

# APRENDENDO COM FALHAS E ACIDENTES



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

CREA AL

09 de agosto de 2013

Maceió AL

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:  $2,5\text{m}^2/\text{m}^2 \rightarrow 8\text{ a }10\text{m}^2/\text{m}^3$

2

# Os intervenientes



**projetista  
estrutural**



**fornecedor  
do material**



**construtor  
(execução)**

**laboratório  
(controle)**



**tecnologista  
(consultor)**

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

3

# 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**

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

4



## ***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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

5

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).”*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

6

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.”*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

7

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...”*

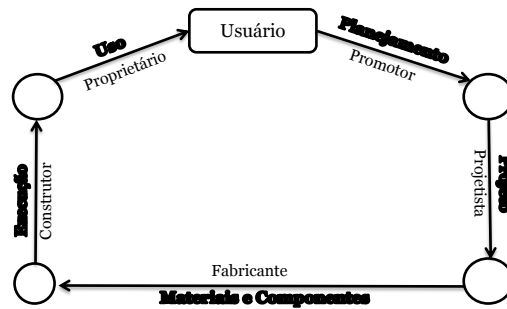
- ◆ todos os intervenientes da cadeia construtiva são responsáveis pelos danos ou vícios que os serviços e obras possam apresentar.
- ◆ no entanto, segundo a Justiça, o diretamente responsabilizado por reparar as perdas do consumidor é o fornecedor final, ou seja, **o Construtor**.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

8

“pentágono do processo de produção e uso na construção civil

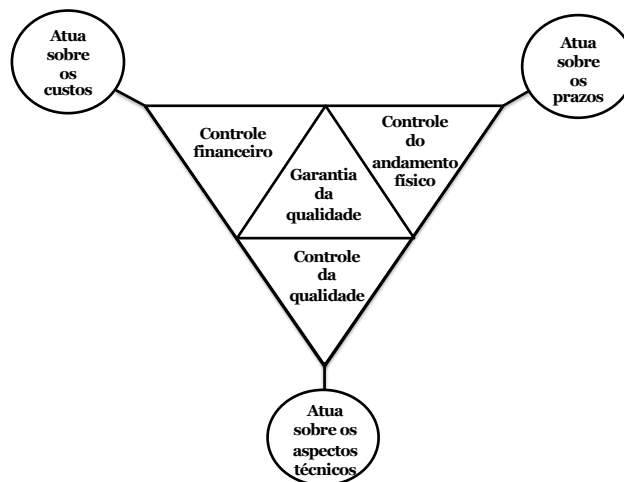


como implantar ou caminhar em direção à  
Garantia da Qualidade *técnica*?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

9

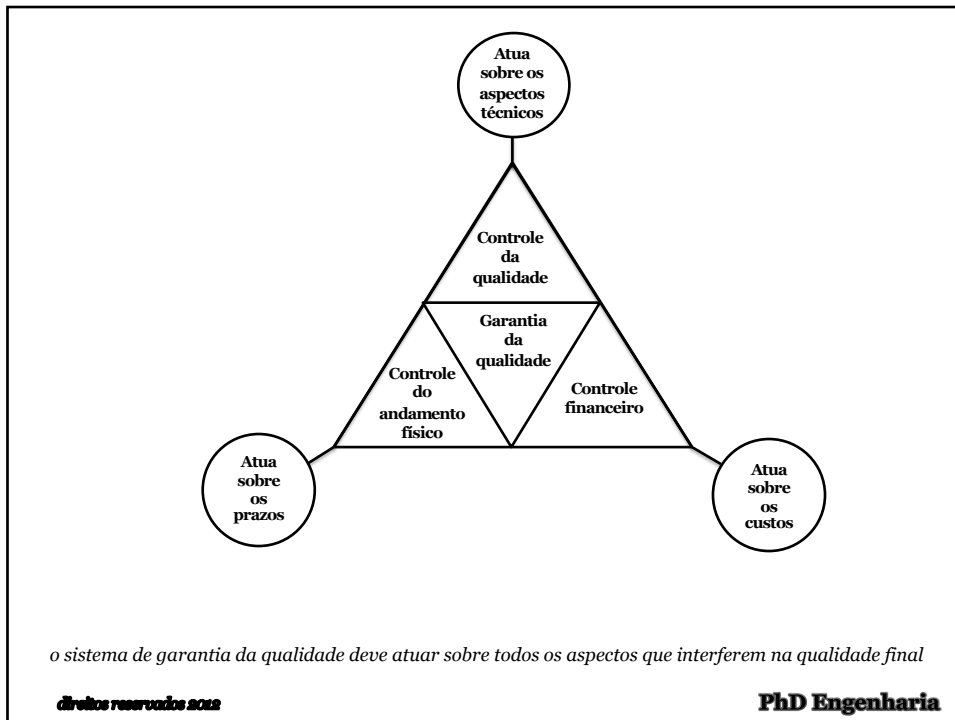


*o sistema de garantia da qualidade deve atuar sobre todos os aspectos que interferem na qualidade final*

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

10



11

## 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**

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.

**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

direitos reservados 2022

**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.

**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

direitos reservados 2022

**PhD Engenharia**

14

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 Baruch

Foto: Paul Sakuma/AP e Everett Kennedy/Brown/Getty Stock



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 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 fugalidade 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".

15

#### 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 Amuda, 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. Afirma Celso Amuda: "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,

16

- ✓ **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?**

17

## **Estruturas de Concreto Armado e Protendido**

### **Conceitos**

- ✓ Envelhecimento natural      *previsto; não incomoda*
- ✓ Envelhecimento precoce      *não previsto; caro*
- ✓ Vida útil      *60anos → normal*
- ✓ Estrutura avisa      *saber “ouvir”*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

18

## **NBR 6118:2003**

**"mecanismos de deterioração e envelhecimento"**

### **6.3.2 Concreto**

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ Intemperismo

### **6.3.3 Aço**

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

### **6.3.4 Estrutura**

ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, fator humano

**direitos reservados aos**

**PhD Engenharia**

19

## **6.3.2 Concreto → *Lixiviação***



Cobertura do  
Prédio da FAU-USP



Edifício da  
Engenharia Civil  
POLI.USP

20



## 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

### *Mecanismo*

- carreamento de sais solúveis pela água,  $\text{Ca(OH)}_2$

### *Manifestação, Sintoma, Vício*

- Manchas esbranquiçadas na superfície  $\text{CaCO}_3$
- Eflorescência, pode até formar estalactites
- Aumento da porosidade interna do concreto
- Redução do pH com risco de corrosão

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

21

## 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

### *Como evitar, Prevenção, Profilaxia*

- Reduzir relação a/c, usar adições
- Melhorar condições de cura;
- Impermeabilizar evitando água.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

22

## 6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

### **Como corrigir:**

- de onde vem a água?
- porque o concreto está poroso e permeável?
- porque fissurou?
- é fissura “viva” ou “morta”?
- é aparente, respeitar estética?
- é estrutural, precisa monolitismo?

### ***Inspeção, Diagnóstico e Projeto de Intervenção Corretiva***

### ***Procedimento de Manutenção***

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

23

## **NBR 6118:2003**

***"mecanismos de deterioração e envelhecimento"***

### ***6.3.2 Concreto***

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ Intemperismo

### ***6.3.3 Aço***

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

### ***6.3.4 Estrutura***

ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos,  
ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, fator humano

direitos reservados 2012

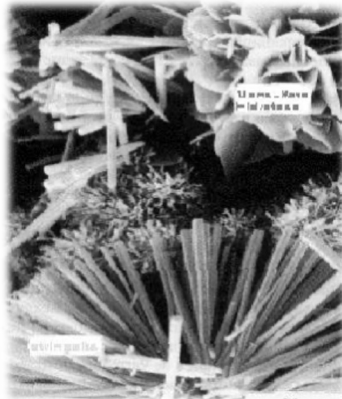
**PhD Engenharia**

24

### 6.3.2 Concreto → *Expansão*

#### Reações expansivas

Sulfatos,  $\text{SO}_4^{-2}$

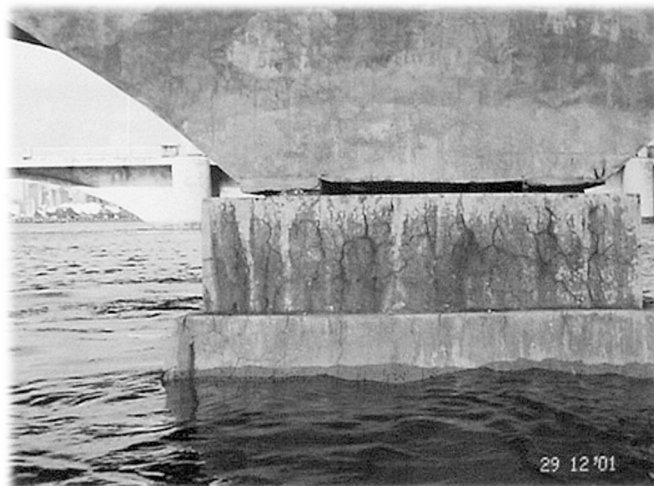


- água de mar
- galerias esgoto
- ETE

25

### 6.3.2 Concreto → *Expansão*

#### Reação Álcali-Agregado AAR



26



27



28



29



30

### 6.3.3 Aço → **Corrosão de Armaduras**

#### Despassivação por carbonatação

■  $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{pH} \geq 12$   
(aço passivado)

■  $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$



31



32

6.3.3 Aço →  
**Corrosão de  
Armaduras**

Despassivação  
por cloretos

direitos reservados 2022



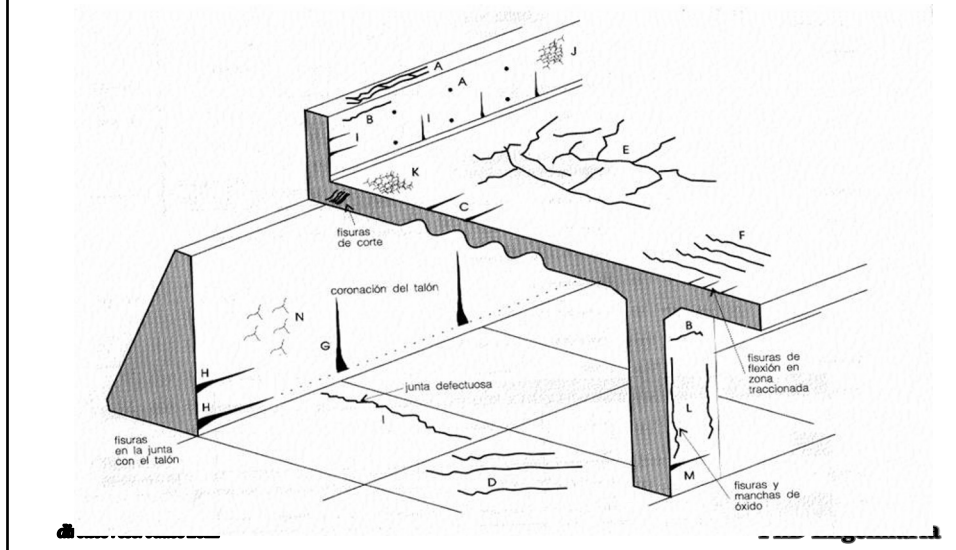
33



34

### 6.3.4 Estructura

*fissuras:* térmicas, retração, ações, construtivas



35



36



## **Programa de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil das Estruturas**

*ALCONPAT    IBRACON    ABECE*

### **6.3.2 Concreto**

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → pirita/ferruginosos

### **6.3.3 Aço**

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

### **6.3.4 Estrutura**

ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos,  
ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, fator  
humano

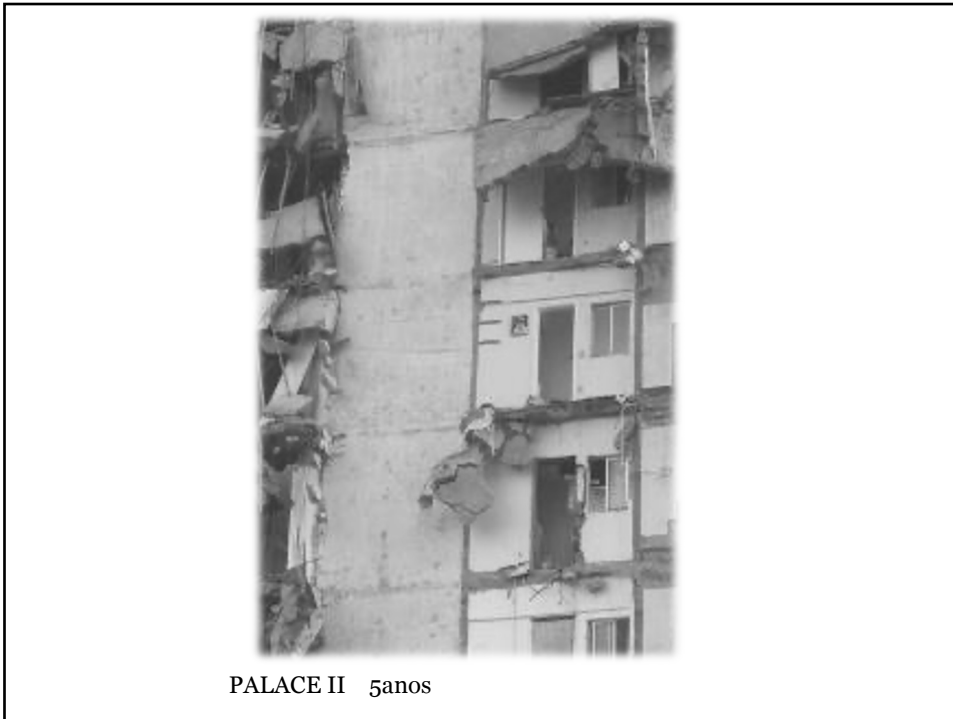
direitos reservados aos

**PI**

37



38



PALACE II 5anos

39



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

40



41

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

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

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

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

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

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

42

uma hipótese...  
dramática e penosa.

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

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

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

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

43



44

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

# Laudo aponta problemas também no Palace 1

- Os problemas encontrados no Palace 1**
- 1) Falhas em elementos estruturais nos subsolos, entre vigas e pilares
  - 2) Instalações elétricas expostas e em situação inadequada de condução
  - 3) Informações incorretas nas lajes de piso do pavimento térreo
  - 4) Manchas generalizadas decorrentes de infiltrações
  - 5) Instalações prediais (elétrica e hidráulica) em estado precário de utilização
  - 6) Desprendimento do revestimento externo (em painéis) das fachadas
  - 7) Desprendimento do piso do pavimento térreo

**O que a Sersan foi intimada a fazer**

- monitoramento de edificação com equipamentos
- apresentação do relatório de análise de materiais, especialmente sobre a capacidade do concreto e sua composição química
- apresentação do projeto de reforço estrutural com metodologia a ser aprovada pela Secretaria Municipal de Obras (prazo de 15 dias)
- execução do reforço estrutural (60 dias) e elaboração de parecer técnico conclusivo sobre as condições de segurança (15 dias)
- retirada e recomposição do revestimento e do pavimento das fachadas, o serviço deverá ser executado com aparafusos para proteção aos transeuntes (60 dias)
- recuperação das instalações elétrica e hidráulica (60 dias)

**FERNANDA DA ESCÓSSIA**  
da Secretaria do Rio

Um laudo técnico divulgado ontem pela Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio aponta problemas na estrutura do Palace 1 — como trincas nos pilares — e intimou a construtora Sersan a recuperar o prédio num prazo de dois meses.

Segundo o laudo, o Palace 1 — vizinho ao Palace 2, que desabou no Carnaval e foi implodido no último sábado — está com trincas nas vigas do subsolo, armações metálicas em adiantado estado de corrosão, deformações na Laje do térreo, infiltrações, instalações hidráulicas e elétricas em estado precário e despreendimento dos revestimentos da fachada do piso.

Para os engenheiros que visitaram o prédio, os problemas são estruturais e não foram provocados pela implosão do Palace 2.

O laudo afirma que o projeto de construção do Palace 1 é igual ao do prédio implodido, o que caracte-

teriza uma situação de risco para a segurança de moradores.

“Chegamos à conclusão de que tem que ser feita uma obra rápida, para que não aconteça o cenário que aconteceu com o Palace 2”, disse Marcel Iglicky, diretor do departamento de Vistoria da Secretaria de Urbanismo. Segundo ele, o Palace apresenta hoje situação estável. Iglicky foi evasivo ao ser questionado sobre as possibilidades de um desabamento do prédio.

“A partir do momento em que mantemos a interdição e elaboramos um laudo, é porque a gente tem certeza de que tem condições de recuperá-lo. Não cogitamos perder mais um prédio, mas não temos bola de cristal para saber.”

A estrutura do Palace 1 está sendo monitorada por técnicos com equipamentos especializados. O prédio, interditado desde o desabamento do Palace 2, permanecerá fechado por medida de segurança, até que as obras de reforço estrutural sejam feitas.


A construtora Sersan deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e reforçar as instalações hidráulicas e elétricas. A intimação foi afixada em 24 horas às determinações da prefeitura, e Sersan poderá ser multada em até R\$ 240.000. A multa é dobrada a cada dia de atraso.

A assessoria do prefeito Luís Paulo Conde (PFL) informou que, caso a Sersan não obedecer às determinações, a prefeitura pagará as despesas da obra e cobrará judicialmente da construtora.

O laudo divulgado ontem é apenas preliminar e não se refere a problemas referentes ao solo nem a materiais utilizados na construção. Uma empresa especializada foi contratada pela prefeitura para avaliar a composição do concreto e de outros materiais. Não há previsão para a divulgação dos laudos dos materiais e das causas do desabamento do Palace 2.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia



**PALACE I**      10anos

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

Debates no  
CREA.RJ  
Consultor da  
PMRJ

**Waldir de Mello** – Acho a pergunta muito boa porque não há nada de sensacional ou de novidade em relação à causa do desabamento. Eu afirmo, para sintetizar, que se fossem cumpridas as normas técnicas de projeto e de construção nada disso teria acontecido. O que se viu no Palace II foi um infeliz erro de detalhamento de pilar, mas que não deu início ao processo. Na verdade, ele não começou no pilar do canto e, sim, no pilar do lado, devido a uma incorreção na taxa de armação. Foi esse pilar vizinho – com deficiências graves de concretagem e de detalhamento, além da ausência de ferros que constavam do detalhamento – que provocou tudo isso.

Em suma é, como quase sempre, uma soma das deficiências de projetos de armação com as condições de relaxamento e de desleixo com que foi feito o prédio, mas nada que não pudesse ser evitado, se as normas vigentes tivessem sido respeitadas.

47

Em abril de 1997 fui chamado para elaborar um Parecer Técnico de um edifício residencial na Barra da Tijuca, aqui no Rio de Janeiro....

Era uma edificação com 15 anos de idade e tinha problemas de corrosão...

Mas o que mais me surpreendeu foi encontrar pilares só com armaduras longitudinais sem estribos....

Recomendei um reforço estrutural das partes afetadas ... em fevereiro de 1998 caiu o Palace II e me lembrei que a construtora daquele edifício era a Sersan de Sérgio Naia e isso foi decisivo para que o síndico do edifício seguisse à risca o que havíamos recomendado.

Bem foi a primeira e única vez que vi vários pilares armados sem estribos...

Escrevo isso porque acho que ninguém em sã consciência poderia afirmar que havia segurança naquela edificação...

Abelardo de Oliveira Júnior  
CREA-RJ 33264-D  
Rio de Janeiro-RJ

48



49



50

# Dona-de-casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio

Da Sucursal do Rio

A dona-de-casa Maria Borges Nascimento, 49, morreu ao ser atingida na cabeça por um pedaço de reboco do 12º andar de um prédio de apartamentos no centro da cidade, na av. Gomes Freire nº 740. A mulher morreu na hora, e teve a face desfigurada. O pedaço de reboco caiu, resvalou na marquise do prédio e acertou a dona-de-casa.

Maria estava voltando para casa com as compras feitas num supermercado da região. Ela morava sozinha com o filho, o estudante...

O síndico do prédio em que aconteceu o acidente, João Salvador, afirmou que a obra de recuperação da fachada já havia sido aprovada pelo condomínio, mas faltava orçar o serviço.

A área em torno do prédio, o que deve causar prejuízo aos estabelecimentos comerciais que funcionam no local. Segundo o diretor do Departamento de Engenharia do órgão municipal, Roberto Formiga Oberlaender, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que ofereçam risco de desabamento.

Na área térrea interdita funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área também interdita, funcionam um pequeno hotel e um restaurante.



Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio

Oberlaender afirmou que será dado ao condomínio um prazo para recuperação da fachada. Caso o prazo não seja cumprido, o condomínio terá que pagar multa. Muito abalado, o filho da dona-de-casa não quis comentar que providências legais tomará em relação ao caso.

Oberlaender disse que um dos

problemas do centro são os prédios antigos em mau estado de conservação. Além da má conservação do reboco, as marquises velhas são problemas apontados pelo diretor da Defesa Civil.

Segundo ele, os proprietários são obrigados a realizar obras de recuperação, mas a fiscalização não cabe à Defesa Civil.

28 anos!

## Edifício Comercial

2009  
fissuras em lajes  
obra nova





53



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

54



55



56

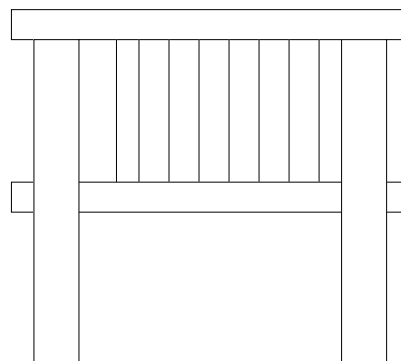


57

laje+vigas com espessura média de  
22cm → 550kg/m<sup>2</sup>

dimensionada para 150kg/m<sup>2</sup>

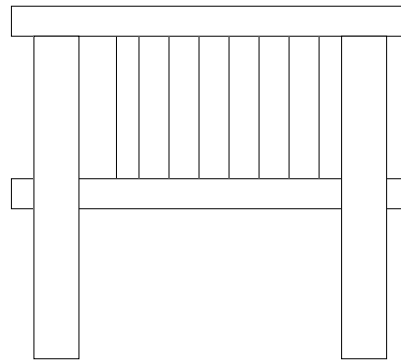
1 ano de idade



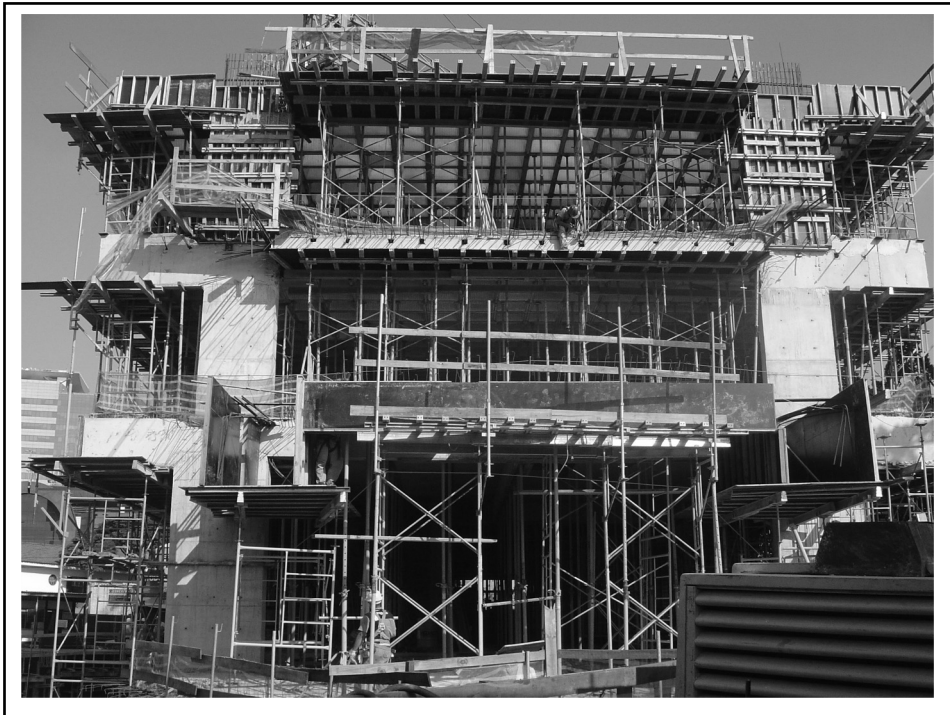
58

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

1 ano de idade



59



60

***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**

61



62



63

- **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**

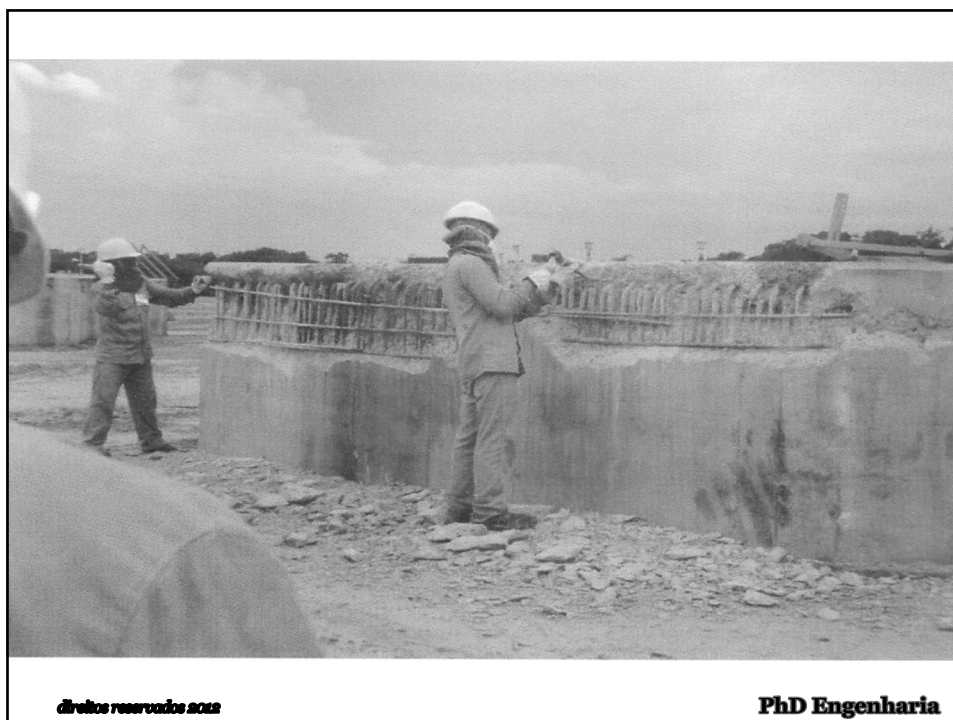
64

**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...**

65



66

# ***Irresponsabilidade ou Incompetência?***

**Caso 2:**

**Edifício habitacional**

**8º andar**

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

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**

67



68





69



70



71



72



73

- **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**

74

***Dados do Edifício:***

***36 pavimentos + 5 subsolos***

**Edifício em uso há 1 ano**

**Fissurou 18 andares**

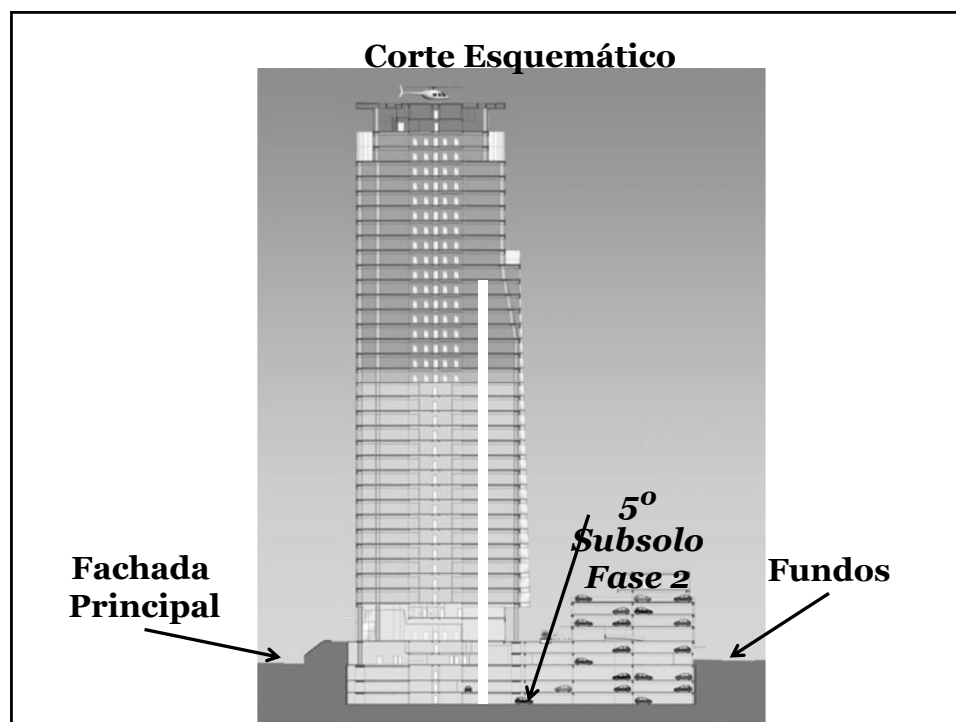
***Pilar P1 Esforços de projeto:***

***Normal: 1.253tf***

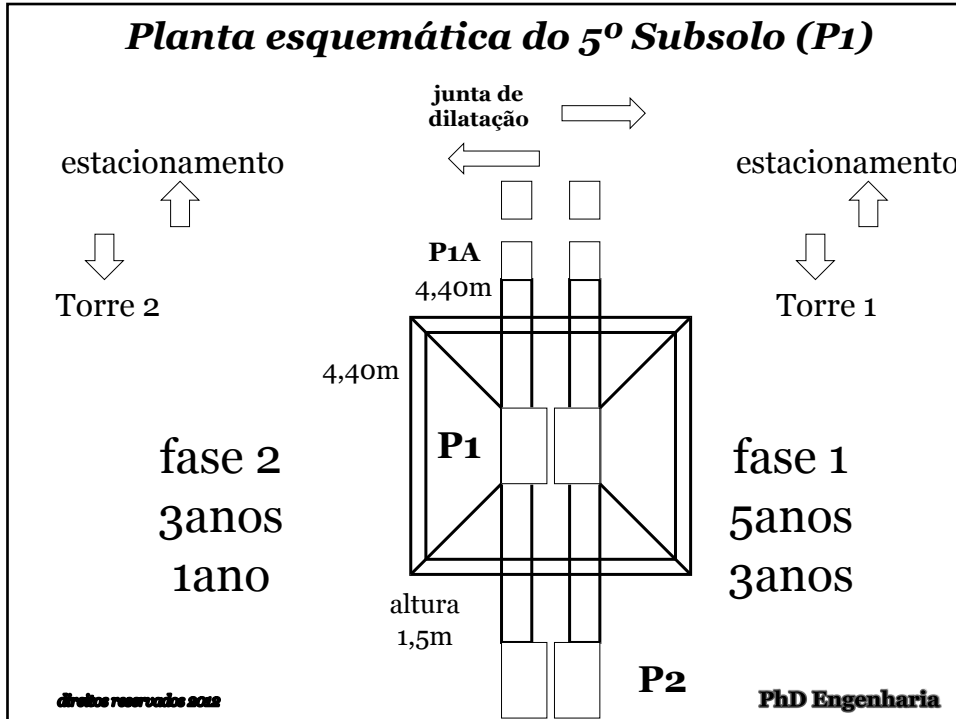
***Mx: 55tf.m***

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

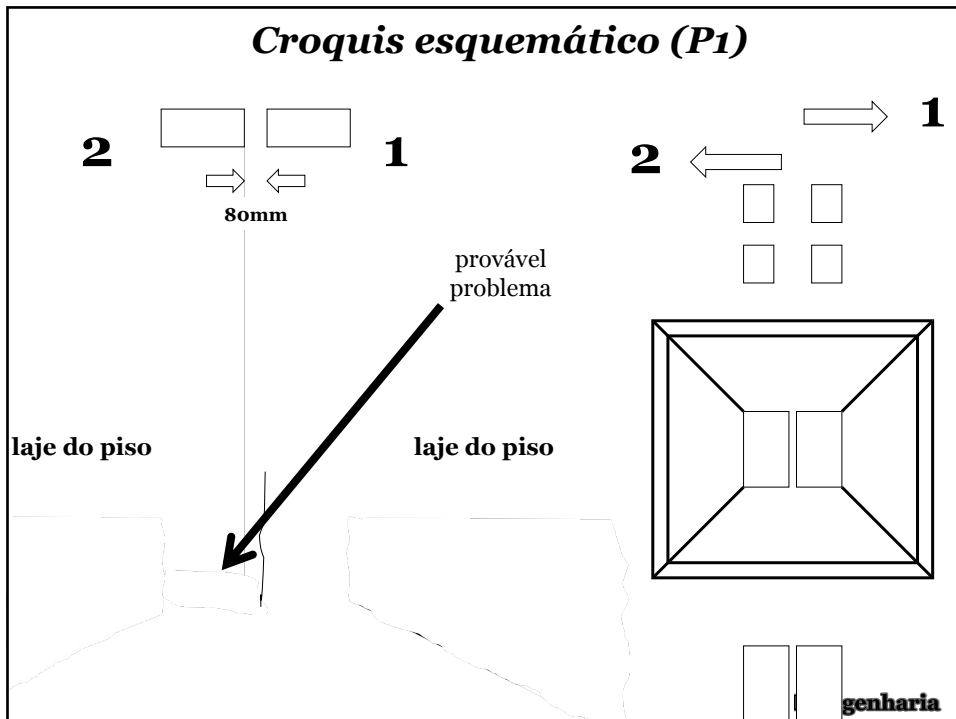
75



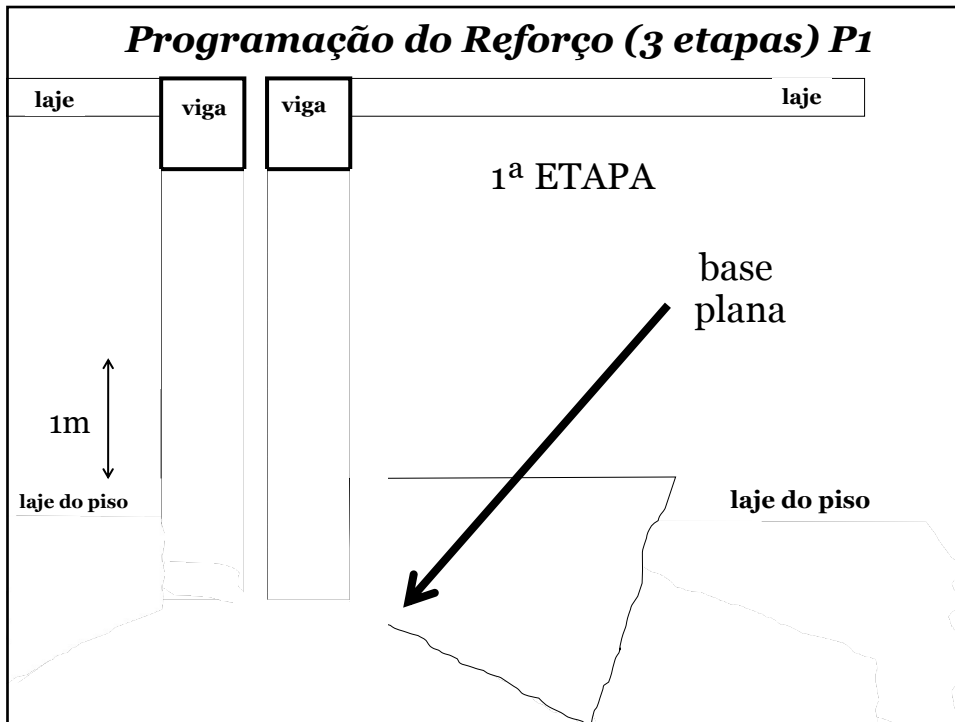
76



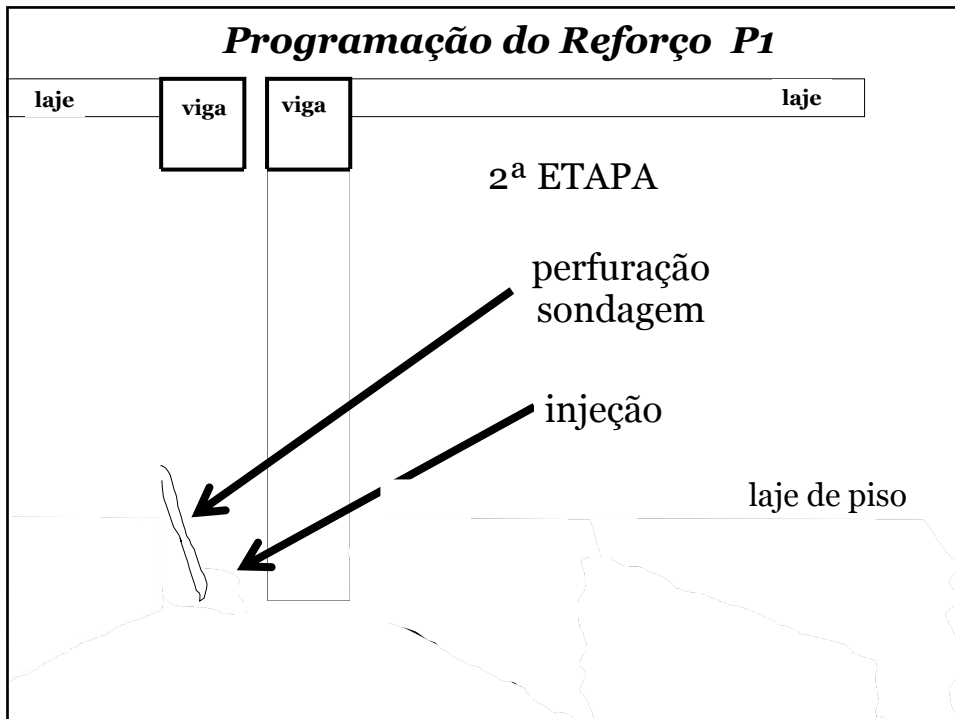
77



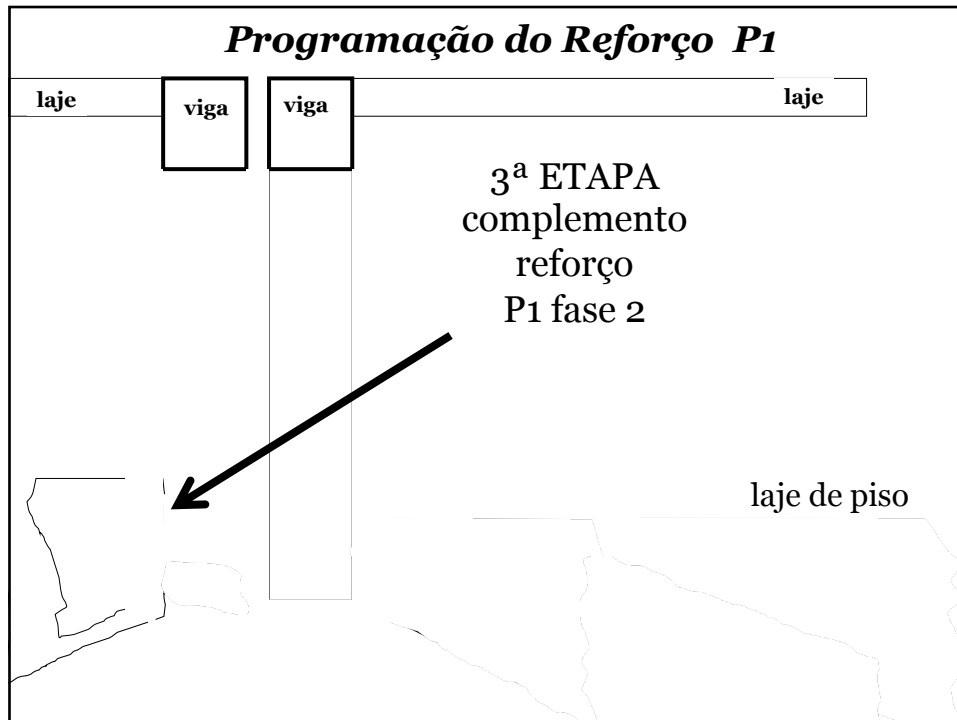
78



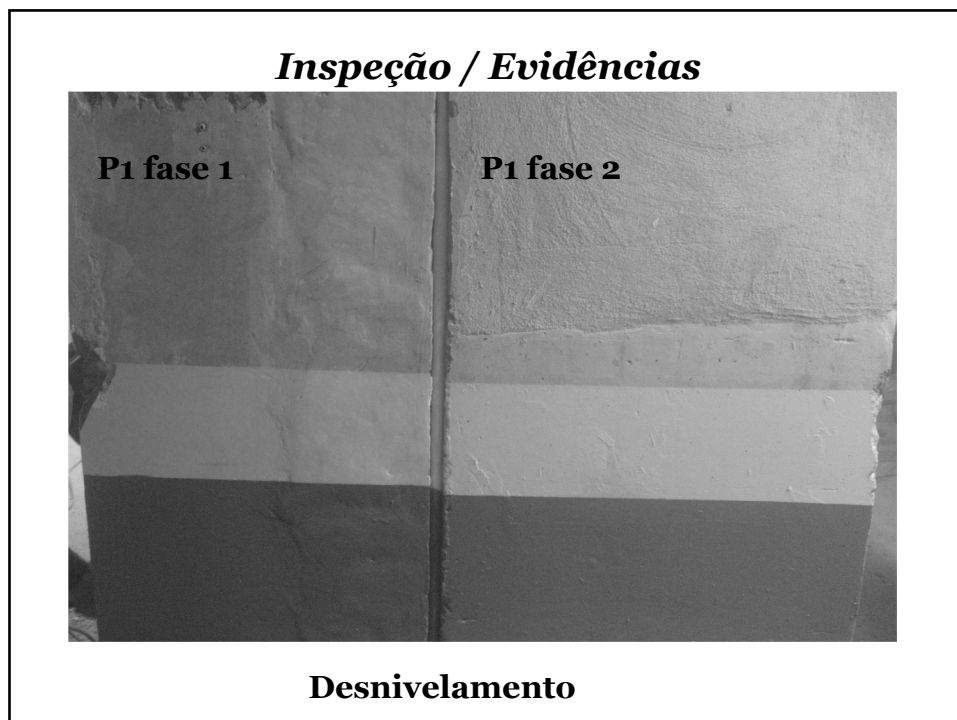
79



80

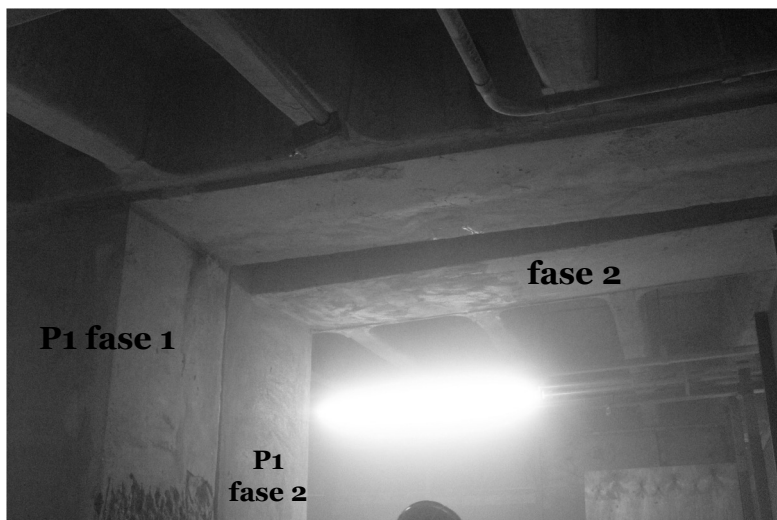


81



82

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento**

83

***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

84



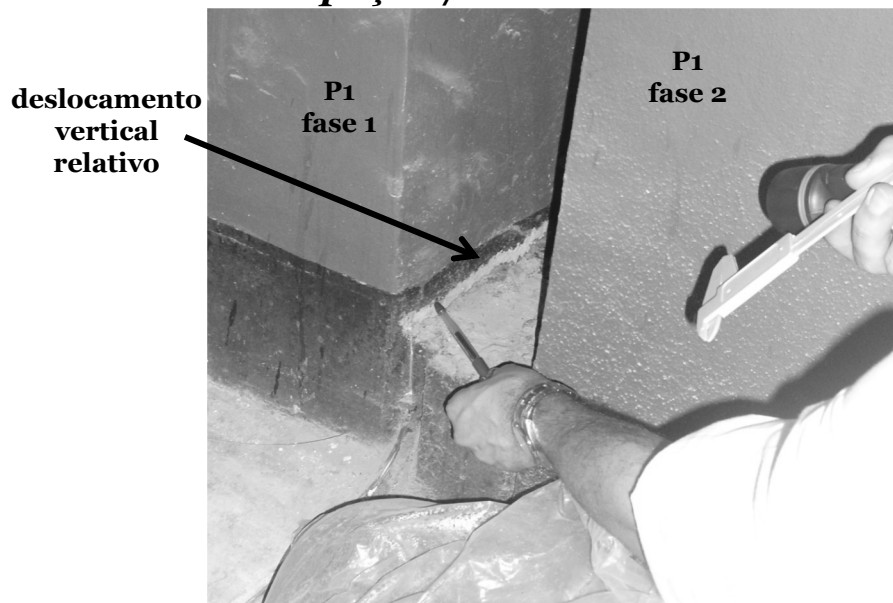
***Inspeção / Evidências***



**Fissuras em Vigas**

85

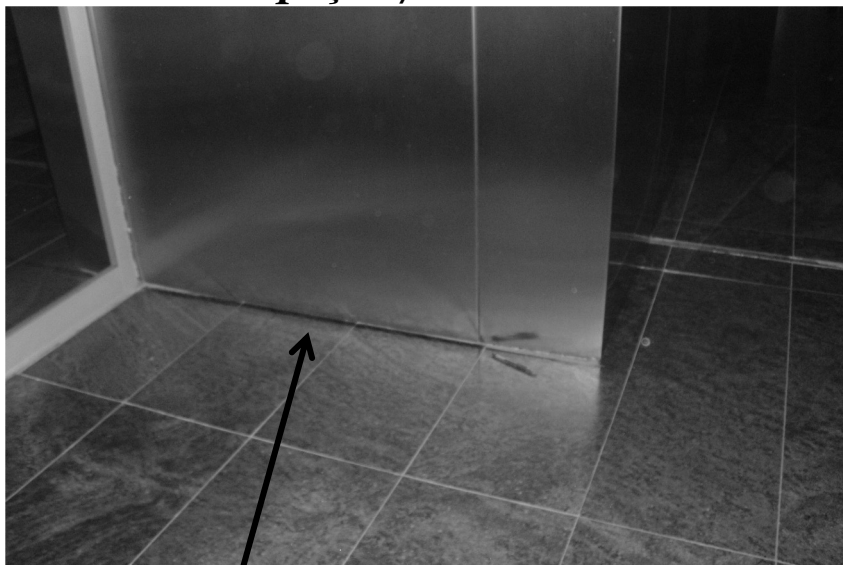
***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S4**

86

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S2**

87

***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento nível S3**

88

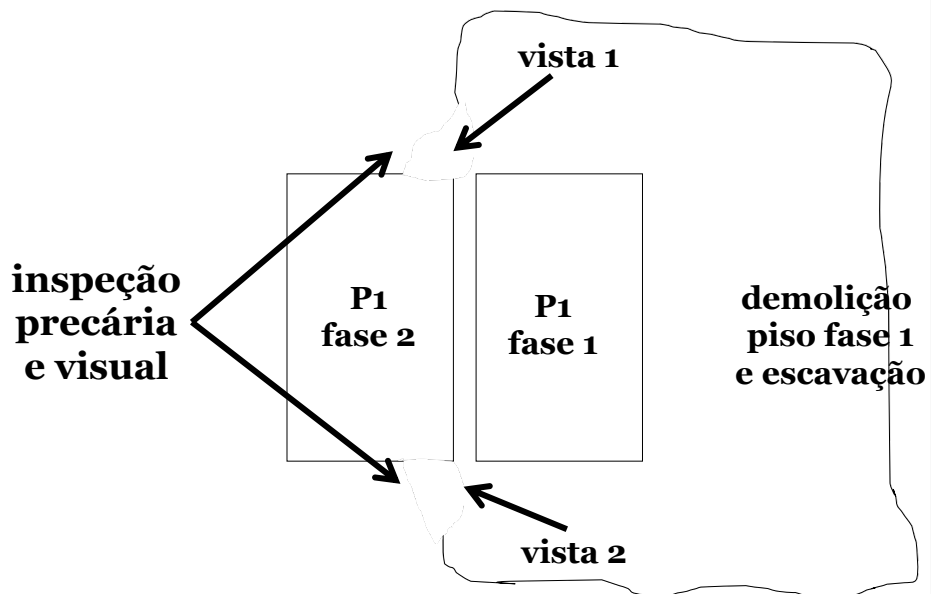
### ***Inspeção / Evidências***



**Desnivelamento e fissuras em vigas**

89

### ***Inspeção***



90

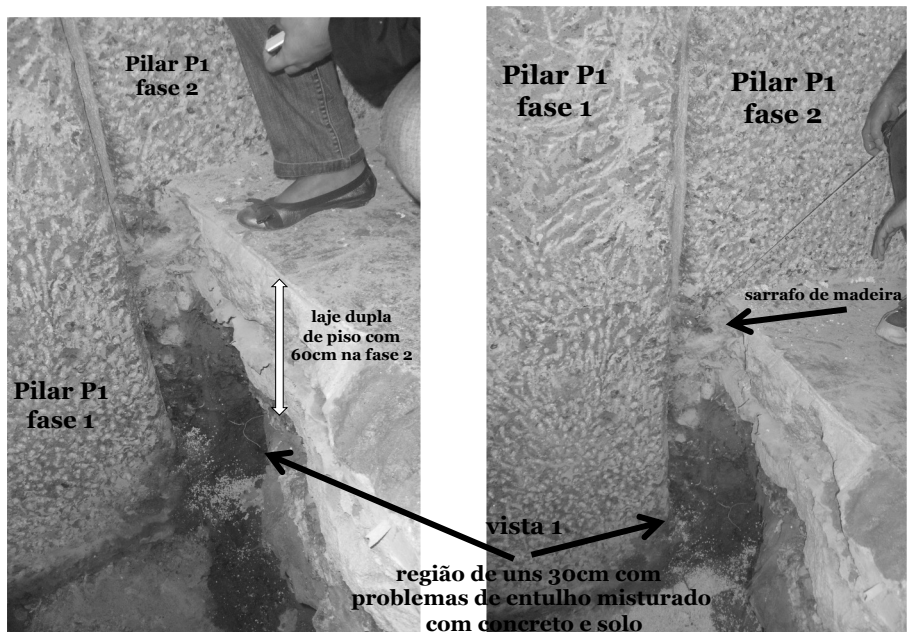
## ***Inspeção***



**Demolição Piso fase 1**

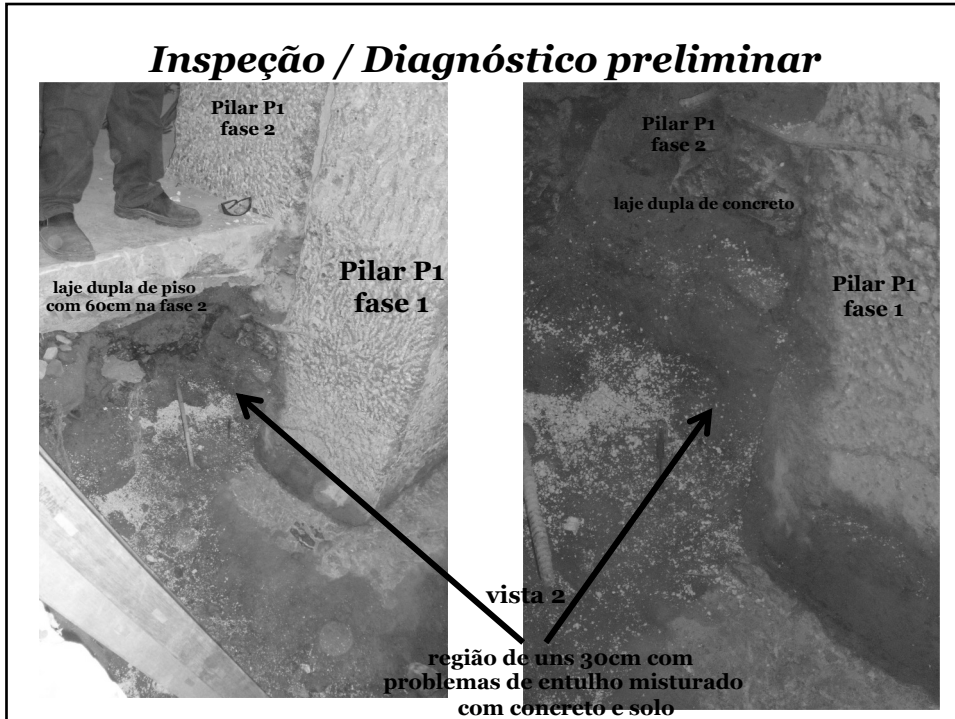
91

## ***Inspeção / Diagnóstico preliminar***



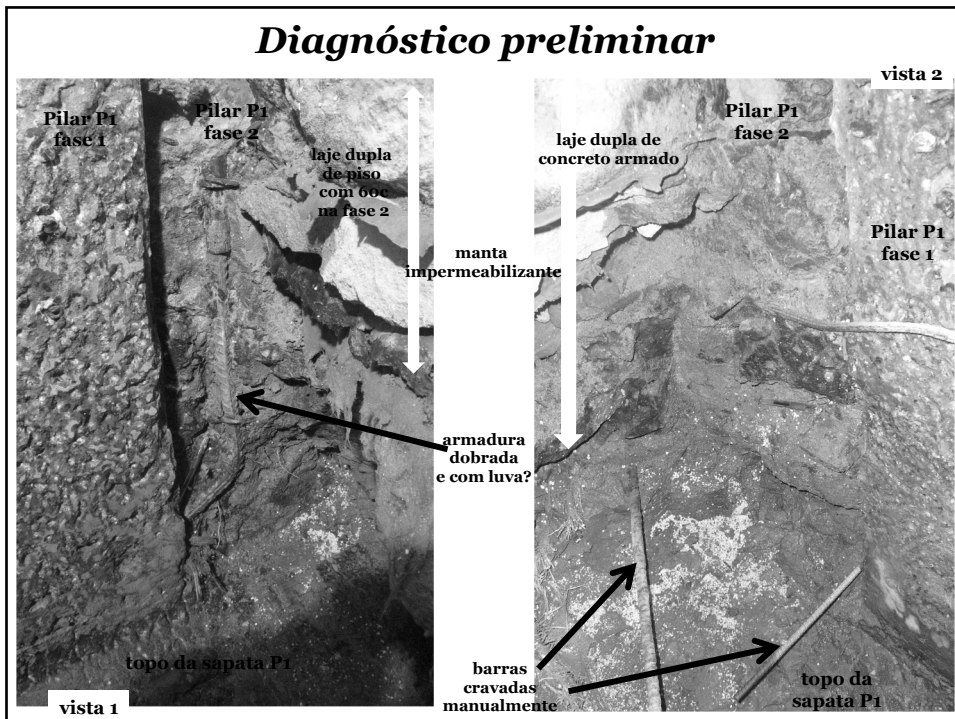
92

### **Inspeção / Diagnóstico preliminar**



93

### **Diagnóstico preliminar**



94

#### ***4.Preparação da fôrma***



95

#### ***7.Desfôrma***



96



97



98





99



100





101



102



103



104

# Controles

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

105

## Resistência a Compressão Axial

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

106

# *Hipóteses prováveis...*

107



108

## Edifício Habitacional

# armadura de pilares *obra nova*

109



110



111



112

Cabeça de pilar sem  
ganchos transversais  
nem estribos



113



114



115



116



# Qual o papel do Construtor?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

117

- ✓ 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!

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

118

terceirizar um  
serviço ≠  
terceirizar  
responsabilidade

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

119

**outro caso  
desastroso!**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

120

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

121

Registrado em 06 de abril de 2011. Livro: 010/ENG.				
				diferença
10	(20 x 100)	34 Ø 12.5	34 Ø 16.0	- 39 %
11	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+5 %
12	(25 x 178)	38 Ø 10.0	38 Ø 10.0	-----
13	(25 x 178)	16 Ø 16.0	38 Ø 10.0	+8 %
14	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+0,5 %
15	(20 x 218)	34 Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
16	(20 x 218)	Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
17	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
18	(30 x 70)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+0,5 %
19	(30 x 70)	08 Ø 16.0	20 Ø 10.0	+2 %
20	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+56 %
21	(20 x 70)	12 Ø 12.5	30 Ø 10.0	- 37 %
22	("25" x 100)	42 Ø 16.0	30 Ø 20.0	- 10 %
23	("25" x "208")	34 Ø 12.5	76 Ø 10.0	- 30 %
24	("25" x 100)	42 Ø 16.0	34 Ø 20.0	- 21 %
25	(20 x 70)	08 Ø 12.5	16 Ø 10.0	- 22 %

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

122



123

## Edifício Real Class

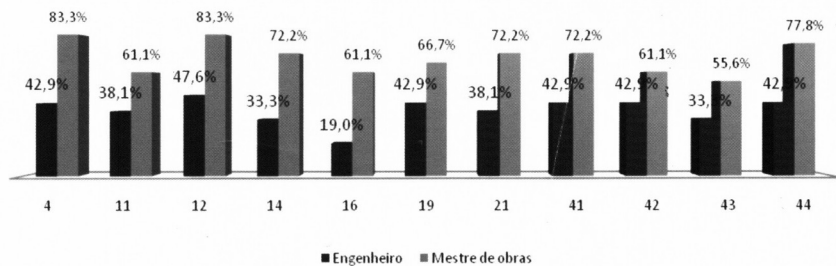



***Belém do Pará***  
***34 pavimentos***  
***105m    20.01.2011    35MPa***

direitos reservados 2012 **PhD Engenharia**

124

Figura 3 – Desvios de função



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

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

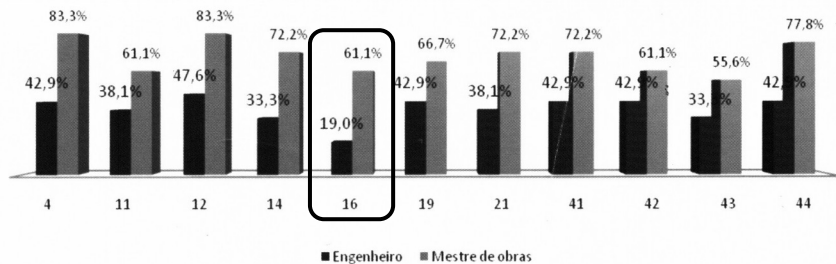
Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

125

Figura 3 – Desvios de função



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

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

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

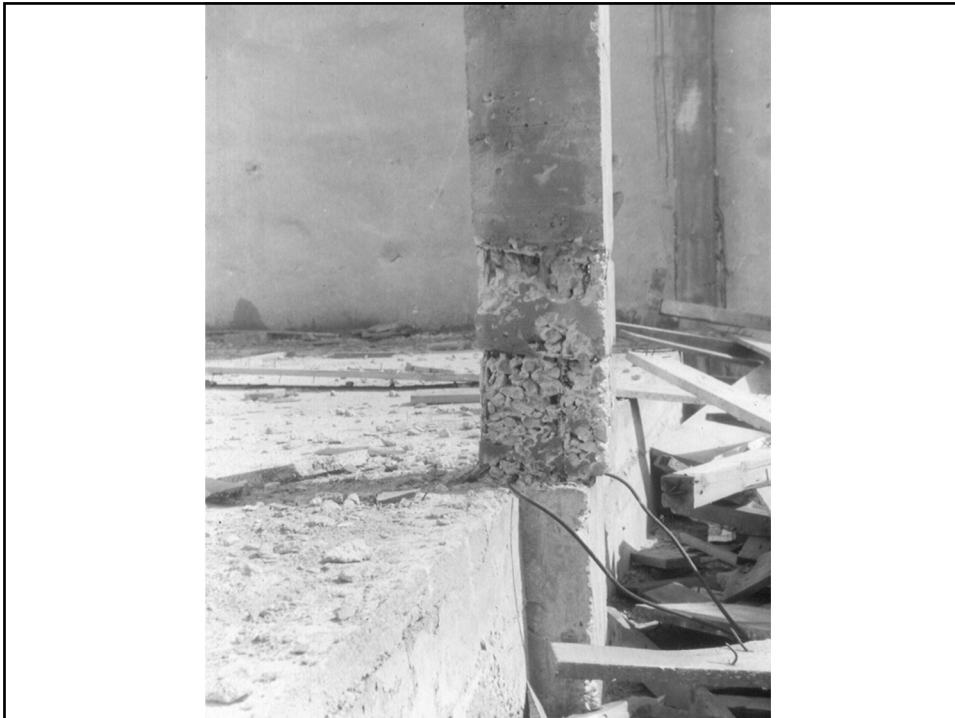
126

**Edifício Habitacional**

---

**concretagem  
de pilares  
*obra nova***

127



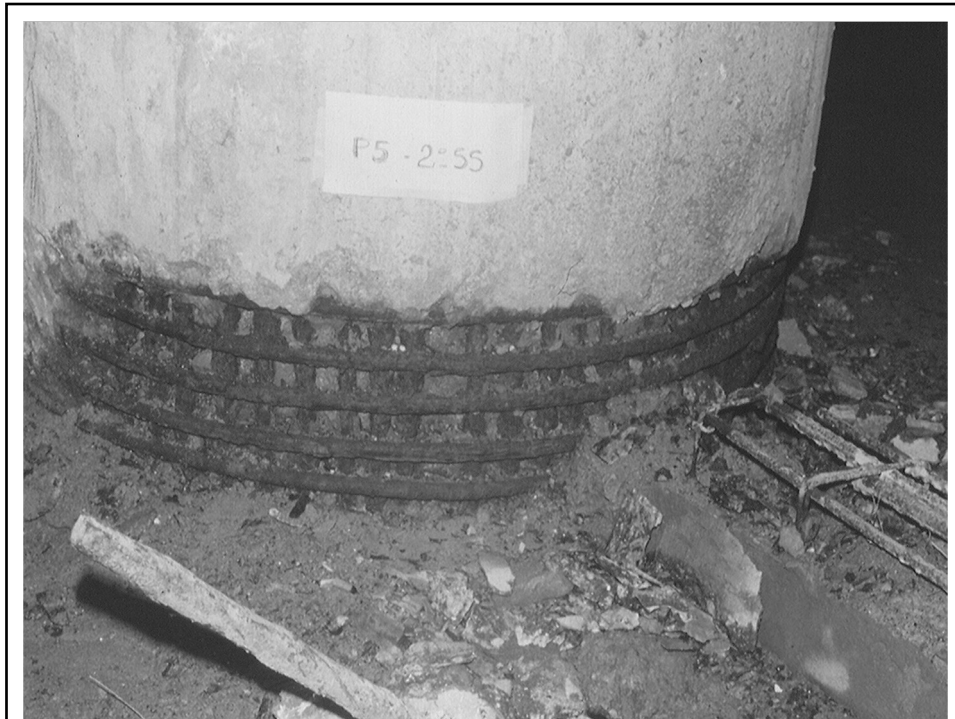
128



129



130



131

### Reparo Estrutural !?

A black and white photograph of a construction site. A worker wearing a hard hat and work clothes is kneeling on the floor, working on the base of a concrete column. The background shows other concrete columns and a partially constructed structure. The text "Reparo Estrutural !?" is centered above the image.

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

132



## Reparo Estrutural !?



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

133



134

## **CONSTRUTOR**

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

135

## **Edifício Areia Branca**

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

136



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

137



138



Escombros - manhã seguinte do desabamento

139



140

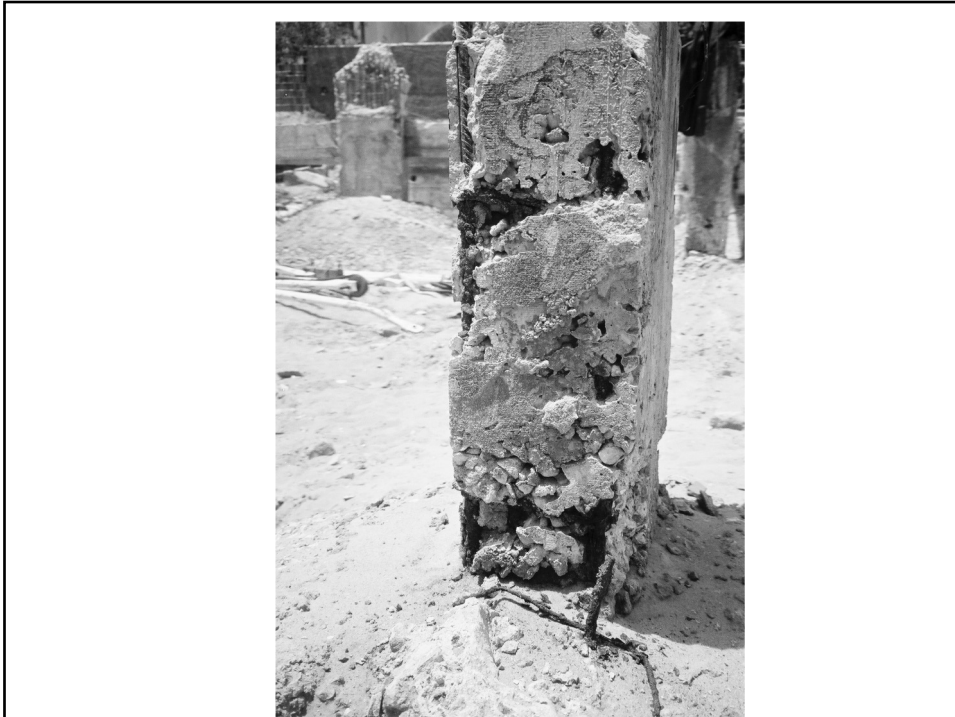


Edificações Vizinhas

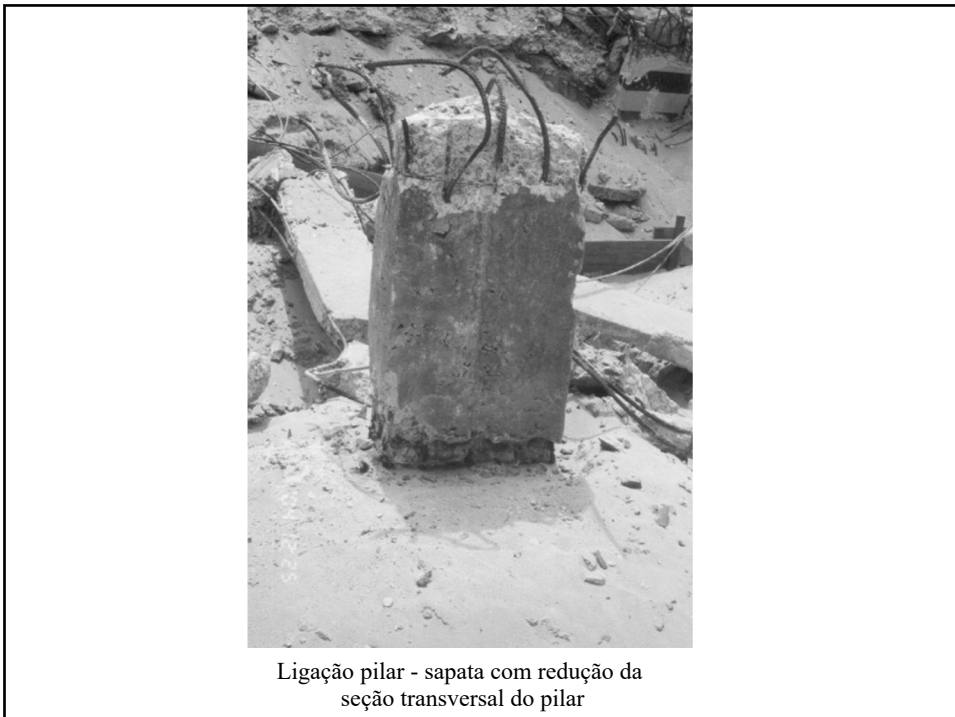
141



142



143



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

144



145



146





147



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

148





149

## **CONSTRUTOR**

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

150

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

151



152



153



154



155



156



157



158



159



160

## **CONSTRUTOR**

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e  
antecipar-se aos problemas!

161

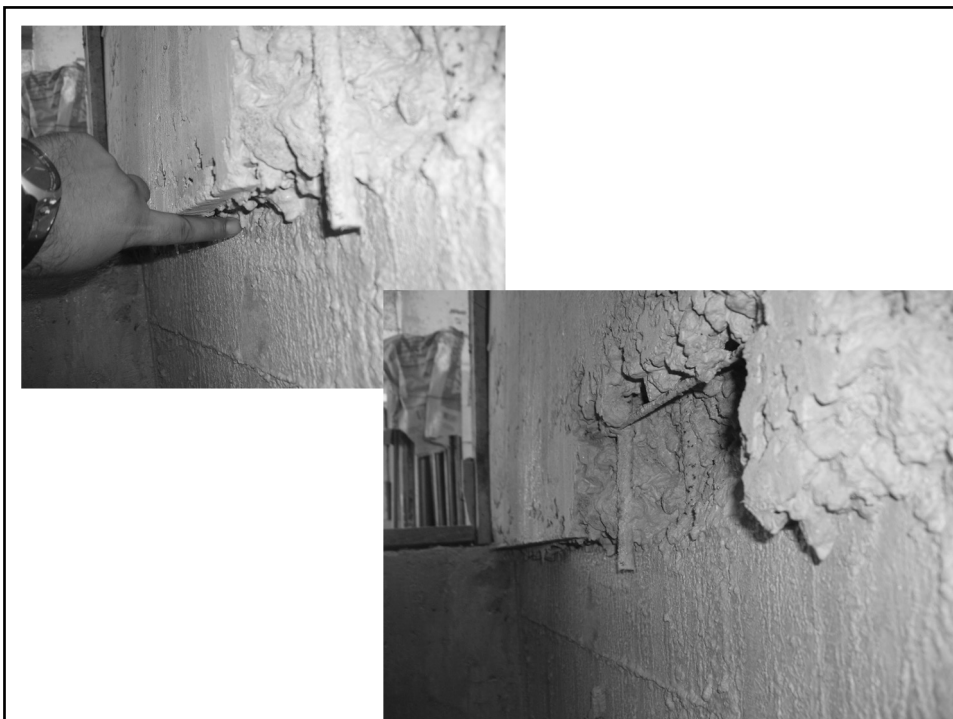
## **CONSTRUTOR**

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

162



163



164



# Sistema de Fôrmas

ABNT NBR 14931:2004 item 9.2.1

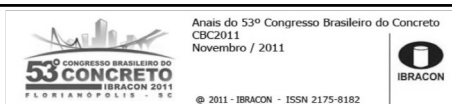
“Antes do lançamento do concreto devem ser devidamente conferidas as dimensões e a posições das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo esteja conforme o projeto.”



direitos reservados

PhD Engenharia

165



## 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.

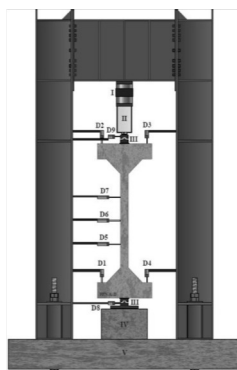


Figura 2 – Pilar posicionado no pórtico de reação com a instrumentação

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

166

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

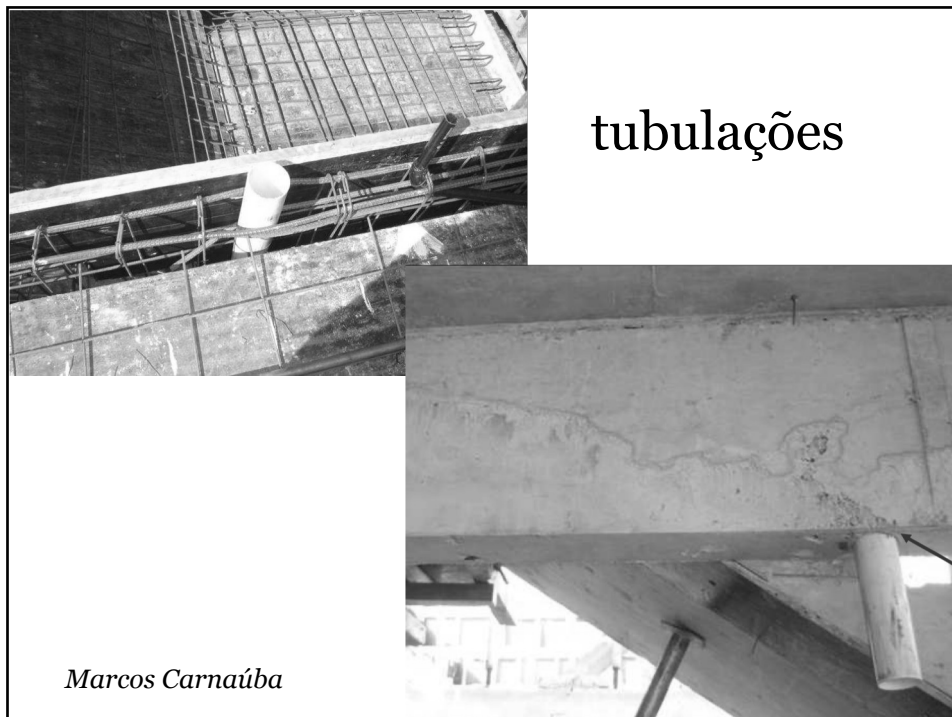
Modelos	$e_{\text{inicial}}$ (mm)	$F_{u,\text{exp}}$ (kN)	$D6_{,\text{max}}$ (mm)	$\epsilon_c$ (‰)	$\epsilon_s$ (‰)	Modo de Ruína
PFN 00-2.5	0	1078,2	4,87	-2,20	-1,60	Ruína frágil com esmagamento do concreto. (Domínio 5)
PFN 15-2.5	15	670,4	14,72	-2,15	-0,20	
PFN 24-2.5	24	360,8	14,60	-1,60	0,18	Ruína 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).

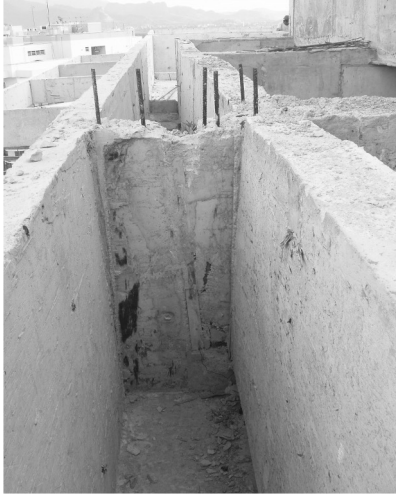
Para os pilares com pequena excentricidade. PFN 00–2.5 e PFN 15–2.5. percebe-se que

167



168

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012



PhD Engenharia

169

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012



PhD Engenharia

170



171



172



173



174

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

175

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

176

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

177

## Por que ocorre isso?



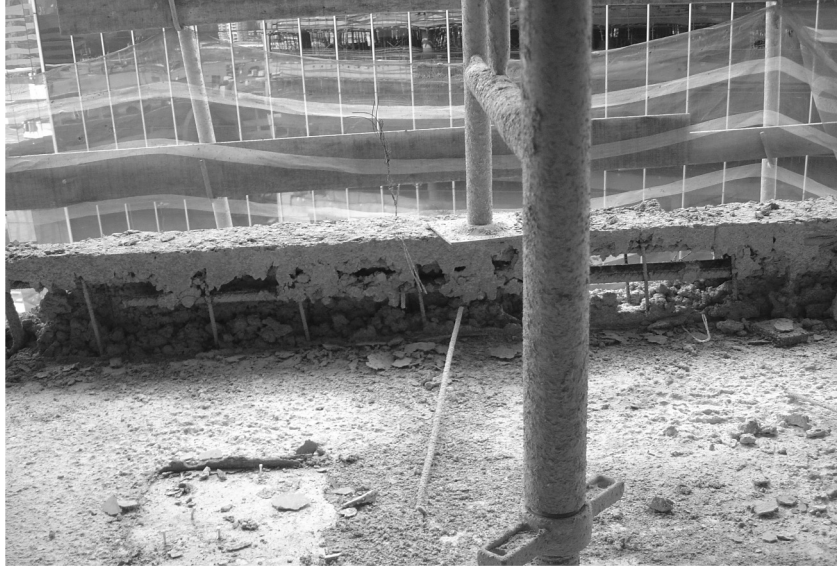
direitos reservados 2012

PhD Engenharia

178



## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

179

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

180



## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

181

## Por que ocorre isso?



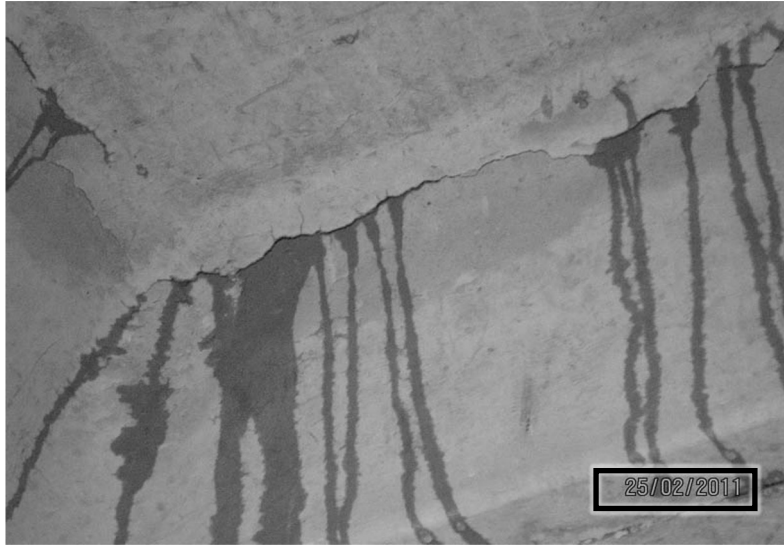
25/02/2011

direitos reservados 2012

e o controle da execução?

182

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

183

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

184

## 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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

185

## *Estruturas de Concreto para Edificações*

Atividade profissional regida por normas técnicas:

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

186

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.

**direitos reservados 2012**

**PhD Engenharia**

187

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

**direitos reservados 2012**

**PhD Engenharia**

188

## 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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

189

## 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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

190

## 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.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

191

## 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  $c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm}$   $f_{ck} \geq 30\text{MPa}$

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

192

## **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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

193

## **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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

194

## 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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

195

## 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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

196



## **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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

197

## **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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

198

## **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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

199

## **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*

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

200

# Desafios

## *concretagem inclinada*

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

201



202



203



204



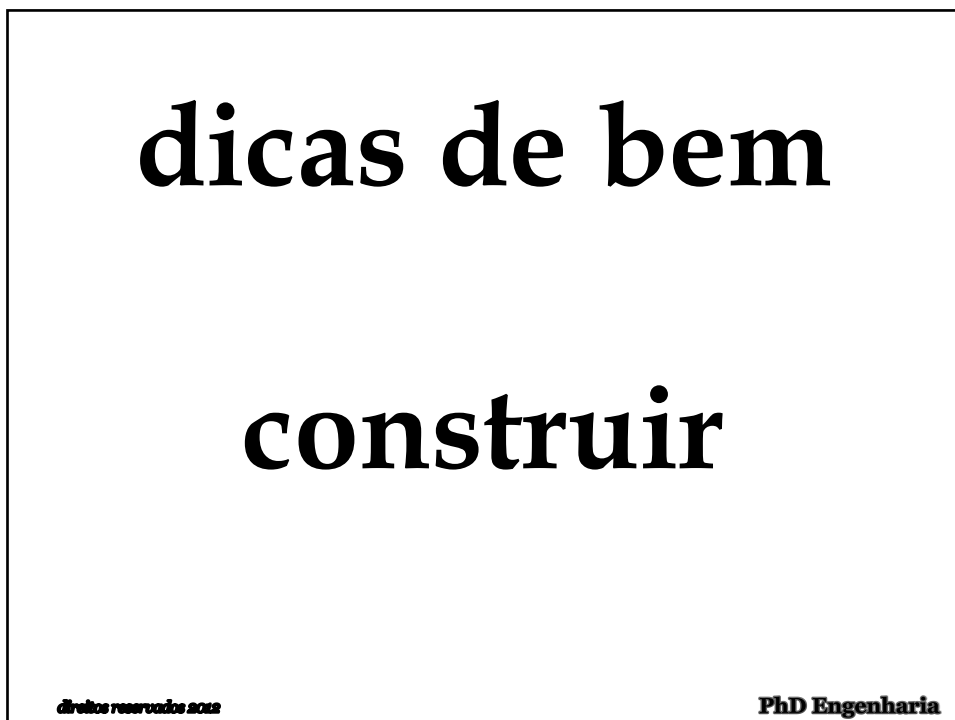
205



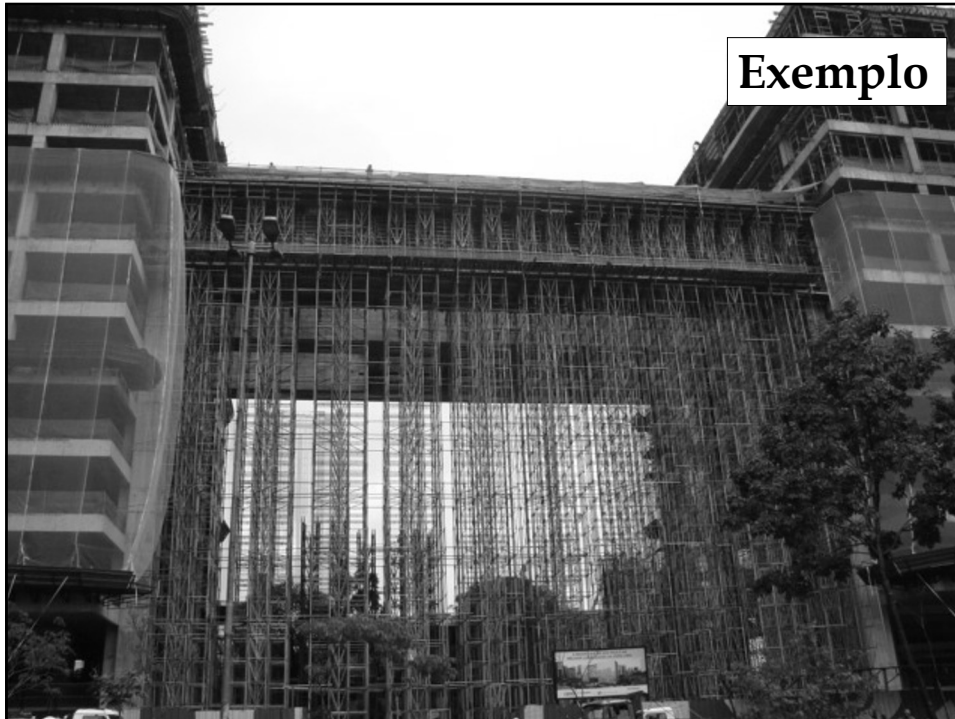
206



207



208



219

## 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)

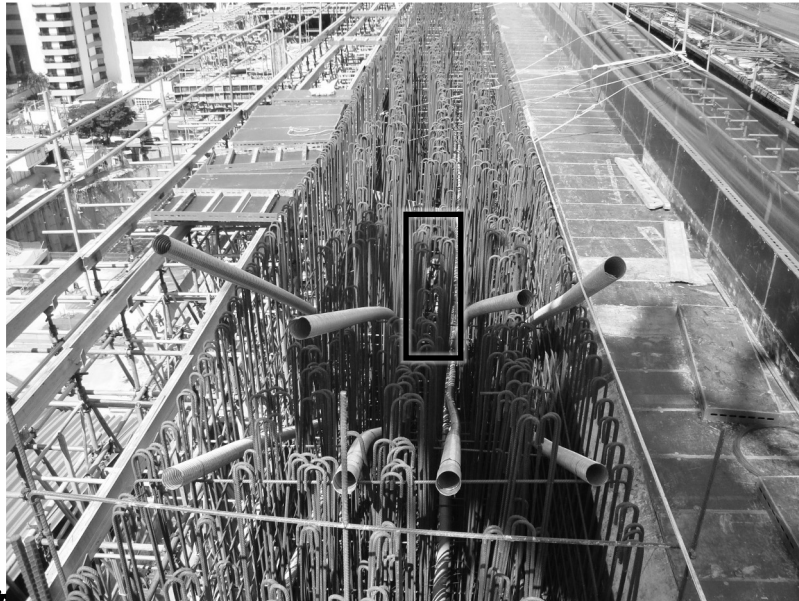
o estudo de dosagem deve atender estas condições

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

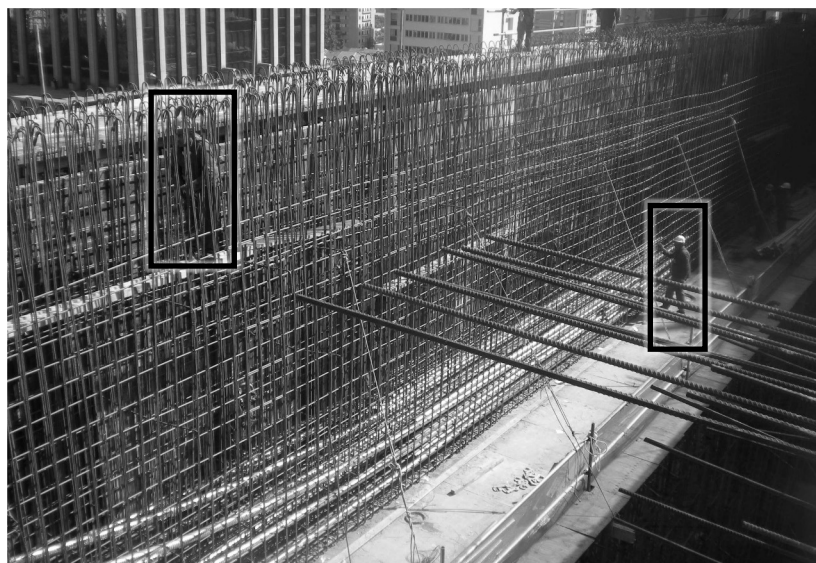
220

## Por que concreto autoadensável?



221

## Por que concreto autoadensável?

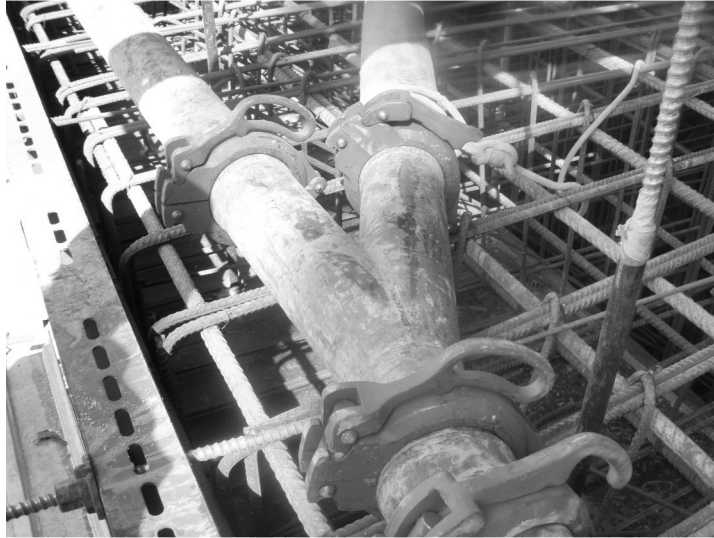


e por que concretar em uma única vez?

222



## Distribuição uniforme: esforços



recursos planejados

PhD Engenharia

223

## Lançamento correto ( $h = 6m$ )

Procedimento  
normalizado  
NBR 14931:2004



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

224

## Procedimento recomendado

**E se chover durante a concretagem?**



**Obrigatório proteção provisória ...**

**PhD Engenharia**

225

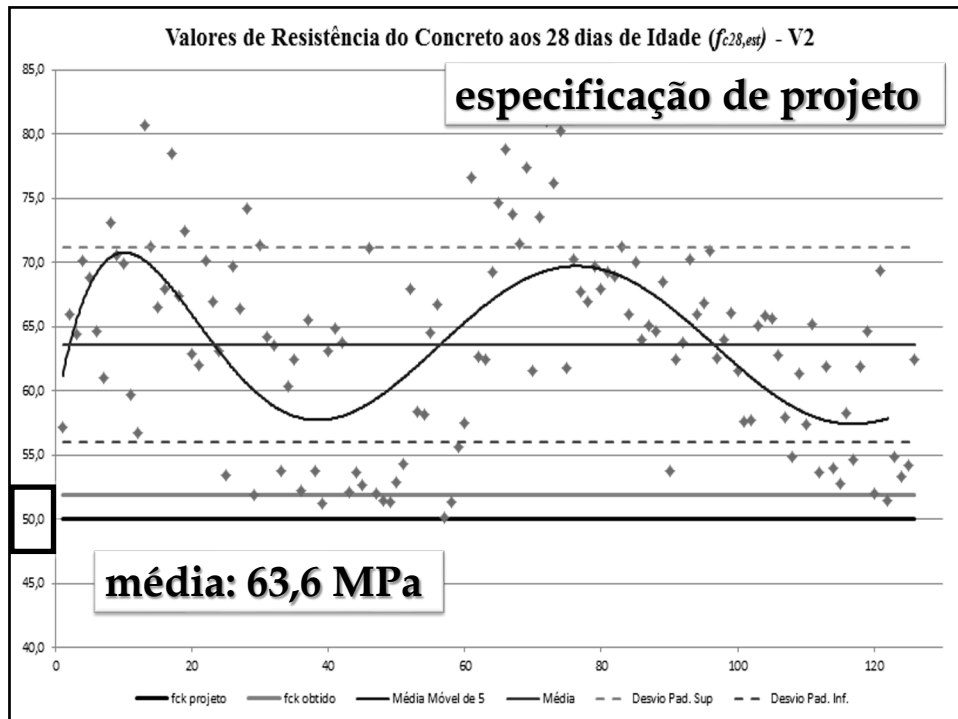
## Resultado:



226



227



228

## 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.”



229

## 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.”



PhD Engenharia

230

## Cobrimento da armadura

ABNT NBR 14931:2004

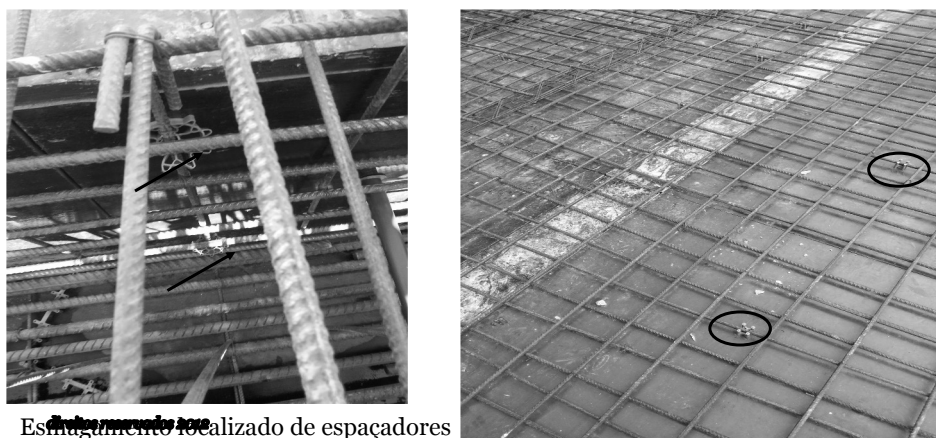
“O cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores.”



231

## Cobrimento da armadura

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



Estacionamento realizado de espaçadores

232



do Laboratório de Pesquisa em Construção 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.

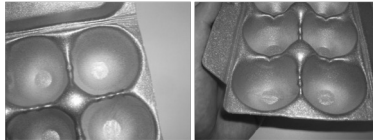


Fig. 2 – Detalhe dos sulcos internos (fôrmas das pastilhas).

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.

233



214

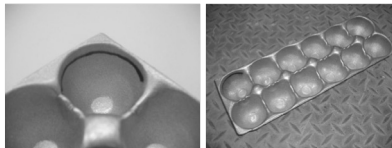


Fig. 3 – Detalhe da demarcação da espessura da pastilha e do desmoldante já aplicado.

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.

PhD Engenharia Ltda, Rua Visconde de Ouro Preto 211, Condição, São Paulo, SP 01203-002, Brasil  
Fone / Fax: (011) 2501-4802 / (011) 2511-4781; 4803/7811; 0211-7881-4014; 0211-6578/7102/29  
www.concreto@phd.com.br

234

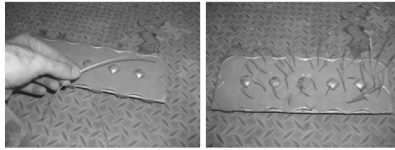


Fig. 5 – Posicionamento dos arames galvanizados no interior das pastilhas.

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).

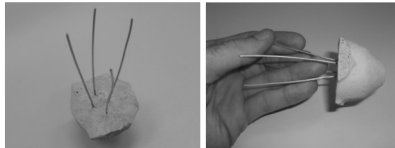


Fig. 6 – Detalhe da pastilha confeccionada.

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.

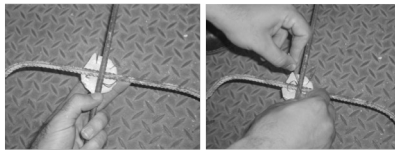


Fig. 7 – Posicionamento e amarração da pastilha no cruzamento das barras.

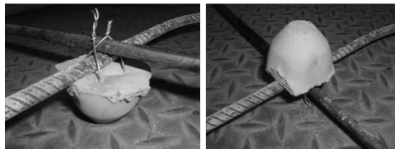


Fig. 8 – Posicionamento e amarração da pastilha no cruzamento das barras.

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.”

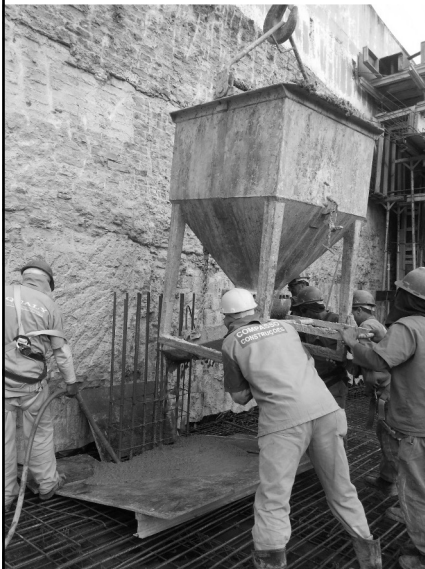
“Estes cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2m.”

Pilar Parede 3,30m

**PhD Engenharia**

237

## Lançamento do Concreto



Prever dispositivos:

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

Pilar 5,70m

**PhD Engenharia**

238



## Lançamento do Concreto



ABNT NBR 14931:2004 item 9.6.1

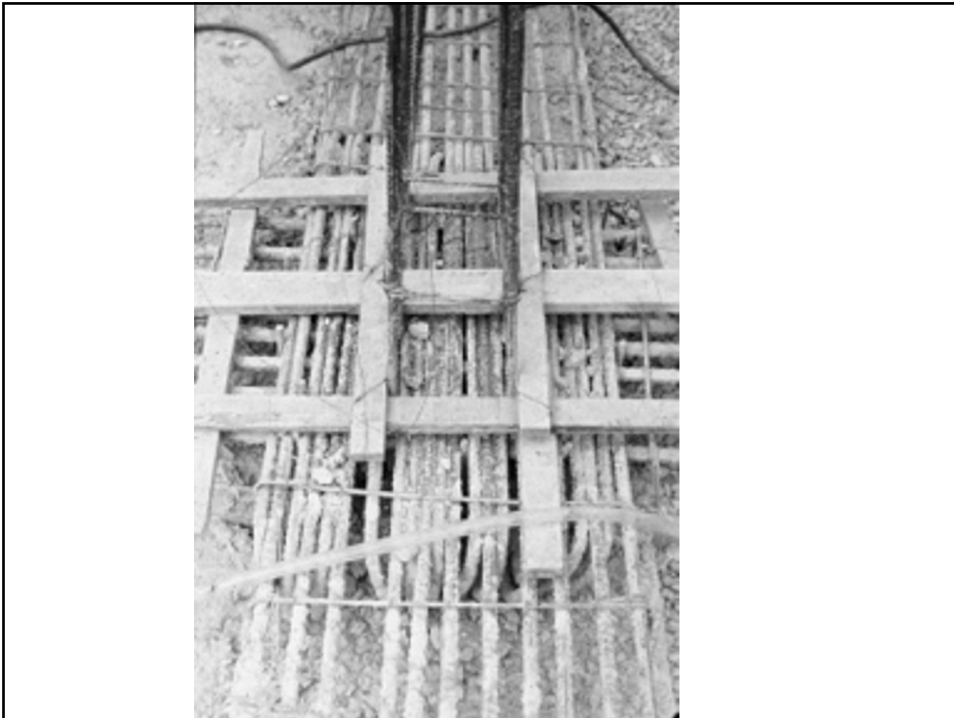
“Em *TODOS* os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar, durante o adensamento.”

Pilar 5,7m

direitos reservados SCS

**PhD Engenharia**

239



240



241

## **Adensamento do Concreto**

Cuidados quanto ao uso do vibrador:

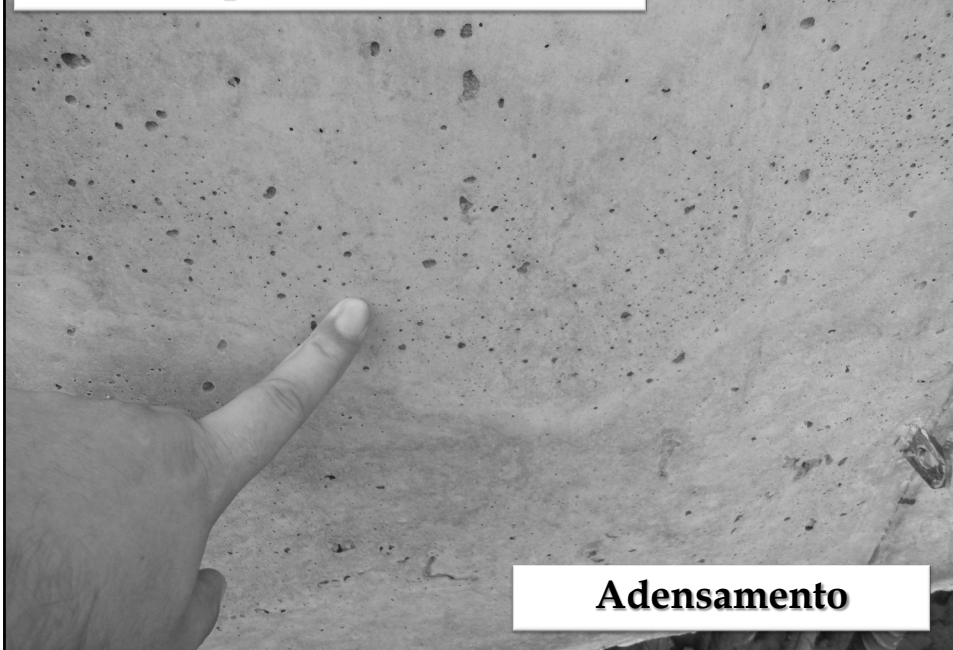
- Introduzir o vibrador rapidamente e retirá-lo lentamente;
- Fazer o uso preferencialmente na posição vertical;
- Evitar mover, vibrar demais ou espelhar o concreto nas fôrmas com auxílio do vibrador em operação, a fim de não causar segregação nem exsudação exagerada;
- Evitar encostar o vibrador nas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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

242

## **bolhas superficiais no concreto**



243

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. **PhD Engenharia**

244

## 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

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

245



246

## 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.

**PhD Engenharia**

247

## Cura



**PhD Engenharia**

248

# Cura

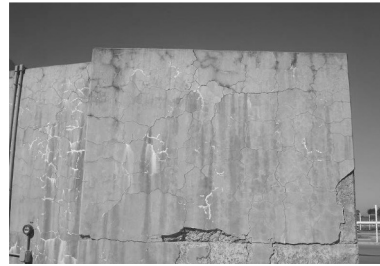


249



250

## Por que ocorre isso?



direitos reservados 2022

PhD Engenharia

251

## Cura do concreto



252

## Cura do concreto



253

## 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.

**PhD Engenharia**

254



## Cura do Concreto



Laje sem procedimento de cura adequado.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

255

### Efeito da cura na resistência

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

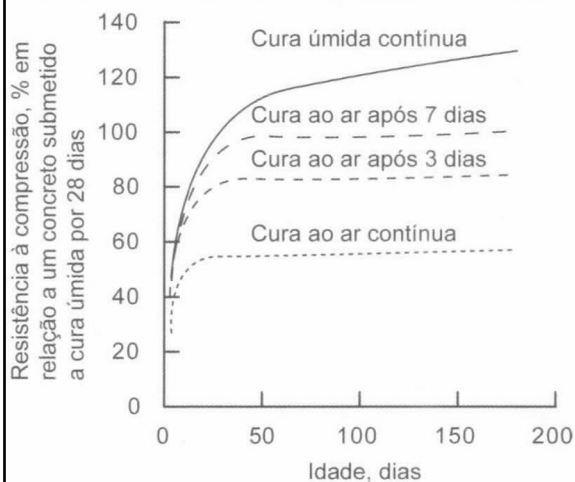


Figura 3-8 Influência das condições de cura sobre a resistência (*Concrete Manual*, 8<sup>th</sup> ed., U.S. Bureau of Reclamation, 1981).

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.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

256

## Central de Concreto



257

## Normas Vigentes

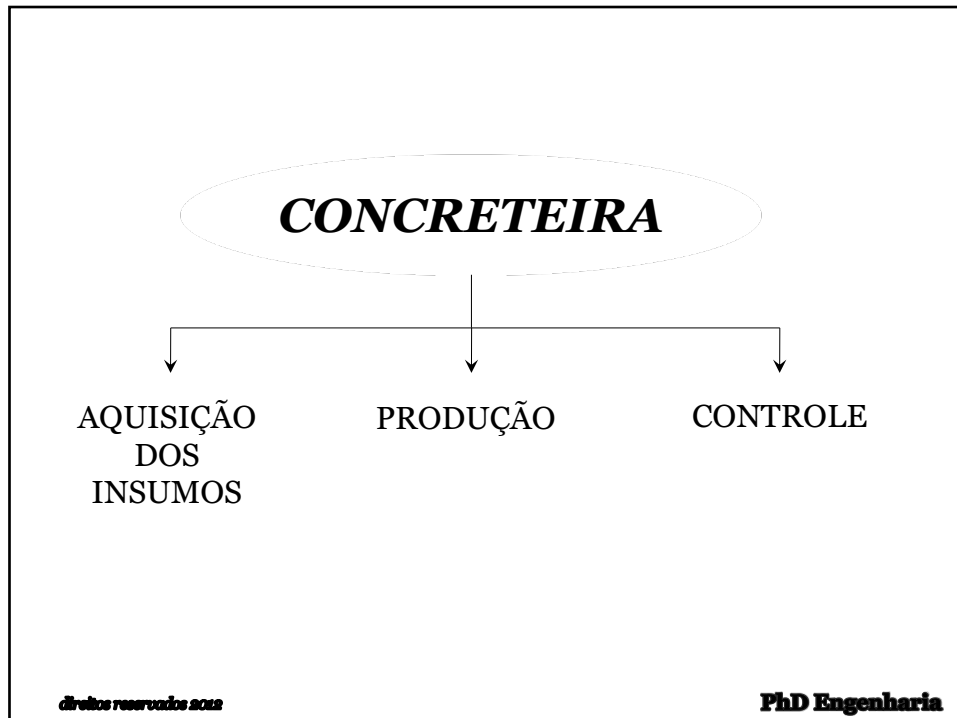
- ABNT NBR 7211:2009  
“Agregados para concreto –  
Especificação”
- ABNT NBR 7212:2010  
“Execução de concreto  
dosado em central”
- ABNT NBR 15577:2008  
“Agregados - Reatividade  
álcali-agregado” Partes 1 a 6.



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

258



259

### **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.

ETG

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

260

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



direitos res

É medida a umidade da areia toda semana???

genharia

261

## **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.

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

262

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

direitos reservados aos

**PhD Engenharia**

263

### NOTAS:

#### 1 - CONCRETO:

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

RELAÇÃO 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.

**PhD Engenharia**

264

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

265

## **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...

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

266

## 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.



267

## Quem controla o concreto?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

268

## 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)

direitos reservados aos

PhD Engenharia

269



270



## 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”

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

271

## 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 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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

272

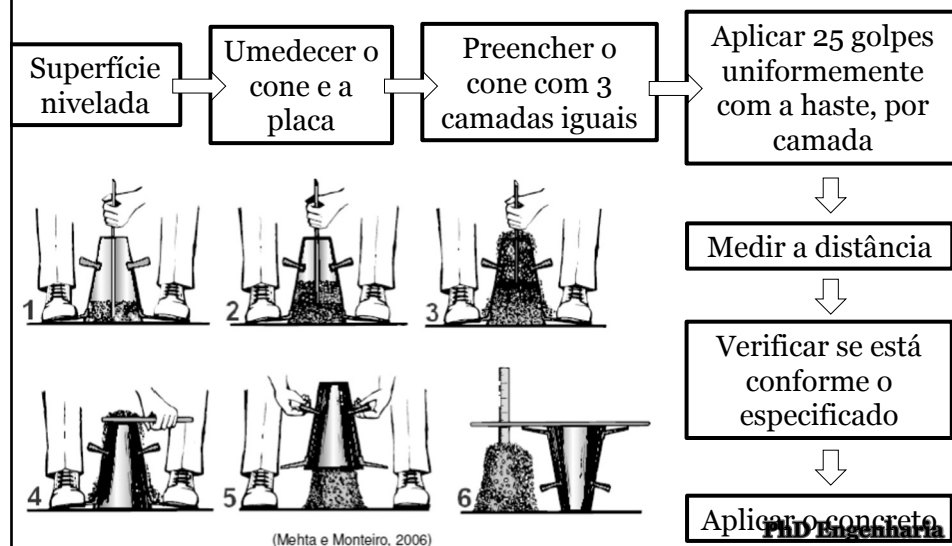
## ***No recebimento do caminhão betoneira quais os ensaios realizados?***

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

273

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



274

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



275

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

276

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



**PhD Engenharia**

277

**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?**

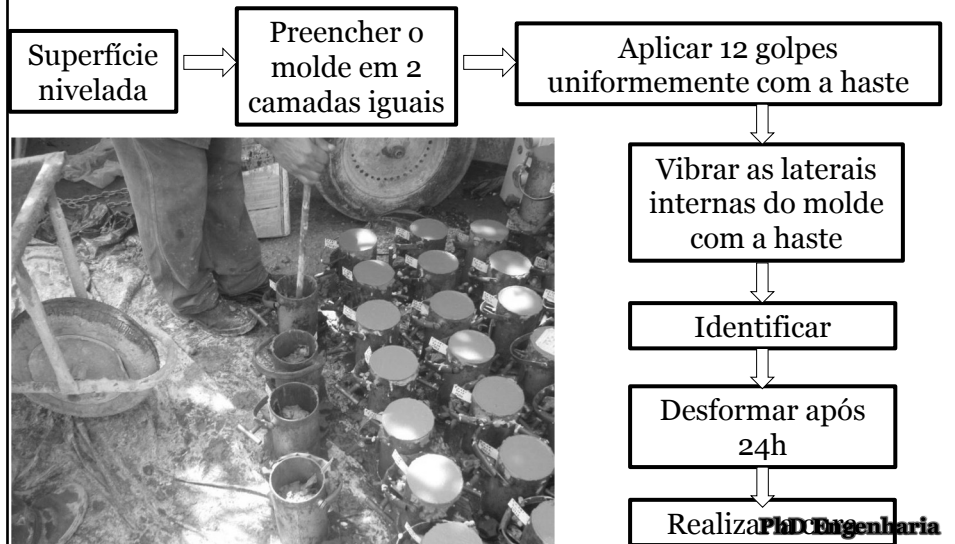


**direitos reservados ao**

**hD Engenharia**

278

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



279

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



280

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

281

### **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 63dias, 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.

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

282

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

283

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

284



285



286





287

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

**direitos reservados 2012**

**PhD Engenharia**

288



289

**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 tropeçadas, 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.

290



291

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

292

## Em laboratório

Tanque descoberto e sem controle da temperatura



diretor

genharia

293

## Em laboratório

Câmara úmida



diretor

genharia

294

Umidade e temperatura controladas



295

## Em obra

Tanque coberto com água, cal e temperatura controlada



296

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

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

297



### 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

298

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

direitos reservados 2022

**PhD Engenharia**

299



300

### 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).

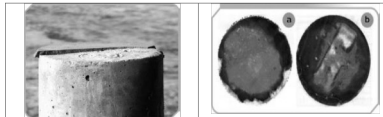


Figura 13 – Diferença na espessura no capeamento com enxofre; Figura 14 – Concentração de cargas em corpos de prova preparados com capa de enxofre.  
Fonte: Zanetti, 2011.

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.

301

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

A utilização de retifica 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 retifica 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).

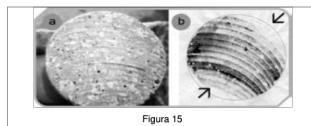


Figura 15(a) - Falha na retificação e preparo das faces do corpo de prova.  
Figura 15(b) - Diagnóstico de falha na distribuição de carga com uso do papel carbono.  
Fonte: Zanetti, 2011.

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 retifica e, conseqüentemente, a concentração de cargas pontuais evidenciadas pelos pontos mais escuros. Ocorrendo por conseqüência da distribuição desuniforme de carga a minoração da resistência do concreto.

302



### 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.

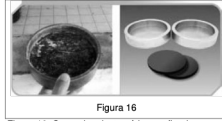


Figura 16: Capeador elastomérico confinado.  
Fonte: Zanetti, 2011.

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.

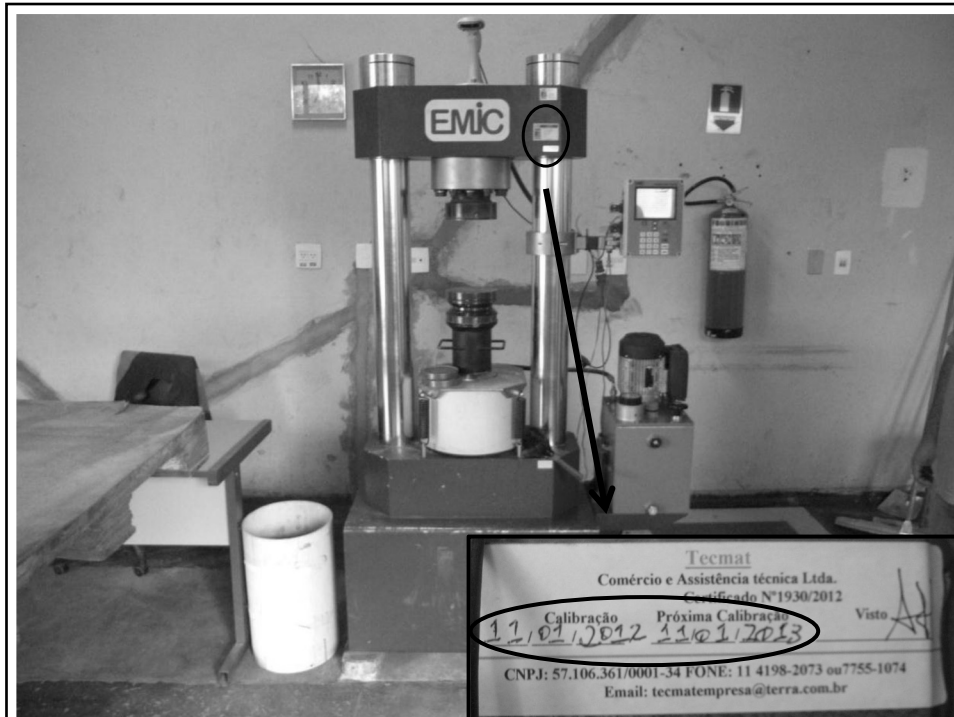
Tabela 02: Condicionantes para uso de borrachas de neoprene confinado para teste de resistência à compressão do concreto.

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

303

*A prensa do  
laboratório é aferida e  
calibrada?*

304



305

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

306

# 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	Rix (MPa)	Slump (padrão) (mm)	Montagens (pp)	Aplicação (Elementos)	Resistência à compressão				Cant. 3 dias	Cant. 7 dias	Conf. 28 dias	Rel do Proj. Res. Do testemunho
													Laboratório Bover		Bauer					
													3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	28 dias (CFP)				
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: 351,5kg/m³, slump: 90+10mm, a/c:NE (fcm=3,5MPa)							
06/12/2010	07:00	07:33	08:16	1:16	17459	DDND061	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	DDN4952	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	38,7	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	

307

## Mapeamento do Concreto (rastreadabilidade)



308

**As resistências estão dentro do esperado?**

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

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

309

## 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  $\gamma_c$

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

310

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

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

311

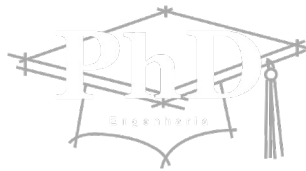
A estrutura representa aproximadamente 30% dos custos totais da obra e 100% de sua **SEGURANÇA!**

direitos reservados 2012

**PhD Engenharia**

312

# 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**

**direitos reservados 2012**

**PhD Engenharia**