

## TECNOLOGIA DO CONCRETO PARA ESTRUTURAS



*"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"*

**Carlos Brites  
Paulo Helene**  
*Diretores PhD Engenharia*

NGI

07 de julho de 2014

São Paulo.SP

1

### Consumo de aço:

- ✓ 0 a 5 andares:  $13\text{kg/m}^2 \rightarrow 80\text{kg/m}^3$
- ✓ 6 a 15 andares:  $18\text{kg/m}^2 \rightarrow 90\text{kg/m}^3$
- ✓ 16 a 40 andares:  $25\text{kg/m}^2 \rightarrow 100\text{kg/m}^3$

### Consumo de concreto:

- ✓ 0 a 5 andares:  $0,16\text{m}^3/\text{m}^2$
- ✓ 6 a 15 andares:  $0,20\text{m}^3/\text{m}^2$
- ✓ 16 a 40 andares:  $0,25\text{m}^3/\text{m}^2$

total	1750
armadura	600
concreto	500
forma	650

### Consumo de formas:

- ✓ 0 a 5 andares:  $1,6\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a } 10\text{m}^2/\text{m}^3$
- ✓ 6 a 15 andares:  $2,0\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a } 10\text{m}^2/\text{m}^3$
- ✓ 16 a 40 andares:  $2,5\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a } 10\text{m}^2/\text{m}^3$

**PhD Engenharia**

2

material + mo	andares	m <sup>3</sup> da estrutura	%
armadura + mo	0 a 5	564	42%
concreto + mo		409	31%
forma + mo		369	27%
total		1342	100%
armadura + mo	6 a 15	635	45%
concreto + mo		409	29%
forma + mo		369	26%
total		1413	100%
armadura + mo	16 a 40	705	48%
concreto + mo		409	28%
forma + mo		369	24%
total		1483	100%

3

## Os intervenientes



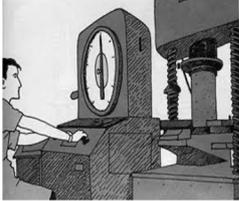
**projetista  
estrutural**



**fornecedor  
do material**



**construtor  
(execução)**



**laboratório  
(controle)**



**tecnologista  
(consultor)**

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

*PhD Engenharia*

4

## Objetivos

- ✓ **segurança e confiabilidade** (*projetista, fabricante, controle e construtor*)
- ✓ **que não haja retrabalho** (*construtor*)
- ✓ **que não haja desperdício de material** (*construtor*)
- ✓ **que não haja desperdício de tempo e prazo** (*todos*)
- ✓ **que sejam reduzidas as não conformidades** (*todos*)
- ✓ **verificar se está conforme com o especificado no projeto** (*tecnologista*)
- ✓ **verificar se está conforme com o prescrito em norma** (*tecnologista*)
- ✓ **que se evitem manutenções futuras desnecessárias...** (*todos*)

**a imagem da empresa não tem preço**

5

## ***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

*PhD Engenharia*

6

A Lei 8.078, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, diz em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

*“É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro).”*

**PhD Engenharia**

7

Quanto à questão da responsabilidade, o Código de Defesa do Consumidor CDC, estabelece no Capítulo IV, artigo 12:

*“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.”*

no artigo 23:

*“A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade.”*

**PhD Engenharia**

8

artigo 18:

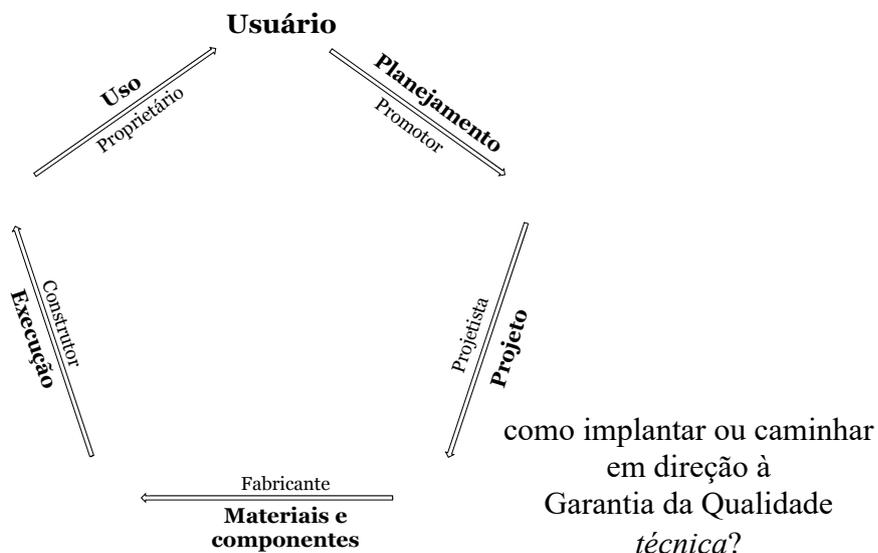
*“são impróprios ao uso e consumo os produtos deteriorados, alterados, adulterados, avariados, falsificados, corrompidos, fraudados, nocivos à vida ou à saúde, perigosos ou, ainda, aqueles em **desacordo com as normas** regulamentares de fabricação, distribuição ou apresentação...”*

- ◆ todos os intervenientes da cadeia construtiva são responsáveis pelos danos ou vícios que os serviços e obras possam apresentar.
- ◆ no entanto, segundo a Justiça, o diretamente responsabilizado por reparar as perdas do consumidor é o fornecedor final, ou seja, **o Construtor**.

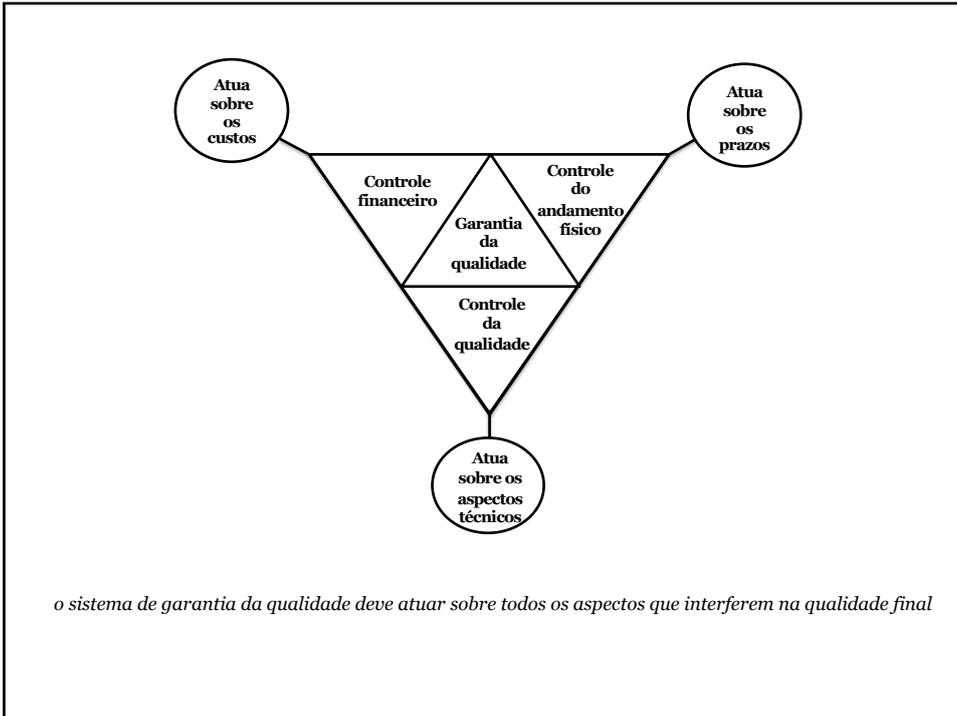
*PhD Engenharia*

9

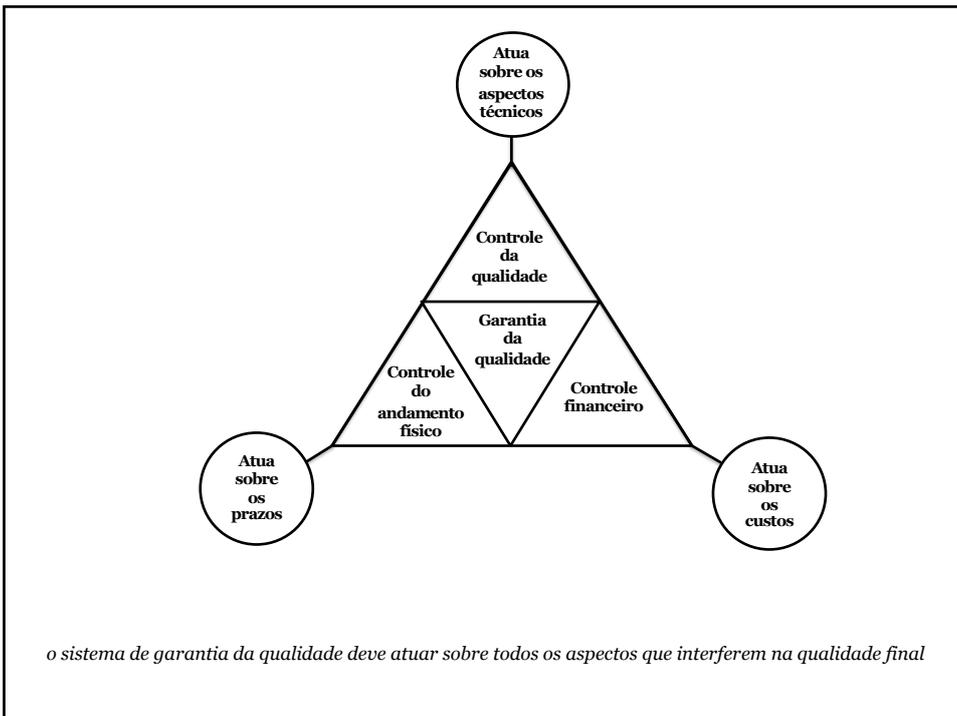
“pentágono do processo de produção e uso na construção civil



10



11



12

## Garantia da Qualidade

**a) Definição da qualidade** → *a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.*

- ✓ **as estruturas de concreto devem ser seguras, estáveis, duráveis e sustentáveis**
- ✓  **$f_{ck} = 40\text{MPa}$ ; Gama  $z < 110$ ;  $a/c < 0,50$ ;  $c > 30\text{mm}$ ...**
- ✓ **procedimento: amostragem, sazonalidade, ensaio...**
- ✓ **critério de julgamento: atributos ou estatístico**

*PhD Engenharia*

13

## Garantia da Qualidade

**a) Definição da qualidade** → *a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.*

**b) Treinamento e motivação das equipes** → *na construção civil essa é uma atividade permanente. Exige a motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Há necessidade da certificação de mão de obra.*

- ✓ **SENAI, FATEC, IBRACON... para mão de obra**
- ✓ **PECE, NGI, ABECE, IBRACON, PhD ... → para engenheiro**

*PhD Engenharia*

14

## Garantia da Qualidade

**a) Definição da qualidade** → a qualidade deve ser claramente definida através de parâmetros técnicos mensuráveis. A qualidade, em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva.

**b) Treinamento e motivação das equipes** → na construção civil essa é uma atividade permanente. Exige a motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Há necessidade da certificação de mão de obra.

**c) Gestão do sistema** → há necessidade de domínio das práticas gerenciais adequadas à administração de um elevado conjunto de atividades técnicas.

✓ **NGI, PhD, IBRACON, ABECE ... para engenheiros e engenheiras**

15

Home » Revistas » Edição 2159 / 7 de abril de 2010  
Índice » Seções » Panorama » Brasil » Negócios » Internacional » Geral » Guia » Artes e Espectáculos » ver capa

Automóveis

### Os 5 defeitos da Toyota

A fábrica japonesa atingiu a liderança mundial ao aliar mecânica confiável a preços atrativos – até a obsessão por corte de custos solapar a qualidade de seus carros

Luís Guilherme Barucho

Fotos: Paul Sakuma/AP e Everett Kennedy/Blom/Getty Images



**ONDE ESTÁ O ERRO?**  
Eiji Toyoda (à esq.) criou a linha de montagem mais eficiente do pós-guerra. Daí saíram alguns dos melhores carros do mundo – o que torna mais difícil entender os atuais problemas da montadora

**VEJA TAMBÉM**  
• Quadro: Qualidade total em xeque

Eiji Toyoda, primo de Kichiro Toyoda, o fundador da Toyota, revolucionou a indústria automobilística na segunda metade do século passado. No comando da fabricante de veículos japonesa, inovou ao desenvolver uma linha de montagem que diminuía a ineficiência e detectava falhas no menor tempo possível, evitando ao máximo que carros com qualquer defeito de acabamento chegassem aos consumidores. Mas essas virtudes, na última década, acabaram se transformando em vícios. Os pecados cometidos pela Toyota resultaram numa sequência de recalls que já beiram os 10 milhões de veículos e arranharam a imagem da marca, construída em mais de setenta anos de trabalho. Surpreende como uma empresa erigida sobre um pilar de frugalidade tenha sucumbido à grandiosidade. A seguir, os cinco defeitos que, juntos, feriram a reputação da líder mundial na produção de automóveis.

**1. Crescimento a qualquer preço**  
O título de a maior montadora do globo foi conquistado em 2007, quando a Toyota ultrapassou a americana General Motors. Mas o caminho rumo ao topo começou a ser traçado bem antes. De 1995 a 2009, a fabricante japonesa dobrou, para cinquenta, o número de fábricas nos Estados Unidos, Europa e Ásia. A velocidade com que se expandia era proporcional à sua valorização aos olhos dos investidores. O plano deu certo, mas teve um custo. Disse a VEJA Tony Faria, professor de marketing da Universidade de Windsor, no Canadá: "A Toyota expandiu a produção e o número de fornecedores mais rápido do que seu departamento de qualidade podia inspecionar a cadeia produtiva".

16

### **2. Corte de custos obsessivo**

Sob o comando do ex-presidente Katsuaki Watanabe, a Toyota reduziu em 10 bilhões de dólares seus custos operacionais no mundo entre 2000 e 2006. Um carro chegava a ser inteiramente produzido, tão logo sua concepção fosse concluída, em meros doze meses, quando o normal seria de 24 a 36 meses. A fabricante também exigia dos fornecedores o desenvolvimento de peças mais leves e baratas. Um exemplo são as alças de apoio localizadas acima das portas. O número de peças que as compunha caiu de 34 para cinco, cortando os custos em 40%. O tempo de instalação se reduziu de doze para três segundos. Isso pode ser ótimo, desde que não comprometa a confiabilidade do produto. "As estatísticas mostram que, para cada 1% de redução no valor do automóvel, há um aumento de 2% nas vendas. É muito significativo. O problema é fazê-lo sem comprometer a eficiência dos veículos e sua segurança", diz Celso Arruda, professor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

### **3. Queda no controle de qualidade**

Na sua dupla ânsia por se tornar líder mundial e cortar custos, a Toyota inevitavelmente relaxou no controle de qualidade. Um exemplo foi dado pela falha no acelerador de modelos produzidos pela empresa nos Estados Unidos. A incorporação de tecnologias ainda não plenamente testadas representa outro risco. Afirmo Celso Arruda: "Na ânsia de exporem ao mercado um carro tecnologicamente mais avançado, as companhias deixam de atentar para possíveis falhas".

### **4. Pouca transparência**

A Toyota sabia desde 2003 dos defeitos causados no acelerador que provocavam a aceleração ininterrupta do veículo, mas optou por adiar o anúncio do primeiro recall. Nesse ínterim, a fabricante japonesa optou por indenizar os motoristas individualmente e substituir os veículos defeituosos por outros novos. Um ex-advogado da empresa acusou-a de encobrir informações a respeito dos acidentes. Em agosto de 2009, outra falha, agora relacionada ao enroscamento do tapete do motorista no acelerador, provocou a morte de um policial rodoviário americano e dos outros três ocupantes do veículo. O recall para esse defeito só ocorreria três meses depois.

### **5. Reação lenta à crise**

Quando os recalls passaram a aparecer com mais frequência, a partir de 2009, a Toyota demorou para mitigar seus efeitos. No ano passado, das 251 queixas feitas ao órgão responsável pela segurança viária dos Estados Unidos, a National Highway Transportation Safety Administration, mais da metade (133) teve a Toyota como alvo. A própria entidade considerou "imprecisas e enganosas" as soluções prometidas pela fabricante japonesa. Como resultado, a Toyota enfrenta, até agora, 148 processos em tribunais nos Estados Unidos, e quatro em cada dez americanos dizem hoje que não comprariam um veículo da marca, de acordo com pesquisa recente feita pela Bloomberg. É um preço alto a ser pago por quem inventou a qualidade total. Que a Toyota se recupere desses tropeços é do interesse de todos os amantes de carros do mundo. Estamos na torcida.

17

- ✓ **Mais de 12mil construtoras**
- ✓ **Poucas buscam excelência**
- ✓ **Poucas buscam treinamento**
- ✓ **Poucas buscam capacitação**
- ✓ **Valorizem sua empresa e honrem seu diploma**
- ✓ **Qual o papel da NGI, PhD e outras?**

18

# Colapsos e Acidentes Envolvendo Estruturas de Concreto



*"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"*

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

**Local**

**Data**

**Cidade**

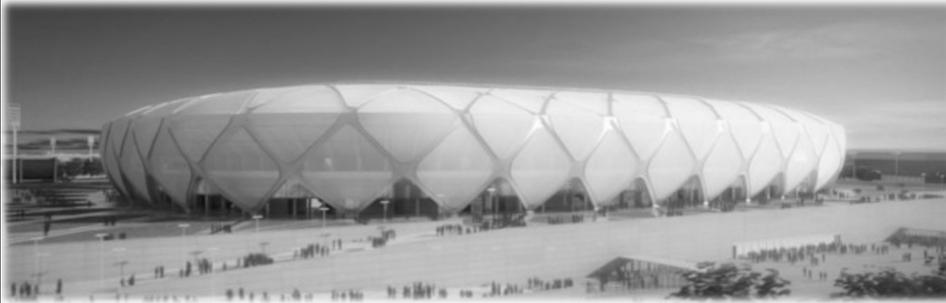
19

## **Arena Amazônia Estádio Vivaldo Lima**

**Manaus/AM**  
**Acidente: 28/03/2011,**  
**noite de quinta-feira**  
**Construção: 2010 → 2013**  
*Em construção*

20

**Arena Amazônia / Estádio Vivaldo Lima**  
**Localização: Manaus, Amazonas**  
**Arquiteto: Gerkan Marg und Partner (GMP)**  
**Construtora: Andrade Gutierrez**  
**Tempo de obra: de julho de 2010 até junho de 2013**  
**(obra atrasada, com previsão de entrega para dezembro de 2013)**  
**Total investido: R\$ 605 milhões**



<http://arenadaamazonia.com.br/o-projeto/a-arena/>

21

**G1** | AMAZONAS  REDE AMAZÔNICA

G1 Na TV Esporte Trânsito Aeroportos VC no G1

29/03/2013 08h35 - Atualizado em 29/03/2013 12h52

## No AM, operário morre em acidente de trabalho na Arena da Amazônia

Trabalhador morreu após sofrer traumatismo craniano após acidente. Segundo polícia, operário caiu de uma altura estimada em cinco metros.

Ana Graziela Maia e Caio Pimenta  
Do G1 AM 24 comentários Tweetar 14 Recomendar 192



Atualmente, obras da Arena da Amazônia estão com 56,8% de conclusão em Manaus (Foto: Divulgação/Andrade Gutierrez).

<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2013/03/no-am-operario-morre-em-acidente-de-trabalho-na-arena-da-amazonia.html>

22

O operário Raimundo Nonato Lima Costa, de 49 anos, morreu na noite de quinta-feira (28) nas obras da Arena da Amazônia, estádio de Manaus para a Copa do Mundo de 2014. Segundo informações da polícia, o trabalhador teria se desequilibrado e caído de uma altura estimada de cinco metros após tentar passar de uma coluna para o andaime. A morte, segundo o Instituto Médico Legal, foi ocasionada por traumatismo craniano.

[...]

Segundo o coordenador da Unidade Gestora da Copa do Mundo em Manaus (UGP-Copa), Miguel Capobiango, Raimundo trabalhava no setor de concretagem. "Não entendo o que possa ter havido, já que o grupo de trabalho da vítima costuma atuar sempre em conjunto. No momento do acidente, os colegas dele estariam no período do jantar e ele teria ido para realizar o remanejamento de uma bomba do motor", disse.

Capobiango garantiu que a morte nas obras da Arena da Amazônia é um caso atípico, pois, de acordo com ele, **todas as condições de segurança são oferecidas aos operários**. "Vamos esperar maiores informações da Perícia Criminalística para estudar futuras mudanças no mecanismo de trabalho dos operários", afirma.

<http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2013/03/no-am-operario-morre-em-acidente-de-trabalho-na-arena-da-amazonia.html>

23

## **Estádio Nacional Mané Garrincha**

**Brasília/DF**

**Acidente: 06/08/2012,  
segunda-feira às 17h00.**

**Construção: 2010 → 2013**

*Obra nova*

24

**Estádio Nacional de Brasília - Mané Garrincha**  
**Localização: Brasília, Distrito Federal**  
**Arquiteto: Castro Mello Arquitetura Esportiva**  
**Construtoras: Andrade Gutierrez e Via Engenharia**  
**Tempo de obra: de outubro de 2010 até maio de 2013**  
**Total investido: R\$ 850 milhões**



<http://piniweb.pini.com.br/construcao/infra-estrutura/tudo-sobre-as-obras-dos-estadios-que-vaio-sediar-a-290903-1.aspx>

25

» Notícias

## Em novo acidente, cinco operários ficam feridos no estádio de Brasília

Após queda de estrutura, um trabalhador caiu de uma altura de 20 m; outro ficou preso nas ferragens

Da redação  
 postado em 06/08/2012 21:37 h  
 atualizado em 07/08/2012 03:09 h

Tamanho da letra

Curtir 1 Tweet 9

Cinco operários do estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha ficaram feridos após um acidente no canteiro de obras na tarde desta segunda-feira (6). Segundo informações do site "Globo.com", um dos trabalhadores ficou preso nas ferragens de uma estrutura que desabou. O resgate demorou três horas. Antes, os outros quatro funcionários foram levados ao hospital. Com quadro clínico estável, nenhum dos acidentados corre risco de morrer.

O acidente ocorreu após a armação de ferro e madeira que sustenta uma das vigas de concreto do estádio ceder e cair sobre os operários, que trabalhavam na concretagem de uma das estruturas de sustentação da arquibancada superior do estádio.

Após a queda, um trabalhador caiu de uma altura de 20 metros e outros três ficaram em outro nível. Mais de 50 carros de bombeiros participaram da operação, que também contou com dois helicópteros.

Os trabalhos no estádio, segundo a reportagem, está suspenso pelo menos até quarta-feira (8). A assessoria do Consórcio Brasília 2014, responsável pela construção do estádio de Brasília, descartou atraso no cronograma de obras. A seis meses do prazo previsto para a conclusão, quatro mil operários trabalham na obra, que está 69% executada.

Em junho deste ano, o operário José Afonso de Oliveira Rodrigues, de 21 anos, morreu no canteiro de obras após cair de uma altura de 30 metros, no ponto mais alto da construção.

O Mané Garrincha receberá apenas um jogo da Copa das Confederações, no dia 15 de junho de 2013. Um ano depois, será palco de sete partidas do Mundial, entre elas um duelo da seleção brasileira na primeira fase e um confronto que decidirá o 3º lugar da competição.



Construção do estádio de Brasília tem quatro mil operários (crédito: Lula Lopes)

ampliar

<http://www.portabola.org.br/noticias/10476/EM-NOVO-ACIDENTE-CINCO-OPERARIOS-FICAM-FERIDOS-N-O-ESTADIO-DE-BRASILIA.html>

26



27



28

» Notícias

### Problemas em estrutura de sustentação podem ter causado acidente no DF

Crea finalizou o relatório sobre o acidente que ocorreu no canteiro de obras do estádio de Brasília

Da Agência Brasil  
 Postado em 07/08/2012 18:32 h  
 atualizado em 07/08/2012 18:45 h

Tamanho da letra

Curir 0 Tweet 5

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal (Crea-DF) já finalizou o relatório sobre o acidente que aconteceu ontem (6) nas obras do Estádio Nacional de Brasília. A suspeita é de que o acidente, que feriu cinco operários, foi causado devido à deficiência do material usado para dar sustentação às formas que moldam a arquibancada superior.

"Nós analisamos algumas fotos que mostram um tubo dobrado, possivelmente por deficiência do material utilizado na estrutura de sustentação da forma", disse à Agência Brasil o diretor do Crea-DF, Liberalino Jacinto de Souza. "Esse material parece não ter resistido à pressão do material localizado acima, a 24 metros de altura. É possível que, na montagem, essa estrutura não tenha ficado devidamente alinhada e fixada, permitindo que a carga apoiada escorregasse e fazendo com que o concreto ainda fresco caísse. Se o concreto já estivesse seco, provavelmente não teria caído".



Causa do acidente só será confirmada após a conclusão dos laudos (crédito: Quenna Gules)

O diretor do Crea disse que o relatório apresentado aponta apenas indícios e que a real causa do acidente só será confirmada após a conclusão dos laudos periciais. "A princípio, nada indica que o acidente tenha acontecido devido à pressão com que a obra tem sido tocada, mas esse deverá ser uma das possibilidades a serem analisadas pela perícia técnica". Não há data prevista para a entrega dos laudos periciais.

A fiscalização feita pelo Crea teve o objetivo de verificar se empresa e profissionais ligados à obra estão registrados. Ficou constatado que a empresa Ulma do Brasil Formas e Escoramentos, contratada para "locação, com acompanhamento das montagens das formas e escoramentos", não possui registro no Crea.

Com isso, ela foi autuada e terá dez dias para regularizar a situação, providenciando, além do registro, a devida anotação de responsabilidade técnica do serviço. Segundo o relatório, os cinco operários acidentados utilizavam os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) obrigatórios.

Esse é o segundo acidente grave ocorrido na obra. O primeiro foi em junho, quando um ajudante de obra morreu após cair de uma laje a 30 metros de altura. O estádio vai sediar jogos da Copa das Confederações, em 2013, e da Copa do Mundo, em 2014.

<http://www.portal2014.org.br/noticias/10485/PROBLEMAS+EM+ESTRUTURA+DE+SUSTENTACAO+PODEM+TER+CAUSADO+ACIDENTE+NO+DF.html>

“Nós analisamos algumas fotos que mostram um tubo dobrado, possivelmente por **deficiência do material utilizado na estrutura de sustentação da forma**”, disse à Agência Brasil o diretor do Crea-DF, Liberalino Jacinto de Souza. “Esse material parece não ter resistido à pressão do material localizado acima, a 24 metros de altura. É possível que, na montagem, essa estrutura não tenha ficado devidamente alinhada e fixada, permitindo que a carga apoiada escorregasse e fazendo com que o concreto ainda fresco caísse. Se o concreto já estivesse seco, provavelmente não teria caído”.

# Arena Palmeiras

São Paulo/SP

Acidente: 15/04/2013,  
segunda-feira pela manhã.

Construção: 2010 → 2014

Investimento de R\$ 330 milhões

# CASO ARENA PALMEIRAS

esportes

15/04/2013 14:06

## Operário morre em acidente na Arena Palestra

Uma pessoa morre e outras três ficam feridas após desabamento de vigas de sustentação de arquibancada

DIÁRIO SP ONLINE

Na manhã desta segunda-feira (15), uma pessoa morreu e outras três ficaram feridas após desabamento de vigas de sustentação das arquibancadas da Arena Palestra, futuro estádio do Palmeiras que deve ficar pronto no segundo semestre deste ano.

Em comunicado, a construtora WTorre "se colocou à disposição dos familiares das vítimas todo a assistência necessária". "As causas do acidente estão sob investigação, e ainda não é possível apontar os motivos da ocorrência".

De acordo com o Corpo de Bombeiros, cinco operários estavam no setor em que houve o desabamento, mas apenas quatro conseguiram escapar. Três ficaram feridos levemente.

O corpo do operário morto continua no local aguardando a perícia. As obras da Arena foram suspensas hoje.

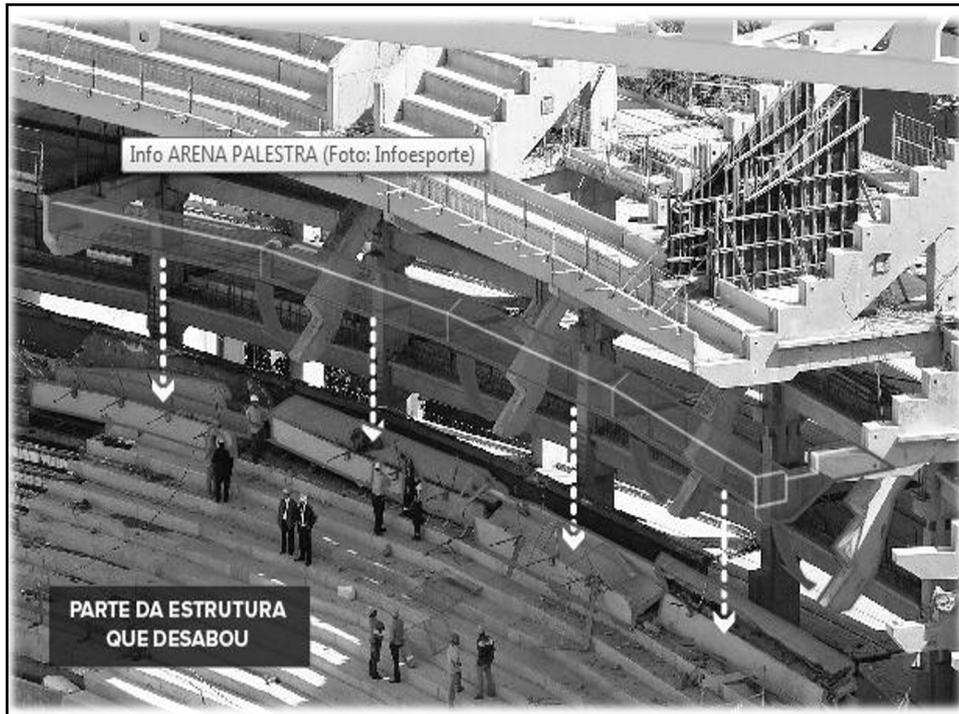


O desabamento no estádio do Palmeiras ocorreu na manhã de hoje



<http://veja.abril.com.br/multimedia/galeria-fotos/slideshow/desabamento-na-arena-palmeiras>

31



32

# **Arena Corinthians (Itaquerao)**

**São Paulo/SP**

**Acidente: 27/11/2013,  
quarta-feira as 12h30.**

**Construção: 2011 → atual**

*Previsão de entrega antes do acidente:  
dez/2013*

33

**Arena Corinthians (Itaquerao)**  
**Localização: Itaquera, São Paulo**  
**Arquiteto: Coutinho e Cordeiro / DDG**  
**Construtora: Odebrecht Infraestrutura**  
**Tempo de obra: de maio de 2011 até dezembro de 2013**  
**Total investido: R\$ 850 milhões**



34

**G1** SÃO PAULO

Na TV | Esporte | Trânsito | Aeroportos | Agenda de shows | VC no G1

27/11/2013 13h05 - Atualizado em 27/11/2013 18h04

## Acidente nas obras do estádio do Corinthians deixa mortos

Estrutura caiu sobre caminhão e arquibancadas na tarde desta quarta (27). Estádio vai sediar jogo de abertura e mais cinco partidas da Copa de 2014.

Do G1 São Paulo

Tweetar (1.681) | Recomendar (13 mil) | 2994 comentários

Trabalhador fotografa a cena do acidente no Itaquera, em São Paulo

Nelson Antonio/AP

<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/11/acidente-nas-obras-do-estadio-do-corinthians-mobiliza-bombeiros.html>

35

### Acidente em Itaquera

Estrutura caiu sobre estádio do Corinthians

Maquete 3D da Odebrecht

Reprodução TV Globo

Acidente aconteceu no setor do estádio virado para a R. Dr. Luís Aires

**Cronologia: 27/11**

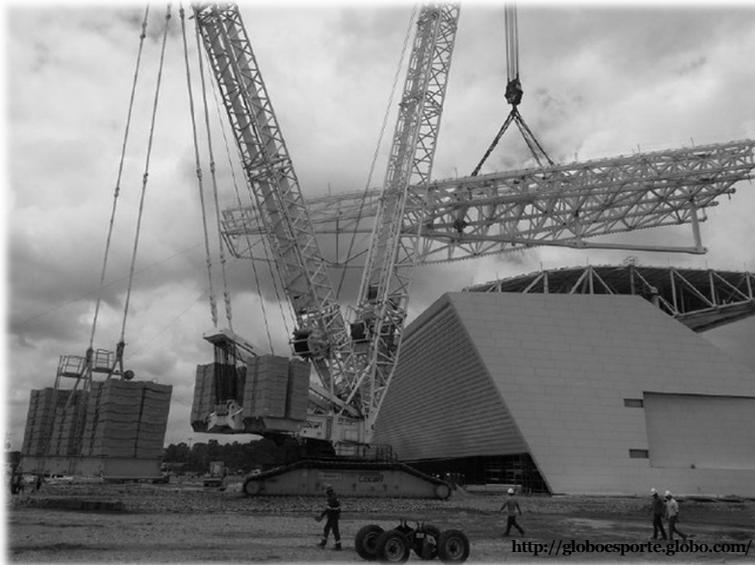
<b>12h40</b>	Acidente acontece quando operários colocavam estruturas na fachada do estádio
<b>12h54</b>	Bombeiros são acionados para atender ocorrência na Av. Miguel Ignácio Curi, 900
<b>13h45</b>	Trabalhadores são dispensados e deixam o estádio
<b>14h</b>	A Defesa Civil interdita 30% da obra

**LOCAL EM QUE MÓDULO SERIA COLOCADO**

G1.com.br | Infográfico elaborado em 27/11/2013

36

**Antes do acidente...**



37

**Depois do acidente...**



38



39



40



41



42

A construtora explica em nota que pouco antes das 13h, o guindaste que içava o último módulo da estrutura da cobertura metálica do estádio tombou provocando a queda da peça sobre parte da área de circulação do prédio leste – atingindo parcialmente a fachada.

Segundo a empresa, a estrutura da arquibancada não foi comprometida. Um caminhão que estava nesta área externa foi atingido e o motorista que estava na cabine morreu.

<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2013/11/acidente-nas-obras-do-estadio-do-corinthians-mobiliza-bombeiros.html>

## ACIDENTE NO ITAQUERÃO

### Fifa prevê atraso de 45 a 60 dias nas obras da Arena Corinthians

Estádio deve ser entregue até março de 2014  
27 de novembro de 2013 | 21h:13

Notícia

Enviar Recomenar 42 Compartilhar 11 Tweet 109

Paulo Favero - O Estado de S.Paulo

SÃO PAULO - A Fifa já tem consciência de que vai haver um atraso no cronograma de obras do Itaquerão, depois que a última treliça de aço da cobertura caiu em cima de parte da fachada, num acidente que provocou a morte de dois operários nesta quarta-feira. Segundo estimativa preliminar, o adiamento de entrega do estádio do Corinthians será de 45 e 60 dias, o que não deve ser grande problema, pois já estava previsto para 2014 os trabalhos de colocação das arquibancadas móveis atrás dos gols e de construção da área de hospitalidade no entorno do local.

Oficialmente, a Fifa e o Comitê Organizador Local (COL) da Copa explicam que vão aguardar a perícia ser realizada nos próximos dias para bater o martelo sobre a situação do Itaquerão, mas nos bastidores já sabem que o atraso fará com que o estádio seja entregue somente em fevereiro ou março. Por ter sido uma fatalidade, a aceitação da prorrogação de finalização da arena é mais tranquila e não deve haver a reclamação recorrente nos atrasos de obras no Brasil.

A queda do guindaste e da peça de 420 toneladas em cima de parte do teto e da fachada do estádio fez com que oito das 44 colunas do painel de LED da área ficassem danificadas. Além disso, a treliça que estava mais perto da peça que caiu também parece ter ficado entortada. Por isso, precisará ser removida, colocada no chão, desmontada e revisada para ver se existe alguma avaria. Só assim poderá ser recolocada na cobertura do Itaquerão. Ao que tudo indica, o restante do estádio está intacto, como as arquibancadas e o gramado. E tanto a construtora Odebrecht quanto a Defesa Civil já atestaram que a estrutura da arena não foi afetada.

<http://www.estadao.com.br/noticias/esportes,fffa-preve-atraso-de-45-a-60-dias-nas-obras-da-arena-corinthians,1101439,0.htm>

43

ESTADÃO
POLÍTICA + ECONOMIA + INTERNACIONAL + ESPORTES + SÃO PAULO +

Esportes Futebol
<http://esportes.estadao.com.br/noticias/futebol/laudo-aponta-afundamento-do-solo-na-arena-corinthians>

0

A+ A-

11

18

0

14

1

✉

## Laudo aponta afundamento do solo na Arena Corinthians

PAULO FAVERO - O ESTADO DE S. PAULO  
03 Junho 2014 | 23h:03

Investigação do Instituto de Criminalística isenta operador da queda do guindaste que içava estrutura e causou a morte de dois operários

O laudo do Instituto de Criminalística (IC) sobre o acidente na Arena Corinthians, em novembro do ano passado, vai mostrar que houve afundamento do solo, segundo informações do SPTV, da Rede Globo. Isso isenta o operador José Walter Joaquim de culpa e também mostra que o guindaste não teve qualquer falha no processo. "Eu não tive acesso ainda ao laudo, mas desde o começo dissemos que não tinha sido culpa do operador", explica Carlos Kauffmann, advogado da Locar, empresa que aluguel o equipamento para a Odebrecht.

O acidente, na ocasião, provocou a morte de dois operários e ainda derrubou parte da fachada do estádio em Itaquera, atrasando ainda mais as obras do estádio que receberá a abertura da Copa do Mundo. Quem está à frente do processo é o delegado Luiz Antônio da Cruz, do 65º DP, de Artur Alvim. Ele ainda não viu o laudo e prefere não falar sobre o documento que não conhece. "Até agora são quase 800 folhas de processo e ainda tenho de somar o laudo a isso. O perito já ligou, mas eu evidentemente tenho de mandar buscar o laudo. Quando chegar, vou ler o documento e juntar à prova documental e testemunhal" avisa.

44

# Rodoanel Mário Covas (trecho sul)

## Embu/SP

### Acidente: 13/11/2009, sexta-feira as 21h10.

### Investimento de R\$ 5 bilhões

R\$ 3,2 bilhões referentes às obras brutas e R\$ 1,8 bilhão destinados às compensações ambientais, desapropriações, reassentamentos e interferências

45



/ são paulo / **desabamento no rodoanel**

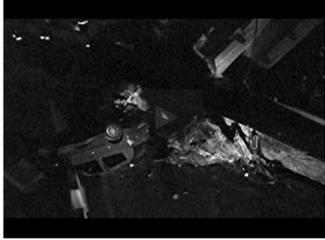
13/11/09 - 21h47 - Atualizado em 14/11/09 - 02h22

## Vigas de construção de viaduto do Rodoanel caem sobre rodovia

Pista da Régis no sentido São Paulo foi interditada; há feridos. Acidente ocorreu por volta das 21h10, segundo a polícia rodoviária.

Do G1, em São Paulo

Tamanho da letra  
A- A+



Três vigas de sustentação de um viaduto em construção do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas desabaram, por volta das 21h10 desta sexta-feira (13), e atingiram um caminhão e dois carros que passavam pela Rodovia Régis Bittencourt. De acordo com a Polícia Rodoviária Federal, o acidente ocorreu no km 279 da Régis, na região de Embu, na Grande São Paulo.

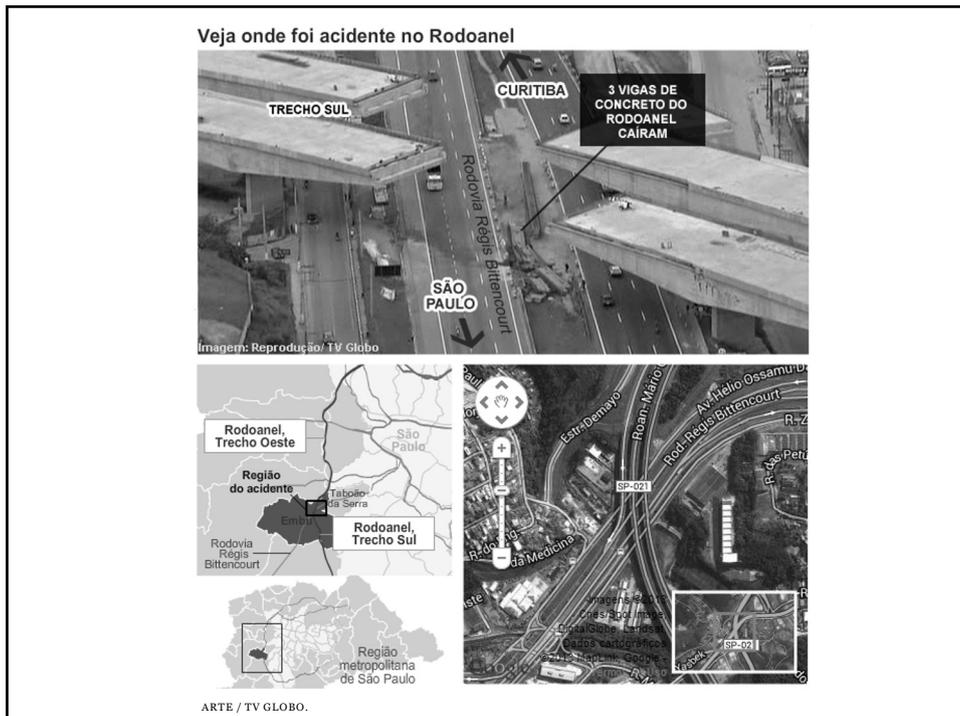
A Polícia Rodoviária Federal informou, por volta das 23h30, que havia pelo menos três feridos, nenhum deles em estado grave. A pista sentido São Paulo da Régis foi totalmente interditada. A alternativa para o motorista é fazer desvio por Itapeperica da Serra. No sentido Curitiba, o tráfego flui pelo acostamento.

<http://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/o,,MUL1378871-5605,00-VIGAS+DE+CONSTRUCAO+DE+VIADUTO+CAEM+SOBRE+PISTA+DO+RODOANEL.html>

46



47



48

/ são paulo / desabamento no rodoanel

16/11/09 - 16h36 - Atualizado em 16/11/09 - 20h43

**Acidente no Rodoanel pode ter ocorrido por falta de viga em viaduto, diz Crea-SP**

Três vigas de concreto de viaduto caíram sobre a Régis Bittencourt. Três pessoas ficaram feridas no acidente que ocorreu na sexta (13).

Luísa Brito  
Do G1, em São Paulo

Tamanho da letra  
A- A+

**Procedimento de montagem inadequado**

O viaduto que estava sendo construído deveria ter recebido cinco vigas. Como uma quebrou quando estava sendo levada para o local, foram colocadas apenas quatro vigas na estrutura. De acordo com o engenheiro, as cinco peças deveriam ter sido postas no mesmo dia para que pudesse ser feita uma amarração entre elas, procedimento que impede o deslocamento das peças.

A falta de uma viga na construção do viaduto do Rodoanel pode ter provocado o acidente ocorrido na noite de sexta-feira (13) quando três vigas caíram sobre a Rodovia Régis Bittencourt, em Embu, na Grande São Paulo, deixando três pessoas feridas. Para o presidente do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo (Crea-SP), José Tadeu da Silva, a possibilidade mais provável é o problema.

O viaduto que estava sendo construído deveria ter recebido cinco vigas. Como uma quebrou quando estava sendo levada para o local, foram colocadas apenas quatro vigas na estrutura. De acordo com o engenheiro, as cinco peças deveriam ter sido postas no mesmo dia para que pudesse ser feita uma amarração entre elas, procedimento que impede o deslocamento das peças.

"Esse procedimento [colocar só quatro vigas] não é recomendado tecnicamente. O melhor era que deixasse as quatro vigas no chão e aguardasse vir a quinta para colocar todas, porque as cinco peças, todas elas têm funções estruturais", afirmou Silva. Segundo ele, quando não é feita essa amarração, vibrações podem causar o deslocamento das vigas. "O normal é que se coloque as cinco peças para haver o travamento [amarração da estrutura]", disse o engenheiro.

<http://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/o,,MUL1380983-5605,00->

ACIDENTE+NO+RODOANEL+PODE+TER+OCORRIDO+POR+FALTA+DE+VIGA+EM+VIADUTO+DIZ+CRE.html

**editorias**

Primeira Página  
Blogs e Colunas  
Brasil  
Carros  
Ciência e Saúde  
Cinema  
Concursos e Emprego  
Economia e Negócios  
Esporte  
Mundo  
Música  
Planeta Bizarro  
Política  
Pop & Arte  
Rio de Janeiro  
São Paulo  
Tecnologia e Games  
VC no G1  
Vestibular e Educação  
Vídeos  
Todas as notícias

**G1 especiais**

Carnaval 2011  
Virada de Ano  
Mais especiais

49

28/12/2009 - 18h21

**Laudo aponta vigas mal travadas como causa de acidente no Rodoanel**

da Folha Online

PUBLICIDADE

Recomendar 1 0

O DER (Departamento de Estradas de Rodagem) divulgou nesta segunda-feira o laudo do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) sobre o acidente em um viaduto do trecho sul do Rodoanel, ocorrido no dia 13 de novembro último.

**Veja a cobertura completa sobre o acidente**  
**Após 1 mês, governo desconhece causas de acidente no Rodoanel**

Segundo o IPT, as vigas da obra foram travadas de maneira inadequada e provocaram um deslizamento. O DER afirma que "o surgimento de uma força horizontal não contida pelo travamento adotado" teve como consequência "o deslizamento e tombamento das vigas, causando sua ruptura".

Rivaldo Gomes-16.nov.09/Folha Imagem

O laudo aponta três fatores para o deslizamento: falta de horizontalidade das superfícies das bases de apoio, insuficiência de atrito na interface das vigas com as bases de apoio e falta de travamento adequado das vigas.

Para a retomada da obra, o IPT recomenda adequações nos controles de nivelamento e assentamento das vigas sobre as bases de apoio. O processo deve garantir o atrito necessário para evitar deslizamentos, mas também foram recomendados sistemas de travamento provisórios das vigas.

Viaduto do trecho sul do Rodoanel em Embu (SP), onde ocorreu acidente que feriu três pessoas; IPT conclui laudo e aponta causas

<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u672081.shtml>

50

# **Novo Anel Viário de Piracicaba**

## **Piracicaba/SP**

### **Acidente: 01/07/2013, manhã de segunda-feira.**

### **Investimento de R\$ 79 milhões**

Previsão de entrega antes do acidente: dezembro de 2013.

51



**Acidente em obra do anel viário de Piracicaba deixa funcionários feridos**

cinco homens estão machucados e 5 desaparecidos no rio, diz trabalhador. Equipes do Samu e do Corpo de Bombeiros estão em busca das vítimas.

3 comentários | 6 Tweetar | 822 Recomendar

<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/novicia/2013/07/acidente-em-obra-do-anel-viario-de-piracicaba-deixa-funcionarios-feridos.html>

Obra do anel viário de Piracicaba tem novo acidente de trabalho nesta segunda (Foto: Fernanda Zanetti/G1)

A queda de vigas e de um equipamento na obra do novo anel viário de Piracicaba (SP) deixou pelo menos cinco funcionários feridos e outros cinco desaparecidos no Rio Piracicaba na manhã desta segunda-feira (1), segundo informações do Corpo de Bombeiros e de trabalhadores do local. Várias equipes de resgate estão na área. Há profissionais mortos, diz a PM.

[...] Segundo apuração do G1 junto à Polícia Militar, os trabalhadores colocavam vigas sobre um pilar em forma de T que estava fixado no Rio Piracicaba. No momento de colocação da décima viga, todas elas e o pilar vieram abaixo.

52



Foto: Fernanda Zanetti/G1

<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2013/07/empresa-especialista-em-naufragios-remove-ponte-que-ruiu-em-piracicaba.html>

53



Foto: Fernanda Zanetti/G1

<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2013/07/ipt-fara-pericia-paralela-para-apurar-acidente-em-obra-viaria-de-piracicaba.html>

54

### Desabamento de viga de concreto deixa pelo menos três mortos no interior de São Paulo

Acidente aconteceu na obra do anel viário que está sendo construído em Piracicaba. O Ministério do Trabalho e Emprego embargou a obra até que as falhas de segurança sejam resolvidas

Rodrigo Louzas

21/06/2013

Tweet 0 Recomendar 0 8+1 0

A queda de vigas de uma ponte da obra do anel viário que está sendo construído em Piracicaba, interior de São Paulo, nesta segunda-feira (17) deixou pelo menos três mortos, segundo informações do Corpo de Bombeiros e de trabalhadores do local. Duas pessoas permanecem desaparecidas e cinco ficaram feridas. O Contorno de Piracicaba terá nove quilômetros de extensão, sete viadutos, uma ponte (local do acidente) sobre o Rio Piracicaba, uma galeria na estrada do Monte Alegre e dois grandes dispositivos de acesso e retorno. O tráfego estimado é de 12 mil veículos por dia.



Uma coluna de sustentação da obra, que fica na rodovia do Açúcar (SP-308), km 147, junto à rodovia Laércio Corte, se rompeu, derrubando vigas da obra dentro do Rio Piracicaba, onde estavam os funcionários. De acordo com a Polícia Militar, os operários foram jogados na água e desapareceram.

O presidente do Sindicato da Construção Civil de Piracicaba e Região, Milton Costa, disse que o acidente foi causado por problemas de engenharia na obra. Ainda segundo Milton, já havia um inquérito aberto contra a empresa responsável, a construtora Tardelli, por um acidente no mesmo local em maio deste ano. Na ocasião, um cabo de sustentação se soltou e atingiu as pernas dos trabalhadores que ficaram pendurados a 15 metros de altura por cerca de duas horas, até o resgate do Corpo de Bombeiros.

http://p1nweb.p1n.com.br/construcao/infra-estrutura/desabamento-de-viga-de-concreto-deixa-pelo-menos-tres-mortos-291978-1.aspx

O presidente do Sindicato da Construção Civil de Piracicaba e Região, Milton Costa, disse que o acidente foi causado por **problemas de engenharia na obra.**

Ainda segundo Milton, **já havia um inquérito aberto contra a empresa responsável, a construtora Tardelli, por um acidente no mesmo local em maio deste ano.** Na ocasião, um cabo de sustentação se soltou e atingiu as pernas dos trabalhadores que ficaram pendurados a 15 metros de altura por cerca de duas horas, até o resgate do Corpo de Bombeiros.

[...] Em nota, o Ministério Público do Trabalho informou que **já existia dois embargos** na obra do anel viário, um em setembro do ano passado e outro em abril deste ano, por irregularidades trabalhistas, relacionadas a **risco de soterramento e trabalho em altura.**

55

G1 PIRACICABA E REGIÃO

03/07/2013 07:40 - Atualizado em 03/07/2013 08:49

### Empresa responsável por anel viário de Piracicaba já foi multada 40 vezes

'Esse acidente não é uma fatalidade', disse superintendente do MTE. Apuração 'rigorosa' será feita no local para identificar responsáveis.

Do G1 Piracicaba e Região 7 comentários 4 Tweetar 0 00

Acidente nas obras do novo anel viário de Piracicaba ocorreu na segunda-feira (Foto: Sinticompl/Divulgação)

http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2013/07/empresa-responsavel-por-obra-viaria-em-piracicaba-ja-foi-multada-40-vezes.html

A Construtora Tardelli, empresa responsável pelas obras do novo anel viário de Piracicaba (SP), recebeu ao menos **40 autuações** referentes a irregularidades com relação a saúde e segurança dos trabalhadores. De acordo com o superintendente do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) no estado de São Paulo (SP), Luiz Antonio Medeiros, que passou essa informação em coletiva à imprensa na tarde desta terça-feira (2), as multas foram aplicadas entre setembro e o final de junho. Três operários morreram, cinco ficaram feridos e dois continuam desaparecidos no leito do Rio Piracicaba após o desabamento de parte da estrutura que sustenta uma ponte em construção no trecho. Bombeiros retomaram as buscas na manhã desta quarta-feira (3).

56

**G1** PIRACICABA E REGIÃO **NEPTV** **ACADEMIA DOM BOSCO Vestibular 2014**

G1 Na TV Esporte Trânsito Aeroportos Agenda de shows VC no G1

02/07/2013 19h12 - Atualizado em 02/07/2013 19h49

**IPT fará perícia 'paralela' para apurar acidente em obra viária de Piracicaba**

Concessionária contratou Instituto de Pesquisas Tecnológicas nesta terça. Queda de vigas em ponte do novo anel viário matou e feriu trabalhadores.

Do G1 Piracicaba e Região [Comente agora](#) [Tweetar](#) (2) [Recomendar](#) (112)



Acidente ocorreu nesta segunda-feira nas obras do novo anel viário de Piracicaba (Foto: Fernanda Zanetti/G1)

<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2013/07/ipt-fara-pericia-paralela-para-apurar-acidente-em-obra-viaria-de-piracicaba.html>

**Laudo de acidente em anel viário vai ficar pronto em 2014, segundo perito**

Queda de estrutura de ponte matou cinco operários em julho, em Piracicaba. Análise de técnicos ainda depende de equipamento que 'seca' trecho do rio.

**[...] Segundo o perito, o laudo só poderá ficar pronto após a análise da fundação da pilastra que sustentava a ponte. Desde o acidente, outros peritos e ele viram a necessidade da instalação de equipamento específico. De Gaspari disse ainda que não tem como terminar o laudo sem avaliar a coluna principal.**

<http://m.g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2013/11/laudo-de-acidente-em-anel-viario-vai-ficar-pronto-em-2014-segundo-perito.html?id=2013/11/laudo-de-acidente-em-anel-viario-vai-ficar-pronto-em-2014-segundo-perito.html&selector=piracicaba-regiao&type=noticia&section=sp&hash=2>

57

**Monotrilho  
Linha 17-Ouro**

**São Paulo/SP**

**Acidente: 09/06/2014,  
tarde de segunda-feira.**

**Investimento de R\$ 3,17 bilhões**

**Previsão de entrega antes do acidente: segundo semestre de 2015.**

58

O GLOBO BRASIL COMPARTILHE CITE SEUS AMIGOS ASSINE

## Parte de estrutura do monotrilho cai e deixa um morto na Zona Sul de SP

Rua Vieira de Moraes foi interditada devido ao acidente, próximo ao Aeroporto de Congonhas

POR LEONARDO GUANDELINI E TIAGO DANFAS  
FOTOGRAFIA: JEFF / AGÊNCIA O GLOBO



Cai viga de concreto do monotrilho linha 17 ouro na Zona Sul de São Paulo - Fernando Demasi / Agência O Globo

**SÃO PAULO** — Uma viga de sustentação do monotrilho da Linha 17-Ouro, que está sendo construído na Zona Sul de São Paulo, caiu na tarde desta segunda-feira, causando a morte de um operário. A vítima é o ajudante geral Juracy Cunha da Silva, de 25 anos. Outros dois trabalhadores ficaram feridos, segundo o Corpo de Bombeiros. Carlos Vieira de Souza e Manoel Cristiano da Silva foram socorridos e não correm risco de morrer. As causas do acidente serão investigadas.

O acidente aconteceu no cruzamento da Rua Vieira de Moraes e da Avenida Washington Luís, próximo ao Aeroporto de Congonhas, no Campo Belo, pouco depois das 16h. Quatro viaturas da corporação, além do helicóptero Águia da PM, foram para o local. O trânsito na Rua Vieira de Moraes foi bloqueado até que a estrutura que caiu seja retirada. A Defesa Civil também interditou temporariamente o prédio de uma locadora de automóveis na esquina onde ocorreu o acidente.

A estrutura que caiu pesa cerca de 90 toneladas, segundo a Defesa Civil, e havia sido colocada há poucos dias, de acordo com operários. Em cima da viga seria colocado o trilho por onde o monotrilho se move.

No momento do acidente, os trabalhadores estavam fixando a viga em um dos pilares a uma altura de 25 metros. A peça soltou de uma coluna à direita, caindo de forma perpendicular. Depois, desprendeu-se do outro pilar, prendendo Juracy. Um operário ficou pendurado na coluna e precisou ser resgatado pelos bombeiros.

<http://oglobo.globo.com/brasil/parte-de-estrutura-do-monotrilho-cai-deixa-um-morto-na-zona-sul-de-sp-12778959>

59




<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/sp/2014-06-09/queda-de-viga-do-monotrilho-deixa-um-morto-em-sao-paulo.html>

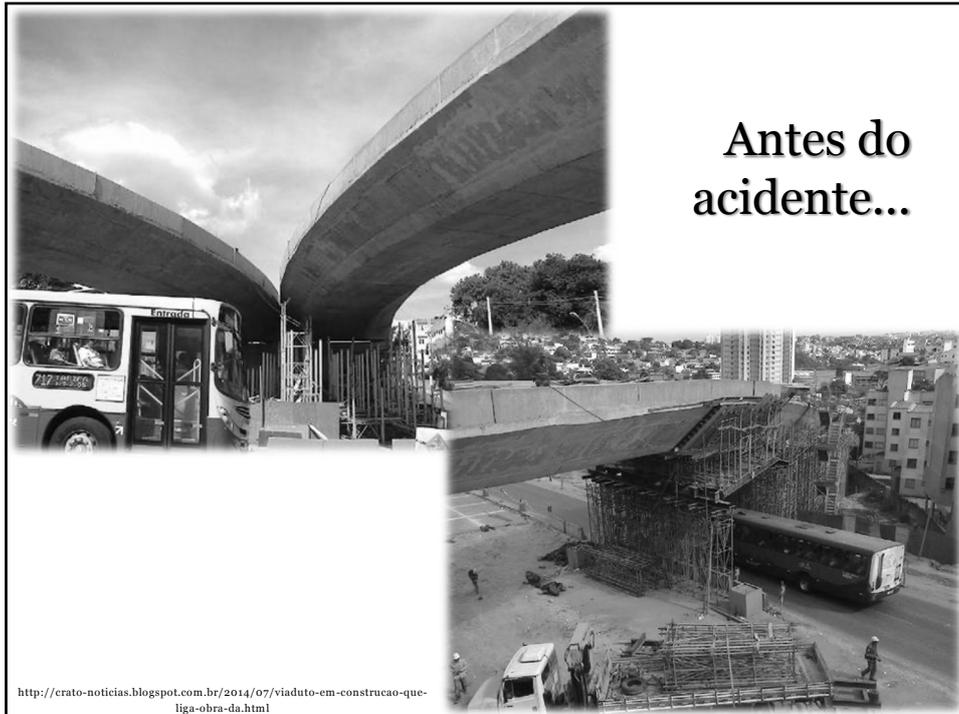
60



61

**Viaduto Batalha do  
Guararapes**  
Pampulha/MG  
Acidente: 03/07/2014,  
tarde de quinta-feira.  
Construtora: Consórcio Integração  
– Construtora Cowan S.A. / Delta  
Construções S.A.  
Investimento de R\$ 460,5 milhões  
Previsão de entrega antes do acidente: Julho de 2014.

62



Antes do acidente...

<http://crato-noticias.blogspot.com.br/2014/07/viaduto-em-construcao-que-liga-obra-da.html>

63

[MENU](#)

G1

**MINAS GERAIS**

03/07/2014 15h26 - Atualizado em 03/07/2014 16h09

## Viaduto desaba na Avenida Pedro I, em Belo Horizonte

Dois caminhões, um carro e um micro-ônibus foram atingidos. Corpo de Bombeiros diz que há um morto e dez feridos no local.

Do G1 MG

 Tweetar 2.313
 

 Recomendar 7 mil

Viaduto desaba em Belo Horizonte (Foto: Polícia Militar/Divulgação)

<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2014/07/parte-de-viaduto-desaba-na-avenida-pedro-i-em-belo-horizonte.html>

64

03 de Julho de 2014

Minas Gerais

### Viaduto desaba em Belo Horizonte e mata ao menos dois

Local do acidente fica a cerca de cinco quilômetros do estádio Mineirão, que recebe em 8 de julho, próxima terça-feira, um dos jogos das semifinais da Copa



O viaduto, que estava em construção desabou sobre parte de um ônibus, vários caminhões e um veículo que trafegava na Avenida Dom Pedro I, no bairro São João Batista, em Belo Horizonte. (Paulo Fonseca/EFE)

Um viaduto em construção caiu nesta quinta-feira na Avenida Pedro I, em Belo Horizonte. De acordo com a Secretaria de Saúde de Minas Gerais, pelo menos duas pessoas morreram e outras vinte e duas ficaram feridas. Nove feridos são atendidos no local, oito foram encaminhados ao Hospital Risoleta Tolentino Neves, na Vila Clória, e dois ao Hospital Municipal Odilon Behrens, no Centro. Segundo informações da Globonews, a estrutura esmagou dois caminhões, um micro ônibus e um carro. O acidente ocorreu próximo à Lagoa do Nado, na região da Pampulha. Oito viaturas dos Bombeiros foram enviadas ao local.

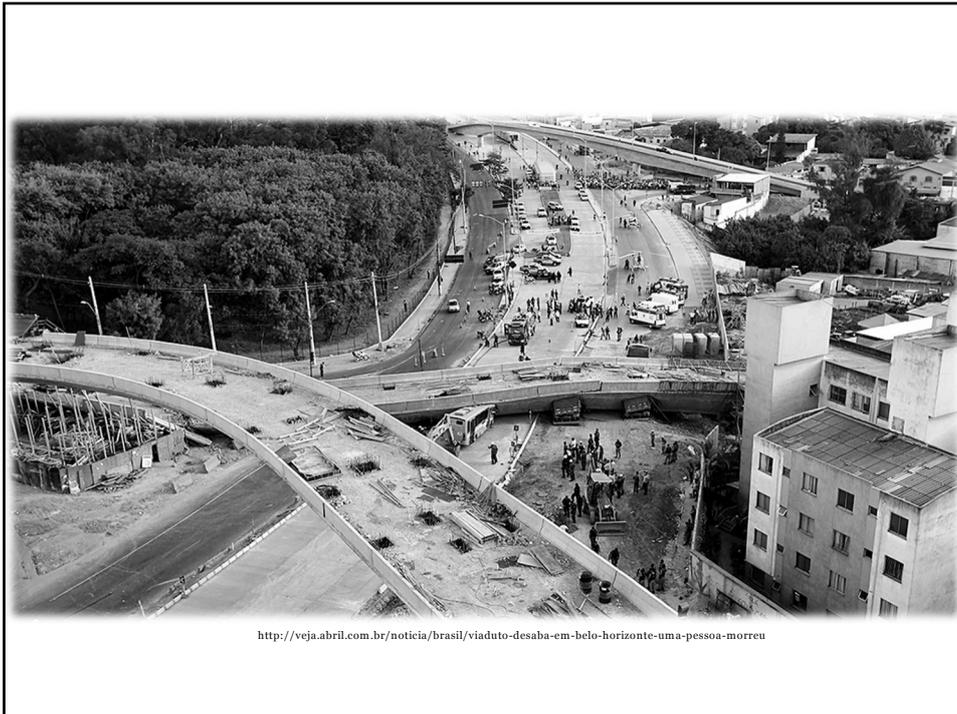
<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/viaduto-desaba-em-belo-horizonte-uma-pessoa-morreu>

65



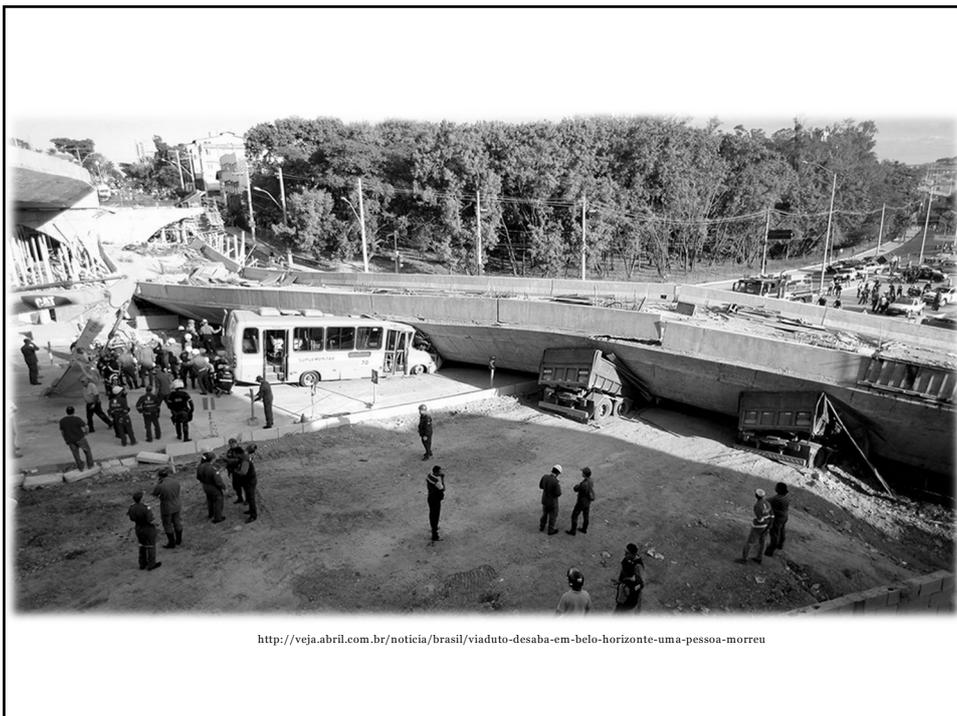
<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/viaduto-desaba-em-belo-horizonte-uma-pessoa-morreu>

66



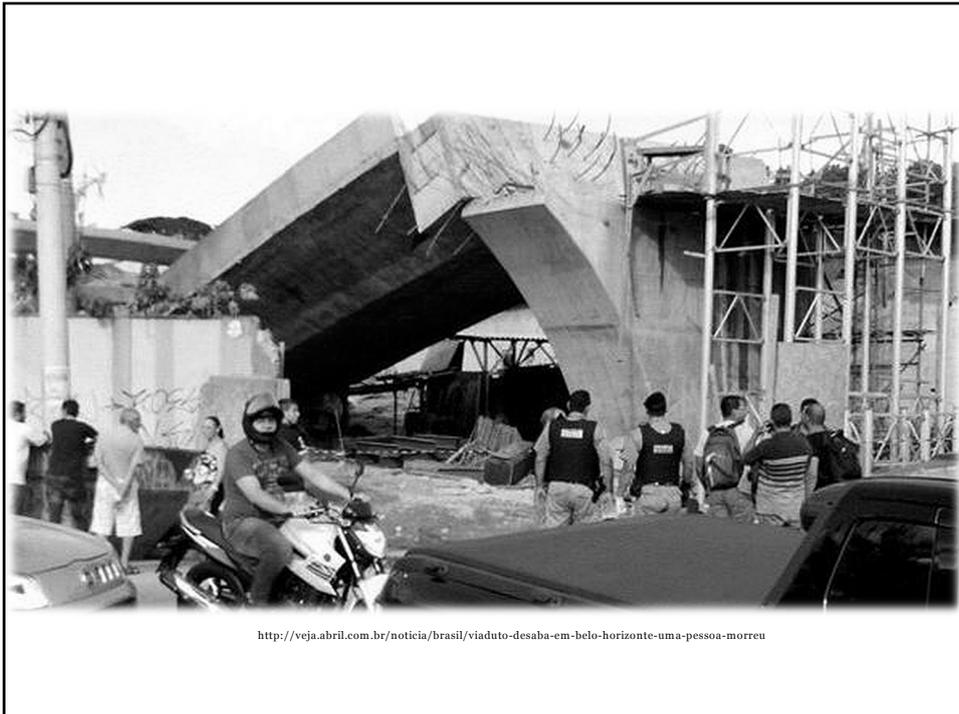
<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/viaduto-desaba-em-belo-horizonte-uma-pessoa-morreu>

67

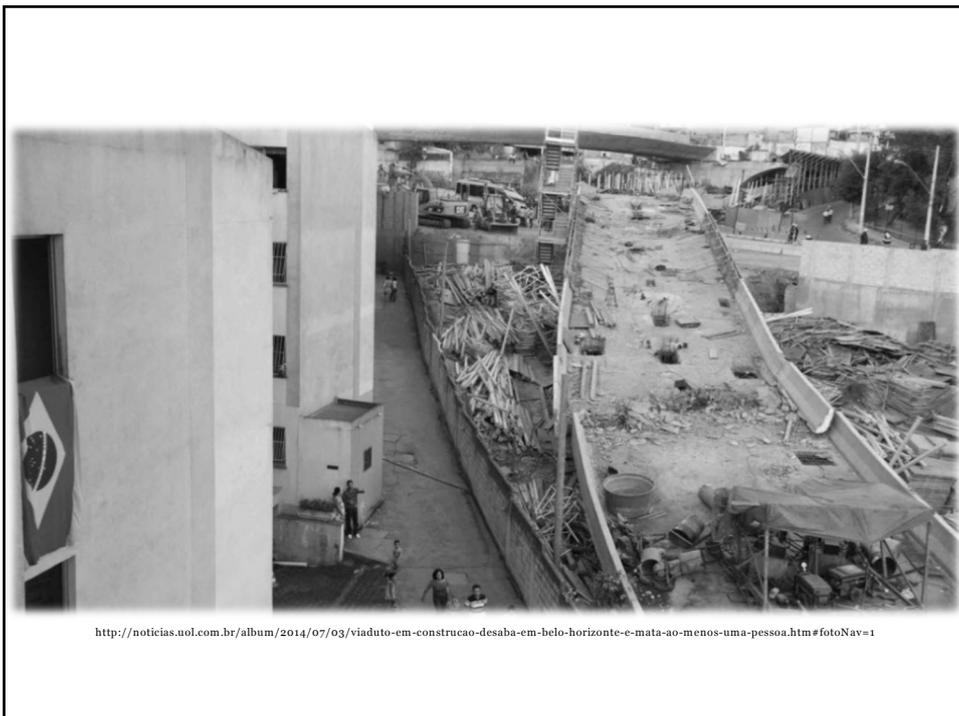


<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/viaduto-desaba-em-belo-horizonte-uma-pessoa-morreu>

68



69



70

## Desvio

Com a queda do viaduto, a avenida Pedro I está completamente interditada nos dois sentidos, complicando o trânsito em diversas vias de Belo Horizonte ([confira rotas alternativas para desviar de trecho onde houve queda de viaduto](#)). A BHTrans, empresa que gerencia o sistema de transporte e o trânsito na capital, fez vários desvios. No momento, há congestionamentos na avenida Cristiano Machado, sobretudo nas imediações do Minas Shopping, com reflexos no Anel Rodoviário, no acesso à avenida Catalão. A avenida Padre Pedro Pinto também tem retenções no fluxo de veículos, assim como a Linha Verde, desde a Cidade Administrativa até o acesso à Pedro I.

As opções de desvio repassadas pela empresa são pelas avenidas Cristiano Machado, Portugal e General Olímpio Mourão Filho, de onde saía o viaduto em obras. Ainda conforme a BHTrans, o tráfego para quem se desloca no sentido Venda Nova será feito pelos bairros próximos.

Para quem seguia em direção à Venda Nova, uma das opções é passar pela avenida Portugal e em, seguida, pegar a avenida Doutor Cristiano Guimarães (onde fica a sede do 13º Batalhão da Polícia Militar) e seguir até a avenida Cristiano Machado e a avenida Waldomiro Lobo, conforme a BHTrans. Uma outra possibilidade é pelo viaduto da avenida João Samaha, passando pela rua 12 de outubro e chegando até a Vilarinho.

Já para quem segue em sentido ao Centro da capital, deve-se sair da avenida Pedro I e pegar a Padre Pedro Pinto, próximo ao Hospital Risoleta Neves, pegando em seguida a avenida Cristiano Machado.

## Interdição

Em fevereiro deste ano o viaduto Montese, também na avenida Pedro I, teve que ser interditado após um deslocamento de aproximadamente 30 centímetros. O fluxo de veículos das pistas mistas teve que ser suspenso por uma semana. No local ocorriam obras do Move. Na ocasião, a Sudecap descartou o risco de queda da estrutura.

<http://www.fojeemdia.com.br/minas/viaduto-em-construc-o-desaba-na-avenida-pedro-i-e-deixa-vitimas-em-belo-horizonte-1.252172>

71

The screenshot shows the R7 Notícias website interface. At the top, there are navigation tabs for 'Página Inicial', 'Notícias', 'Entretenimento', 'Esportes', 'Vídeos', 'Rede Record', 'Shopping', and 'Serviços'. The main content area features a large headline: 'Prefeitura de BH nega risco de queda de viaduto interditado na Pampulha'. Below the headline, there is a sub-headline: 'Trânsito fica interditado na Pedro I até a próxima semana para medidas emergenciais'. A photograph of the viaduto under construction is displayed. To the right of the photo, there is a text block stating: 'Interditado até a próxima semana por conta de um deslocamento irregular na lateral da estrutura, o viaduto em construção sobre a avenida Pedro I com rua Montese, na Pampulha, não corre risco de desabar. A afirmação é da Prefeitura de Belo Horizonte, por meio de nota emitida nesta sexta-feira (7) em que cita análise da Sudecap (Superintendência de Desenvolvimento da Capital)'. At the bottom of the article, it says: 'Leia mais notícias no R7 Minas' and 'O prefeito Marcio Lacerda (PSB) ainda não se manifestou publicamente sobre o caso.' The left sidebar contains a list of categories and a search bar.

72

em.com.br | Belo Horizonte, 04/JUL/2014 | 14° / 28°

ESPECIAIS | Copa 2014 | Turista na Copa | Turismo em MG | Profissões | Votor Norte | Pensar e Agir

TAMANHO DA LETRA | ENVIAR | IMPRIMIR | CORRIGIR

15 Comentários | Votação: ☆☆☆☆ | 81 | Compartilhar: 23

### Causa da movimentação da estrutura de viaduto na AV. Pedro I ainda é um mistério

Interdição da via deixou o trânsito complicado e motoristas enfrentam dia de tumulto

Pedro Ferreira  
Publicação: 08/02/2014 06:00 Atualização: 08/02/2014 07:17

Pilar foi envolvido por lona e novo escoramento foi feito. Trabalho para identificar o que provocou a falha continua

Um deslocamento lateral de 27 centímetros foi o que provocou a interdição do viaduto em construção na Avenida Pedro I com Rua Montese, no Bairro Itapóia, Região da Pampulha. As causas da movimentação, no entanto, ainda são investigadas por especialistas em engenharia civil. A travessia faz parte da obra do sistema Move, como é chamado o transporte rápido por ônibus (RRT, na sigla em inglês) de Belo Horizonte.

[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/02/08/interna\\_gerais\\_496319/causa-da-movimentacao-da-estrutura-de-viaduto-na-av-pedro-i-ainda-e-um-misterio.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/02/08/interna_gerais_496319/causa-da-movimentacao-da-estrutura-de-viaduto-na-av-pedro-i-ainda-e-um-misterio.shtml)

73

[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/02/08/interna\\_gerais\\_496319/causa-da-movimentacao-da-estrutura-de-viaduto-na-av-pedro-i-ainda-e-um-misterio.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2014/02/08/interna_gerais_496319/causa-da-movimentacao-da-estrutura-de-viaduto-na-av-pedro-i-ainda-e-um-misterio.shtml)

ALEXANDRE GUZARQUE/FM/D.A.PRESS

### POR ONDE PASSA O PROBLEMA

Como o peso é suportado por estruturas como as erguidas na Avenida Pedro I

**Em uma obra concluída**

**Em construção**

- Quando as escoras estão no lugar, o peso é distribuído por todas elas.
- No momento em que as escoras são retiradas, o peso passa a se concentrar no pilar.

**A movimentação**

Na rampa de elevação do Bairro Itapóia, as escoras foram retiradas. Houve deslocamento da estrutura e novo escoramento foi feito

74



Pilar de 7m de altura que teria afundado 6m !

75

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

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

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

76



77



78

- 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**

79

**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...**

80



81

***Irresponsabilidade  
ou  
Incompetência?***

**Caso 2:**

**Edifício habitacional**

**8<sup>o</sup> andar**

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

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**

82



83



84



85



86



87



88

- 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**

89

## **Edifício Comercial**

---

**2009**  
**fissuras em lajes**  
*obra nova*

90



91



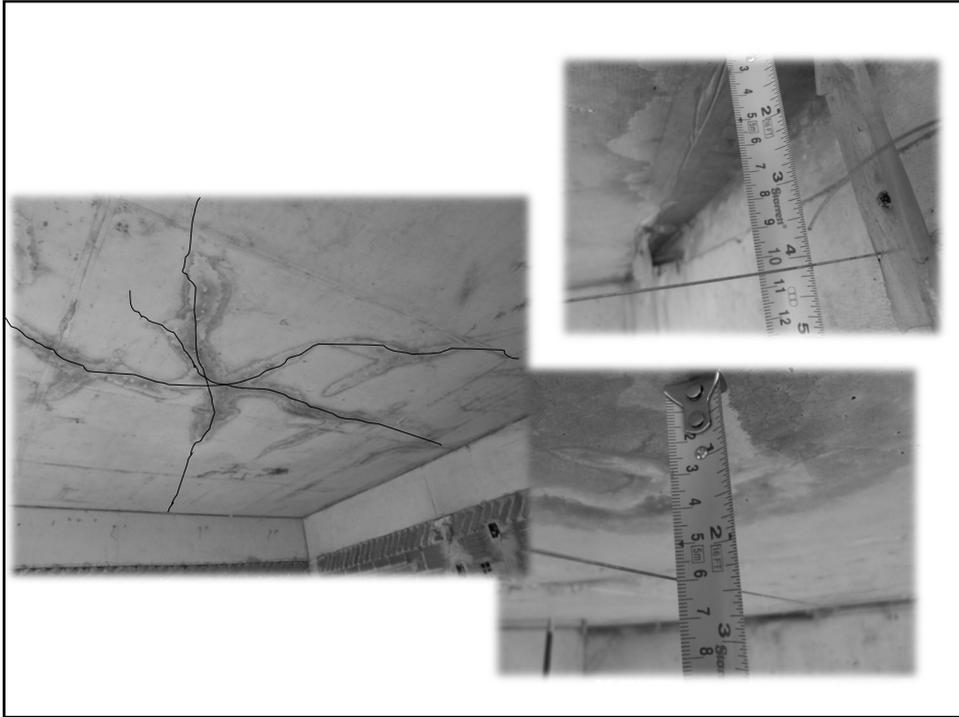
92



93



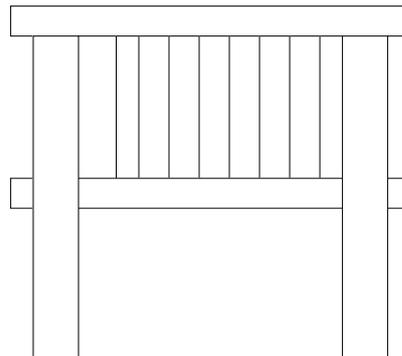
94



95

laje+vigas com espessura média de  
22cm  $\rightarrow$  550kg/m<sup>2</sup>  
dimensionada para 150kg/m<sup>2</sup>

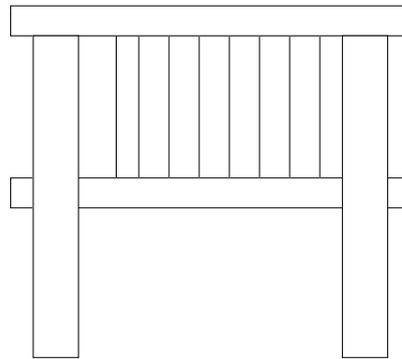
1 ano de idade



96

tem o módulo; tem o  $f_{ck}$   
mas não foi dimensionada  
para essa carga

1 ano de idade



97



98

## Shopping Center

*11.06.2013*

colapsou 40.000m<sup>2</sup>

4 lajes protendidas

4 andares

vão 7,5m x 7,5m

*obra em construção*

99



100



101



102



103



104

Comunicado

## Shopping Rio Poty

O Shopping Rio Poty vem a público esclarecer a causa do incidente verificado na madrugada de 11/07, bem como detalhar seu plano de retomada das obras, tornado possível após reunir técnicos de renome nacional em colaboração com as autoridades públicas. A conclusão irrefutável a que se chegou foi de que o incidente se deveu a um erro de execução específico e pontual. É importante frisar que, por se tratar de erro isolado, fica garantida a continuidade do projeto. Abaixo a descrição do que ocorreu:

**1** Antes de iniciada a concretagem de um trecho específico da Laje do 5º pavimento (L5), foi retirado INADVERTIDAMENTE o escoramento da Laje do 4º pavimento (L4), que se encontrava parcialmente tensionada.

Na fase final da concretagem de trecho do L5, a soma das cargas de duas lajes (L4+L5), sob uma única laje (L4) PARCIALMENTE TENSIONADA e NÃO ESCORADA, acarretou no colapso em cadeia da estrutura.



105

### ***Dados do Edifício:***

***36pavimentos + 5subsolos***

***Edifício em uso há 1ano***

***Fissurou 18 andares***

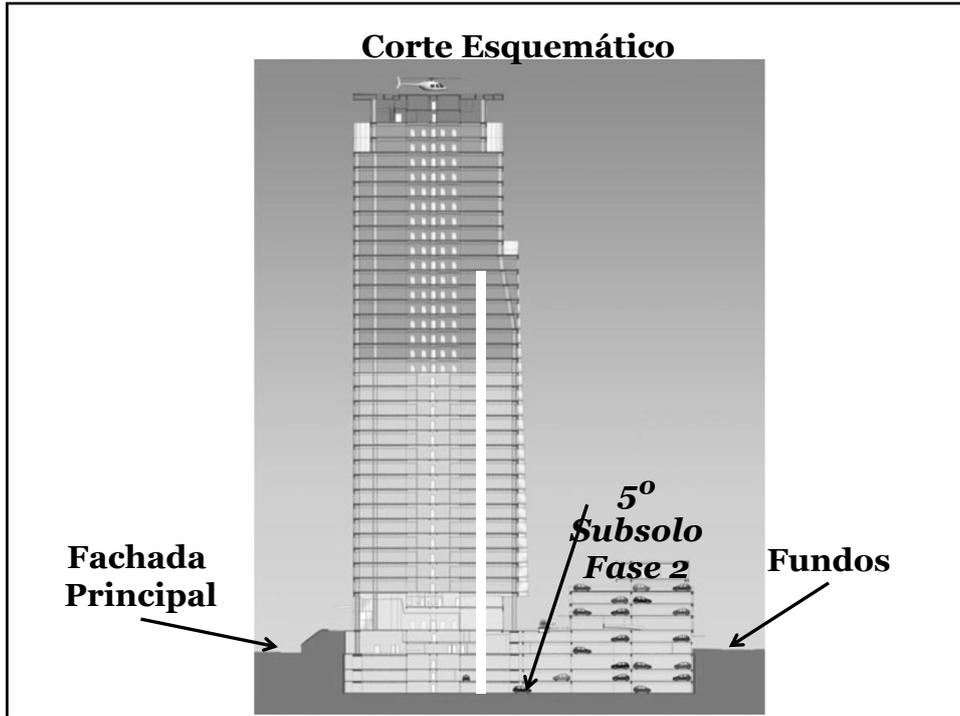
***Pilar P1 Esforços de projeto:***

***Normal: 1.253tf***

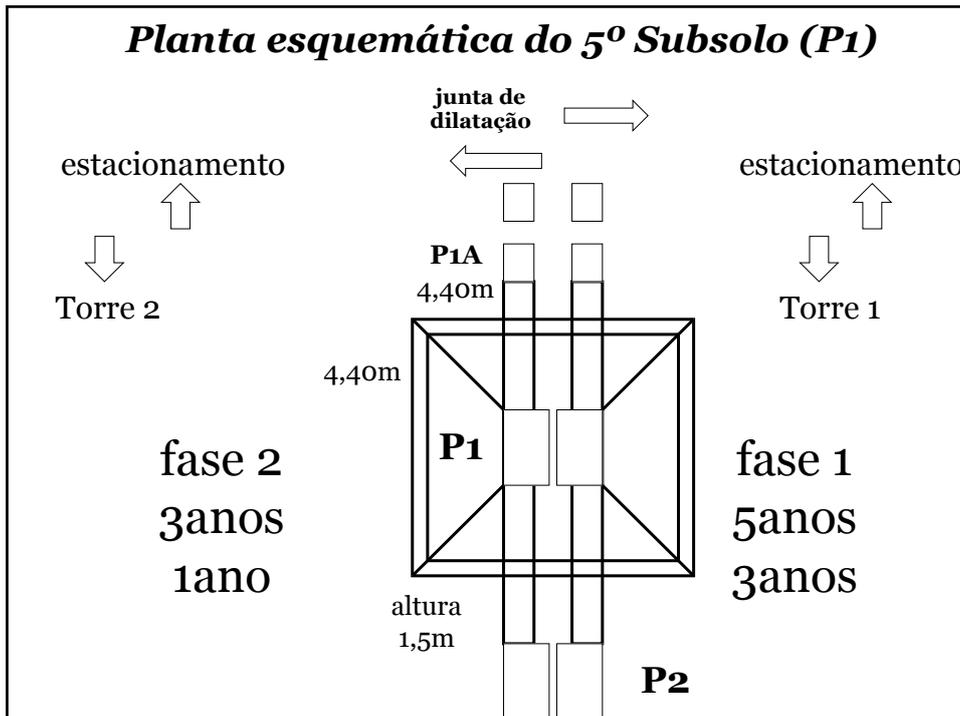
***Mx: 55tf.m***

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

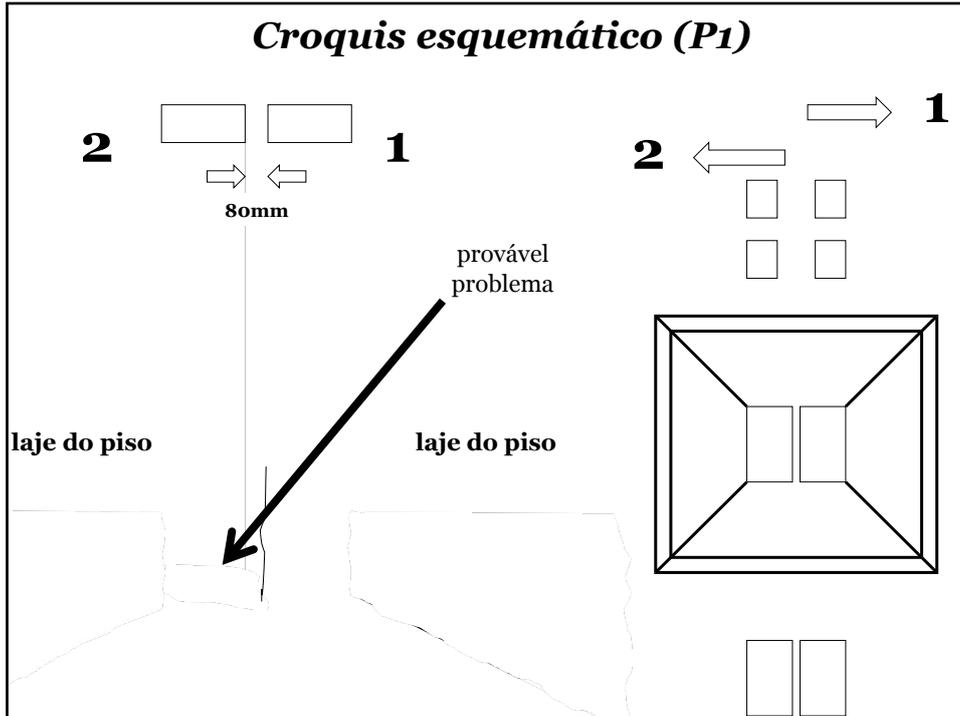
106



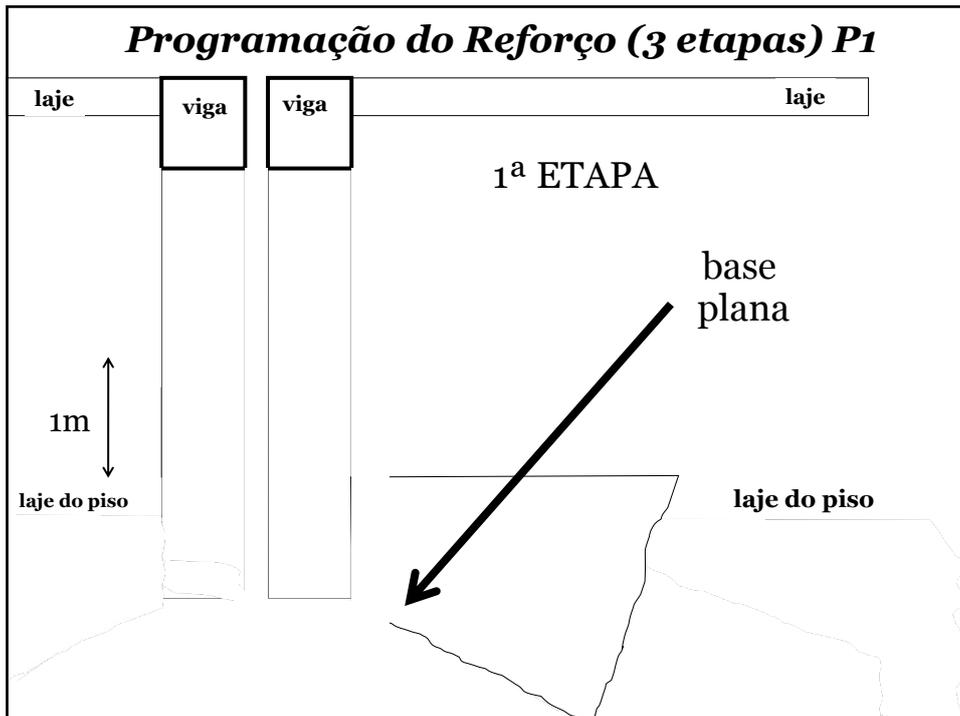
107



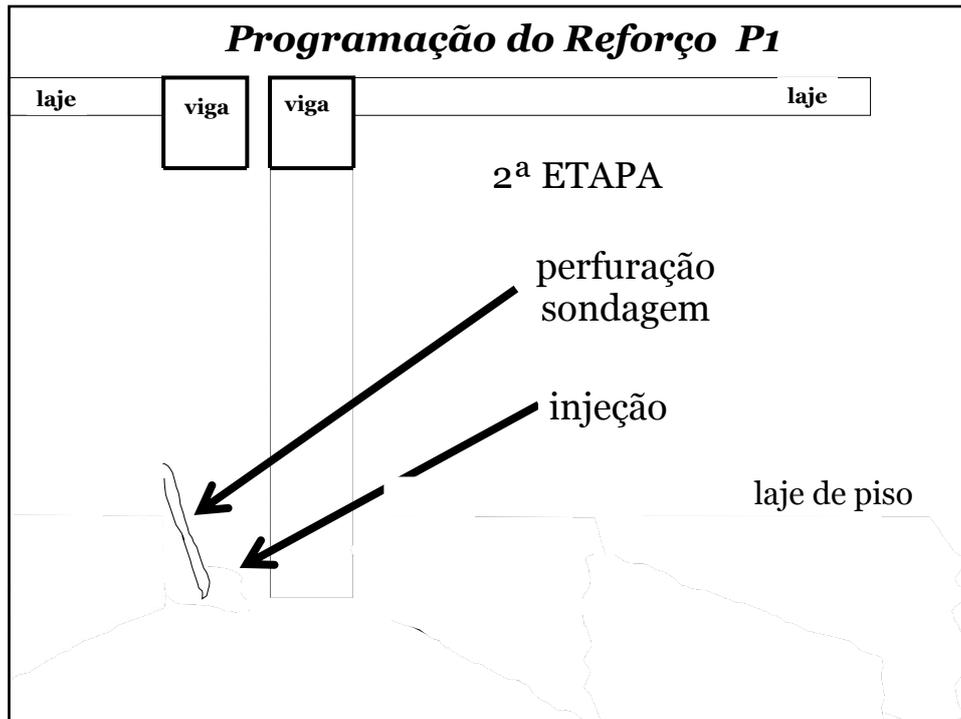
108



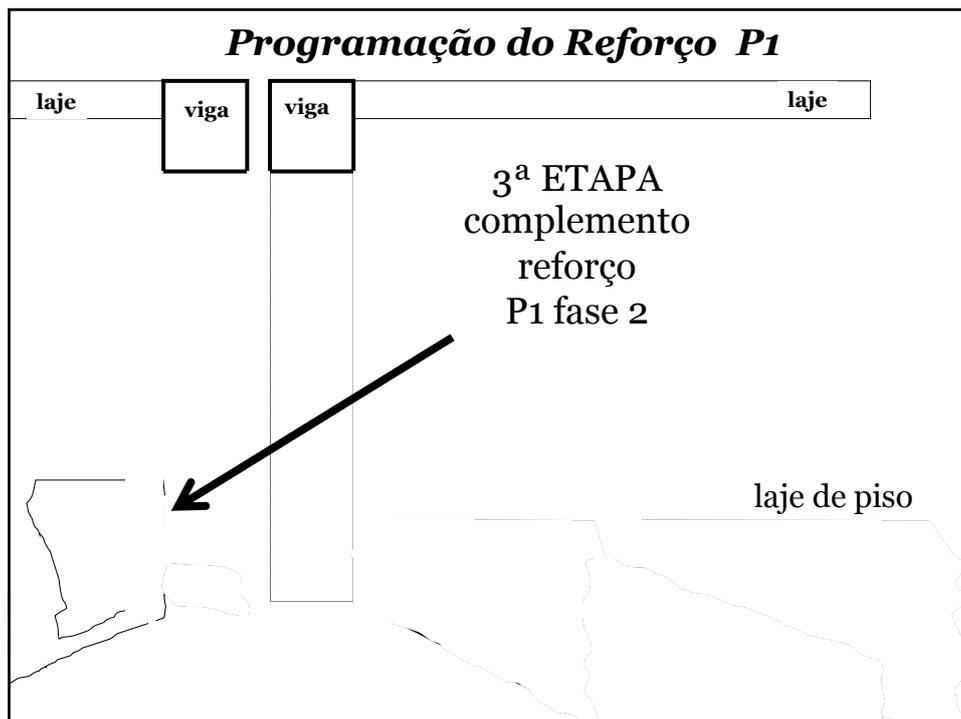
109



110

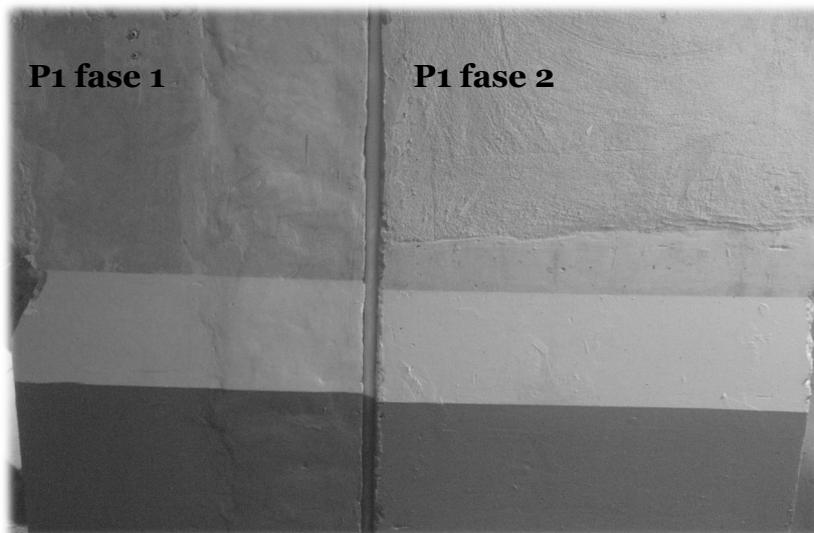


111



112

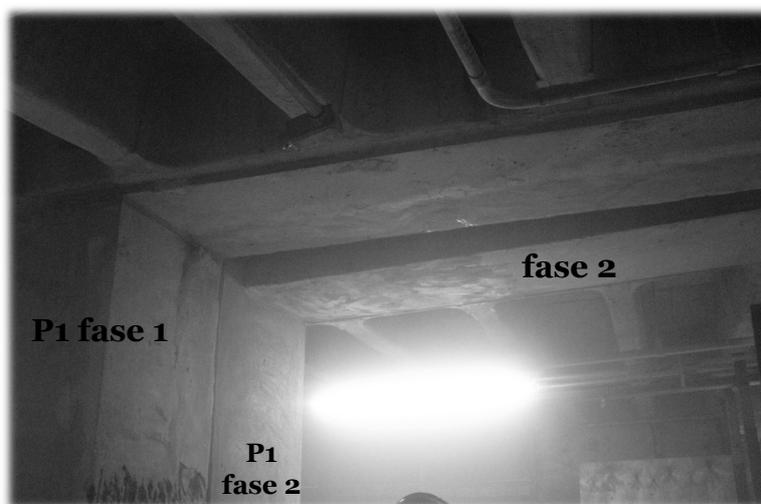
***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

113

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

114

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

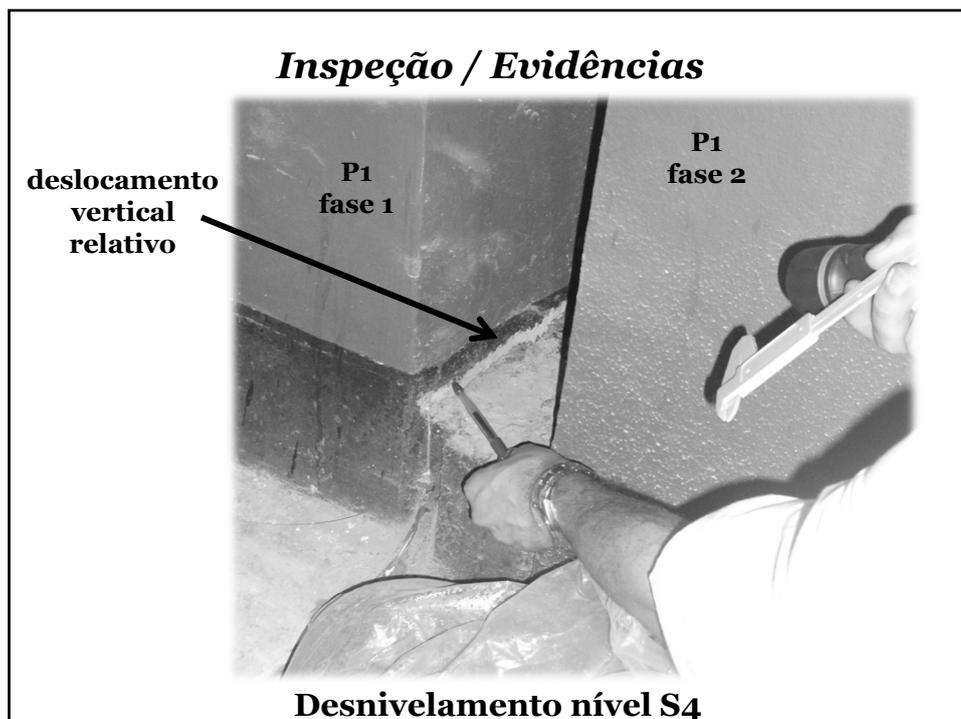
115

***Inspeção / Evidências***

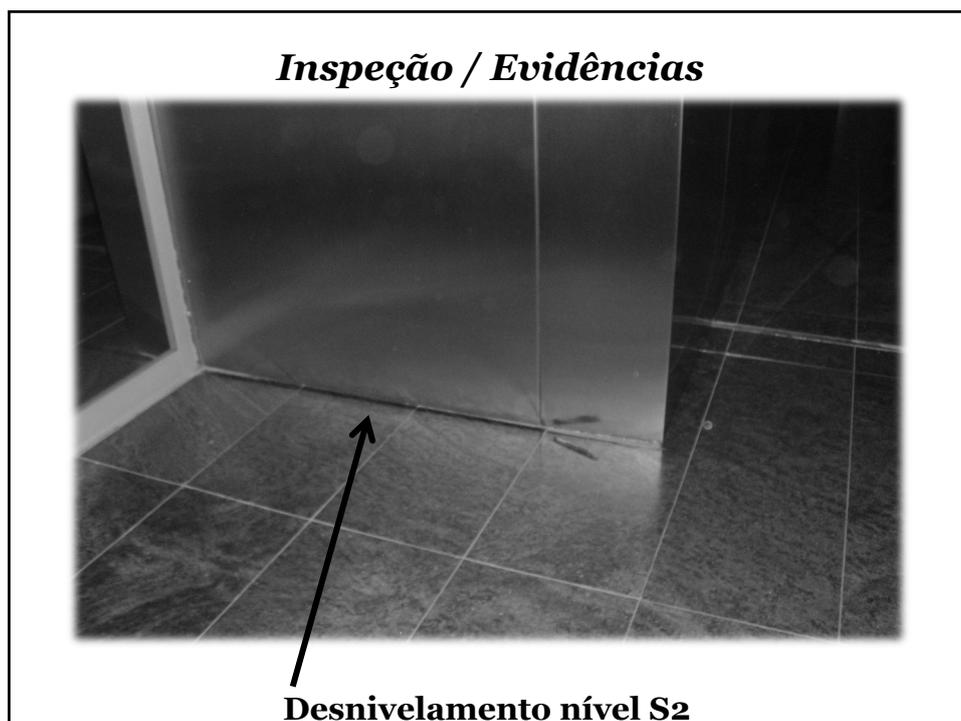


**Fissuras em Vigas**

116



117



118

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S3**

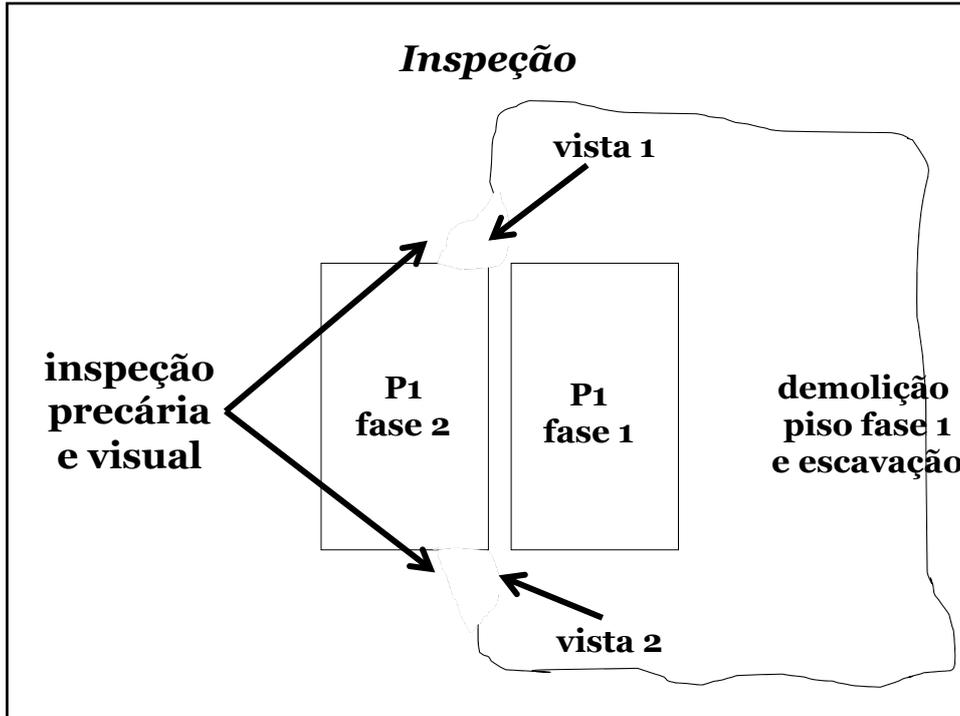
119

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento e fissuras em vigas**

120

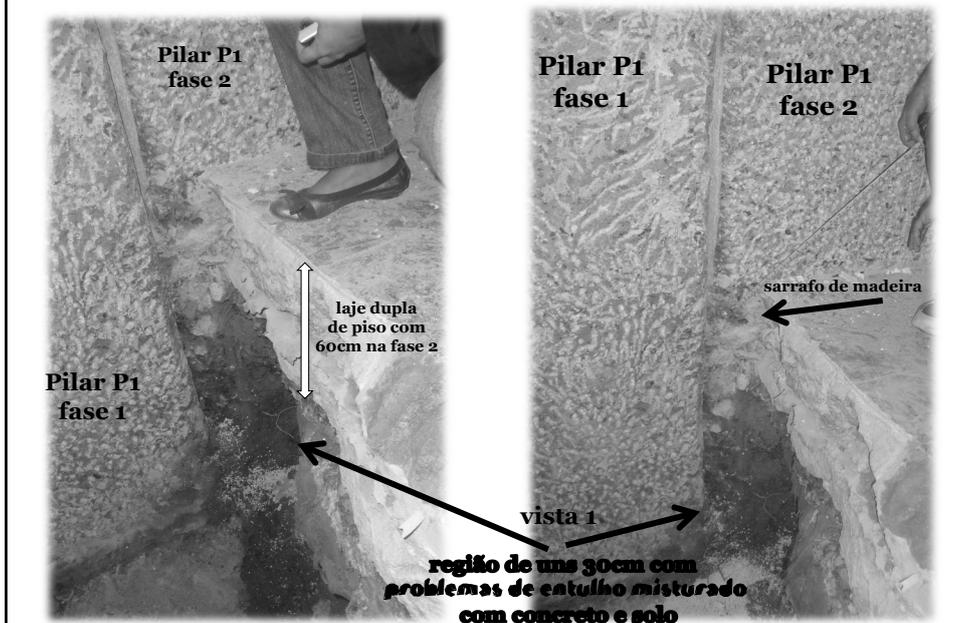


121



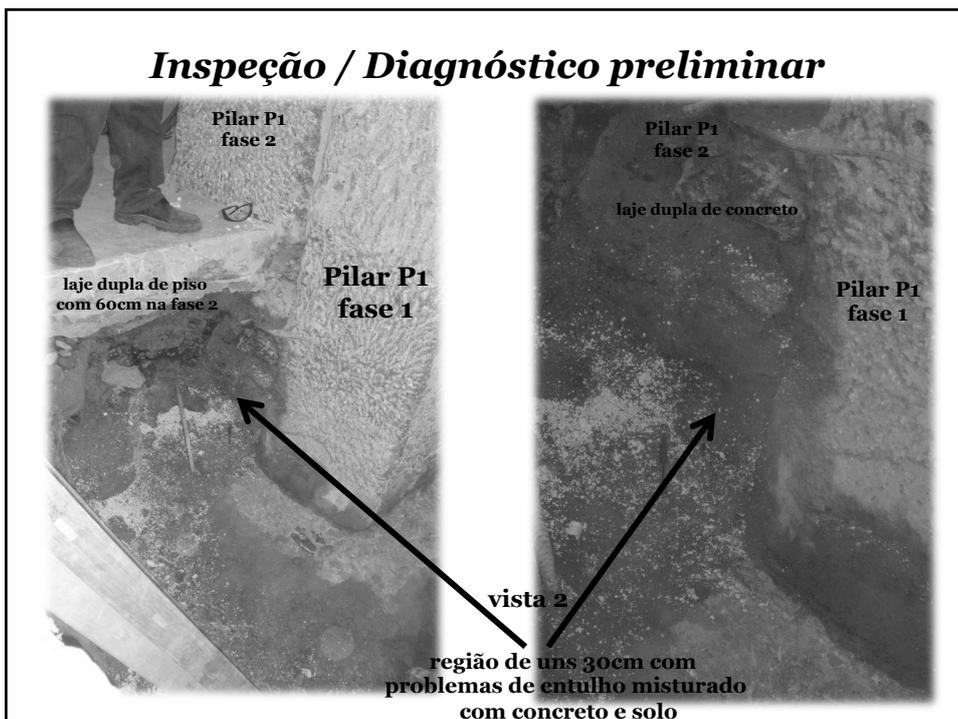
122

### *Inspeção / Diagnóstico preliminar*

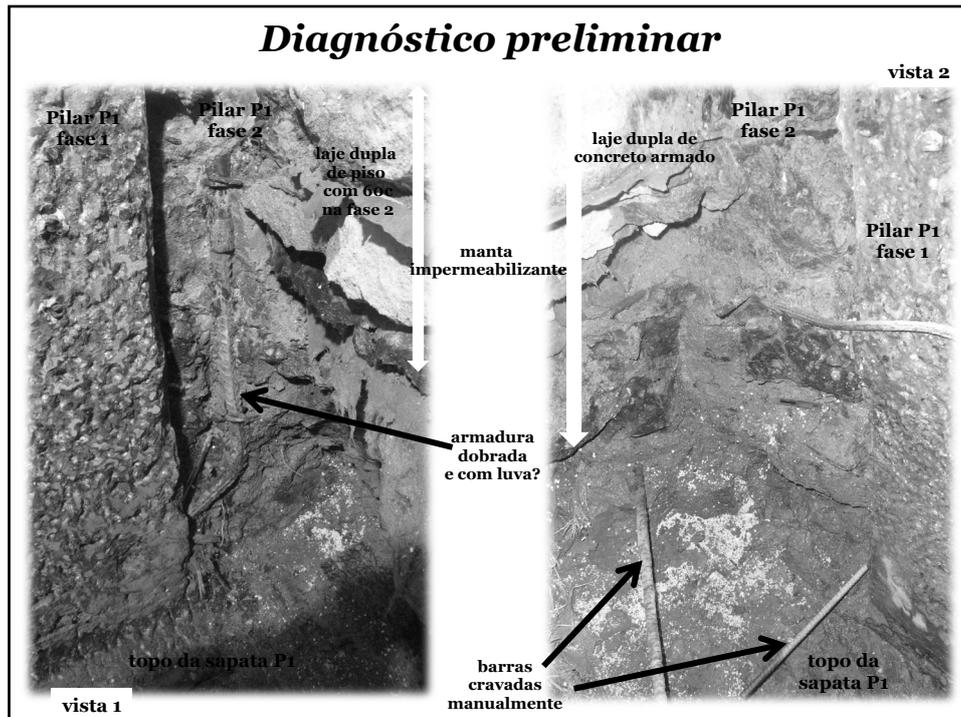


123

### *Inspeção / Diagnóstico preliminar*



124

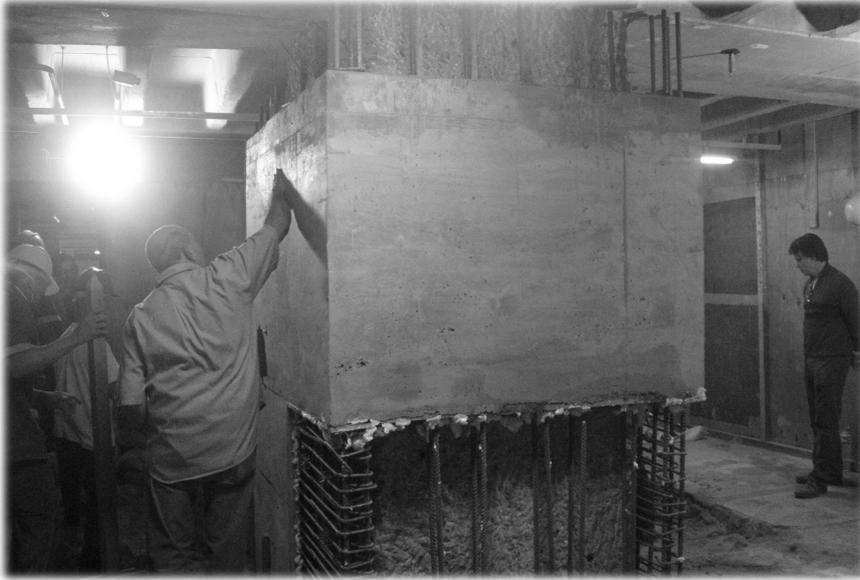


125



126

## 7.Desfôrma



127



128



129



130



131



132



133



134

## ***Pilar P1 acabado***



135

## ***Controles***

136

## ***Resistência a 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>

137

***Hipóteses  
prováveis...***

138

## ***Hipóteses prováveis...***



139

## **Edifício Habitacional**

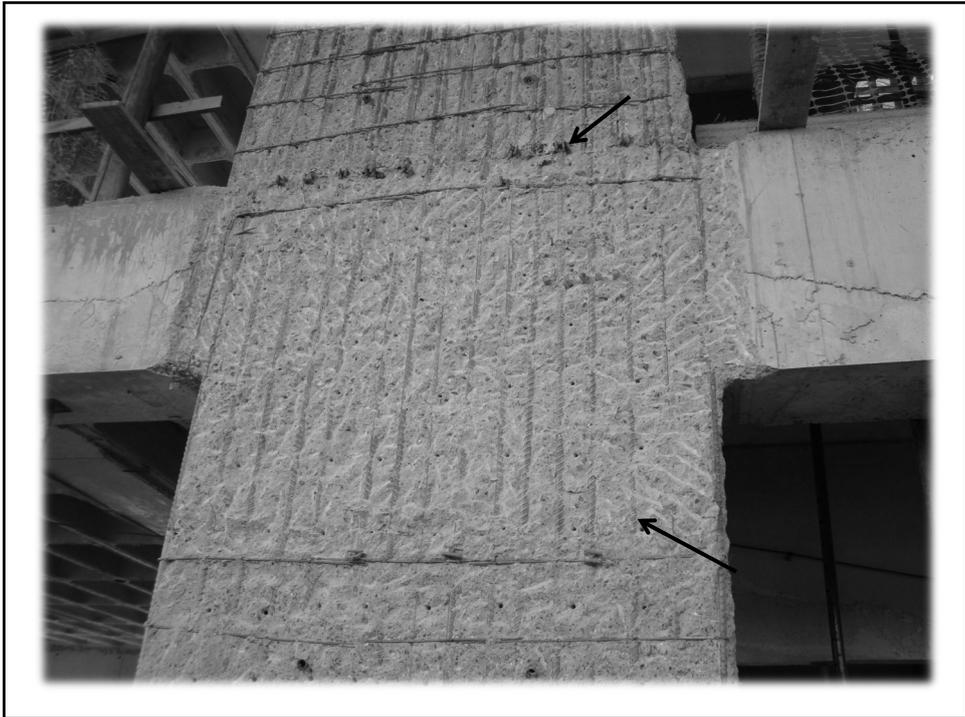
---

armadura de  
pilares  
*obra nova*

140



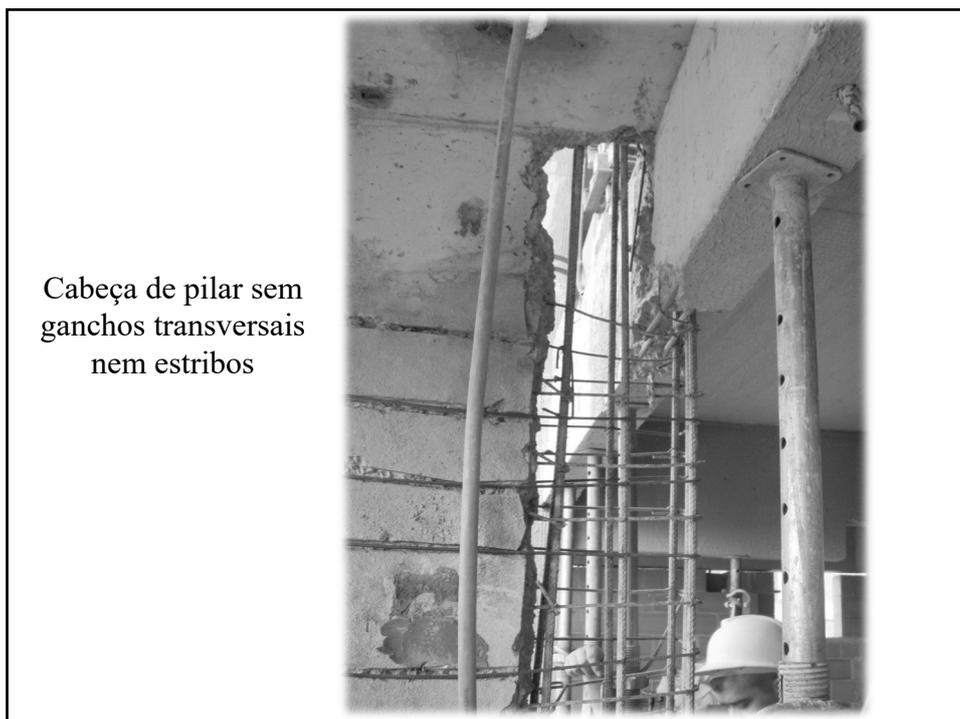
141



142



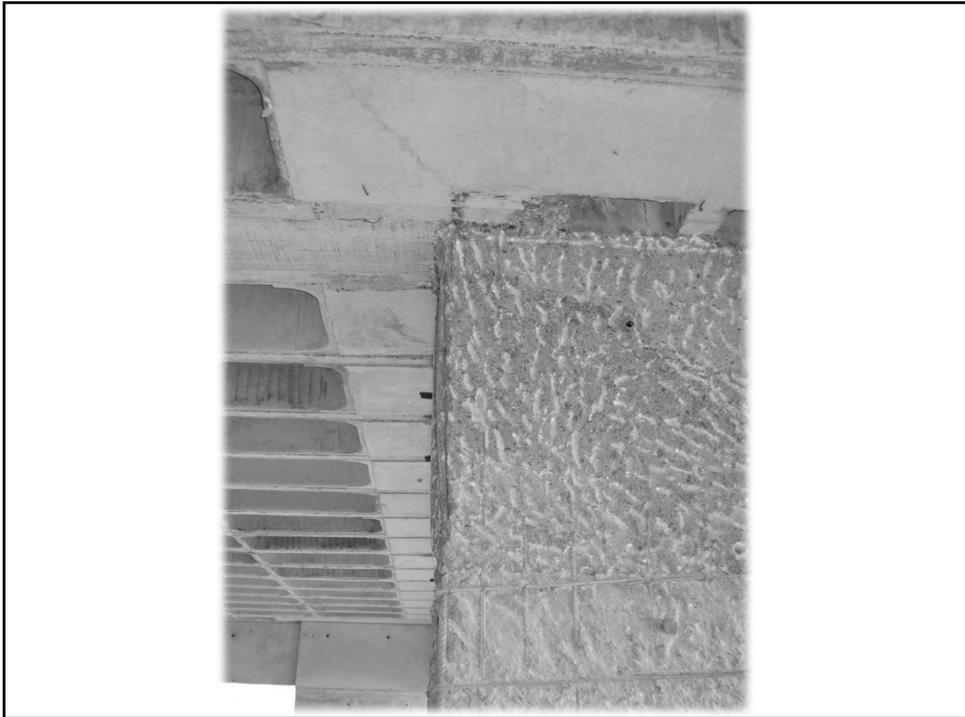
143



144



145



146



147

Qual o papel  
do  
Construtor?

*PhD Engenharia*

148

- ✓ 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*

149

terceirizar um  
serviço ≠  
terceirizar  
responsabilidade

*PhD Engenharia*

150

# outro caso desastroso!

PhD Engenharia

151

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>

152

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.

153



154

# Edifício Real Class



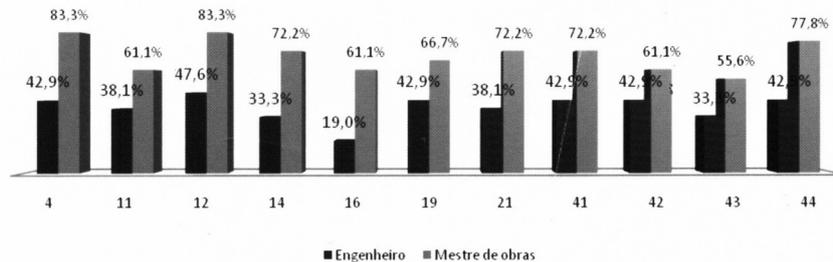
**Belém do Pará**

**34 pavimentos**

**105m 20.01.2011 35MPa**

155

Figura 3 – Desvios de função



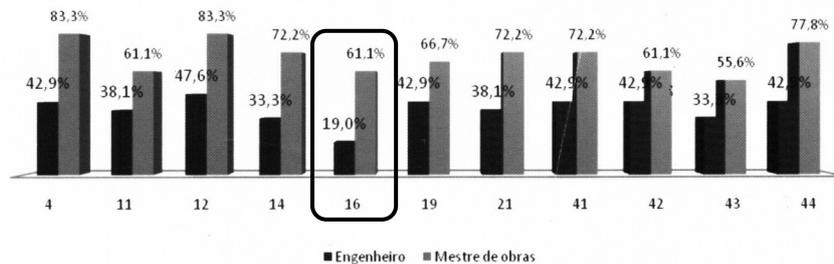
### DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 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 sequência 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

156

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 pre-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 freqüência 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

157

## Edifício Habitacional

# concretagem de pilares *obra nova*

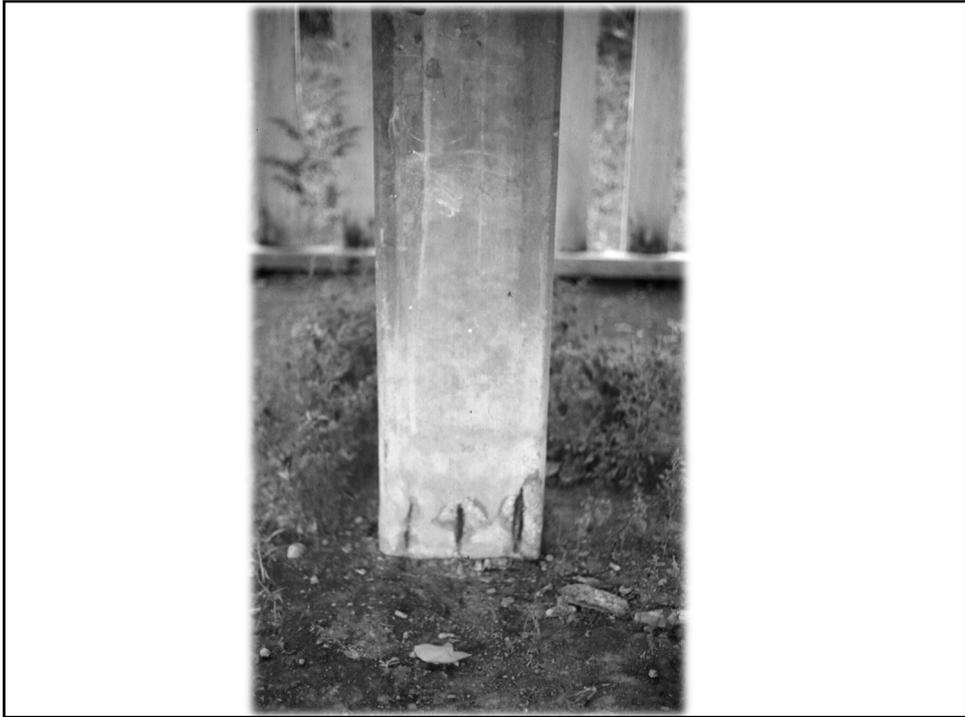
158



159



160



161



162

## Reparo Estrutural !?



Todo reparo estrutural deve ser realizado com argamassa, graute ou concreto com resistência bem superior à da peça. No mínimo igual.

163

## Reparo Estrutural !?



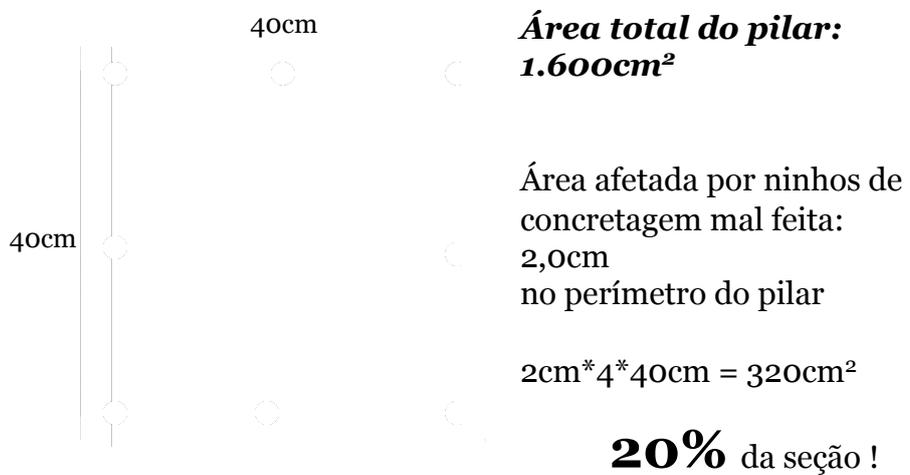
Todo reparo estrutural deve ser realizado com argamassa, graute ou concreto com resistência bem superior à da peça. No mínimo igual.

164



165

### Região afetada por ninhos



166

## **CONSTRUTOR**

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

167

## **Edifício Areia Branca**

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

168



169



170



Escombros - manhã seguinte do desabamento

171



172

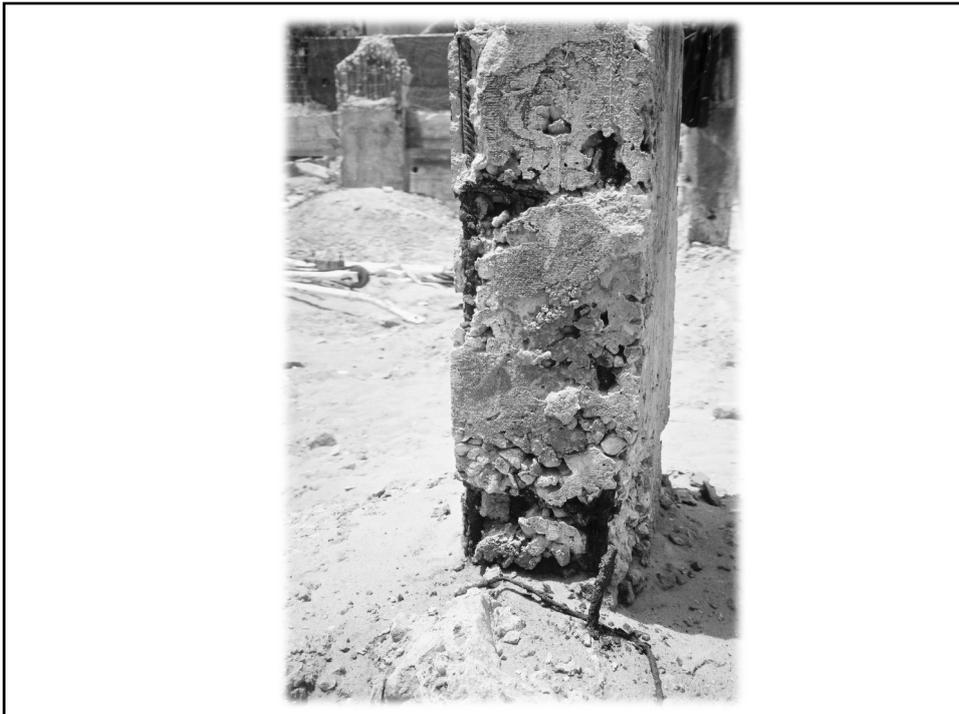


**Edificações Vizinhas**

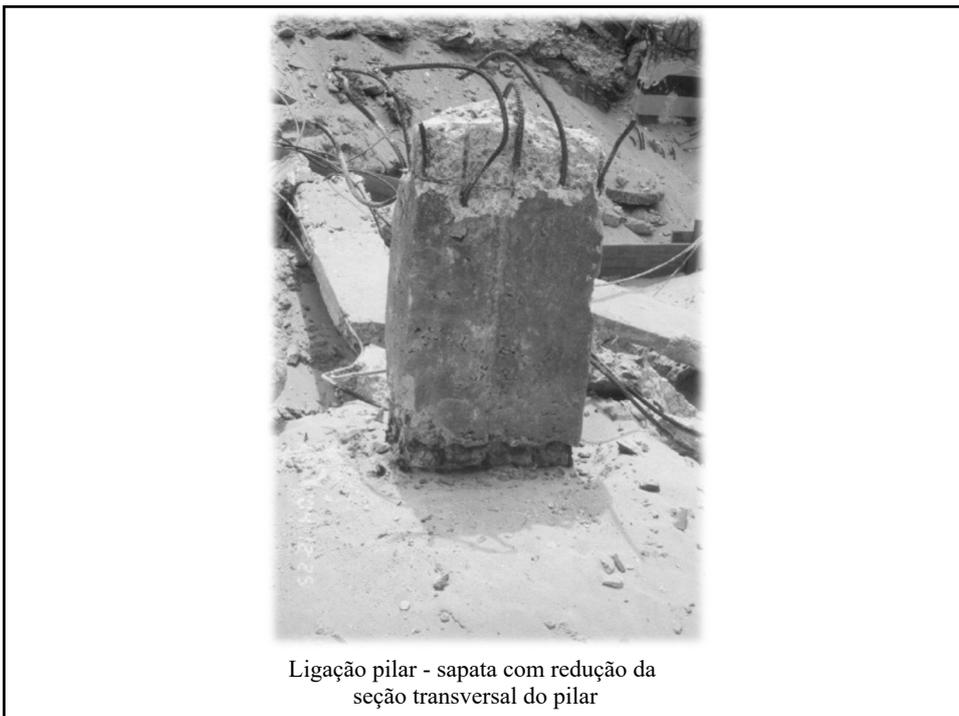
173



174



175



176



177



178



179



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

180



181

## **CONSTRUTOR**

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

182

# Edifício Emblemático

Alphaville, São Paulo

50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem

183



184



185



186



187



188



189



190



191



192

## **CONSTRUTOR**

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e  
antecipar-se aos problemas!

193

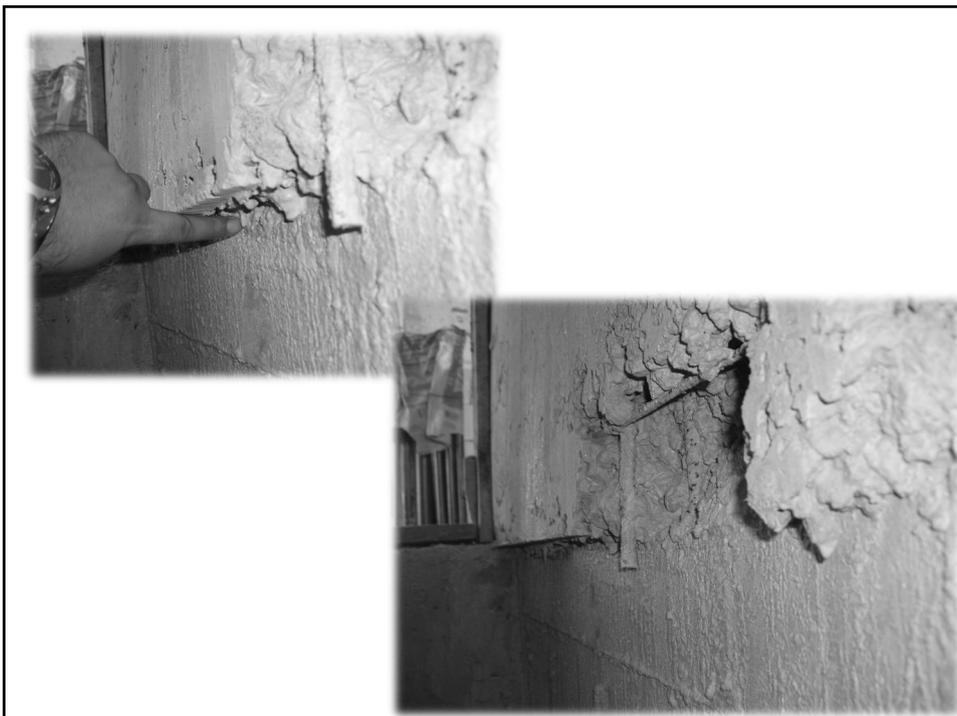
## **CONSTRUTOR**

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

194



195



196



197



198

# Sistema de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

“Antes do lançamento do concreto devem ser devidamente conferidas as dimensões e a posições das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo esteja conforme o projeto.”



199



## 2.2. Sistema de Ensaio

O esquema de vinculação utilizado no ensaio foi a de um pilar bi-articulado com excentricidades idênticas em suas extremidades na direção de menor inércia da seção transversal, com aplicação de carga incremental até a ruptura. A carga exoctrônica foi aplicada com o auxílio de um atuador hidráulico de 2000 kN de capacidade, atuado por uma bomba elétrica, e as cargas foram medidas com o auxílio de uma célula de carga com capacidade também de 2000 kN.

Foram realizados passos de carga de 20 kN até haver uma decompressão da fibra menos comprimida ou quando o concreto estivesse próximo a uma deformação específica de 2 ‰, aplicando-se então passos de carga de 10 kN para um melhor entendimento do fenômeno até o momento da ruptura. A Figura 2 mostra um esquema do posicionamento do pilar na estrutura de reação durante a realização do ensaio. Os ensaios foram realizados no laboratório de Estruturas da Universidade de Brasília – UnB.

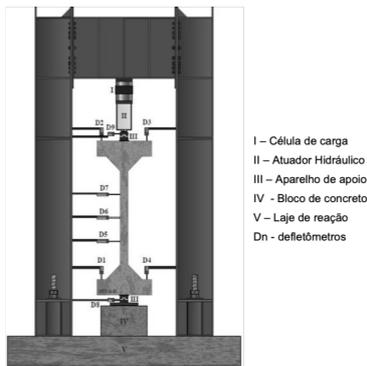


Figura 2 – Pilar posicionado no pórtico de reação com a instrumentação

ANALIS DO 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2011 – 53CBC

4

## Estudo Experimental e Numérico de Pilares de Concreto Armado Submetidos a Flexo-compressão Normal

Carlos Eduardo Luna de Melo (1);  
Galileu Silva Santos (2);  
Yosiaki Nagato (3);  
Guilherme Sales Soares de A. Melo (4)

(1) Professor, Departamento de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, email: carlosluna@unb.br  
(2) Doutorando em Estruturas, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, email: galileueng@yahoo.com.br  
(3) Professor, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, email: nagato@unb.br  
(4) Professor, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, email: melog@unb.br

200

grande excentricidade, com esmagamento do concreto e escoamento da armadura. Foi verificado para todos os pilares que a ruína dos mesmos aconteceu após a ruptura do concreto na face mais comprimida. Nos pilares com maior excentricidade da força, a armadura junto à face T chegou a escoar antes do esmagamento do concreto.

Tabela 2 - Carga, deslocamentos e deformações últimas e modos de ruptura

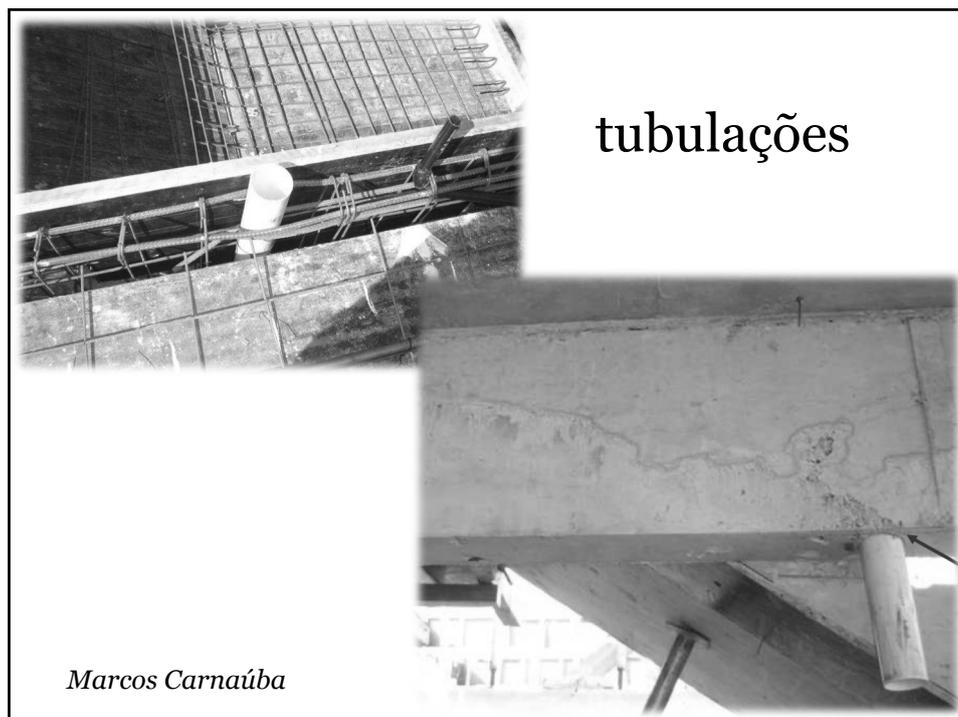
Modelos	$e_{\text{inicial}}$ (mm)	$F_{u,\text{exp}}$ (kN)	$D6_{,\text{max}}$ (mm)	$\epsilon_c$ (‰)	$\epsilon_s$ (‰)	Modo de Ruína
PFN 00-2.5	0	1078,2	4,87	-2,20	-1,60	Ruína frágil com esmagamento do concreto. (Domínio 5)
PFN 15-2.5	15	670,4	14,72	-2,15	-0,20	
PFN 24-2.5	24	360,8	14,60	-1,60	0,18	Ruína por flexo-compressão com grande excentricidade, com ruptura do concreto, sem escoamento da armadura. (Domínio 4, 4a)
PFN 30-2.5	30	336,0	72,59	-1,60	0,75	
PFN 40-2.5	40	246,0	27,49	-1,90	1,85	Ruína por flexo-compressão com grande excentricidade, com ruptura do concreto e escoamento da armadura. (Domínio 3)
PFN 50-2.5	50	201,2	43,60	-2,70	3,00	
PFN 60-2.5	60	164,8	39,71	-3,00	1,30	

### 3.2. Deformações específicas das armaduras

A convenção adotada para o sinal das deformações foi de negativa para compressão e positiva para tração. A Figura 4, à seguir, mostra a média das deformações aferidas ao longo dos ensaios, nas armaduras próximas às faces comprimidas (C) e tracionadas ou menos comprimidas (T).

Para os pilares com pequena excentricidade. PFN 00–2.5 e PFN 15–2.5. percebe-se que

201



202

## Por que ocorre isso?



203

## Por que ocorre isso?



204



205



206



207



208

**Por que ocorre isso?**



209

**Por que ocorre isso?**



210

**Por que ocorre isso?**



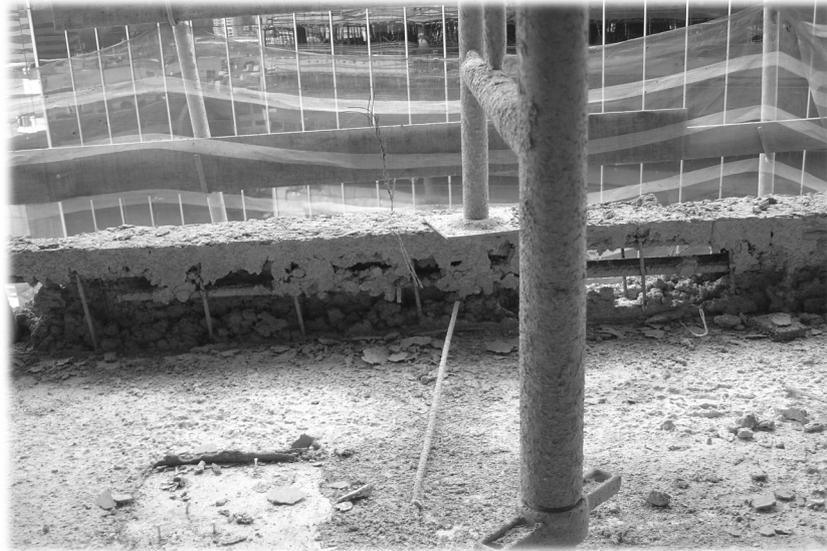
211

**Por que ocorre isso?**



212

## Por que ocorre isso?



213

## Por que ocorre isso?



214

## Por que ocorre isso?



215

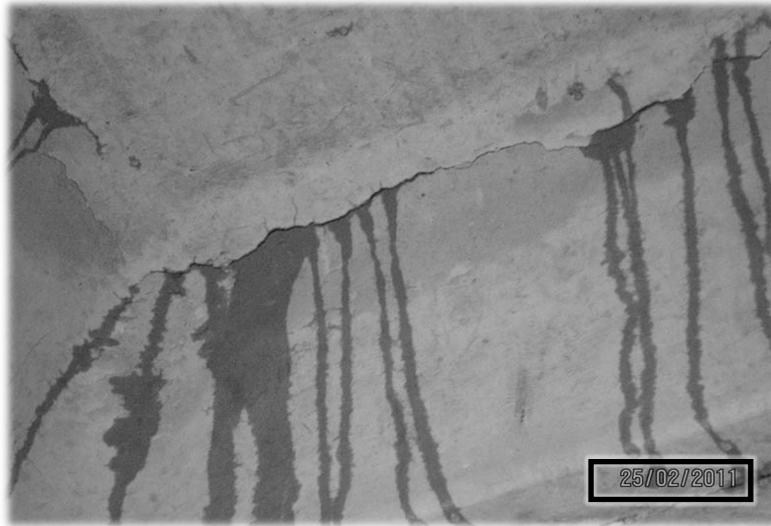
## Por que ocorre isso?



**e o controle da execução?**

216

**Por que ocorre isso?**



217

**Qual a  
MISSÃO do  
Construtor?**

218

## 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

219

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

Atividade profissional regida por normas técnicas:

- de PROJETO
- de MATERIAIS
- de EXECUÇÃO
- de CONTROLE
- de OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO

220

Documentos exigidos por algumas empresas no CONTRATO

- ✓ Contrato ou Estatuto Social, com última alteração;
- ✓ Comprovante de inscrição junto ao CNPJ/MF;
- ✓ Comprovante de Inscrição Estadual – DECA ou declaração de isenção de inscrição emitida por contador;
- ✓ Comprovante de Inscrição Municipal;
- ✓ Certidão Negativa de Débito junto ao INSS;
- ✓ Certidão Negativa Conjunta de Débitos Relativos a Tributos Federais e a Dívida Ativa da União;
- ✓ Certidão Negativa de Débito de Tributos Estaduais ou Declaração de isenção de inscrição estadual;
- ✓ Certidão Negativa de Débito de Tributos Municipais;
- ✓ Certidão de Regularidade junto ao FGTS (CRF);
- ✓ RG, CPF e comprovante de endereço do representante legal;
- ✓ Prova do Registro no CREA pertinente à atividade exercida pela empresa.

221

Documentos Exigidos para Pagamentos

cópia dos seguintes documentos relativos a competência do mês imediatamente anterior:

- ✓ GPS (Guia da Previdência Social – INSS);
- ✓ GFIP/SEFIP (Guia do Fundo de Garantia e Informação à Previdência) ou Declaração de ausência de fato gerador para recolhimento de FGTS completa (GFIP/SEFIP);
- ✓ GRF (Guia de Recolhimento do Fundo de Garantia);
- ✓ Folha de Pagamento mensal completa dos funcionários;
- ✓ Comprovante de recolhimento do ISS (Imposto sobre Serviços)
- ✓ Declaração do contador comprovando a escrituração contábil regular da empresa.
- ✓ Declaração do contador atestando que não há recolhimento de GPS e de FGTS;
- ✓ Declaração do contador atestando que não há retirada de pró-labore do(s) sócio(s) da empresa;
- ✓ ART do CREA referente ao serviço

222

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **PROJETO**:

- ✓ *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
- ✓ *NBR 6120:2000 Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações*
- ✓ *NBR 6122:2010 Projeto e Execução de Fundações*
- ✓ *NBR 6123:1990 Forças devidas ao Vento em Edificações*
- ✓ *NBR 8953:2011 Concreto para Fins estruturais. Classificação*
- ✓ *NBR 15200:2012 Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio*
- ✓ *NBR 15421:2006 Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos*
- ✓ *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto. Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*

223

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **PROJETO**:

- ✓ *NBR 6118:2007 Projeto de Estruturas de Concreto*
- ✓ *ACI 315:1999 Details and Detailing of Concrete Reinforcement*
- ✓ *NBR 7191:1982 Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado*
- ✓ *NBR 15575:2008 Desempenho de Edifícios Habitacionais*
- ✓ *NBR ISO 14044:2009 Avaliação do Ciclo de Vida*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

224

## ECA 1. Recomendações para o Projeto

Uma diretriz geral, encontrada na literatura técnica, ressalta que a durabilidade da estrutura de concreto é determinada por quatro fatores identificados como regra dos 4C:

Composição ou traço do concreto;  
Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura;  
Cura efetiva do concreto na estrutura;  
Cobrimento das armaduras.

225

## ECA 1. Recomendações para o Projeto

- > O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- > Combinar com pré-moldado, ...
- > Escalas, detalhes, ...
- > Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- > Sustentabilidade, partido estrutural, ...
- > Vida Útil de Projeto, ... NBR 15575
- > Espessura mínima de lajes
- > Vigas de fachada devem ser vergas também
- > Vigas evitar variação de inércia
- > Garagens, CAp, Térreo, Cobertura
- > Reservatório de água:
- > Durabilidade classe, cobrimento, ... NBR 6118; NBR 12655
  - Ambientes internos secos e revestidos:  
classe I  $c_{nom} \geq 25\text{mm}/20\text{mm}$   $f_{ck} \geq 25\text{MPa}$
  - Ambientes internos úmidos:  
classe II  $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$   $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$
  - Até 1km da praia:  
classe III  $c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm}$   $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$
  - São Paulo, Cubatão, Santos, "industrial":  
classe III  $c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm}$   $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$
  - Em geral:  
classe II  $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$   $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$

226

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **MATERIAIS**:

- ✓ *NBR 7212:1984 Execução de Concreto Dosado em Central*
- ✓ *NBR 9999:2000 Cimentos tipo I, II, III, IV e V*
- ✓ *NBR 7211:2009 Agregados para Concreto*
- ✓ *NBR 15577:2008 Agregados. Reatividade Álcali-Agregado*
- ✓ *NBR 15900:2009 Água para amassamento do concreto*
- ✓ *NBR 13956:1997 Sílica ativa para uso em cimento Portland, concreto, argamassa e pasta de cimento Portland*
- ✓ *NBR 15894:2010 Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta*

227

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **MATERIAIS**:

- ✓ *NBR 11768:2011 Aditivos químicos para concreto de cimento Portland*
- ✓ *NBR 7480:2007 Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado*
- ✓ *NBR 15823:2012 Concreto Auto-Adensável*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

228

## Documentos Importantes

### **ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço**

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
  - ✓ slump
  - ✓ cimento
  - ✓ adições
  - ✓ resistência
  - ✓ relação a/c
- ✓ Como encomendar o concreto
  - ✓ Slump
  - ✓ Bombeável até 25 andares
  - ✓ Classe de agressividade
  - ✓ Pedir carta de traço

229

## Documentos Importantes

### **ECA 2. Recomendações para Concreto e Aço**

- ✓ Bem qualificar o material (norma)
- ✓ Capacitar o comprador
- ✓ Exigir certificados de conformidade
- ✓ Como escolher o concreto
- ✓ Como encomendar o concreto

Carta de traço submetida pela Concreteira à Construtora:

- ❖ o traço em massa seca de materiais por  $m^3$  de concreto adensado;
- ❖ a massa específica do concreto em  $kg/m^3$ ;
- ❖ o consumo de cimento por  $m^3$ ;
- ❖ o teor de argamassa seca;
- ❖ o  $D_{max}$  do agregado graúdo;
- ❖ a consistência do concreto fresco (*slump*);
- ❖ a classe de concreto C20; C25; C30; C35; C40; C45 ou C50;
- ❖ o módulo de elasticidade secante do concreto em GPa a  $0,4 \cdot f_{ck}$ ;
- ❖ o consumo de água por  $m^3$ ;
- ❖ a relação água/materiais cimentícios;
- ❖ a classe de agressividade à qual esse concreto atende

230

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **EXECUÇÃO**:

- ✓ *NBR 14931:2004 Execução de Estruturas de Concreto*
- ✓ *NBR 15696:2009 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

231

### Documentos Importantes

#### **ECA 3. Recomendações para Execução**

- Forma estanqueidade, empuxo
- Armadura estribos, encontros, ganchos
- Transporte
- Cura
- Retirada escoramento
- Definir responsabilidades
- Quem recebe?
- Quem comanda?
- Quem adensa?
- Quem cura?
- Plano de concretagem (juntas?)
- Plano de controle
- Como agir com não conformidades

232

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **CONTROLE**:

- ✓ *NBR 12655 Concreto de Cimento Portland. Preparo, controle e recebimento*
- ✓ *NBR 15146:2011 Controle tecnológico de concreto. Qualificação de pessoal*
- ✓ *NBR 12654:2000 Controle Tecnológico de Materiais Componentes do Concreto*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

233

## **Estruturas de Concreto para Edificações**

Normas Técnicas de **OPERAÇÃO (uso) e MANUTENÇÃO**:

- ✓ *NBR 14037:2011 Diretrizes para Elaboração de Manuais de Uso, Operação e Manutenção das Edificações*
- ✓ *NBR 5674:1999 Manutenção de Edificações*
- ✓ *NBR 13752:1996 Perícias de Engenharia na Construção Civil*
- ✓ *NBR 7680:2007 Concreto. Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto*
- ✓ *NBR ISO 9000:2000 Sistemas de Gestão da Qualidade*
- ✓ *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental*
- ✓ *NBR ISO 26000:2010 Diretrizes sobre Responsabilidade Social*

234

# Desafios

## *concretagem inclinada*

235



236



237



238



239



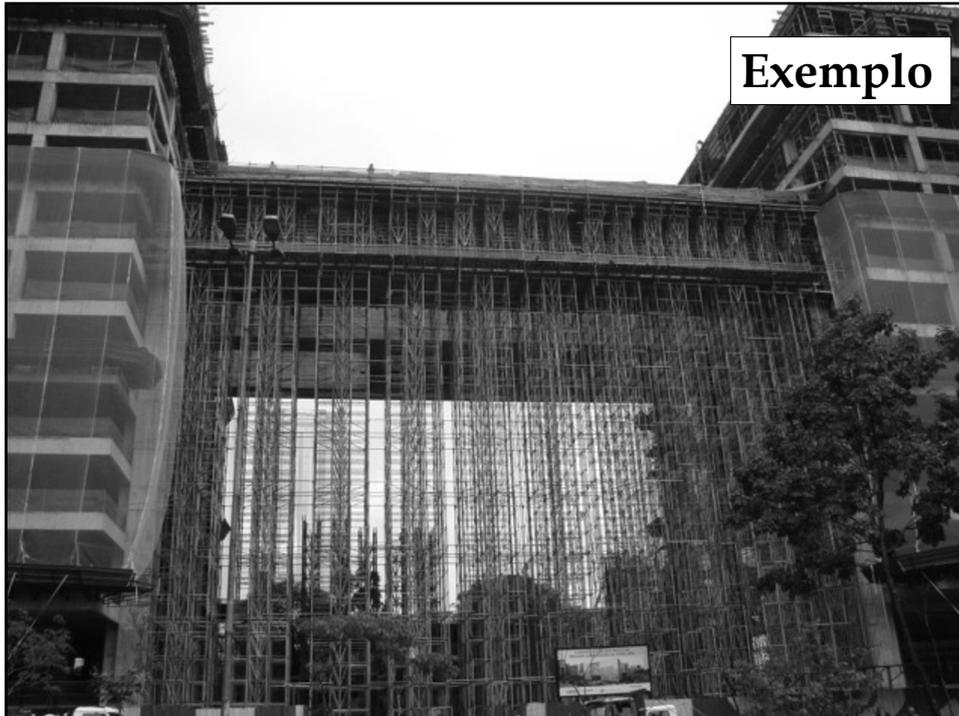
240



241

**dicas de bem  
construir**

242



253

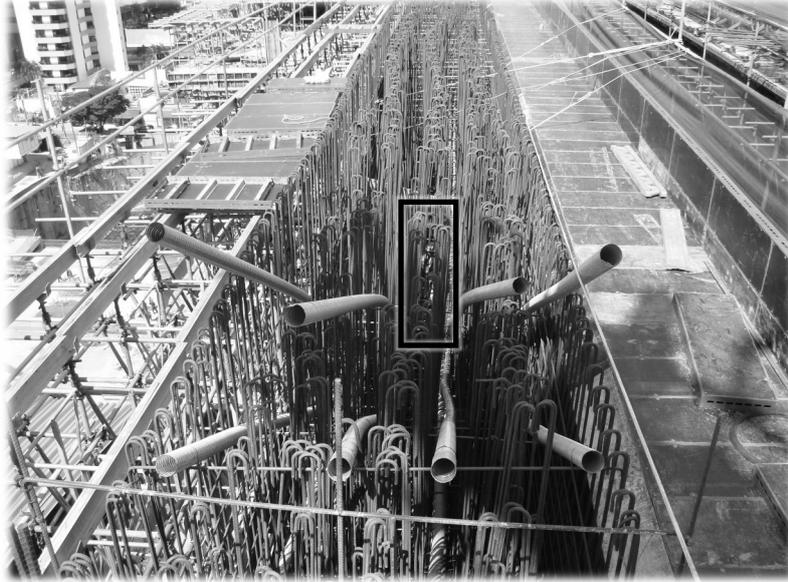
## Exemplo

- ✓ dimensões da viga: 44,40m x 2,5m\* x 6,0m
- ✓ geometria "Viga T"
- ✓ volume de concreto: 800m<sup>3</sup> (concreto massa)
- ✓ concreto:  $f_{ck}$  50MPa (autoadensável)
- ✓ uso de gelo: 100% (somente umidade dos agregados)

o estudo de dosagem deve atender estas condições

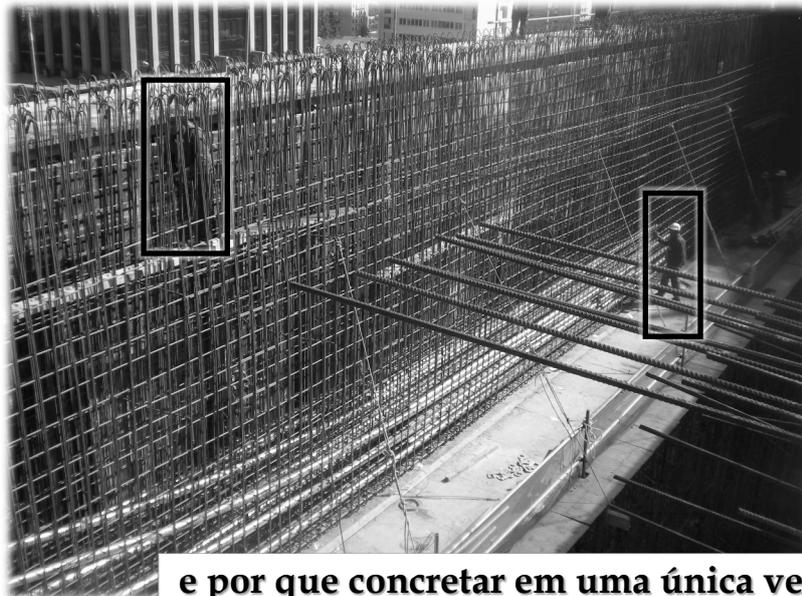
254

## Por que concreto autoadensável?



255

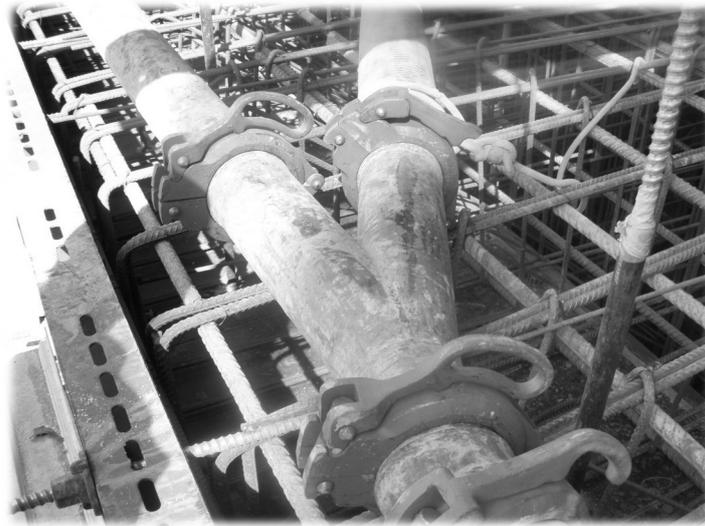
## Por que concreto autoadensável?



**e por que concretar em uma única vez?**

256

## Distribuição uniforme: esforços



recursos planejados

257

## Lançamento correto ( $h = 6m$ )

Procedimento  
normalizado  
NBR 14931:2004



258

## Procedimento recomendado

**E se chover durante a concretagem?**



**Obrigatório proteção provisória ...**

259

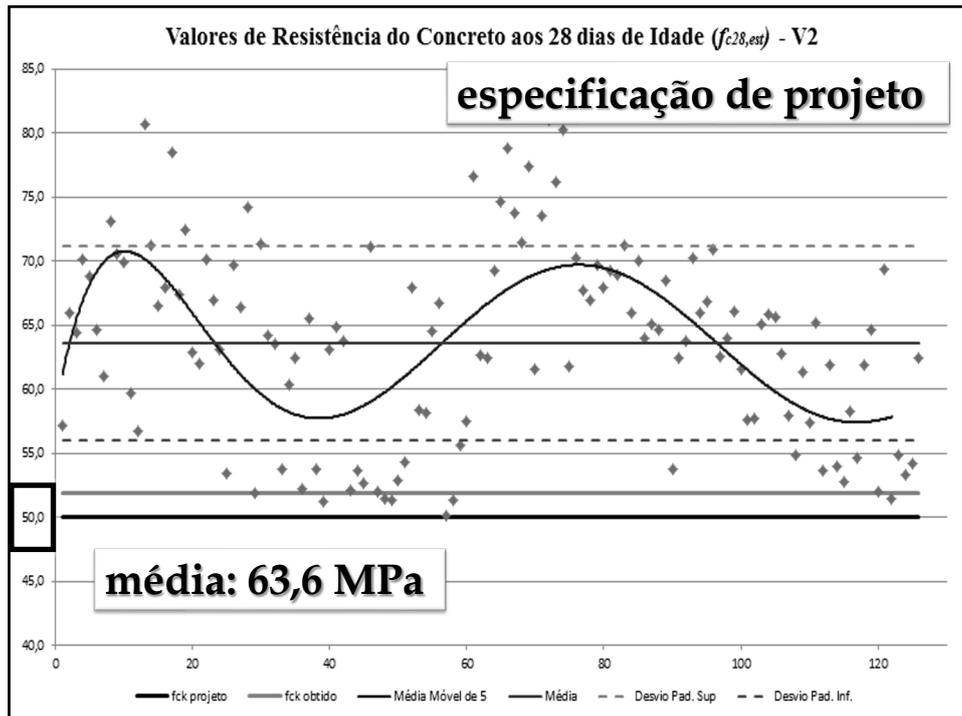
## Resultado:



260



261



262

## Estanqueidade de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

“A superfície interna das fôrmas deve ser limpa e deve-se verificar a condição de estanqueidade das juntas, de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa.”

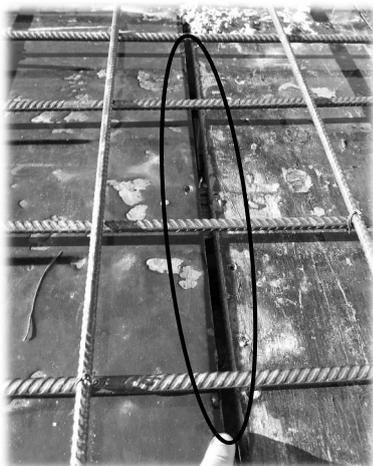


263

## Estanqueidade de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

“A superfície interna das fôrmas deve ser limpa e deve-se verificar a condição de estanqueidade das juntas, de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa.”

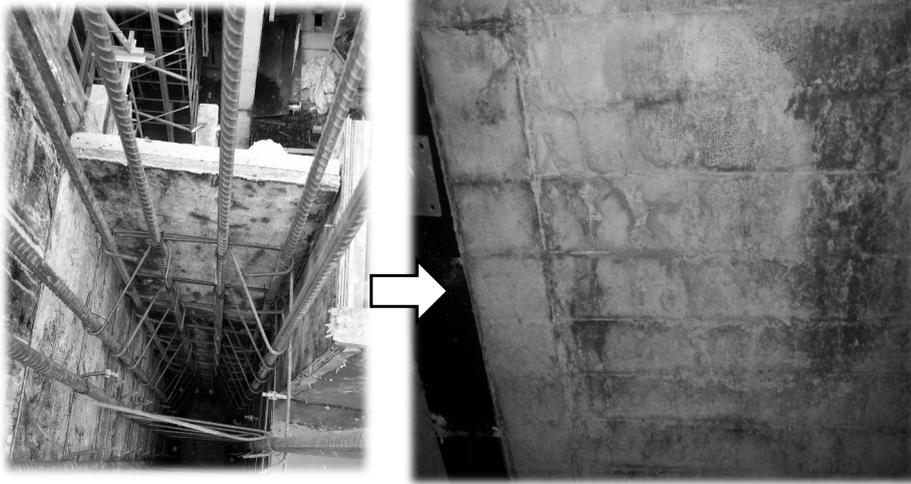


264

## Cobrimento da armadura

ABNT NBR 14931:2004

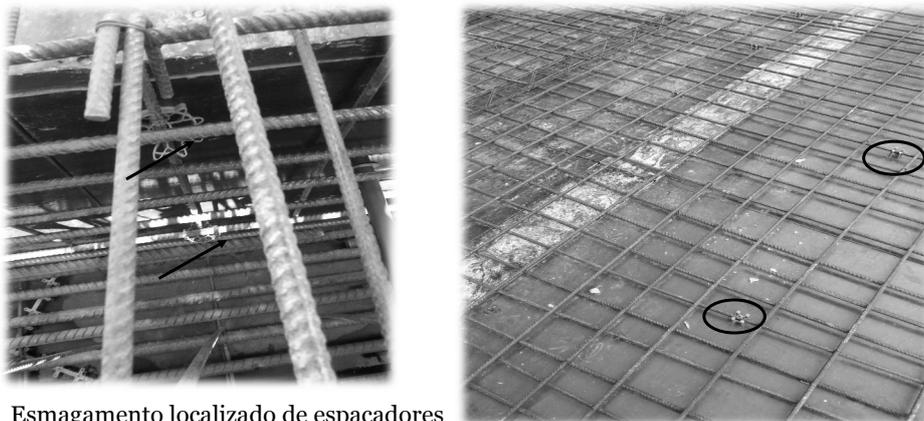
“O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores.”



265

## Cobrimento da armadura

Verificar o cobrimento especificado em projeto, garantindo o uso generalizado de pastilhas e posicioná-las preferencialmente no encontro das armações.



Esmagamento localizado de espaçadores

266



do Laboratório de Pesquisa em Concreto de Obras

**Confeção de pastilhas de argamassa base cimento para estruturas de concreto aparente, empregado como fôrma caixas de ovos.**

Deve se empregar como fôrmas caixas de ovos, como por exemplo, as do protótipo da Fig. 1 e Fig. 2, confeccionado na PhD em 13/02/2012.



Fig. 1 – Caixa de ovos.

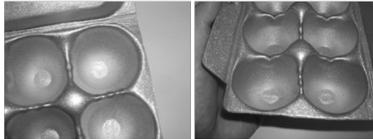


Fig. 2 – Detalhe dos sulcos internos (fôrmas das pastilhas).

As espessuras (alturas) devem ser adaptadas ao caso específico da obra e podem ser demarcadas no interior dos sulcos arredondados. Precedentemente ao preenchimento da fôrma com argamassa, deve se aplicar material desmoldante nas superfícies para posterior remoção das pastilhas (sem quebra de suas arestas). A fôrma já demarcada e com desmoldante aplicado pode ser observada na Fig. 3.

267



268

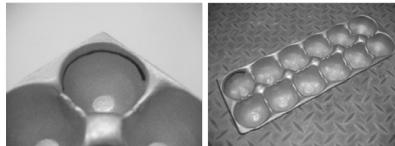


Fig. 3 – Detalhe da demarcação da espessura da pastilha e do desmoldante já aplicado.

É importante adensar a argamassa logo após o lançamento na fôrma. Isso pode ser obtido através de processos mecânicos ou manuais, como, por exemplo, uso de mesa vibratória ou equivalente. A argamassa sendo preparada e vertida nas respectivas fôrmas pode ser observada na Fig. 4.



Fig. 4 – Detalhe da argamassa sendo preparada e vertida na fôrma de caixa de ovos.

Também devem ser posicionados no interior da argamassa ainda fresca fios de arame galvanizado, com comprimento suficiente grande para amarração nas barras de aço mais externas, por pastilha. Devem-se posicionar duas tiras de arame galvanizado em formato "U" no centro da pastilha e perpendiculares entre si, conforme Fig. 5.

268

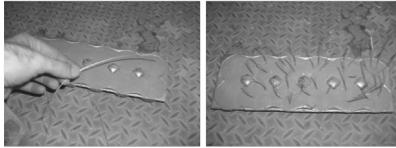


Fig. 5 – Posicionamento dos arames galvanizados no interior das pastilhas.

As quatro pontas remanescentes devem possuir comprimento suficientemente grande para serem amarradas na armadura, conforme observado na Fig. 6. Esclarece-se que o arame utilizado deve obrigatoriamente ser galvanizado para evitar a corrosão do mesmo, uma vez que seu revestimento será inferior ao mínimo ao especificado em projeto. No protótipo, foi utilizado arame nº 18 (1,24mm), devido a sua maleabilidade (somente como exemplo).

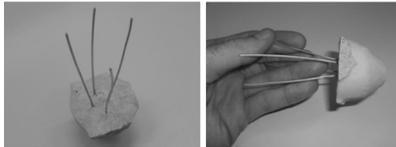


Fig. 6 – Detalhe da pastilha confeccionada.

O local mais adequado para fixação das pastilhas é no cruzamento das barras das armaduras, de modo que cada ponta de arame passe por cada um dos quatro quadrantes formados e sejam amarrados, travando assim a pastilha em todas as direções, conforme Fig. 7 e 8.

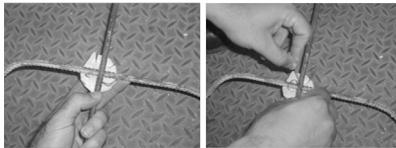


Fig. 7 – Posicionamento e amarração da pastilha no cruzamento das barras.



Fig. 8 – Posicionamento e amarração da pastilha no cruzamento das barras.

Nota-se que o procedimento de amarração da pastilha, no cruzamento das barras de aço, minimiza a movimentação da mesma em qualquer direção, durante, por exemplo, a montagem das fôrmas ou do lançamento do concreto.

## Lançamento do Concreto



ABNT NBR 14931:2004 item 9.5.1:  
“O concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação de seus componentes.”

“Estes cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2m.”

Pilar Parede 3,30m

271

## Lançamento do Concreto



Prever dispositivos:

- Janela Intermediária;
- Funis com tremonha;
- Emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados;

Pilar 5,70m

272

## Lançamento do Concreto

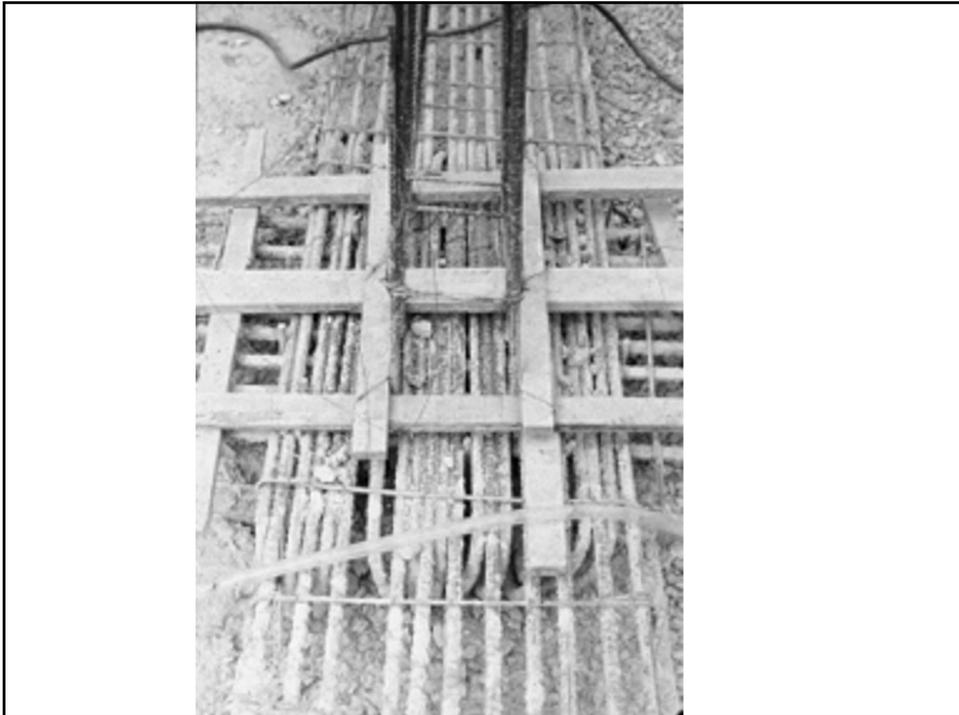


ABNT NBR 14931:2004 item 9.6.1

“Em *TODOS* os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar, durante o adensamento.”

Pilar 5,7m

273



274



275

## **Adensamento do Concreto**

Cuidados quanto ao uso do vibrador:

- Introduzir o vibrador rapidamente e retirá-lo lentamente;
- Fazer o uso preferencialmente na posição vertical;
- Evitar mover, vibrar demais ou espelhar o concreto nas fôrmas com auxílio do vibrador em operação, a fim de não causar segregação nem exsudação exagerada;
- Evitar encostar o vibrador nas barras da armadura;
- Evitar encostar nas paredes das fôrmas.

276

## **bolhas superficiais no concreto**



**Adensamento**

277

Fatores de correção por compactação em função do excesso de poros. **adensamento**

<b>porcentagem de ar em excesso</b>	<b>fator de correção por compactação</b>
<b>1,0</b>	<b>1,08</b>
<b>1,5</b>	<b>1,13</b>
<b>2,0</b>	<b>1,18</b>
<b>2,5</b>	<b>1,23</b>
<b>3,0</b>	<b>1,28</b>
<b>3,5</b>	<b>1,33</b>
<b>4,0</b>	<b>1,39</b>
<b>4,5</b>	<b>1,45</b>
<b>5,0</b>	<b>1,51</b>

Concrete Society Technical Report N° 11 "Concrete core testing for strength". Concrete Society, Maio de 1976.

278

## adensamento

Segundo *ACI 214:2010* e livros texto de concreto, para cada 1% a mais de porosidade (volume de vazios) do concreto em relação à porosidade medida no concreto bem adensado do corpo de prova padrão, a resistência cai de 5% a 7%

Isso pressupõe que a porosidade (*ASTM C 642*) tenha sido medida no corpo de prova moldado e também no concreto da estrutura

279



280

## Cura do concreto



Durante a concretagem:  
Fazer o uso do aspersor de água (tipo WAP), simultaneamente com a concretagem, de modo a umedecer faixa já sarrafeada bem como a parte que está sendo concretada.

281

## Cura



282

## Cura



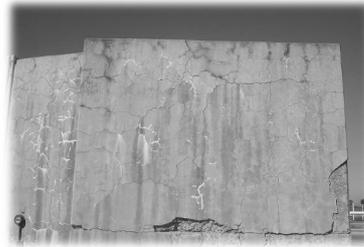
283



## Teste de estaqueidade

284

## Por que ocorre isso?



285

## Cura do concreto



286

## Cura do concreto



287

## Cura do Concreto

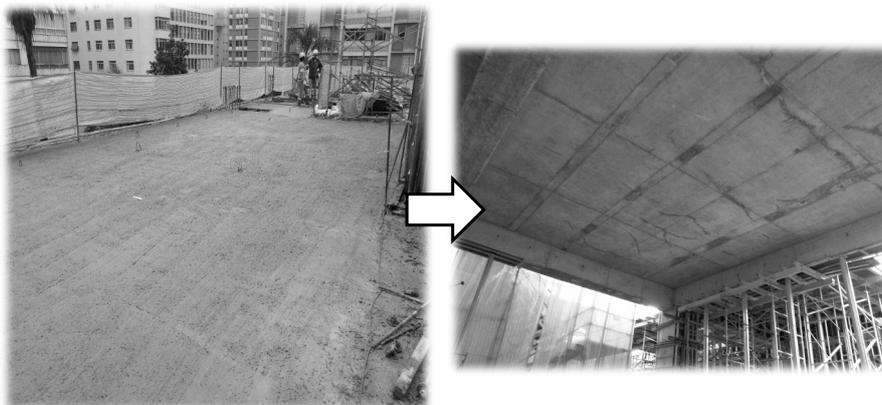


Após o endurecimento do concreto inicial (perceptível ao tato), cobrir o local com manta encharcada de água mantida pressionada sobre toda a superfície concretada e, manter saturada a cada 2h

Manter este procedimento cuidadoso por pelo menos 3 dias consecutivos.

288

## Cura do Concreto

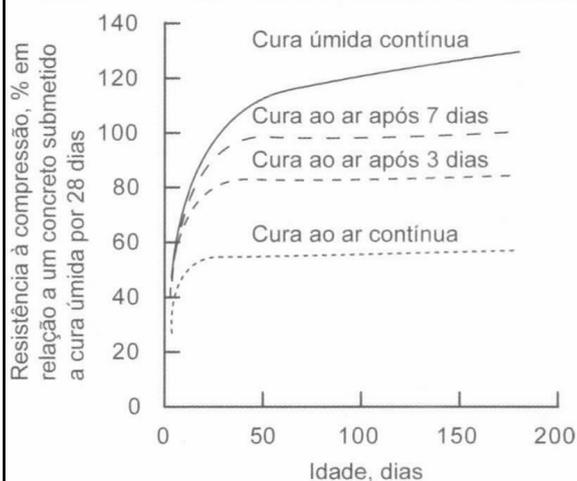


Laje sem procedimento de cura adequado.

289

### Efeito da cura na resistência

cura para  $T = (23 \pm 2)^\circ\text{C}$



**Figura 3-8** Influência das condições de cura sobre a resistência (*Concrete Manual*, 8<sup>th</sup> ed., U.S. Bureau of Reclamation, 1981).

A idade da cura não trará nenhum benefício para a resistência do concreto, a menos que a cura seja processada na presença de umidade.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*. IBRACON. 3<sup>ra</sup> Edição. p. 62. 2008.

290

# cura

referência	condição	coeficiente $k_3$
ACI Materials Journal	> 30°C	1,10
ACI Materials Journal	<15°C	1,05
Bureau of Reclamation	ao ar	1,60
Concrete Society	usual obra	1,20
Concrete Society	membrana cura	1,10

291

## *Central de Concreto*



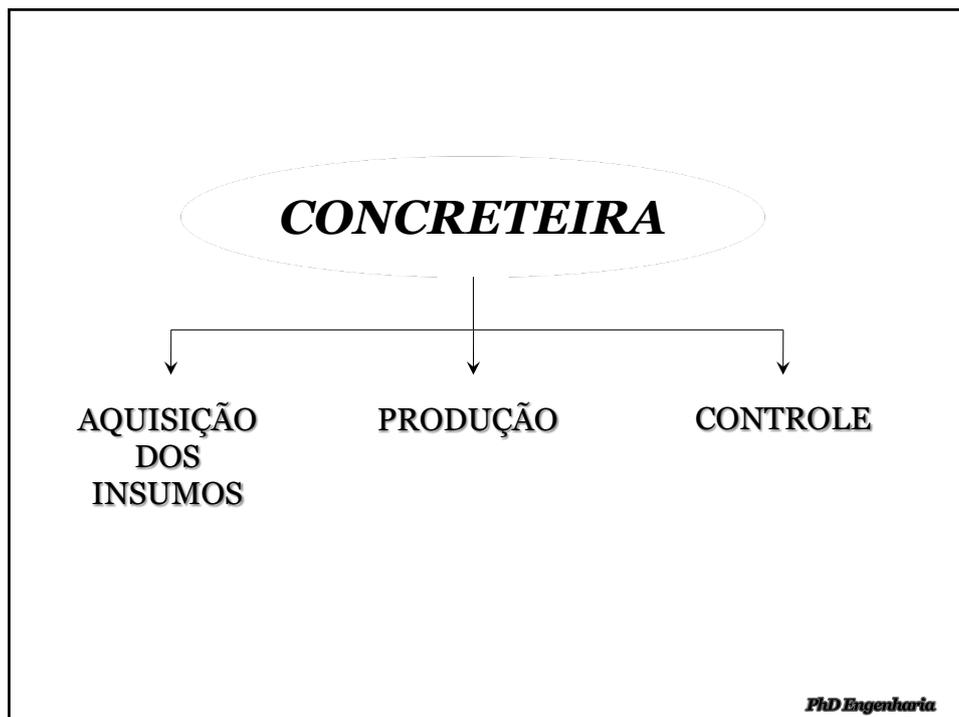
292

## Normas Vigentes

- ABNT NBR 7211:2009  
“Agregados para concreto – Especificação”
- ABNT NBR 7212:2010  
“Execução de concreto dosado em central”
- ABNT NBR 15577:2008  
“Agregados - Reatividade álcali-agregado” Partes 1 a 6.



293



294

## Concreto dosado em Central (ABNT NBR 7212)

É um produto que depende de muitas variáveis:

- Estudos de dosagem;
- Aferição/calibragem balanças de pesagem dos insumos;
- Aferição/calibragem prensas;
- Conformidade laboratório que realiza o ensaio de ruptura;
- Cimento (uniformidade, temperatura, NF, ensaio de resistência mecânica, tipo, classe);
- Adições;
- Aditivos (uniformidade, compatibilidade, procedimentos);
- Água (aferição do hidrômetro e umidade areia);
- Automatização da balança.
- ETC....

*PhD Engenharia*

295

Há conhecimento da natureza, procedência, armazenamento, coleta, curva granulométrica, determinação de materiais pulverulento, torrões de argila, impurezas orgânicas, materiais pulverulentos e reatividade álcali-agregado???



É medida a umidade da areia toda semana???

296

## **Como garantir a qualidade do concreto? (NBR 6118:2007)**

Primeiramente, através dos resultados de resistência à compressão dos corpos de prova, porém os mesmos precisam ser no mínimo:

- amostrados;
- rastreados;
- curados;
- rompidos;
- e interpretados corretamente por toda uma equipe previamente qualificada, usando equipamentos aferidos.

*PhD Engenharia*

297

***Existem muitas informações importantes que devem constar nos projetos estruturais***

*PhD Engenharia*

298

NOTAS:

1 - CONCRETO:

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

RELACÃO AGUA/CIMENTO  $< 0,55$

EXECUÇÃO COM CONTROLE RIGOROSO CONFORME NBR-6118 ITEN 7.4.7.4

MÓDULO DE ELASTICIDADE SECANTE  $E_{cs}=30 \text{ GPa}$

2 - DAR CONTRA FLECHA NAS VIGAS DE :

1,0 cm - V3f, V4b, V5a, V5e, V6c, V8a, V13b, V17a, V18a, V20b, V22a, V23a, V27  
V29b, V29c, V29d, V30a, V30b, V30c, V30d, V37e, V46b, V51b, V63a, V63

1,5 cm - V2a, V2b, V3d, V3e, V10b, V24a, V27a, V29a, V40a, V41a, V49a, V50a, V

3 - DAR CONTRA FLECHA NAS LAJES DE:

1,0 cm - L1, L5, L6, L50, L66

2,0 cm - L14, L15, L24, L57, L58, L59

NOTAS:

1 - CONCRETO:

RESISTÊNCIA  $f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

2 - AÇOS:

CA-50A e CA-60B

3 - COBRIMENTOS:

LAJES: HOR. = 2.5 cm e VERT. = 2.0 cm

VIGAS = 2.5 cm e PILARES = 4.0 cm

**ATENÇÃO:**

É importante que também esteja presente no projeto as idades de desfôrma ou movimento de escoramento.

299

***E se faltar alguma  
informação no projeto?***

**PhD Engenharia**

300

Por desconhecer o material, o cimento, o fornecedor, até mesmo a modalidade de preparação do concreto, para o Calculista fica difícil determinar o comportamento do concreto quanto ao crescimento da resistência e valores de módulo de deformação, que são escopo da Tecnologia do Concreto.

*PhD Engenharia*

301

### **Como obter sucesso na concretagem?**

Cabe ao ENGENHEIRO da obra definir as características que estão ligadas a aplicação do concreto, que envolvem a consistência, o diâmetro máximo do agregado, teor de argamassa, condições que variam com as dimensões das peças, metodologia para lançamento e adensamento...

*PhD Engenharia*

302

## Especificação do concreto

- Consumo mínimo de cimento (NBR 12655:2006):

Tabela 2 — Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 1)			
		I	II	III	IV
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m <sup>3</sup>	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

- Propriedades requeridas em projeto: resistência característica, módulo de elasticidade do concreto e a durabilidade da estrutura;
- Consumo máximo de água;  
 $C = 0,55 \times 320 = 176 \text{ l/m}^3$
- Teor de argamassa adequado;
- Slump apropriado.



303

## Quem controla o concreto?

PhD Engenharia

304

## Controle de recebimento

- ✓ O laboratório deve ser acreditado pelo INMETRO (RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios)
- ✓ O laboratório deve possuir em seu Escopo de Acreditação os ensaios mínimos para realização do controle do concreto em obra
- ✓ A mão de obra laboratorial deve ser qualificada (ABNT NBR 15146:2011)

*PhD Engenharia*

305



306

## Laboratório

- ABNT NBR NM 33:1998 “Concreto - Amostragem de concreto fresco”
- ABNT NBR NM 67:1998 “Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone”
- ABNT NBR 5738:2003 “Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova”
- ABNT NBR 5739:2007 “Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”
- ABNT NBR 7680:2007 “Concreto - Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto
- ABNT NBR 15146-1:2011 “Controle tecnológico de concreto – Qualificação de pessoal Parte 1: Requisitos gerais”

307

## Laboratórios de Controle Tecnológico em Obra

Atualmente, no Estado de São Paulo, apenas 15 laboratórios que realizam ensaios ligados à Construção Civil são acreditados pelo INMETRO. (Pesquisa realizada em 17/02/2012).

Desses, somente 1 laboratório possui em seu Escopo de Acreditação todos os ensaios para realização do controle do concreto na obra (NM33, NM67, NBR 5738, NBR 5739 e NBR 7680).

1 laboratório	→	100% dos ensaios
7 laboratórios	→	88% dos ensaios
1 laboratório	→	75% dos ensaios
2 laboratórios	→	63% dos ensaios
2 laboratórios	→	50% dos ensaios
2 laboratórios	→	25% dos ensaios

*PhD Engenharia*

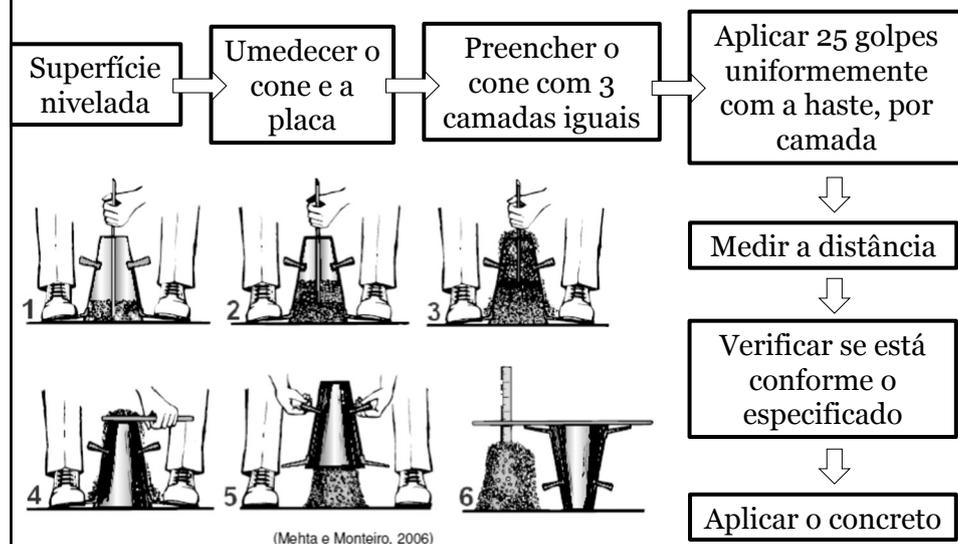
308

## ***No recebimento do caminhão betoneira quais os ensaios realizados?***

**PhD Engenharia**

309

### **Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR NM 67:1998)**



310

**Os caminhões são liberados sem  
tirar o slump?**



311

***O que o faria rejeitar o concreto  
que chega à obra?***

***PhD Engenharia***

312

**Valor do slump acima do especificado na carta de traço e NF**



313

**A coleta de concreto é realizada apenas na usina?**

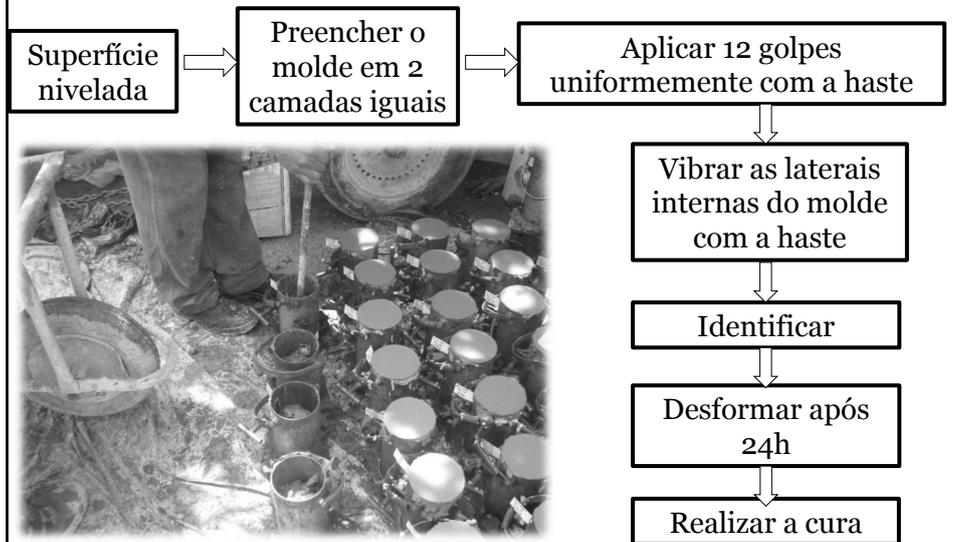
**A coleta de concreto é realizada na entrada da obra?**

**A amostra do concreto é retirada no início da descarga ao invés do terço médio ou terço final?**



314

## O concreto é coletado de acordo com ABNT NBR 5738:2003?



315

**Os cp's são moldados adequadamente?  
Após a moldagem não é adicionado mais água no caminhão?**



316

## **Quantos corpos de prova são coletados?**

*PhD Engenharia*

317

### **Exemplo de Plano de Controle para a quantidade de corpos de prova moldados**

- ✓ 2 CP's cilíndricos (10x20cm) para ruptura aos 28 dias de idade;
- ✓ 1 CP cilíndrico (10x20cm) para ruptura aos 63 dias de idade.

A ruptura com idade de 63 dias, em muitos casos, pode ser útil para isentar um procedimento de extração de testemunho (procedimento parcialmente destrutivo) nas estruturas de concreto passíveis de não conformidade.

*PhD Engenharia*

318

***Os corpos de prova são transportados no mesmo dia?***

***PhD Engenharia***

319

***Os corpos de prova ficam no sol?***

***PhD Engenharia***

320



321



322



323

***Os corpos de prova são  
mal transportados?***

***PhD Engenharia***

324



325

	DEZ 2003	<b>NBR 5738</b>
	<b>Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova</b>	

**7.6 Manuseio e transporte**

7.6.1 Quando não for possível realizar a moldagem no local de armazenamento, os corpos-de-prova devem ser levados imediatamente após o rasamento indicado em 7.5, até o local onde permanecerão durante a cura inicial. Ao manusear os corpos-de-prova, evitar trepidações, golpes, inclinações e, de forma geral, qualquer movimento que possa perturbar o concreto ou a superfície superior do corpo-de-prova.

7.6.2 Após a desforma, os corpos-de-prova destinados a um laboratório devem ser transportados em caixas rígidas, contendo serragem ou areia molhadas.

326



327

***Os corpos de prova são curados  
conforme a NBR 5738:2003?***

***PhD Engenharia***

328

## Em laboratório

Tanque descoberto e sem controle da temperatura



329

## Em laboratório

Câmara úmida



330

Umidade e temperatura controladas



331

## Em obra

Tanque coberto com água, cal e temperatura controlada

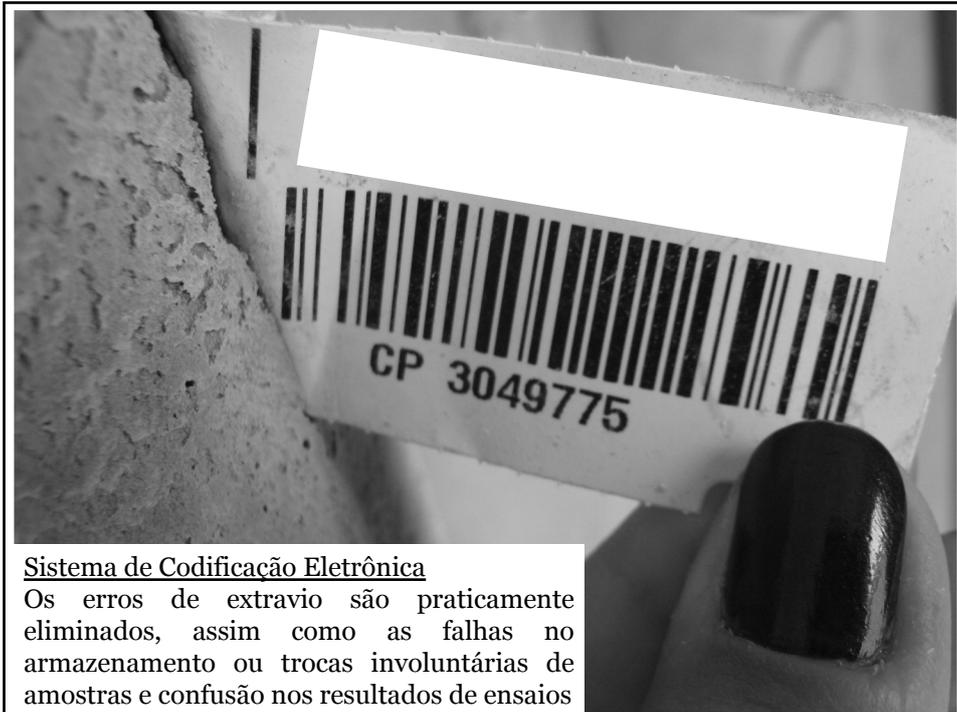


332

## ***Os corpos de prova são identificados?***

**PhD Engenharia**

333



### Sistema de Codificação Eletrônica

Os erros de extravio são praticamente eliminados, assim como as falhas no armazenamento ou trocas involuntárias de amostras e confusão nos resultados de ensaios

334

***Os corpos de prova são  
capeados ou  
retificados?***

**PhD Engenharia**

335



336

### 3.1.3. Falhas no arremate da superfície dos corpos de prova

Para a realização do ensaio de resistência à compressão é necessário que as superfícies de contato dos corpos de prova onde se aplicam as cargas sejam planas, paralelas e perpendiculares ao eixo longitudinal de modo que o carregamento seja uniformemente distribuído.

Ao longo dos anos o capeamento das faces dos corpos de prova de concreto foi realizado com enxofre obtendo-se bom desempenho no processo. No entanto, com a necessidade de aumento da durabilidade das estruturas de concreto, aumento das cargas e vãos das pontes e viadutos os projetistas vêm aumentando as resistências características especificadas em projeto – fck.

Para concretos com resistências acima de 30 MPa o capeamento com enxofre começa a interferir negativamente minorando a resistência potencial, pois, o módulo de deformação do enxofre é menor que o módulo de deformação do concreto o que acarreta distribuição desuniforme das cargas no ensaio de resistência à compressão (ZANETTI, 2011).

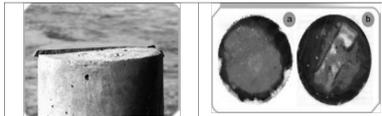


Figura 13 – Diferença na espessura no capeamento com enxofre; Figura 14 – Concentração de cargas em corpos de prova preparados com capa de enxofre.  
Fonte: Zanetti, 2011.

Na figura 13 mostra-se o capeamento com diferença de espessura para concretos acima de 30 MPa o baixo módulo de deformação do enxofre imprime carga concentrada onde na face do corpo de prova a camada de enxofre está mais fina.

337

### 3.1.5. Utilização de retífica em substituição ao capeamento com enxofre

A utilização de retífica nas faces do corpo de prova é previsto pela NBR 5738 ABNT 2003 e deveria ser praticada para concretos com resistência superior a 30 MPa. Entretanto, a troca de capeamento por retífica deve vir acompanhada de certos controles de verificação do processo para garantia da eficiência do mesmo.

A respectiva norma estabelece parâmetros para aceitação da falha de planicidade das faces do corpo de prova no qual o valor máximo admitido é uma falha inferior a 0,05 mm em qualquer uma das faces (topo ou base).

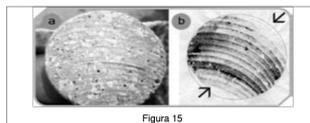


Figura 15(a) - Falha na retificação e preparo das faces do corpo de prova.  
Figura 15(b) - Diagnóstico de falha na distribuição de carga com uso do papel carbono.  
Fonte: Zanetti, 2011.

A figura 15a mostra as ranhuras deixadas pelo disco de retificação na face do corpo de prova de concreto e a figura 15b mostra as falhas de distribuição de cargas em função das ranhuras produzidas pela retífica e, consequentemente, a concentração de cargas pontuais evidenciadas pelos pontos mais escuros. Ocorrendo por consequência da distribuição desuniforme de carga a minoração da resistência do concreto.

338

### 3.1.6 Utilização do capeamento elastomérico confinado

O capeamento elastomérico confinado tem sido utilizado em algumas obras. O Capeador é composto por um par de almofadas e um par de bases metálicas com anel que envolve a almofada de Neoprene.

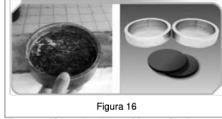


Figura 16  
Figura 16: Capeador elastomérico confinado.  
Fonte: Zanetti, 2011.

As normas americanas ASTM C 1231/C/2000 e 1231/M/ 2000 prescrevem sobre o uso do neoprene como almofada de capeamento elastomérico confinado dentro de certas condicionantes. Dentre as recomendações está a dureza (Shore A) do neoprene e a espessura da borracha que não deve ser inferior a 13,0 mm. Também desníveis transversais ao diâmetro das bases dos corpos de prova não devem exceder a 5,0 mm.

Capeamento elastomérico confinado - ASTM C 1231/C e ASTM 1231/M			
Condicionantes para uso de borrachas de policloroprene confinado - (Neoprene), para teste de resistência à compressão do concreto.			
Resistência do concreto (MPa)	Dureza Shore A neoprene	Teste de qualificação	Quantidade de vezes a utilizar
10 a 40	50	Não requerido	100
17 a 50	50	Não requerido	100
28 a 50	60	Não requerido	100
50 a 80	70	Requerido	50
Acima de 80	-	Não permitido	-

A dureza do neoprene depende da intensidade da resistência a ser avaliada, e a almofada tem um número máximo de reutilizações definidos pela norma.

Tabela 02: Condicionantes para uso de borrachas de neoprene confinado para teste de resistência à compressão do concreto.

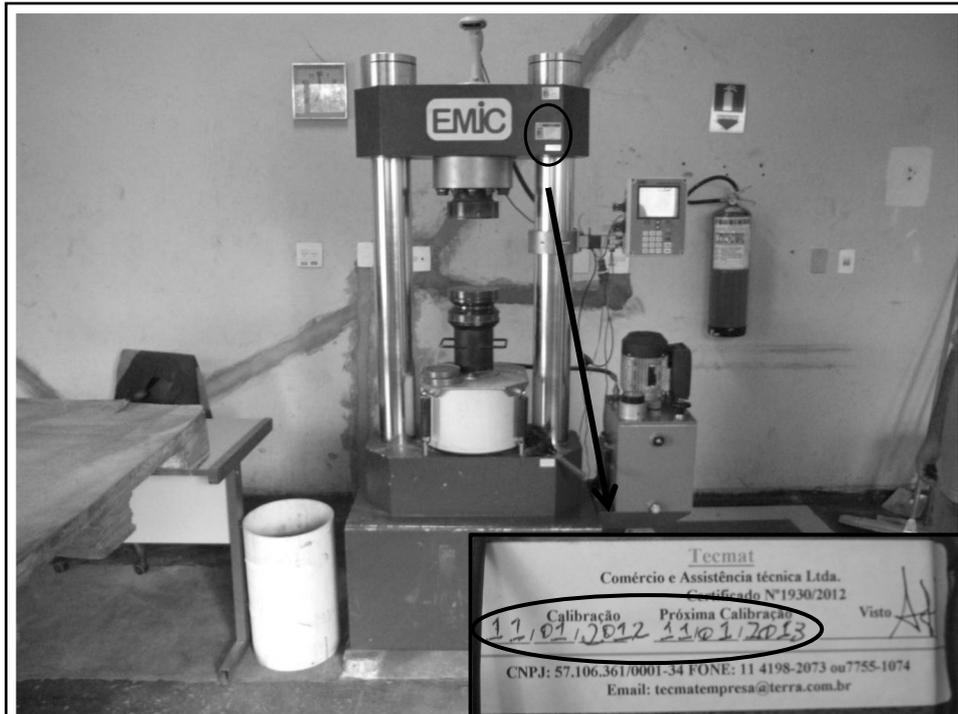
Fonte: ASTM C 1231/C (2000) e ASTM 1231/M (2000)

339

***A prensa do  
laboratório é aferida e  
calibrada?***

**PhD Engenharia**

340



341

***Há um acompanhamento posterior, por parte da obra, dos ensaios de resistência à compressão?***

***PhD Engenharia***

342

# Planilha de Controle do Concreto

Conformidade com 28 dias (ok?)



OBRA

Data	Horário de Saída (hora)	Horário de Chegada (hora)	Horário de Saída da Obra	Tempo duração na obra	Nota Fiscal	Placa CIP (g)	Volume (m³)	Traço	Rik (MPa)	Slump (padrão) (mm)	Montagem (pp)	Aplicação (Elementos)	Resistência à compressão				Cant. 3 dias	Cant. 7 dias	Conf. 28 dias	Rel do Proj. Res. Do teste/mo
													Laboratório Bover		Bover					
													3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	28 dias (CFR)				
PADRÃO RESISTÊNCIA: 2 cp's a 3 dias, 2 cp's a 7 dias e 2 cp's a 28 dias (resistência à compressão) PADRÃO MÓDULO: 2 cp's a cada 2 pavimentos (módulo de elasticidade)													Traço 1: código 040111 - Consumo: 325kg/m³, slump: 90+10 mm, a/c: 0,55 Traço 2: código 054111 - Consumo: 315 kg/m³, slump: 120+20 mm, a/c: 0,58 Traço 3: código 080111 - Consumo: 330kg/m³, slump: 140+30mm, a/c: 0,53 Traço 4: código 221111 - Consumo: 280kg/m³, slump: 90+10mm, a/c: 0,60, fcm=20k Traço 5: código 227111 - Consumo: 301,5kg/m³, slump: 90+10mm, a/c: 0,55 (fcm=3,5MPa)							
06/12/2010	07:00	07:33	08:16	1:16	17459	DDN0061	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	31,8	36,6	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	07:15	07:52	08:32	1:17	17462	ERB4973	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Terno	-	33,3	38,7	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	08:11	08:53	09:07	0:56	17461	DDN6631	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	34,7	39,1	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	08:59	09:27	09:47	0:48	17462	ERB6601	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	34,1	37,6	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:02	09:32	10:06	1:04	17463	MSA4053	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Terno	-	34,4	40,6	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:10	10:06	10:13	1:03	17465	MSJ6923	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	35,4	38,2	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:12	09:43	10:28	1:16	17464	ERB4993	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	34,5	37,5	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:23	10:14	10:43	1:20	17466	MSA4259	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	35,5	41	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:23	10:44	10:59	1:36	17467	DDN6681	8	1	35	90	4	Lajes e Vigas do Terno	-	32,9	37,8	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:37	11:18	11:37	2:00	17472	DDN6691	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Terno	-	33	38,1	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	09:56	11:49	12:06	2:10	17475	DDN6952	8	1	35	100	4	Lajes e Vigas do Terno	-	34,2	38,4	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	11:45	13:30	13:53	2:08	17483	MSJ6923	8	1	35	100	4	Lajes e Vigas do Terno	-	33	40,4	N/A	-	ok	ok	
06/12/2010	13:26	14:25	15:15	1:49	17488	DDN4952	8	1	35	95	4	Lajes e Vigas do Terno	-	32,6	35,7	N/A	-	ok	ok	
03/10/2011	19:42	20:12	21:00	1:18	15304	ERB4973	8	1	35	145	4	Lajes 152 Vigas do Terno	-	24,8	33,6	-	-	ok	não ok	sim
10/01/2011	09:00	09:38	10:17	1:17	66025	DDN6941	8	1	35	100	4	Lajes e Vigas do Terno	-	35,4	43,9	N/A	-	ok	ok	ok

343

# Mapeamento do Concreto (rastreadibilidade)



344

**As resistências estão dentro do esperado?**

$$f_{ck,est} \geq f_{ck} ?$$

PhD Engenharia

345

## Concretos não-conformes (como proceder?)

### AÇÕES

até 0,9 de  $f_{ck}$

menor que 0,9 de  $f_{ck}$

validação automática

extração de testemunho

ajuste comercial

demolir ou  
reforçar a  
peça  
estrutural

ABNT NBR 7680  
 $f_{ck,eq}$   
ABNT NBR 6118  
verificação da  
segurança com  
 $\gamma_c=0,9$  de  $\gamma_c$

346

Todo concreto com função estrutural deve ser obrigatoriamente controlado (fundações, pilares, vigas e lajes).

*PhD Engenharia*

347

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

*PhD Engenharia*

348

# OBRIGADO!



*"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"*

**[www.concretophd.com.br](http://www.concretophd.com.br)**  
**[www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)**

**11-2501-4822 / 23**  
**11-7881-4014**