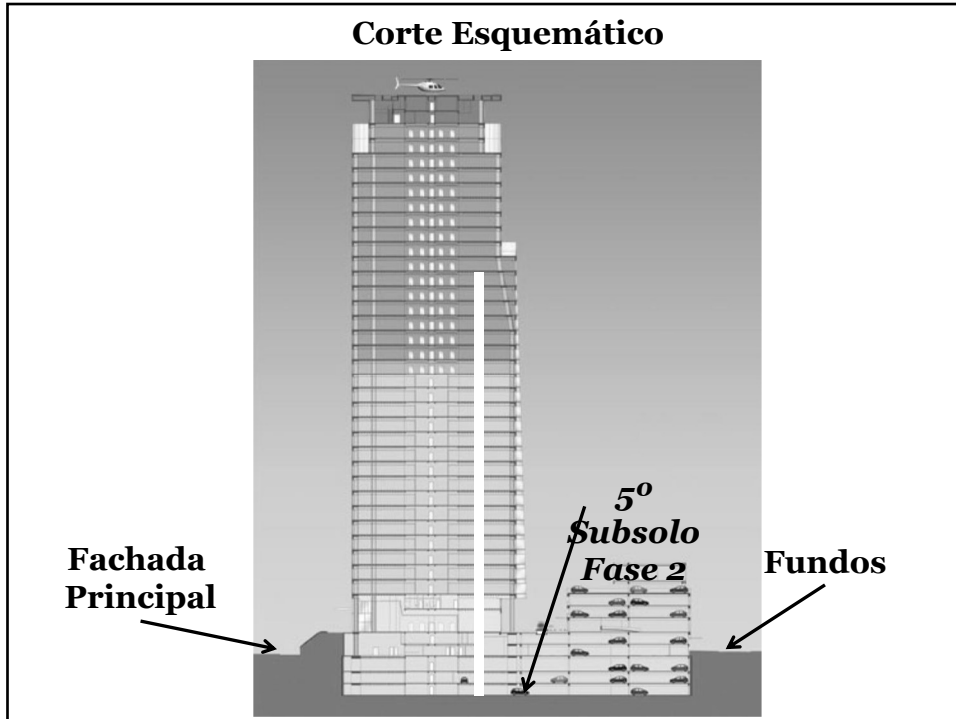
Pilar P1 Esforços de projeto:

Normal: 1.253tf

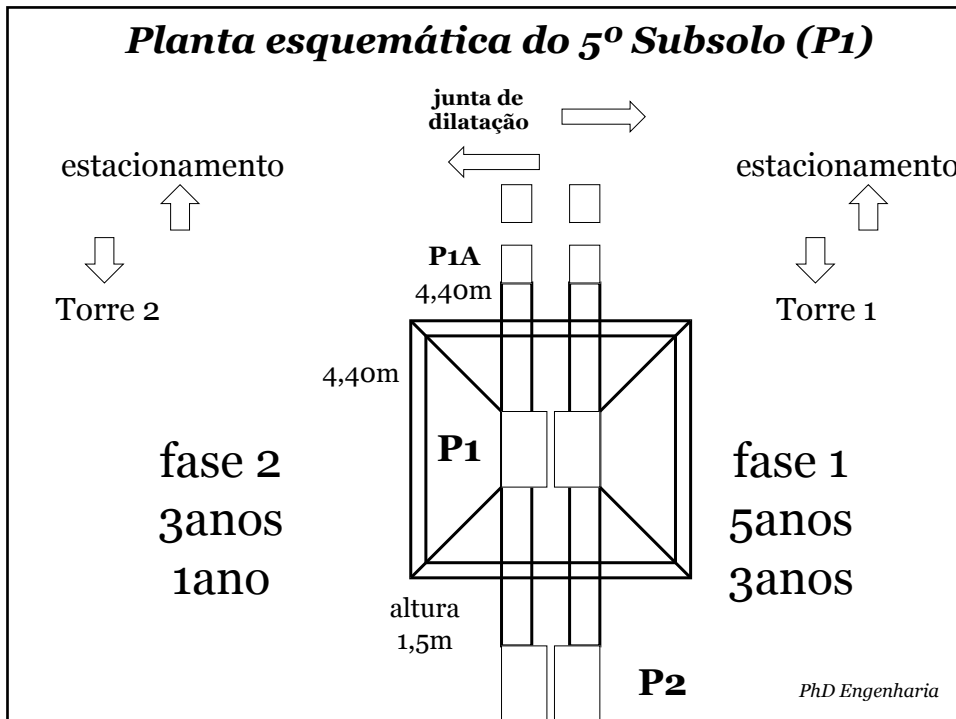
Mx: 55tf.m

My: 8tf.m

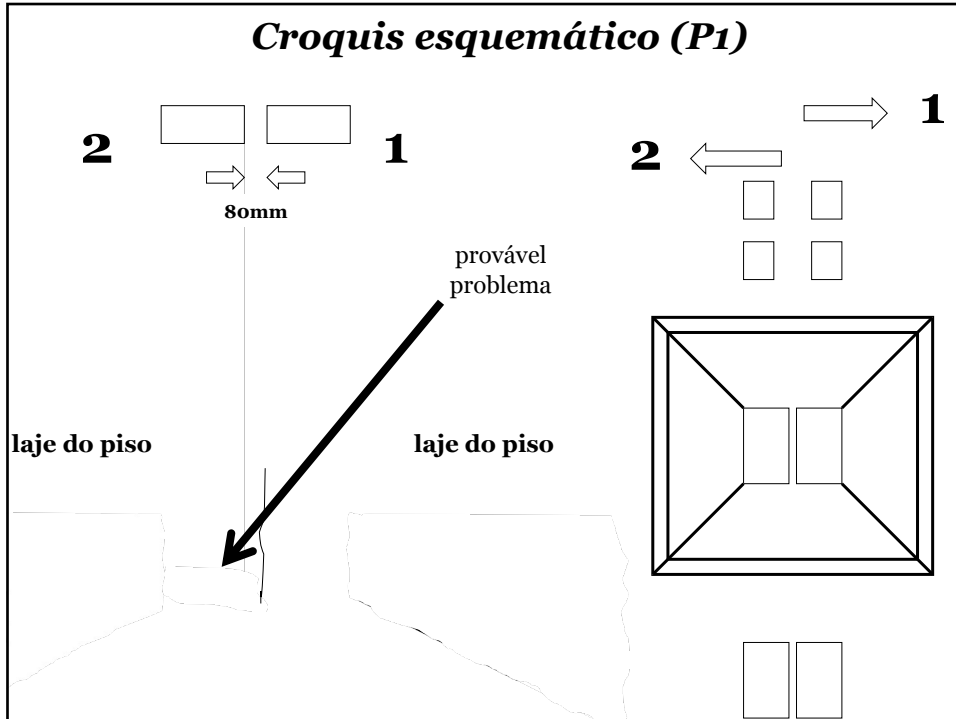
84



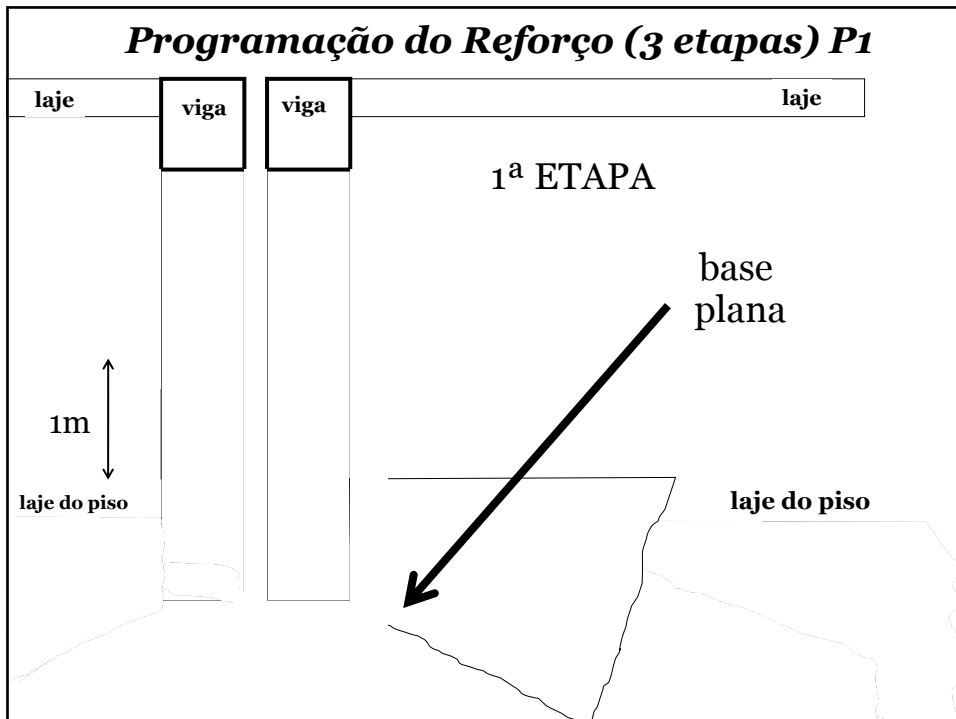
85



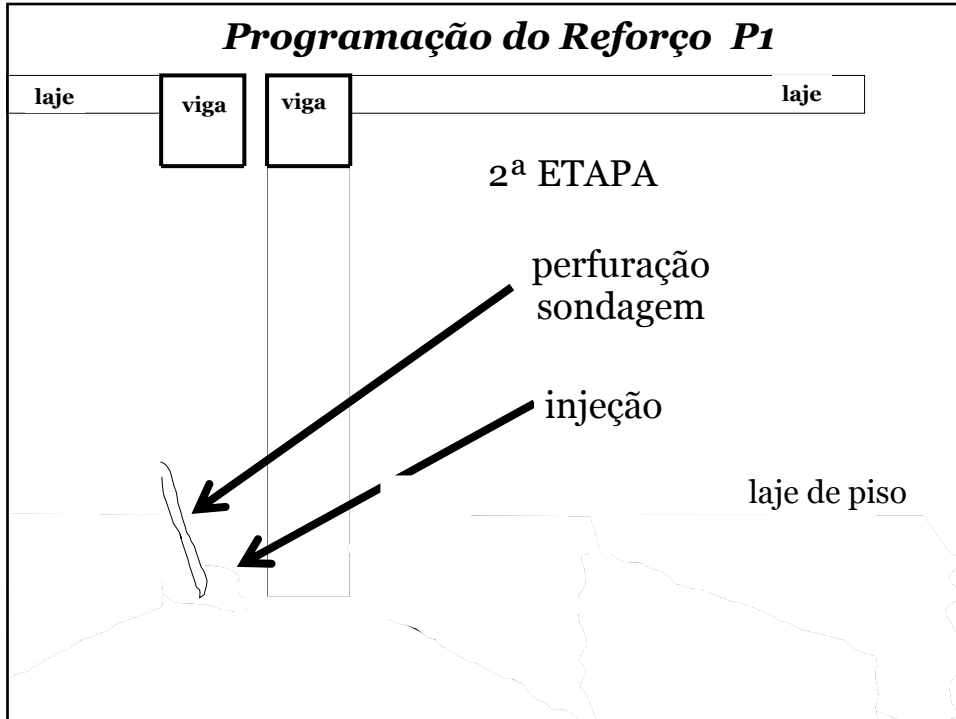
86



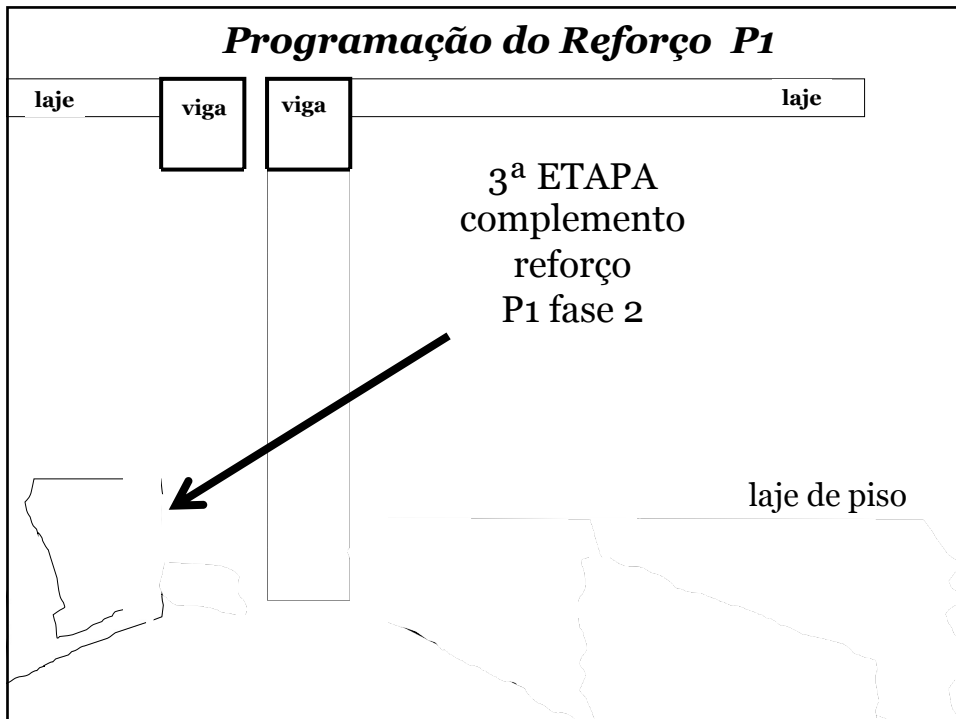
87



88

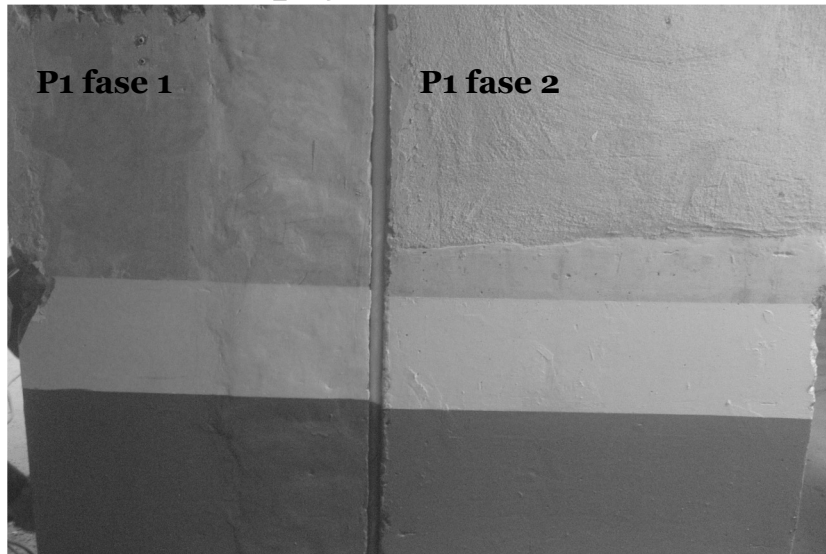


89



90

Inspeção / Evidências

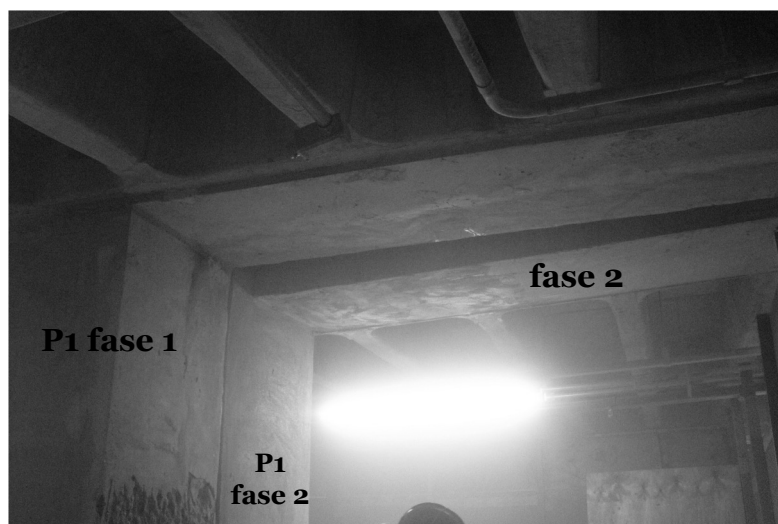


Desnivelamento

PhD Engenharia

91

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

PhD Engenharia

92

Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

PhD Engenharia

93

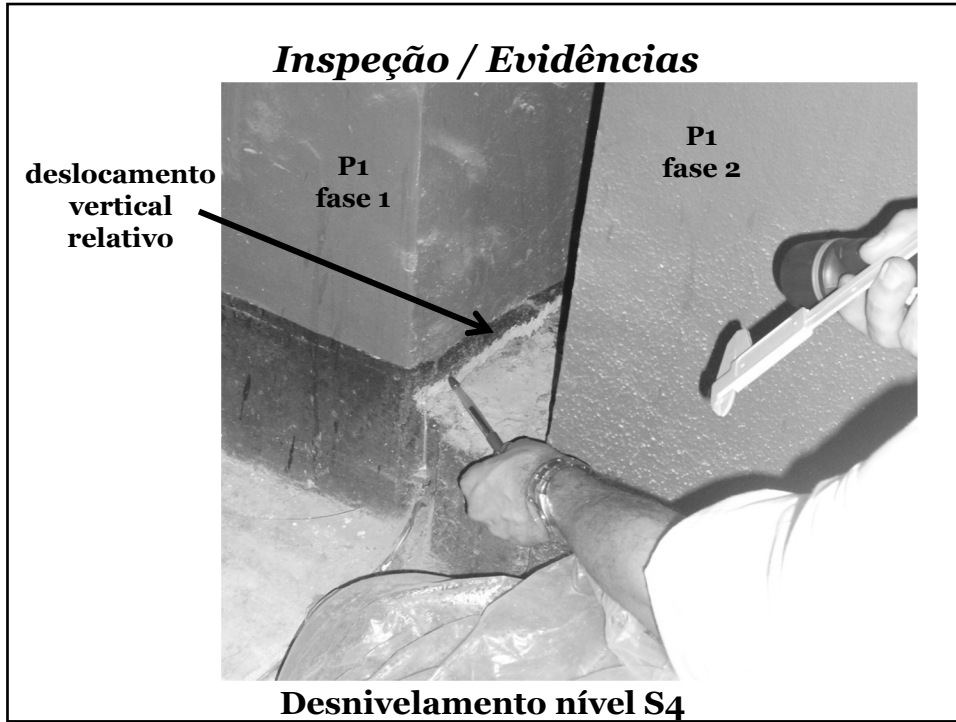
Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

PhD Engenharia

94



95



96

Inspeção / Evidências



Desnivelamento nível S3

PhD Engenharia

97

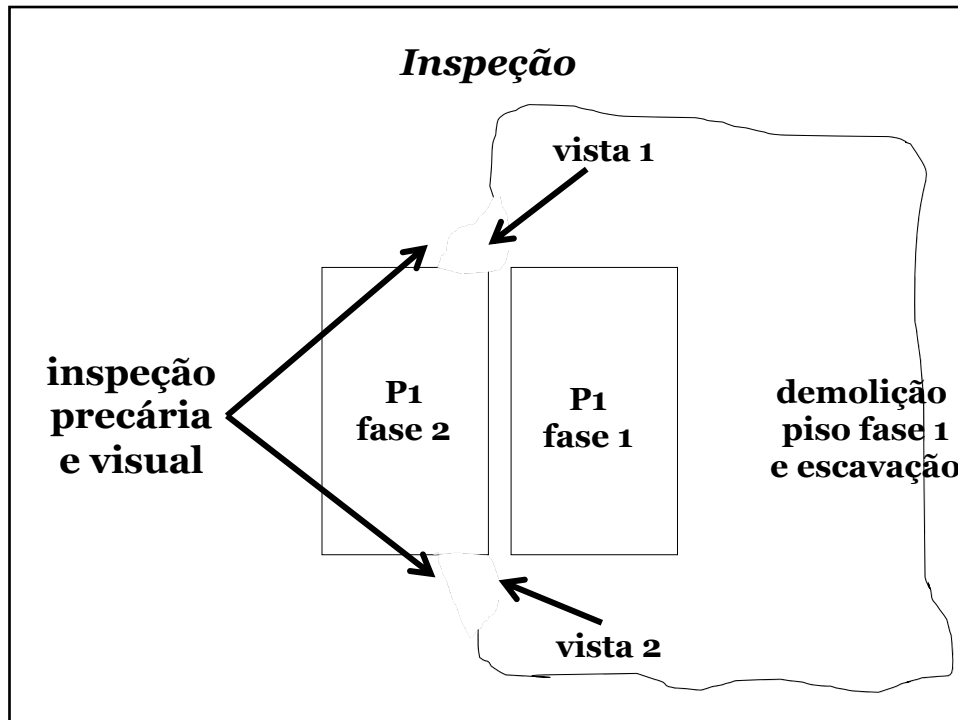
Inspeção / Evidências



Desnivelamento e fissuras em vigas

PhD Engenharia

98



99



100

Inspeção



Escavação Piso fase 1

101

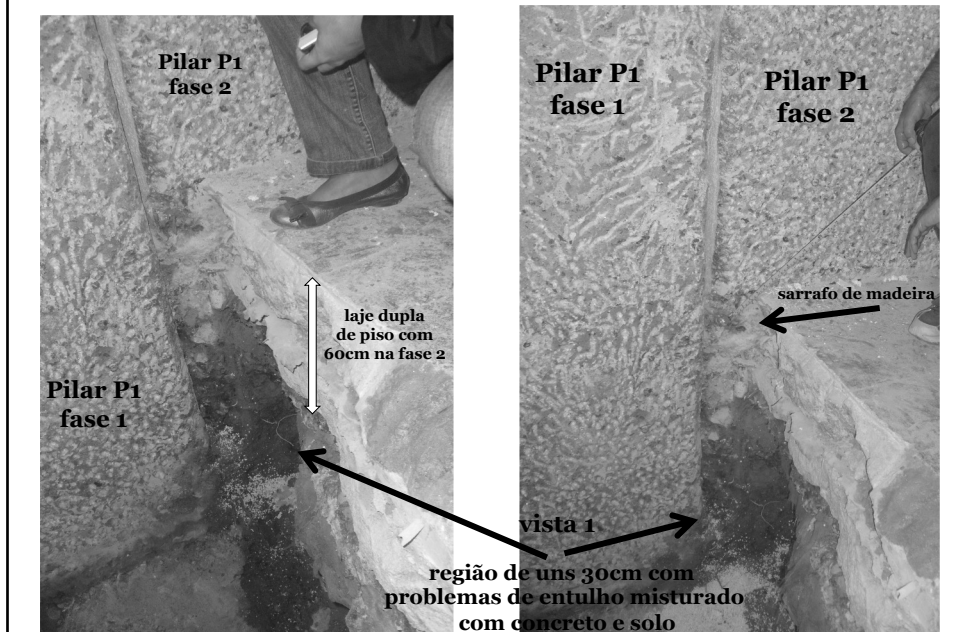
Inspeção



Escavação Piso fase 1

102

Inspeção / Diagnóstico preliminar

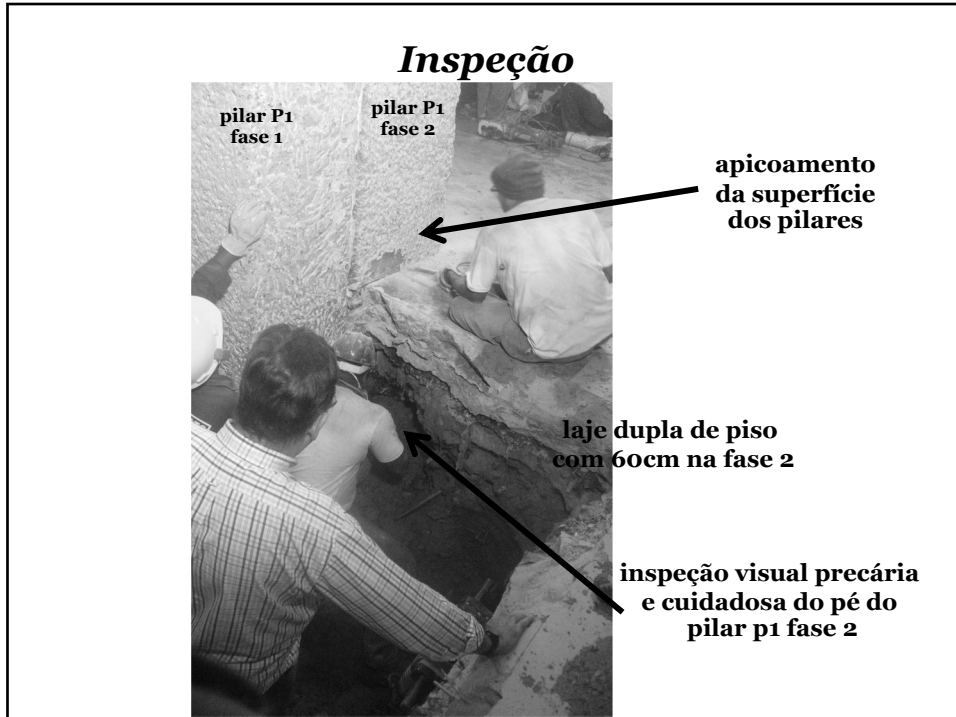


103

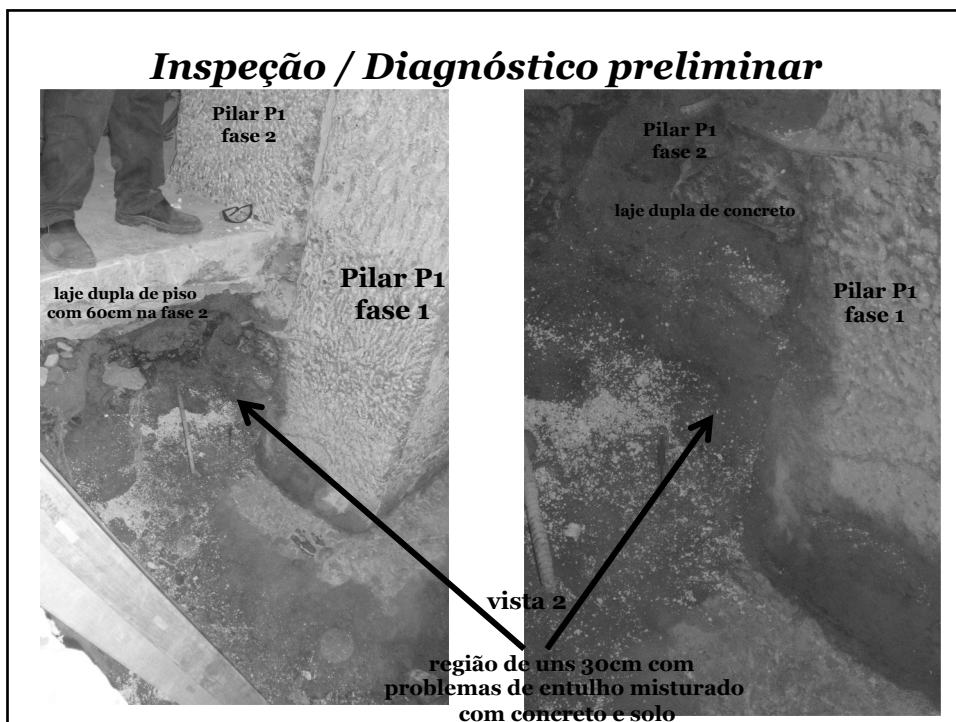
Inspeção



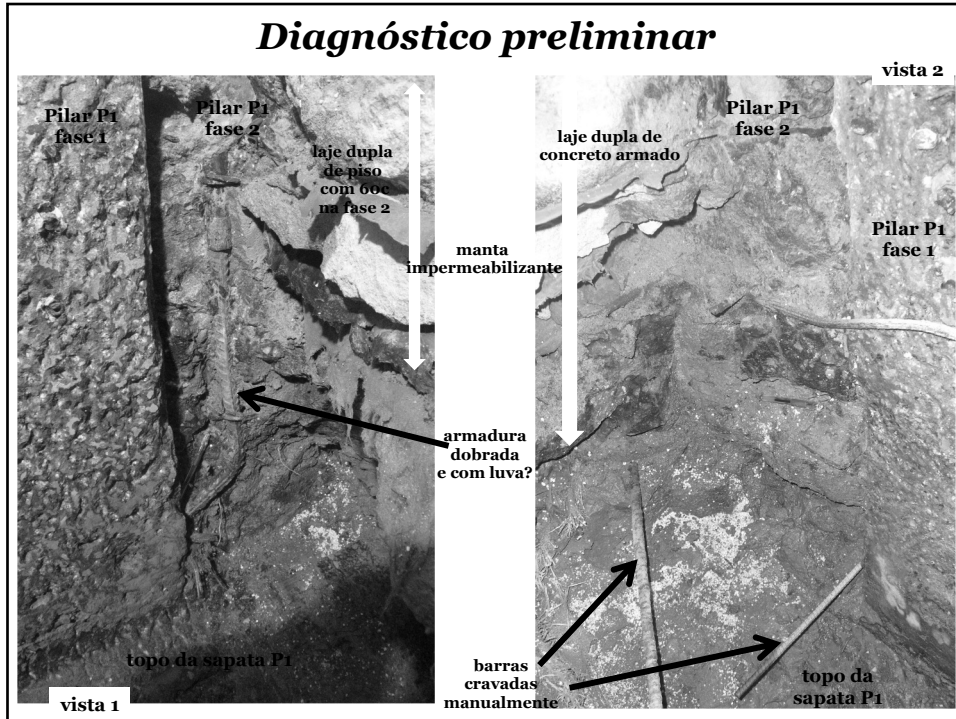
104



105



106



107



108

Inspeção

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

109

Inspeção



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

110

Inspeção

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

111

Inspeção



**colagem de plaquetas de
vidro 2mm para controle
de eventual movimento
de fissuras**

112

Inspeção

o reforço foi iniciado logo após observação de que o processo de recalque havia estabilizado (1,5h)

113

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.

114

Preparação da fôrma



115

Preparação do Graute



116

Preparação do Graute



PhD Engenharia

117



118



119



120



121



122



123



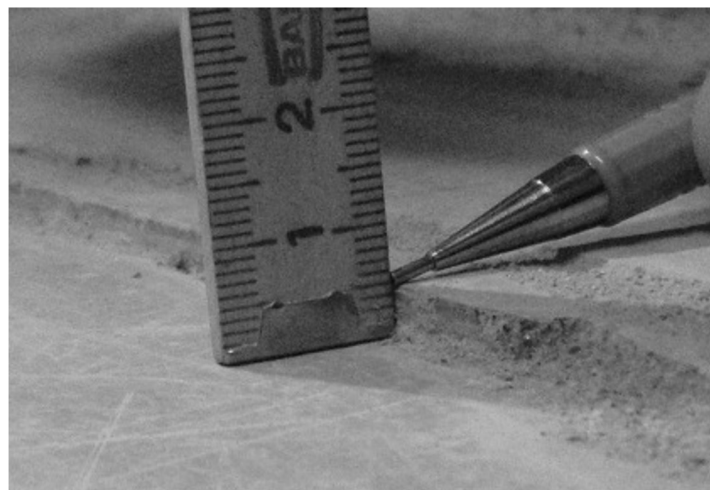
124

Após concretagem piso desceu 4mm



125

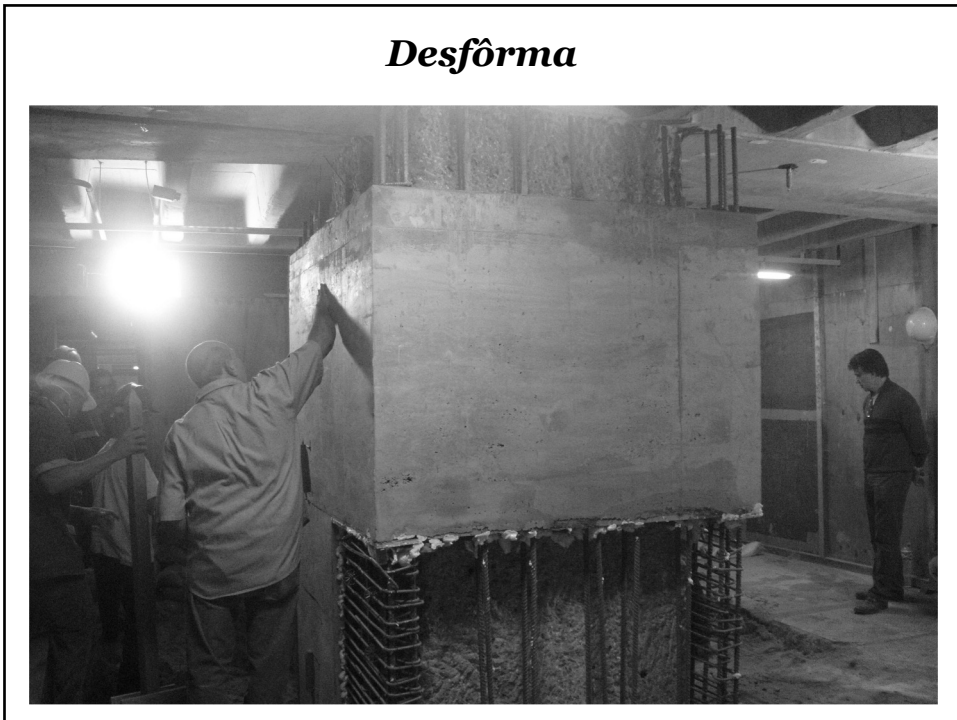
Após concretagem piso desceu 4mm



126



127



128

Pilar P1 acabado



129

Controles

PhD Engenharia

130



131



132

Resistência a Compressão Axial

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

PhD Engenharia

133

***Hipóteses
prováveis...***

134

Hipóteses prováveis...

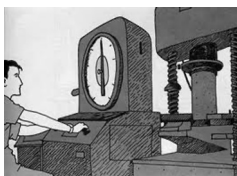


135

A origem e os intervenientes



**projetista
estrutural**



**tecnologista
de concreto**



**fornecedor do
material**



**construtor
(execução)**

***atribuição de responsabilidades
NBR 12655:2006***

PhD Engenharia

136

Edifício Habitacional

armadura de

pilares

obra nova

PhD Engenharia

137



138



139



140

Cabeça de pilar sem
ganchos transversais
nem estribos



141



142



143



144

Qual o papel do Construtor?

PhD Engenharia

145

- ✓ Tornar realidade um Projeto
- ✓ Compatibilizar sonhos (projetos)
- ✓ Realizar expectativas
- ✓ Liderar operários (dar o exemplo, saber fazer, dar importância ao que eles fazem)
- ✓ Não é gerenciar, nem projetar!

PhD Engenharia

146

terceirizar um
serviço ≠
terceirizar
responsabilidade

PhD Engenharia

147

**outro caso
desastroso!**

PhD Engenharia

148

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 %

PhD Engenharia

149

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.

150



151

Edifício Real Class

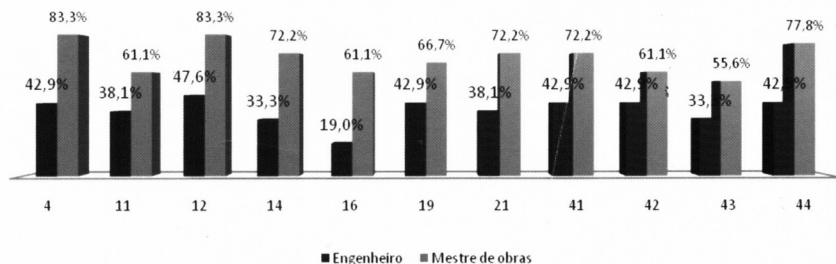


Belém do Pará
34 pavimentos
105m 20.01.2011 35MPa

PhD Engenharia

152

Figura 3 – Desvios de função



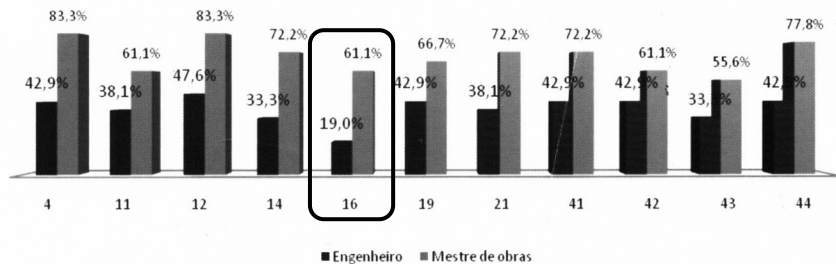
DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a frequência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18

153

Figura 3 – Desvios de função



DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a frequência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18

154

Edifício Habitacional

concretagem
de pilares
obra nova

PhD Engenharia

155



PhD Engenharia

156



157



PhD Engenharia

158



159



160

CONSTRUTOR

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

PhD Engenharia

161

Edifício Areia Branca

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

PhD Engenharia

162



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

163



164



Escombros - manhã seguinte do desabamento

PhD Engenharia

165



166



167

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.

168



Vista geral do subsolo

169



Trinca na viga do teto do subsolo junto a cisterna

170



Vista geral do reservatório inferior (cisterna) e alagamento

171



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela Defesa Civil

172

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

173



174

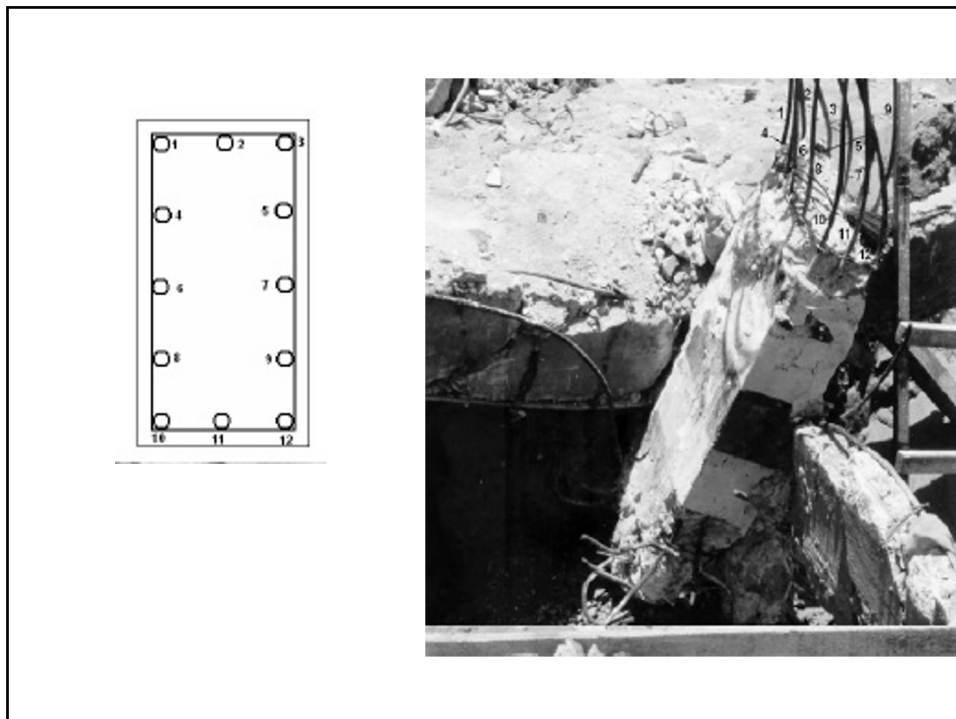
Cronologia:

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

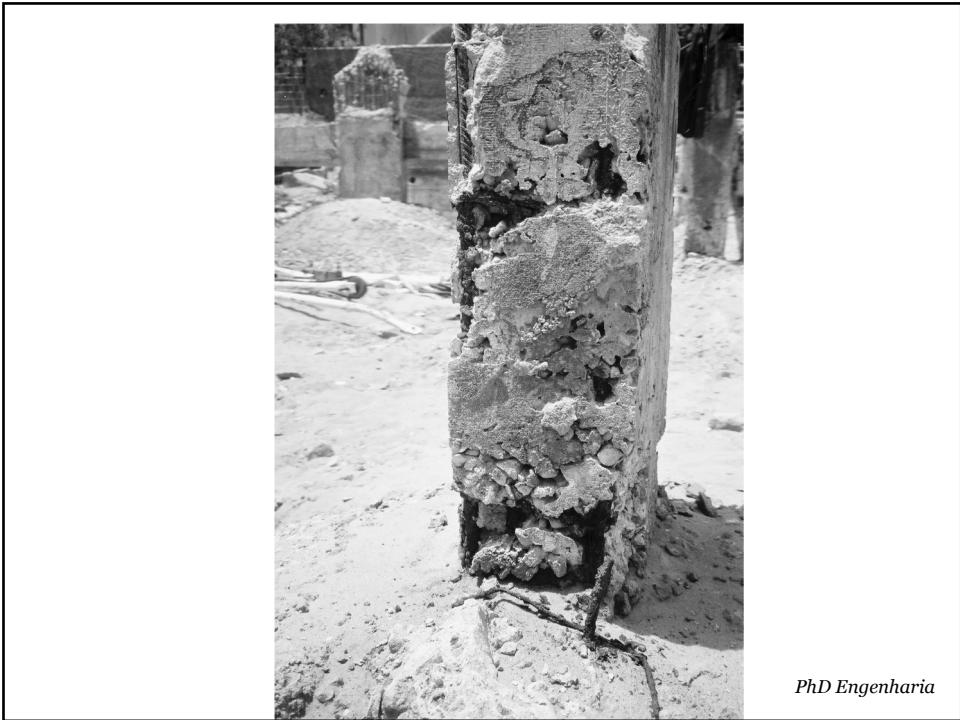
175



176



177



178



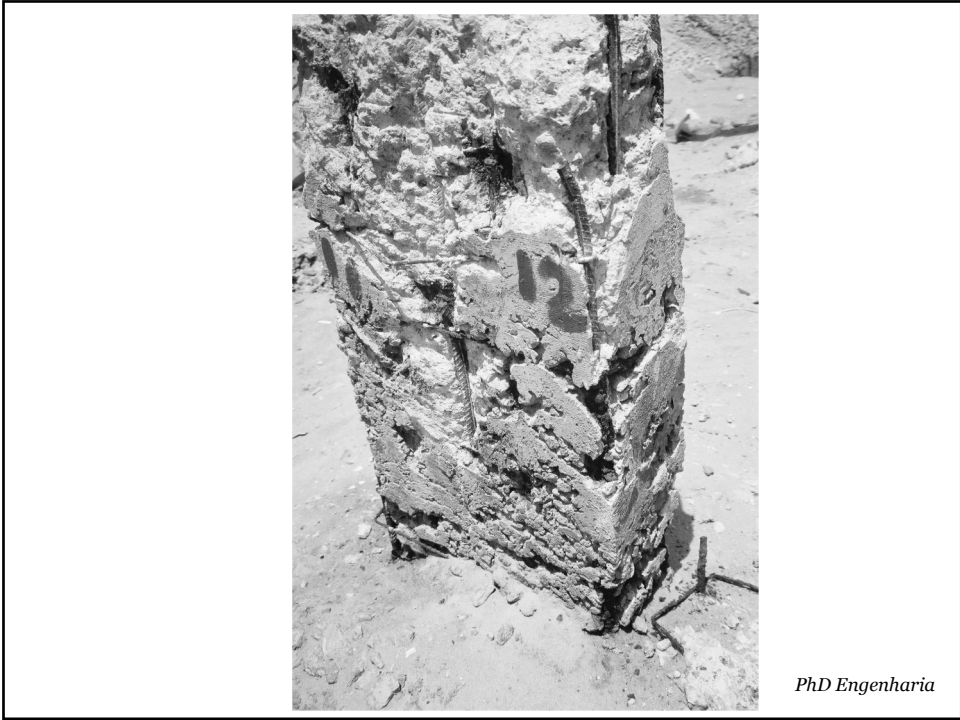
179



180



181



182



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

183



184

CONSTRUTOR

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

PhD Engenharia

185

Edifício Emblemático

Alphaville, São Paulo

50MPa

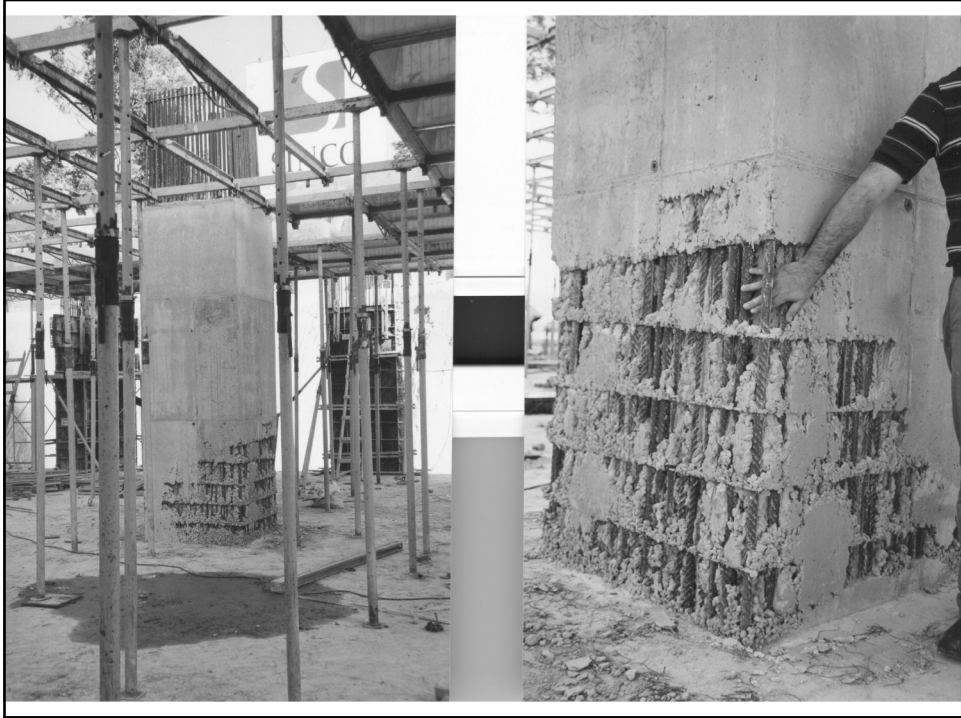
35 andares

Comercial

ninho de concretagem

PhD Engenharia

186



187



188



189



PhD Engenharia

190



191



192



193



194



195

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e
antecipar-se aos problemas!

PhD Engenharia

196

CONSTRUTOR

Tem a obrigação de fazer
a síntese do conhecimento
daquela obra !

PhD Engenharia

197

**Qual a
MISSÃO do
Construtor?**

PhD Engenharia

198

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

PhD Engenharia

199

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

PhD Engenharia

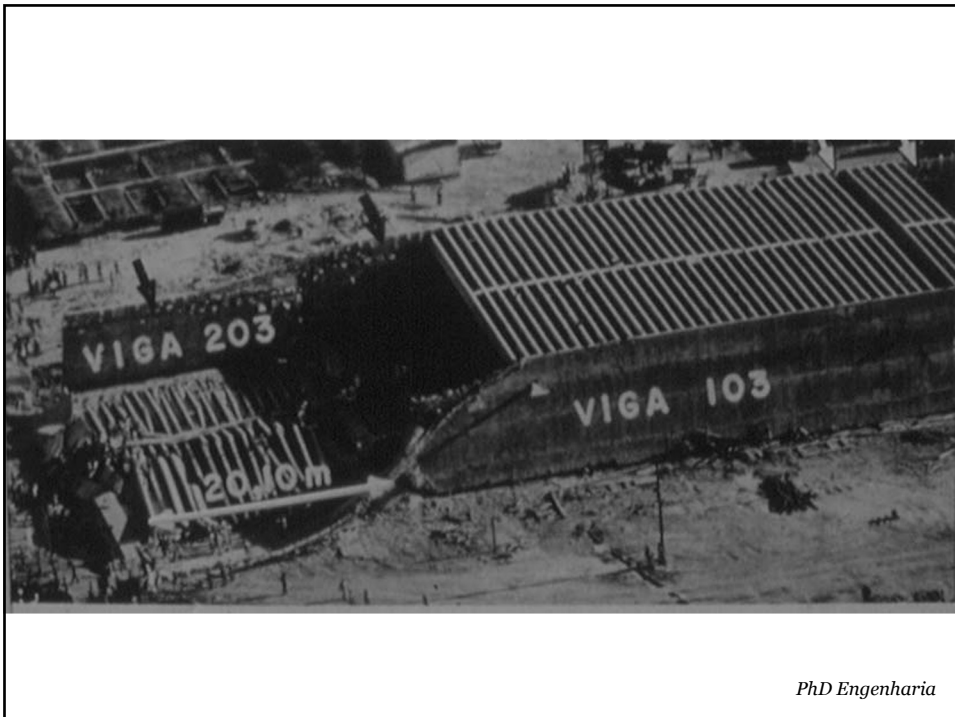
200



240m por 31m
Vigas 9,8m de altura
apoiadas em 5 pilares
Desabou na hora do almoço

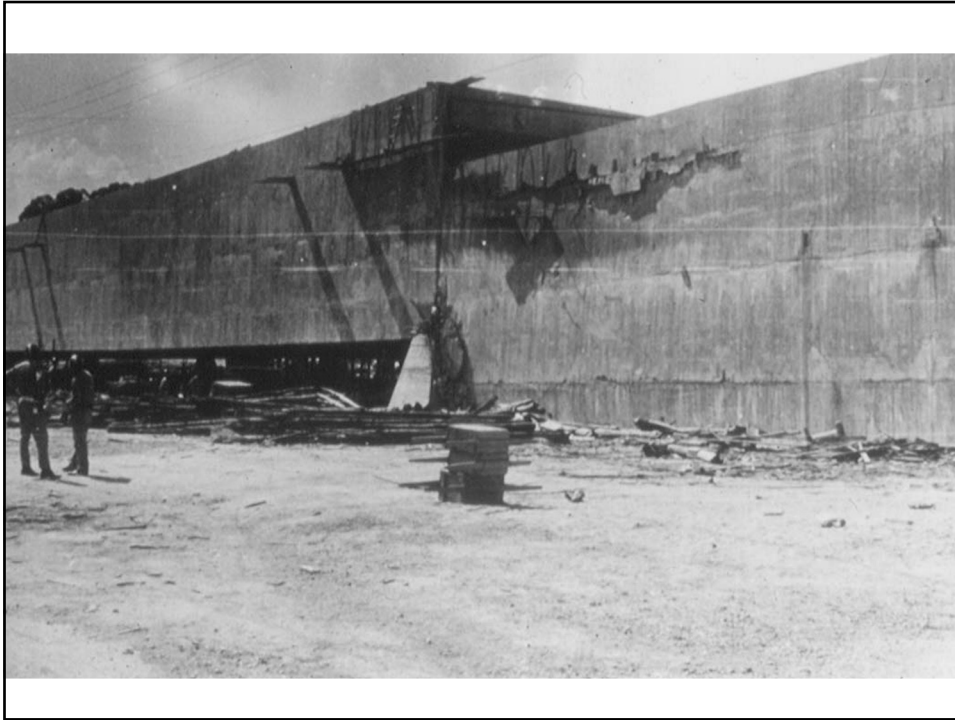
PhD Engenharia

201



PhD Engenharia

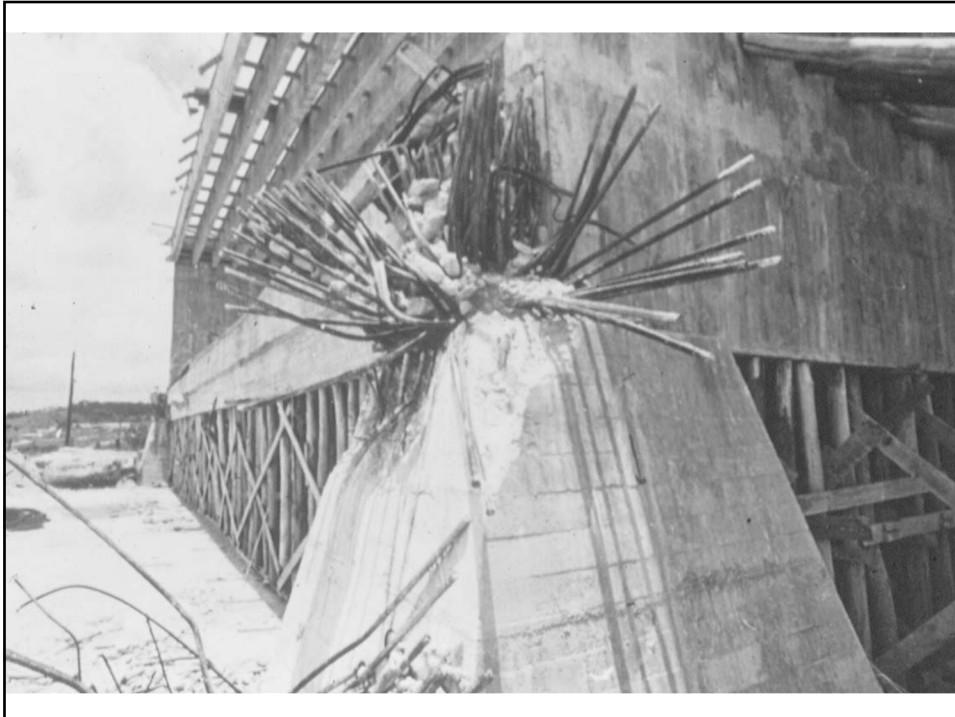
202



203



204



205

Avanços em Concreto

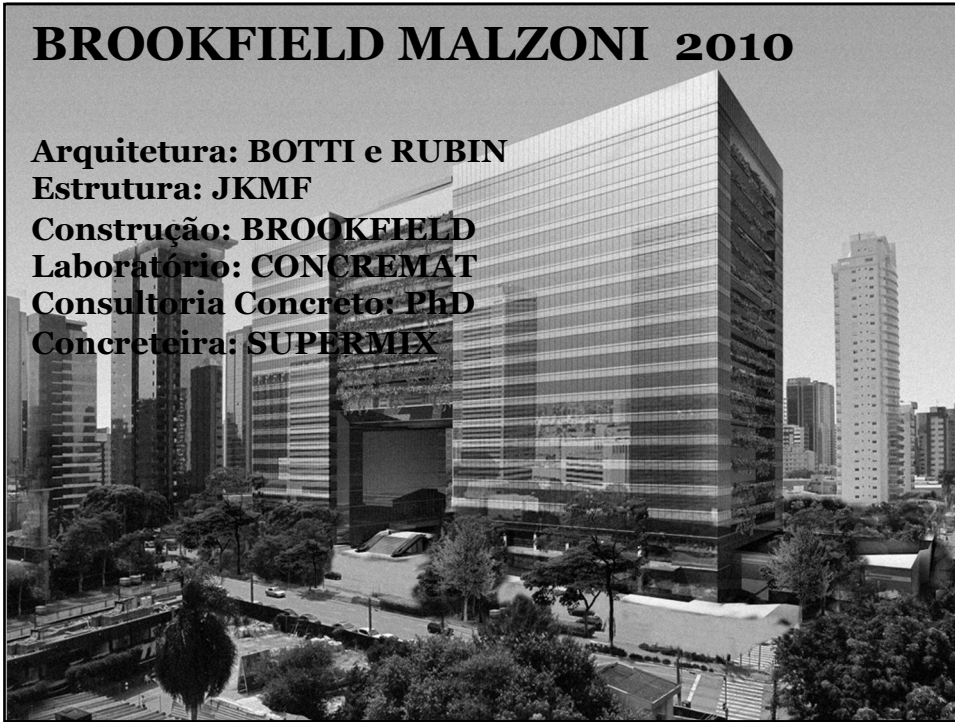
- É possível não ter problemas**
 - Necessita estudos prévios**
- Necessita gerenciar a qualidade**
 - Necessita ter visão sistêmica**
 - É um trabalho de equipe**
- Precisa conhecer e bem usar normas e documentos existentes**

PhD Engenharia

206

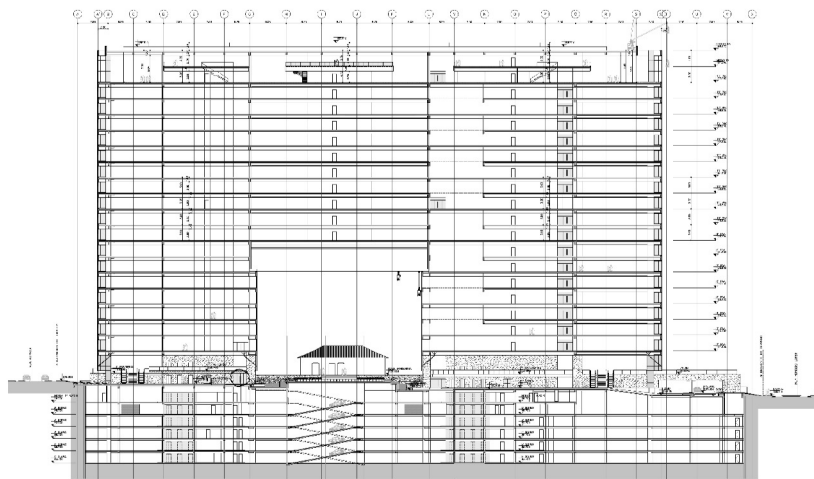
BROOKFIELD MALZONI 2010

Arquitetura: BOTTI e RUBIN
Estrutura: JKMF
Construção: BROOKFIELD
Laboratório: CONCREMAT
Consultoria Concreto: PhD
Concreteira: SUPERMIX



207

Corte longitudinal



208



209



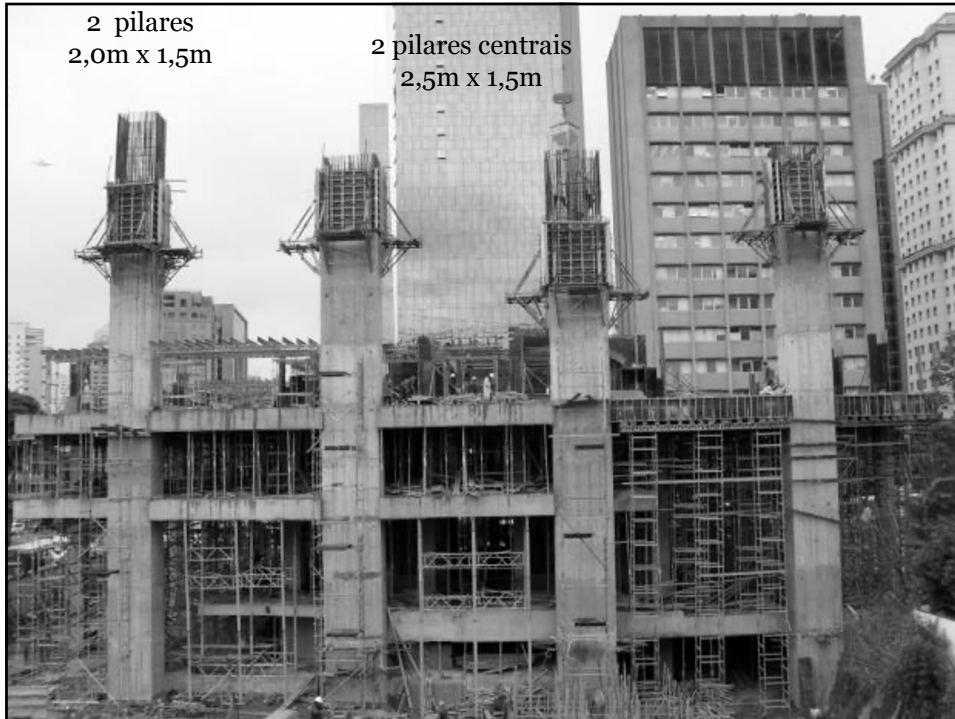
210



211



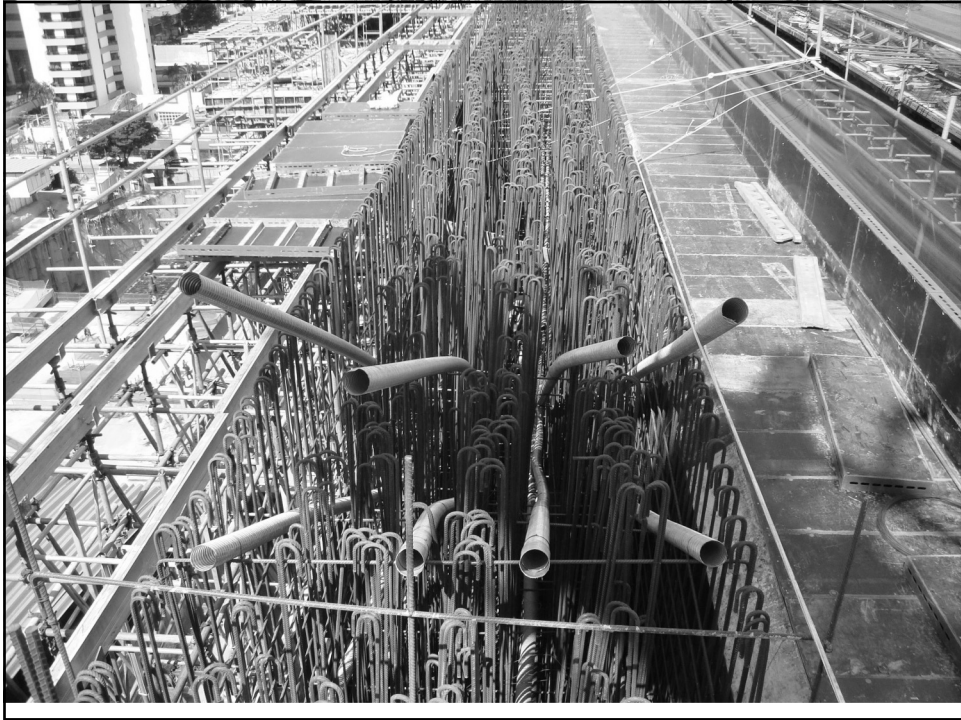
212



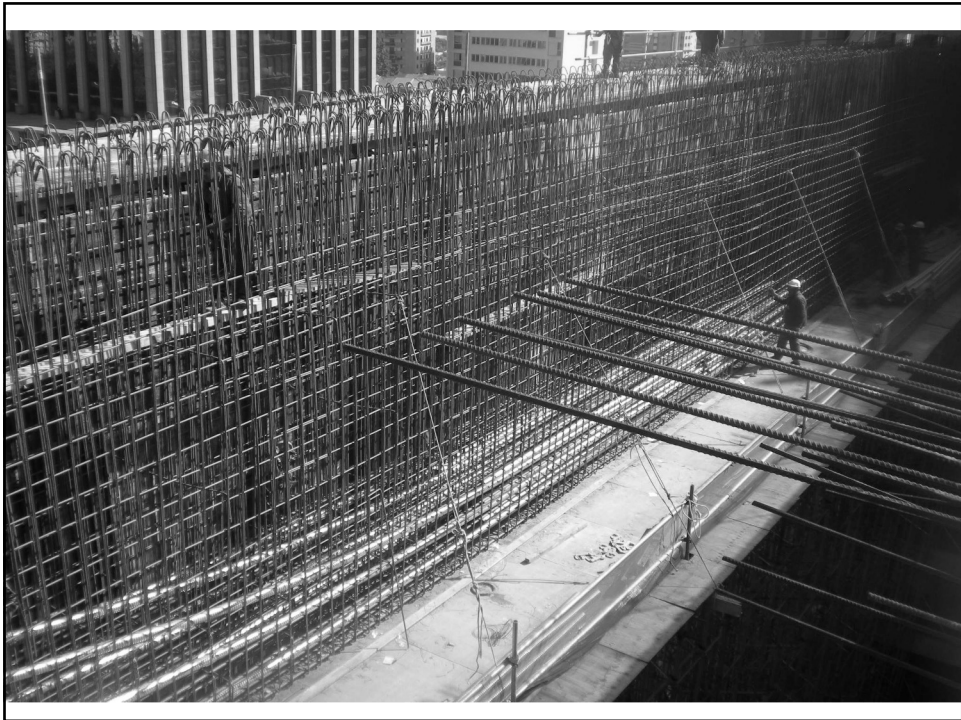
213



214



215



216



217



218



proteção contra a chuva

PhD Engenharia

219



escoramento em balanço

PhD Engenharia

220

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*

dado de entrada mutável

PhD Engenharia

221

Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m ³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m ³ .°C)	T (°C)	Q (kcal/m ³)
Cimento.CPII 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

PhD Engenharia

222

Temperatura de lançamento

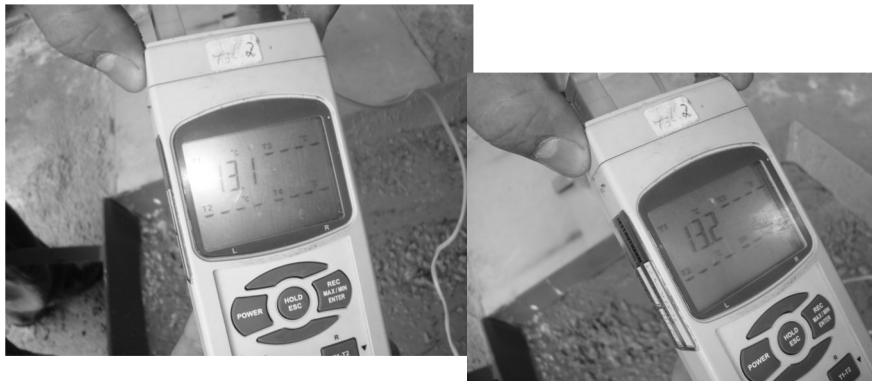
Material	Consumo kg/m ³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m ³ .°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti -Tf (°C)	Q (kcal/m ³)
Cimento.CP II E-40	365	0,240	87,60	55	0	55	4818
Microsilica	29,6	0,200	5,92	40	0	40	236,8
Areia Artif.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Areia Nat.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Brita 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%

PhD Engenharia

223

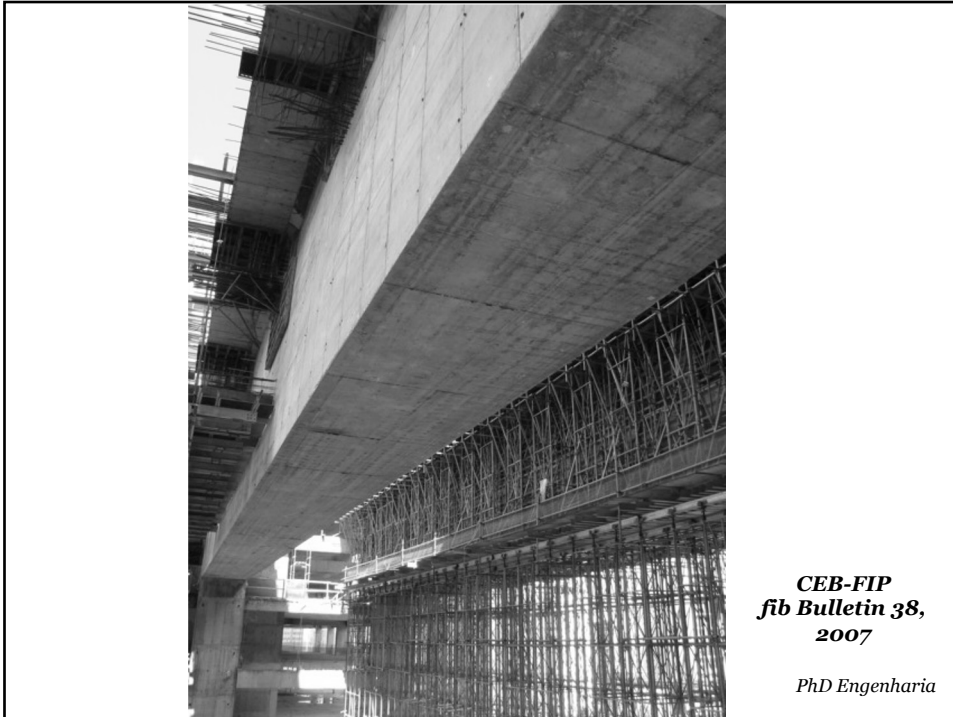
Temperatura de lançamento



é possível ...

PhD Engenharia

224



**CEB-FIP
fib Bulletin 38,
2007**

PhD Engenharia

225

Acabamento



226



227

Compromiso!
Do your best!

PhD Engenharia

228



229