



**Formação nas Estruturas de Concreto**  
**Falhas, acertos e papel do Engenheiro Construtor**  
**“lições aprendidas”**



*“do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras”*

**Paulo Helene**  
*Diretor Presidente PhD Engenharia*  
*Prof. Titular Universidade de São Paulo*  
**FCAP**



**Sérgio Lemos**  
*Diretor Presidente Reckon*  
*Consultoria em Engenharia*

**Eliana Monteiro**  
*Prof. Livre Docente*  
*Universidade de Pernambuco*  
**Recife / PE**

1

**...ser Engenheiro é  
muito bom... mas  
cuidado com os  
riscos !**

2

# Desabamento de área de lazer de condomínio

Acidente: 19/07/2016  
madrugada de terça-feira

*edifício em uso (quase 5 anos)*

3

MENU G1 ESPÍRITO SANTO tvgozeta

19/07/2016 09h49 - Atualizado em 19/07/2016 19h32

## Área de lazer em condomínio de luxo desaba e porteiro é achado morto

Drone mostra o estrago no Grand Parc, na Enseada do Suá, em Vitória. Suspeita é de vazamento de gás, segundo Corpo de Bombeiros.

Viviane Machado e Victoria Varejão  
Do G1 ES

FACEBOOK TWITTER G+ PINTEREST



As torres do condomínio de luxo Grand Parc Residencial Resort, na Enseada do Suá, em Vitória, foram esvaziadas após toda a **área de lazer desabar, na manhã desta terça-feira (19)**. Quatro pessoas ficaram feridas e **um porteiro ficou desaparecido até as 17h. Ele foi encontrado morto**. O desabamento aconteceu por volta de 3h.

<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2016/07/torres-de-condominio-de-luxo-no-es-sao-evacuadas-apos-desabamento.html>

4



5



6





9

## **Atividades desenvolvidas**

### ***Acompanhamento da Execução dos Serviços***

- ✓ Estacas tipo Hélice Contínua
- ✓ Blocos de Fundação do Embasamento Externo
- ✓ Pilares, Capitéis, e Lajes do Embasamento Externo
- ✓ Protensão da Laje do PUC (região localizada próxima à Torre 1)
- ✓ Impermeabilização das Lajes do PUC
- ✓ Reforço dos Blocos de Fundação das Torres 1, 2 e 3
- ✓ Reforço dos Pilares e Vigas de Transição das Torres 1, 2 e 3
- ✓ Reforço tipo Casca das Torres 1, 2 e 3
- ✓ Reforço em Fibra de Carbono da Laje do PUC
- ✓ Injeção de Calda de Cimento na Interface das Estruturas Metálica/Concreto

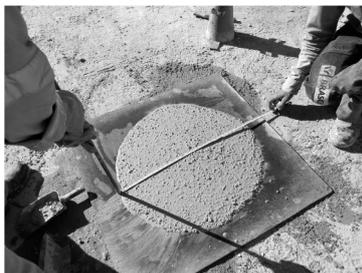
10



## Ensaio de Recebimento do Concreto

### Ensaio de abatimento e espalhamento do concreto

- ✓ Realizado em 100% dos caminhões betoneira;
- ✓ Não foi permitido corrigir abatimento com adição de água.



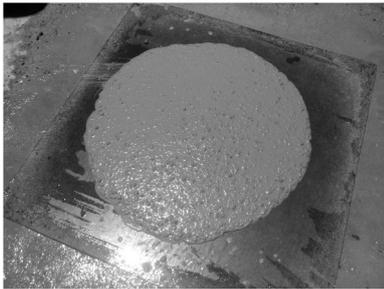
13

## Ensaio de Recebimento do Concreto



14

## Ensaio de Recebimento do Concreto



15

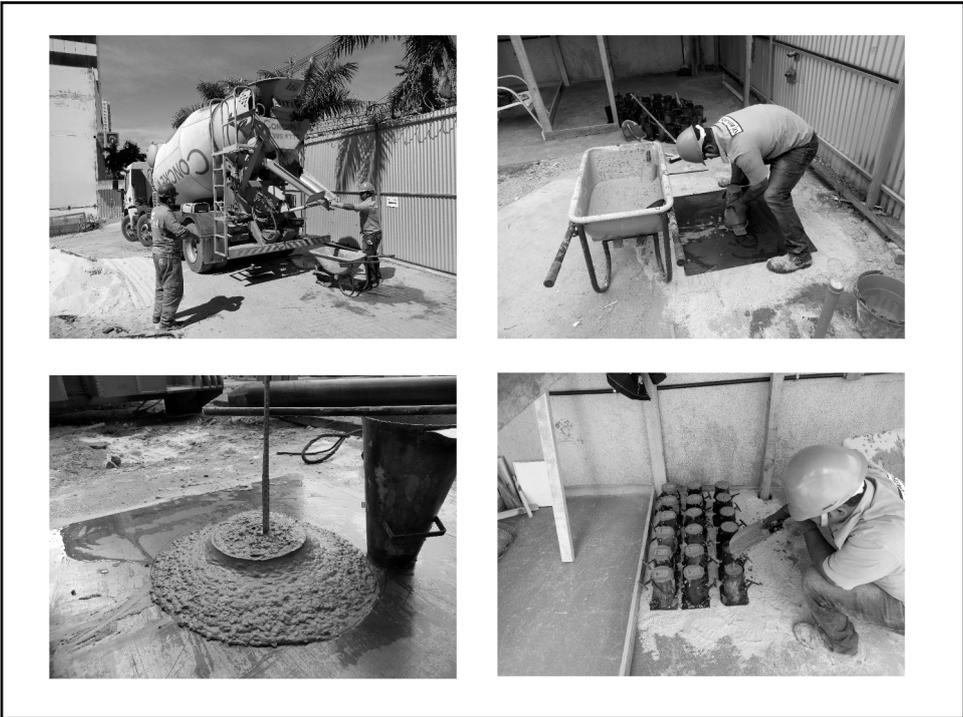
## Ensaio de Aceitação do Concreto

Moldagem, armazenamento e transporte dos cp's

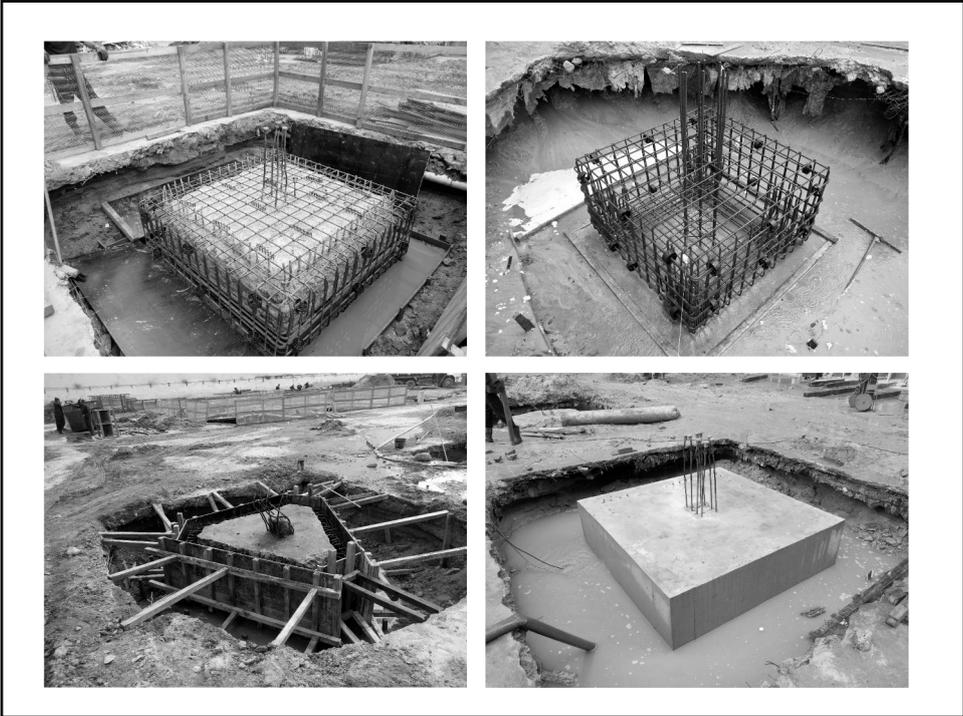


16





19



20



21

**Estrutura de Concreto Armado do  
embasamento externo (PUC) executada**



22

## Injeção de calda de cimento nas bainhas de protensão

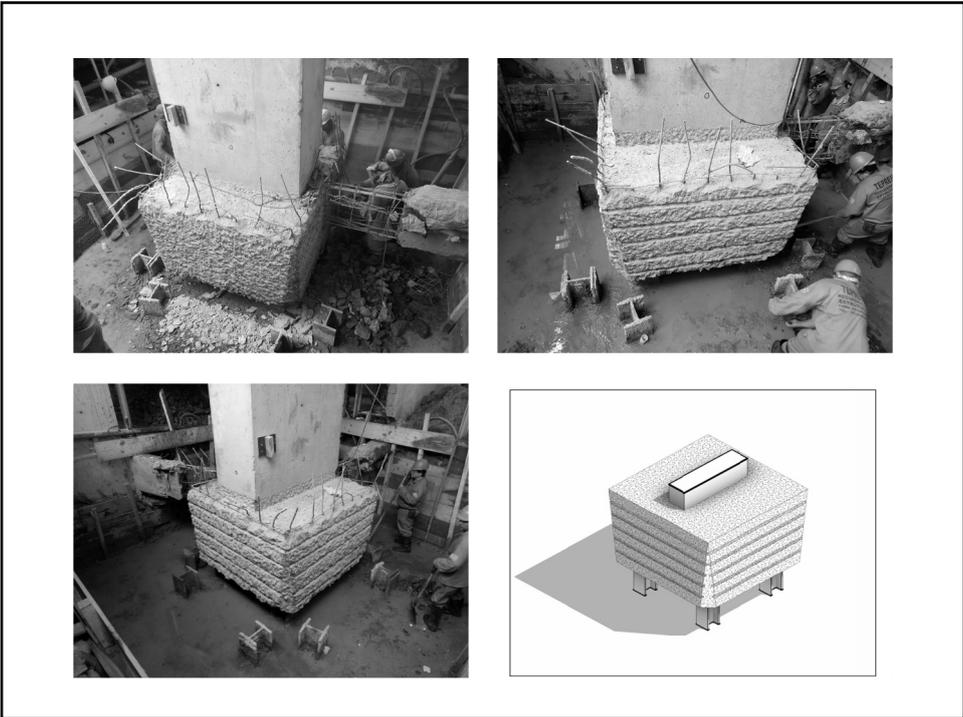
Corpo de Prova	Data da moldagem	Resistência individual à compressão aos 28 dias (MPa)	Resistência à compressão especificada (MPa)	Resistência média à compressão (MPa)
01	15/03/2018	47,9	35,0	46,7
02		45,1		
03		42,1		
04		50,0		
05		52,3		
06		42,7		



23



24



25



26

# Atividades desenvolvidas

## Acompanhamento da Execução dos Serviços

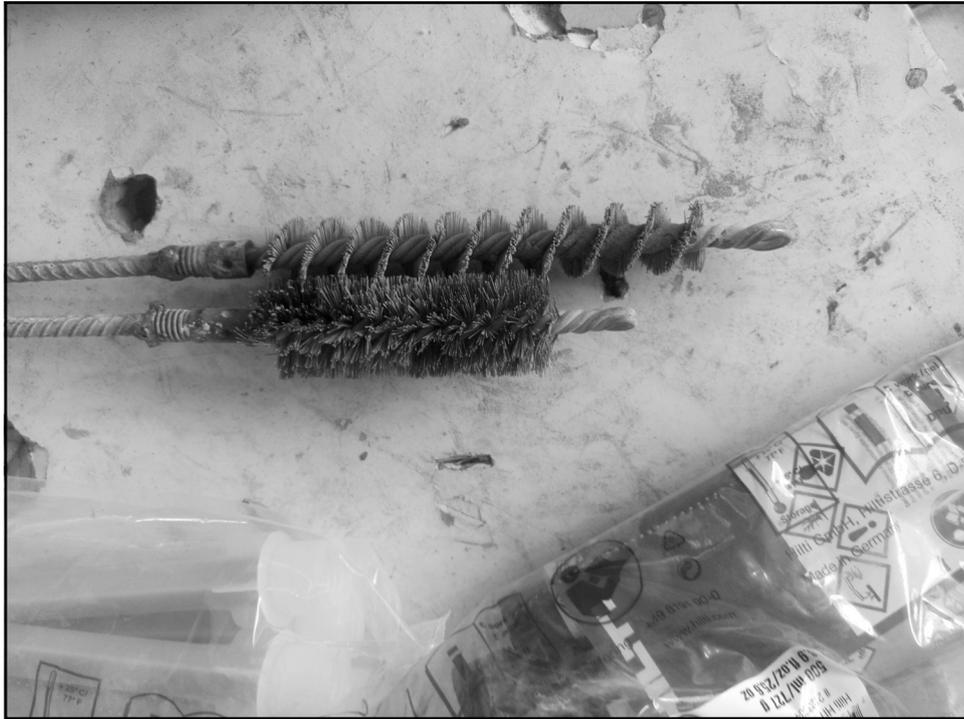
- ✓ Reforço dos Pilares e Vigas de Transição das Torres 1, 2 e 3



27



28



29

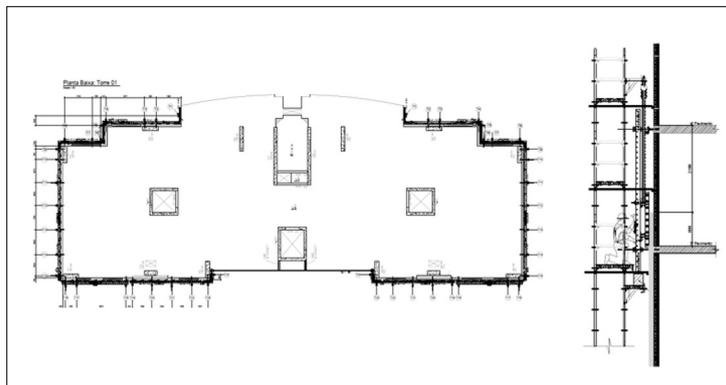


30

## Reforço dos Pilares das Torres



31



32



33



34



35



36

# Resultados

37

## Resultados

- ✓ **Aço**
  - ✓ 209 (duzentos e nove) certificados de qualidade do aço pré-analisados e liberados somente os lotes conformes;
- ✓ **Resistência à compressão do concreto:**
  - ✓ Foi rigorosamente controlado o concreto fornecido por 1030 caminhões betoneira, da ordem de 8.240 m<sup>3</sup>, sendo recebidos e aceitos somente os conformes;
- ✓ **Módulo de elasticidade do concreto:**
  - ✓ Foi rigorosamente controlado por amostragem e ensaio num total de 46 vezes, cerca de 3 vezes por mês;
- ✓ **Outros controles importantíssimos:**
  - ✓ ensaios de reação álcali-agregado, ensaios de resistência da calda de cimento, ensaios de arrancamento, de ancoragem, aferições de equipamentos, ensaios inter-laboratoriais, check-list de procedimentos e outros.

38

## **Resultados**

Relatórios: 22;

Foram elaborados e entregues 20 relatórios mensais de acompanhamento e controle.

Pareceres: 2;

Cartas Técnicas: 8;

Estudos e pesquisas: 2;

Análise de outros documentos: mais de 500;

Além de soluções de não conformidades.

39

# **Arquitetura Engenharia Civil**

Responsabilidade  
Conhecimento  
Competencia  
Liderança  
Visão  
Ética

40



41

*A profissão do Engenheiro Civil  
é uma profissão de*

**“confiança pública”**

*...e confiança não se impõem...  
...deve ser conquistada...*

42

## Juramento do Engenheiro

*“ Prometo sob juramento observar os postulados da ética profissional, concorrer para o desenvolvimento da técnica, da ciência e da arte e bem servir aos interesses da sociedade e da nação ”.*

*“este é o juramento dos engenheiros utilizado na colação de grau da POLI.USP”*

43

## Interação entre os intervenientes



**Projeto  
estrutural**



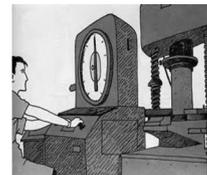
**Serviços de  
Concreto**



**Construtora  
(Execução)**



**Tecnologia  
(consultor)**



**Laboratório  
(Controle)**

**atribuição de responsabilidades  
ABNT NBR 12655:2015**

44

# **Edifício Comercial**

***36 andares + 5 subsolos***

**Edifício em uso há 1 ano**

**Fissurou 18 andares**

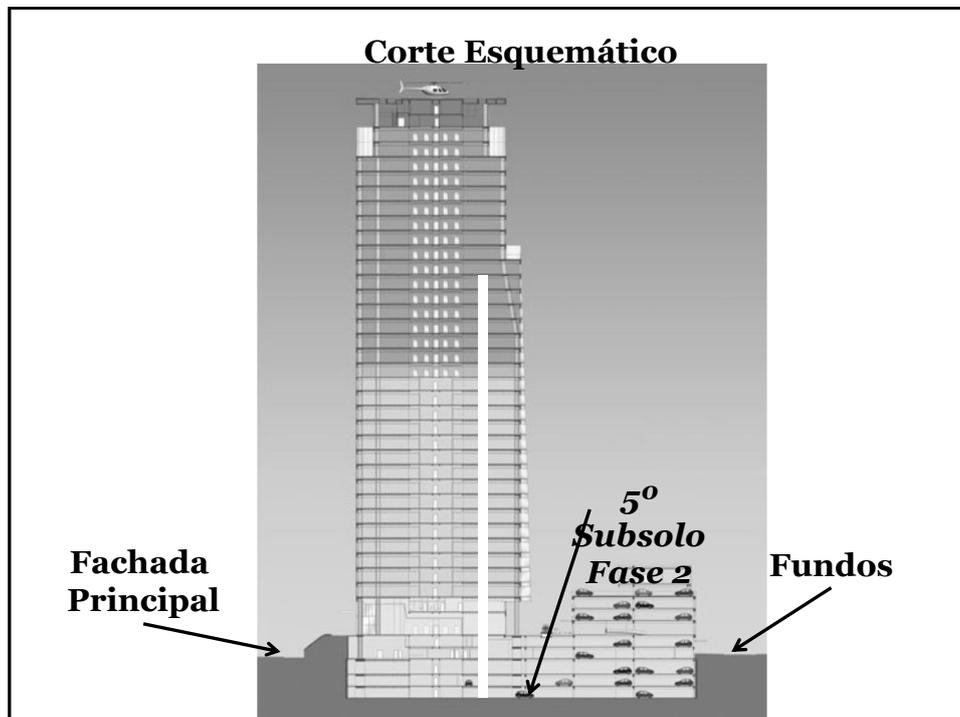
***Pilar P1 Esforços de projeto:***

***Normal: 1.253tf***

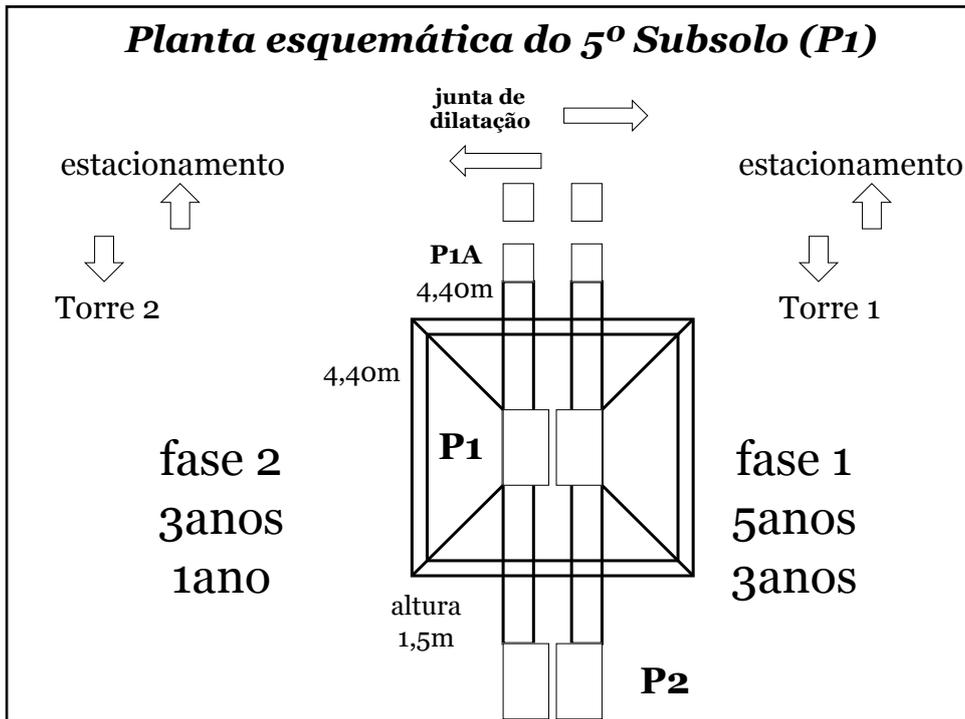
***Mx: 55tf.m***

***My: 8tf.m***

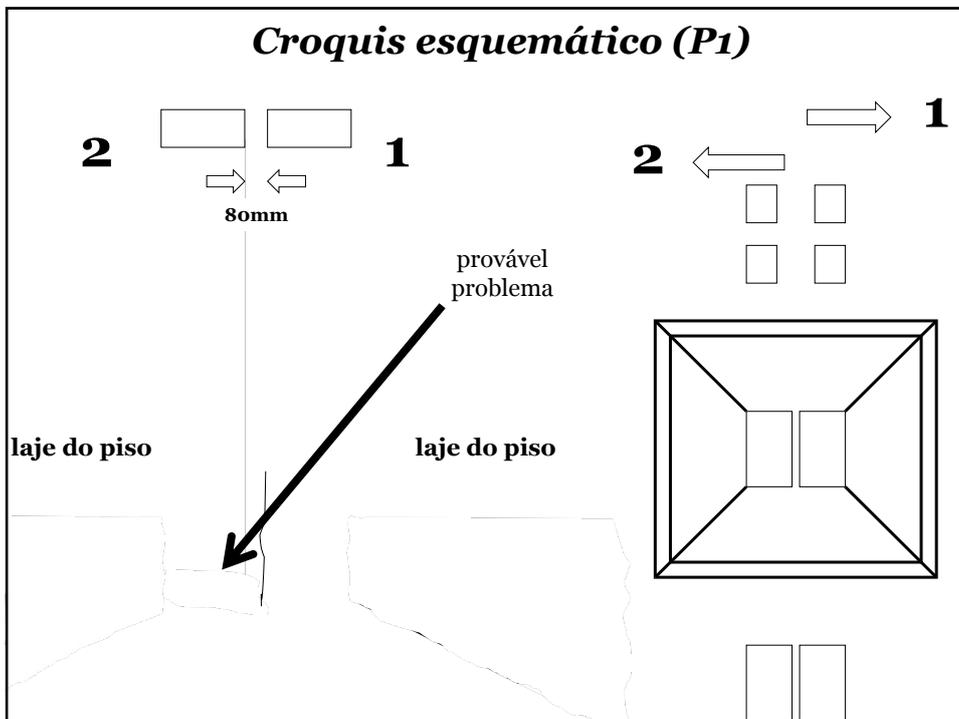
45



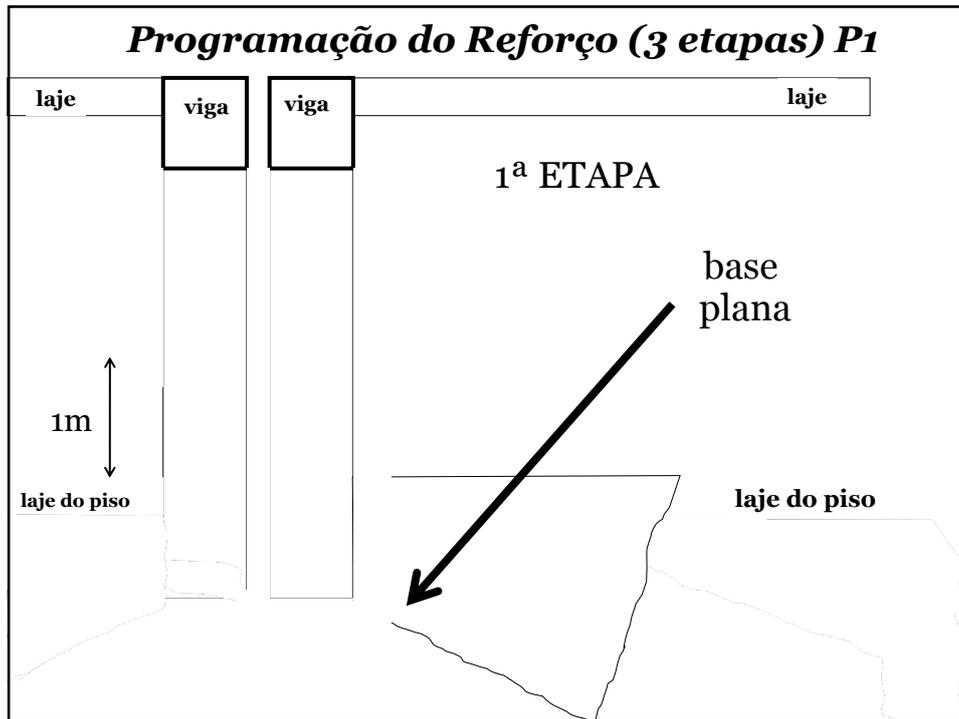
46



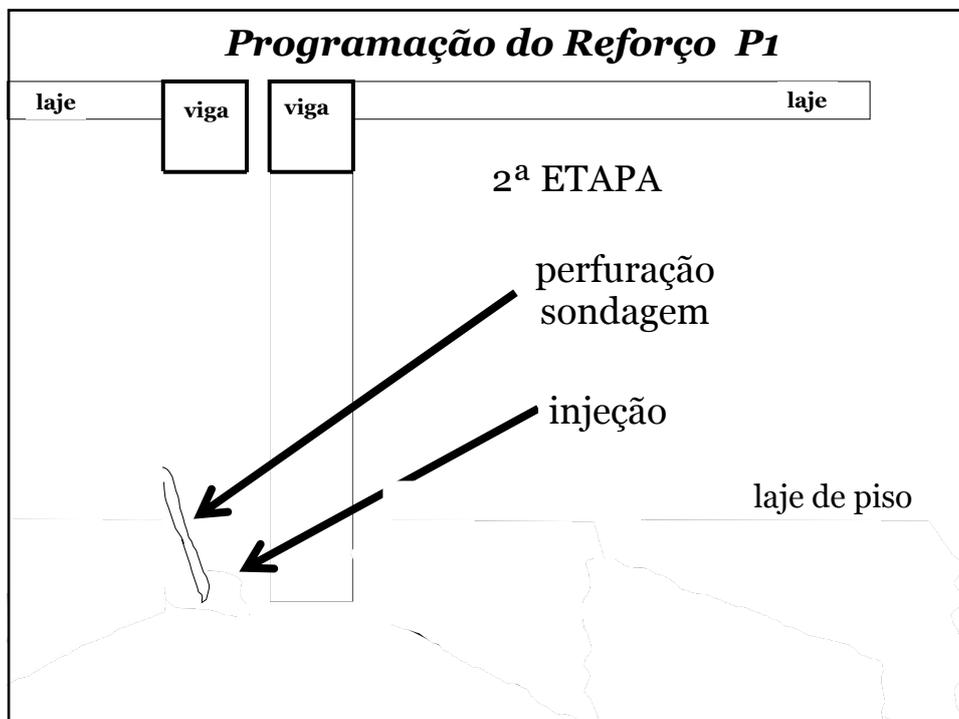
47



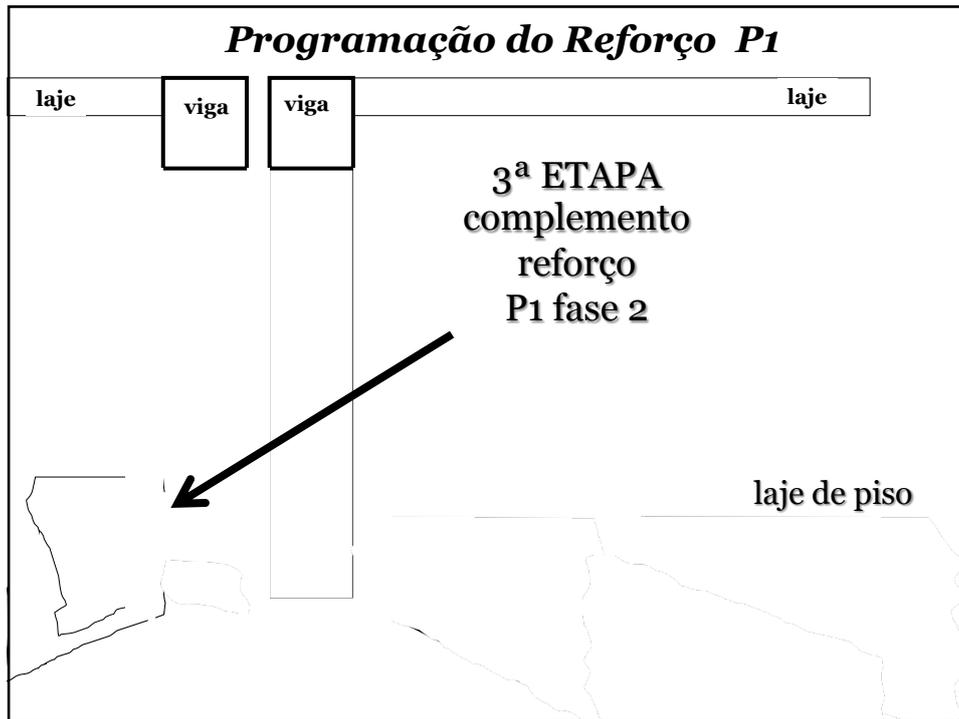
48



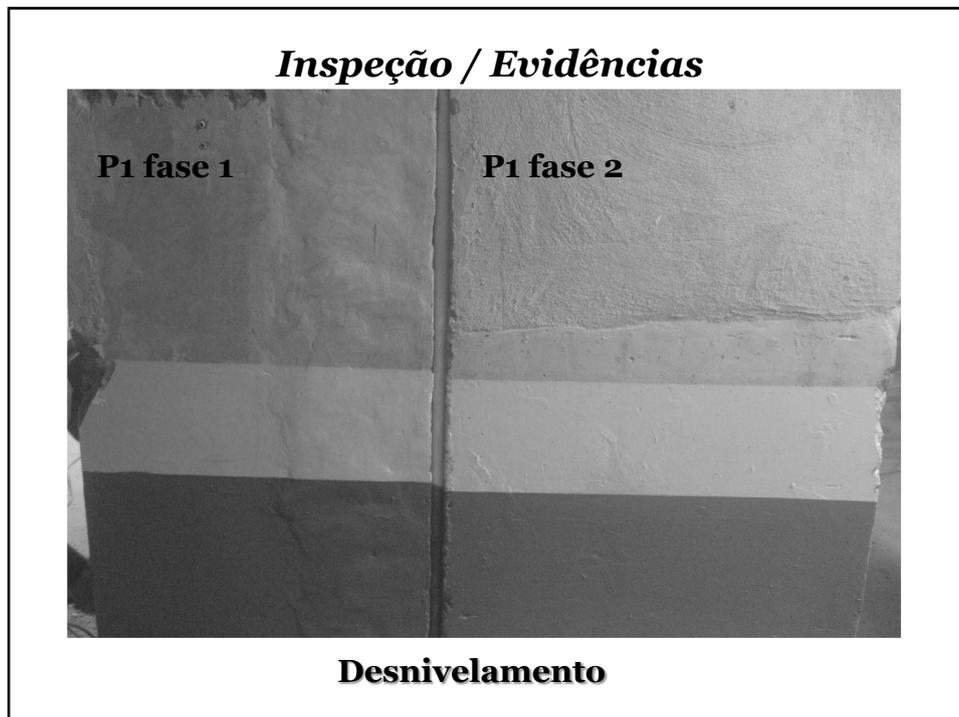
49



50



51



52

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

53

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

54

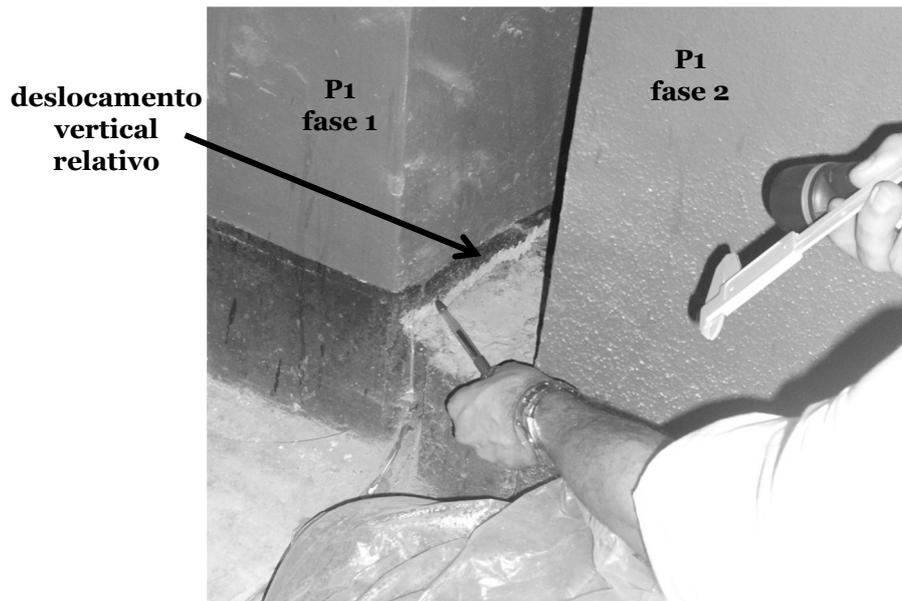
***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

55

***Inspeção / Evidências***



**Desnívelamento nível S4**

56

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S2**

57

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S3**

58

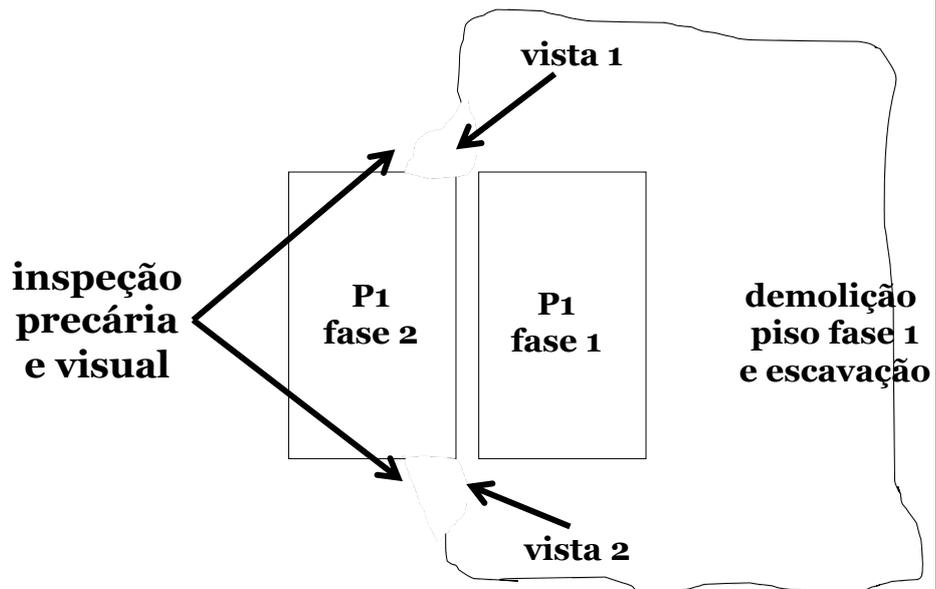
### ***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento e fissuras em vigas**

59

### ***Inspeção***



60

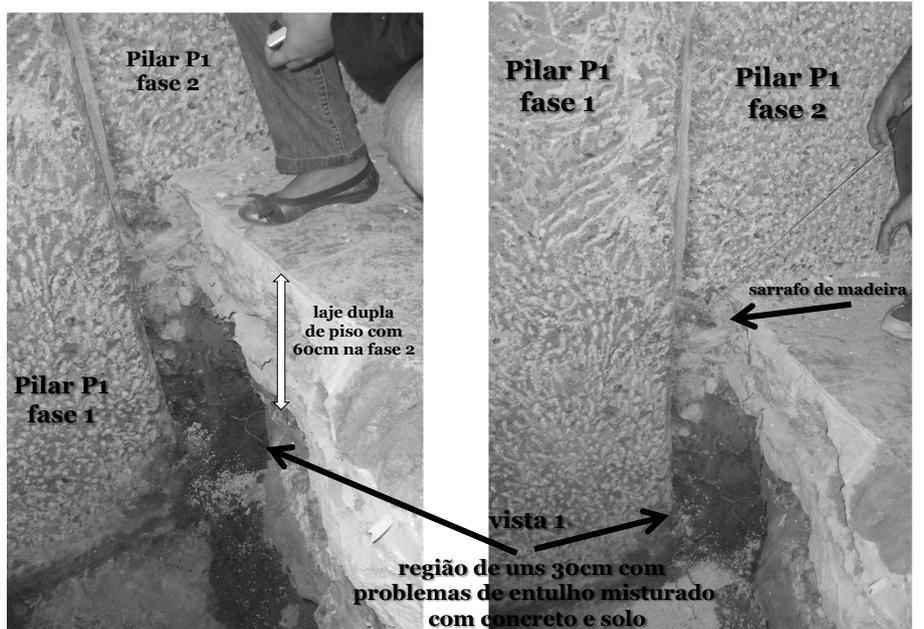
## *Inspeção*



**Demolição Piso fase 1**

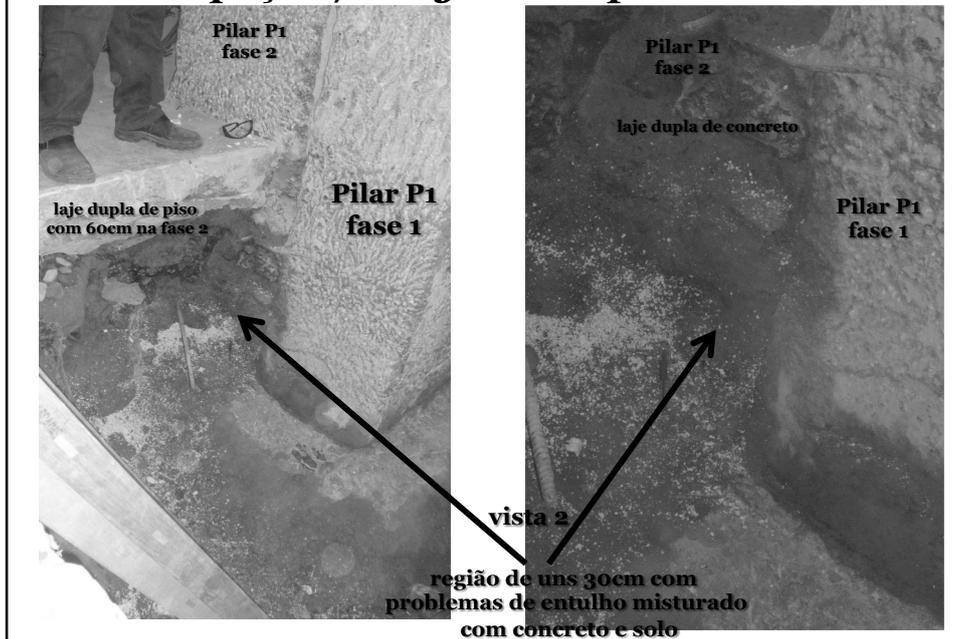
61

## *Inspeção / Diagnóstico preliminar*



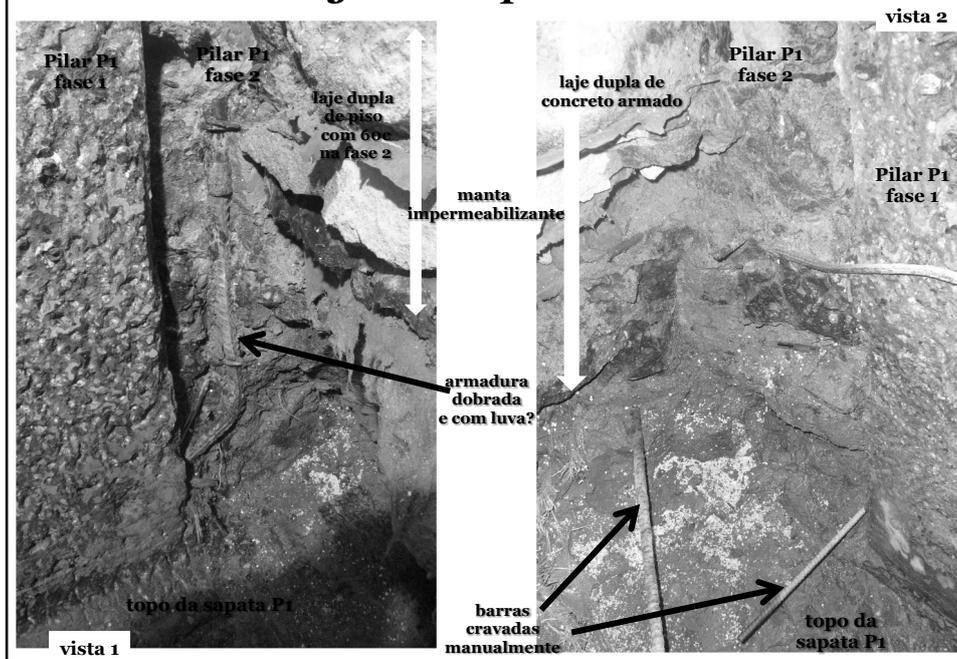
62

### Inspeção / Diagnóstico preliminar



63

### Diagnóstico preliminar



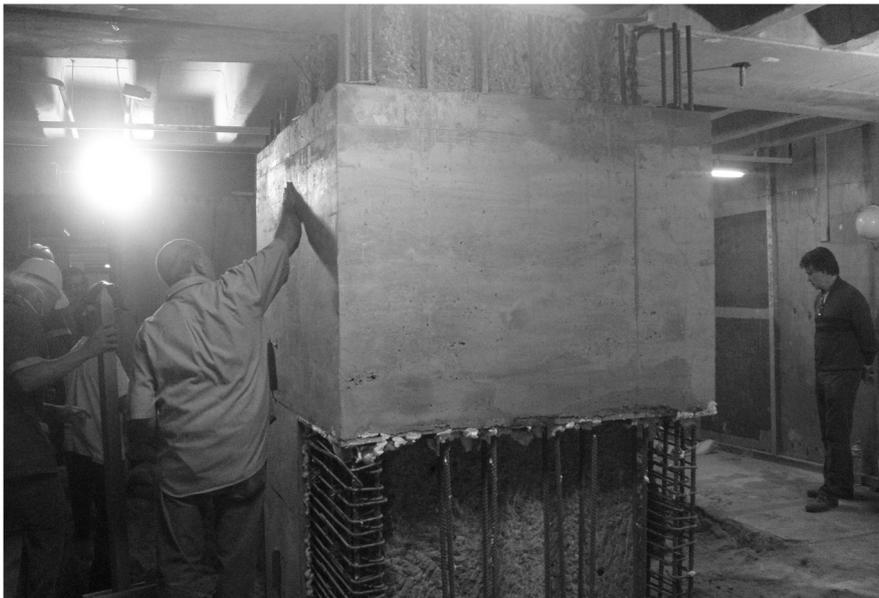
64

#### ***4. Preparação da Fôrma***



65

#### ***7. Remoção da fôrma***



66



67



68



69



70



## ***Pilar P1 acabado***



73

## ***Controles***

74

## ***Resistência à Compressão Axial***

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

75

***Hipóteses  
prováveis...***

76

***3 anos antes...***



77

### ***Estruturas de Concreto para Edificações***

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO
- e, Complementares (NR4; NR 6; NR9; NR18 do MT, PMS)

que têm força de lei por conta do CDC

78



79



80



81

Na madrugada de domingo, à 1h para ser mais exato, ouviu-se um estrondo muito forte no prédio, que fez com que muitas pessoas descessem. Alguns apartamentos já começavam a apresentar fissuras nas paredes internas.

Soubemos, depois por um bombeiro, que havia um tapume no segundo subsolo, na altura do meio do prédio. Esse tapume isolava uma área na garagem do Palace II, que servia como escritório da construtora, onde eram guardados arquivos, plantas, equipamentos de escritórios, etc. O acesso era restrito à construtora e raríssimas eram as visitas de engenheiros no local, com certeza. Por isso, as possíveis inspeções ou o levantamento de irregularidades no segundo subsolo, nessa metade do prédio, eram praticamente nulos.

Então, houve a ruptura do pilar, talvez não em uma extensão significativa, mas o suficiente para acarretar a redistribuição da carga e fazer um recalque, que calculo em torno de 4 centímetros. Esses fatos, a rachadura das paredes e o barulho, evidentemente faziam parte do funcionamento espacial da estrutura, que tentava recompor suas cargas para os pilares vizinhos. Nessa ocasião demoliu-se o tapume e verificou-se que o pilar estava em

condições superprecárias. Quando o engenheiro da Defesa Civil chegou, só teve tempo de testemunhar o que havia acontecido e fazer com que todas as pessoas evacuassem o prédio, o que infelizmente não ocorreu com todos.

É bom frisar que essa caixa de elevador tinha uma coisa assimétrica. As caixas de elevadores, próximas ao trecho que caiu, não estavam em funcionamento. Não existiam elevadores nesse trecho, o que acabou salvando muitas vidas. Por quê? Porque todo mundo que se precipitava em descer utilizava a caixa do elevador do lado oposto. Portanto, depois do desabamento, ainda existiam cerca de 20 a 25 pessoas no interior do prédio, que desceram as escadas.

**Testemunho do Eng.  
Waldir José de Mello,  
no CREA.RJ  
Consultor da PMRJ**

82

uma impressão  
dramática e penosa.

Pensamos em inúmeras possibilidades, inclusive a de dar aproximadamente de 10 a 15 minutos, por andar, para que um bombeiro levasse os moradores daquele piso para, com uma caixa pequena, resgatar pertences indispensáveis, como documentos, por exemplo.

No entanto, as portas já estavam empenadas e teriam de ser arrombadas. Esse era um sinal nítido de que a estrutura já apresentava deformação, em função dos esforços de tração em cada nível. As portas funcionavam como elementos resistentes. Primeiro, não havia tempo para arrombar todas as portas e, segundo, não seria seguro tirar um elemento de resistência da estrutura.

Percebemos que realmente não seria possível salvar o prédio, quando vimos que

**Testemunho do Eng. Waldir José de Mello, no  
CREA.RJ Consultor da PMRJ**

83



84

DESABAMENTO 4 Sersan é intimada a consertar prédio em 2 meses; para técnicos, problemas não foram provocados pela implosão

# Laudo aponta problemas também no Palace 1

## Os problemas encontrados no Palace 1

- 1. Defeitos em elementos estruturais nos pilares, nos vigas e pilares
- 2. Injeções metálicas repetidas e em andamento, risco de corrosão
- 3. Determinações necessárias nas lajes do piso do pavimento térreo
- 4. Manchas generalizadas decorrentes de infiltrações
- 5. Instalações prediais elétrica e hidráulica em estado precário de utilização
- 6. Desperdício do revestimento externo em vários das fachadas
- 7. Desperdício do piso do pavimento térreo

**O que a Sersan foi intimada a fazer**  
 • monitoramento da edificação com equipamentos  
 • apresentação do relatório de análise de materiais, especialmente sobre a capacidade do concreto e sua composição química  
 • apresentação do projeto de reforço estrutural, com metodologia a ser aprovada pela Secretaria Municipal de Obras (prazo de 15 dias)  
 • execução do reforço estrutural (60 dias) e elaboração de parecer técnico conclusivo sobre as condições de segurança (30 dias)  
 • retirada e reconposição do revestimento e do pavimento danificados, o serviço deverá ser executado com agulhas para proteção aos transeuntes (60 dias)  
 • reparação das instalações elétrica e hidráulica (60 dias)

FERNANDA DA ECÓSSIA de Sucursal do Rio

Um laudo técnico divulgado ontem pela Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio aponta problemas na estrutura do Palace 1 — como trincas nos pilares — e intima a construtora Sersan a recuperar o prédio num prazo de dois meses. Segundo o laudo, o Palace 1 virou ao Palace 2, que desabou no Carnaval e foi implodido no último sábado — está com trincas nas vigas do subsolo, armações metálicas em avançado estado de corrosão, deformações na laje do térreo, infiltrações, instalações hidráulicas e elétricas em estado precário e desprestígio dos revestimentos da fachada e do piso. Para os engenheiros que visitaram o prédio, os problemas são estruturais e não foram provocados pela implosão do Palace 2. O laudo afirma que o projeto de construção do Palace 1 é igual ao do prédio implodido, o que caracteriza uma situação de risco para a segurança de moradores. "Chegamos à conclusão de que tem que ser feita uma obra rápida, para que não aconteça o colapso que aconteceu com o Palace 2", disse Marcel Iglicky, diretor do departamento de Vistoria da Secretaria de Urbanismo. Segundo ele, o Palace 1 apresenta hoje situação estável. Iglicky foi evasivo ao ser questionado sobre as possibilidades de um desabamento do prédio. "A partir do momento em que mantemos a interdição e elaboramos um laudo, é porque a gente tem certeza de que tem condições de recuperá-lo. Não cogitamos perder mais um prédio, mas não temos bola de cristal para saber". A estrutura do Palace 1 está sendo monitorada por técnicos com equipamentos especializados. O prédio, interditado desde o desabamento do Palace 2, permanecerá fechado por medida de segurança, até que as obras de reforço estrutural sejam feitas. A construtora Sersan deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e reforçar as instalações hidráulicas e elétricas. A intimação foi enviada no escritório da construtora. Se não começar a cumprir em 24 horas as determinações da prefeitura, a Sersan poderá ser multada em até R\$ 240.000. A multa é dobrada a cada dia de atraso. A assessoria do prefeito Luiz Paulo Gonde (PFL) informou que, caso a Sersan não obedeça às determinações, a prefeitura pagará as despesas da obra e cobrará judicialmente da construtora. O laudo divulgado ontem é apenas preliminar e não se refere a problemas referentes ao solo nem a materiais utilizados na construção. Uma empresa especializada foi contratada pela prefeitura para avaliar a composição do concreto e de outros materiais. Não há previsão para a divulgação dos laudos dos materiais e das causas do desabamento do Palace 2.

85



**PALACE I 10 anos**

86

**De:** Thainan Almeida .Phd Engenharia [mailto:thainan.almeida@concretophd.com.br]

**Enviada em:** sexta-feira, 15 de agosto de 2014 15:41

**Para:** carlos.britez@concretophd.com.br; Ricardo Boni Gomes Rolim .PhD Engenharia

Boa Tarde.

Prezado Carlos,

A concretagem na segunda - feira foi adiada.

Hoje em inspeção nas vigas já armadas. foi verificado que a viga V1 entre os pilares C1 e C2 faltava uma camada de 7 barras Ø 20, de acordo com o projeto ES-EX-003A-R 06) disponível em obra para conferência dos encarregados, junto com o Eng. Ricardo Boni orientamos a seguir o projeto e colocar à 3 º camada prevista, conforme foto anexa.

Att.,

Thainan

87

¿Qual é o  
papel do  
Engenheiro?

88

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

89

**tercerizar um  
serviço ≠  
tercerizar  
responsabilidade**

90

# outro caso desastroso!

91

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	-----
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>

92

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.

93



94

# Edifício Real Class



***Belém do Pará***

***34 andares***

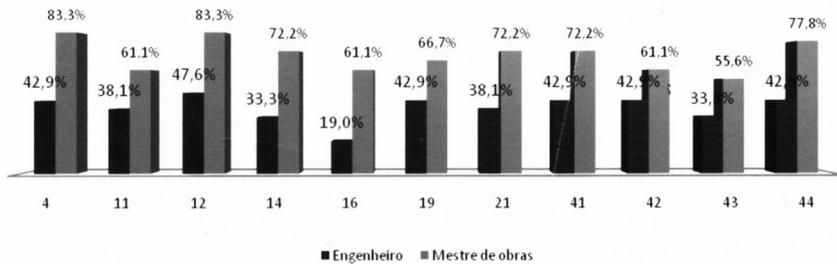
***105m    20.01.2011    35 MPa***

95



96

Figura 3 – Desvios de função



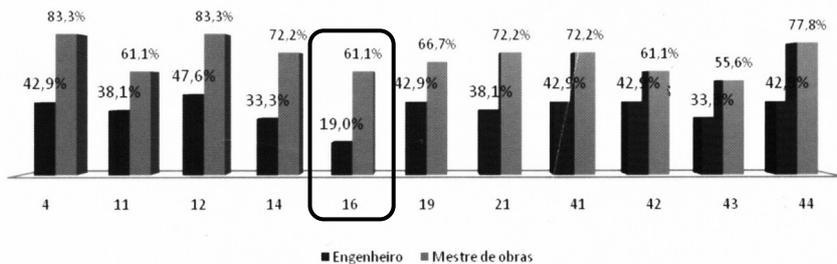
**DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS**

- 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

97

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

98

# Qual a **MISSÃO** do **Construtor?**

99

A estrutura representa  
aproximadamente  
30% dos custos totais  
da obra e 100% de sua  
**SEGURANÇA!**

100

**comprometimento!**

**do your best!**

101

**Edifício Areia Branca**

Recife, Pernambuco  
14 de outubro de 2004  
quinta-feira às 20:40h  
1977 → 1979  
28 anos  
12 andares + térreo + 1 garagem

102



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

103



104



Escombros - manhã seguinte do desabamento

105

## Abalo em área foi como miniterremoto

Glauco Spindola/Especial para o DIÁRIO

Depois de uma visita de mais de uma hora aos escombros do edifício Areia Branca e aos prédios vizinhos (Solar da Piedade e Vilma Lúcia), o especialista em Patologia e Terapia das Estruturas de Concreto e professor titular da Universidade de São Paulo (USP), Paulo Helene, disse que será preciso realizar um estudo nos demais edifícios da área para segurança dos moradores. O especialista destacou que o desabamento de um prédio corresponde a um miniterremoto, que pode causar abalos na estrutura dos demais. Paulo Helene não delimitou a área que poderia ter sofrido com o impacto do desmoronamento do Areia Branca.

"O desabamento causa um tremor de terra, uma trepidação que pode comprometer a estrutura dos demais prédios. É claro que não é o caso do World Trade Center. Mas lá, prédios vizinhos foram bastante agredidos pelo seu desmoronamento", ressaltou o professor. Ele explicou que em qualquer região do Brasil, or não existir casos de grandes terremotos ou furacões, os prédios são projetados para resistir a esforços verticais e horizontais, não a situações adversas.

Paulo Helene não quis fazer nenhuma análise dos edifícios Solar da Piedade e Vilma Lúcia, chegando a afirmar que seria uma irresponsabilidade dizer categoricamente se há ou não risco de desaba-



Paulo Helene (C) recomendou estudo em partes da estrutura do Areia Branca

mento é causado por uma série de fatos. A começar pela falta de uma legislação que aponte responsáveis pela fiscalização da segurança dos prédios", assegurou.

fundamentais para se chegar ao diagnóstico", comentou.

Paulo Helene defendeu a coleta seletiva dos escombros e disse que o ideal seria que a partir de hoje um engenheiro p-

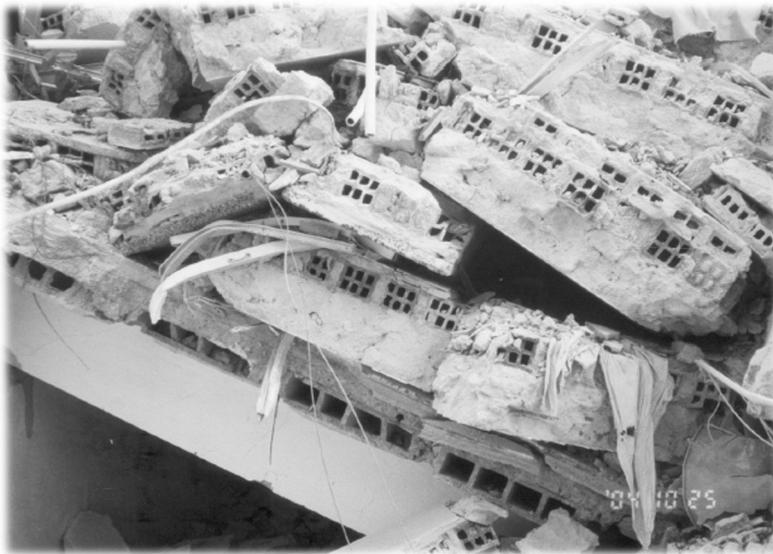
106

como tudo começou...



Fonte: SOBRINHO, 2004

107



Em certos pontos as espessuras atingiram 18 cm. Geralmente nos projetos estruturais são considerados 2,5 cm de revestimento em cada face das peças estruturais

108



Fonte: SOBRINHO, 2004

Ninhos de concretagem

109



Fonte: SOBRINHO, 2004

O desabamento ocorreu por ruptura dos pilares na região enterrada, no nível dos pescoços dos pilares

110



Oliveira et al, 2005

Observa-se que não houve controle de execução das sapatas e pescoço de pilar. Foram constatadas armaduras expostas, indícios da ausência de vibração do concreto, forma geométrica indefinida, desníveis e falta de uniformidade da espessura da camada de concreto magro

**O desabamento ocorreu por ruptura dos pilares na região enterrada, no nível dos pescoços dos pilares**

111

Oliveira et al, 2005

Observou-se que quando as barras de aço foram solicitadas durante o processo de colapso do edifício, estas se soltaram do concreto circundante deixando calhas lisas com o desenho do seu contorno sem sinais de “desgarramento”, como é característica da ruptura quando se tem aderência adequada

**Efeito zíper com os estribos**



112

Oliveira et al, 2005

Os ensaios de absorção d'água, massa específica e índice de vazios mostraram índice de vazios médio após saturação em água foi 12,70 % e os ensaios de reconstituição do traço em amostras extraídas dos pescoços dos pilares forneceram o índice de vazios médio de 16,31 %.

**Alta porosidade do concreto**



113

**O que se pode fazer para não acontecer na minha obra ou reduzir meus problemas pós obra?**

**PREVENÇÃO!!!**

114

## ENSAIOS NO CONCRETO



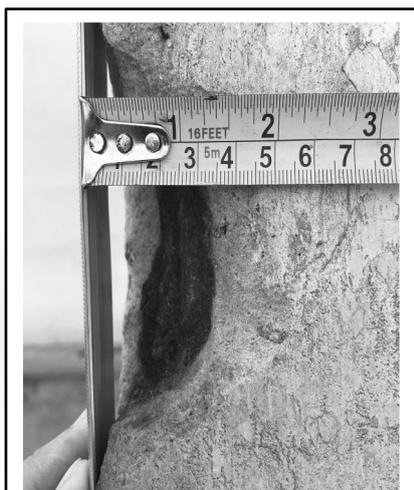
VERIFICAR DA QUALIDADE DO CONCRETO E DETECTAR NINHOS DE CONCRETAGEM  
ULTRASSOM



VERIFICAR A HOMOGENEIDADE ATRAVÉS DA DUREZA SUPERFICIAL DO CONCRETO  
ESCLEROMETRIA

115

## ENSAIOS NO CONCRETO



DESCOBRIR A CAUSA DA CORROSÃO ATRAVÉS DA FENOLFTALEÍNA  
ENSAIO DE CARBONATAÇÃO



DESCOBRIR A CAUSA DA CORROSÃO ATRAVÉS DE NITRATO DE PRATA  
ENSAIO DE PRESENÇA DE CLORETOS

116

## ENSAIOS NAS ARMADURAS



VERIFICAR SE A ARMADURA ESTÁ POSICIONADA  
CONFORME PROJETO E SEU COBRIMENTO  
PACOMETRIA

117

## ENSAIOS NAS ARMADURAS



RESISTIVIDADE E POTENCIAL DE CORROSÃO  
PARA SABER SE TEM  
PROBABILIDADE DE CORROSÃO

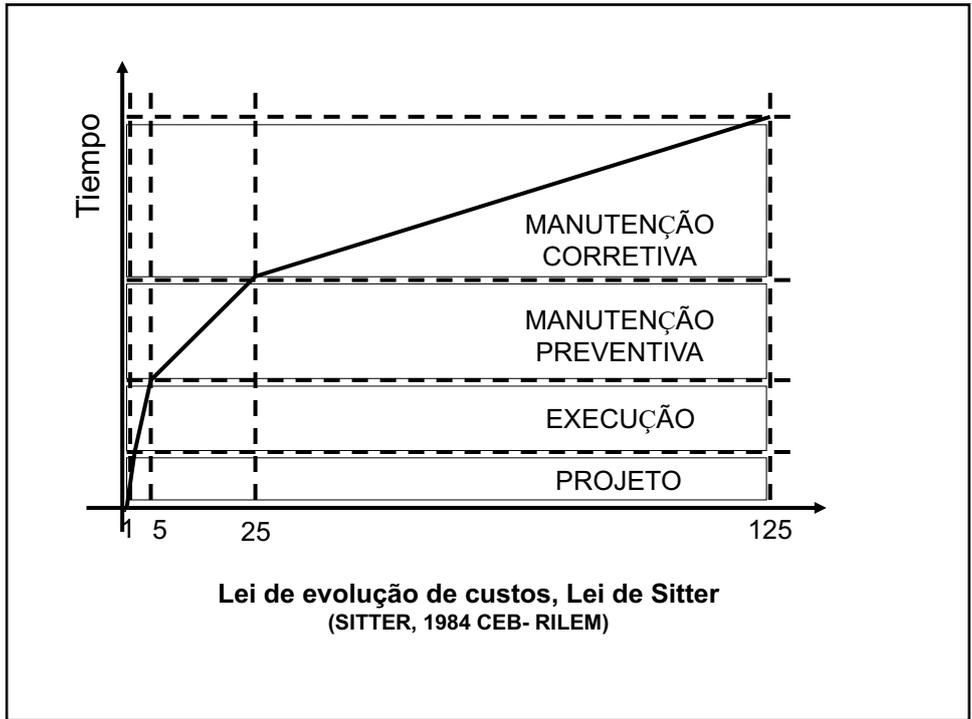
118



119

**E porque gastar dinheiro  
com prevenção, inspeção e  
diagnóstico?**

120



121



122