

Garantia da Qualidade de Estruturas de Concreto



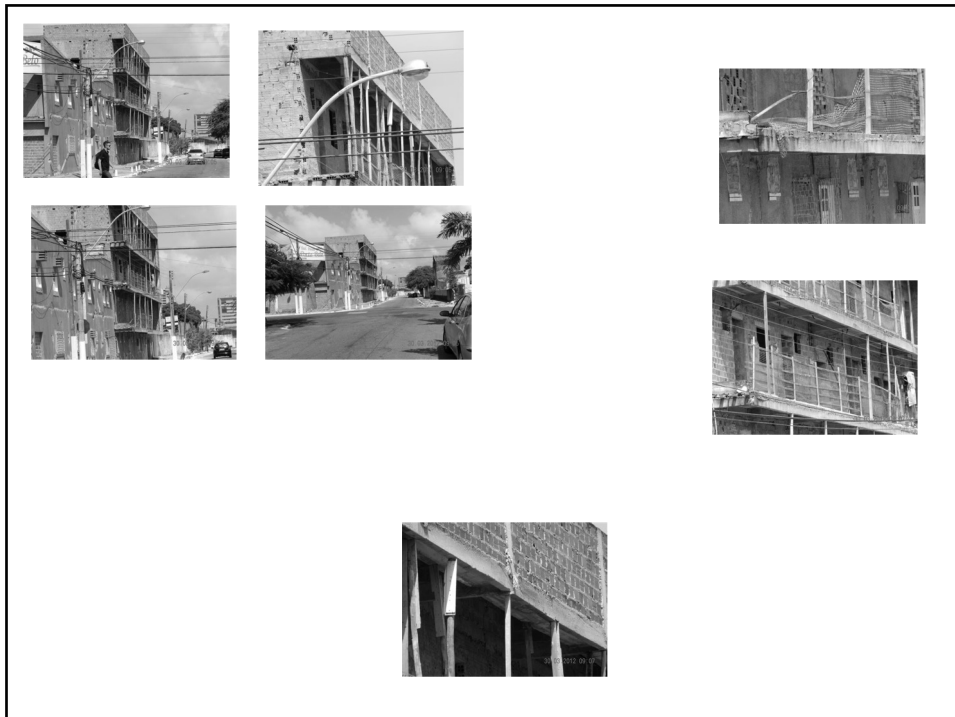
Paulo Helene
Diretor PhD
Prof. Titular USP

Escola Politécnica.USP

14 de maio de 2012

São Paulo.SP

1



2

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

3

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

4

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

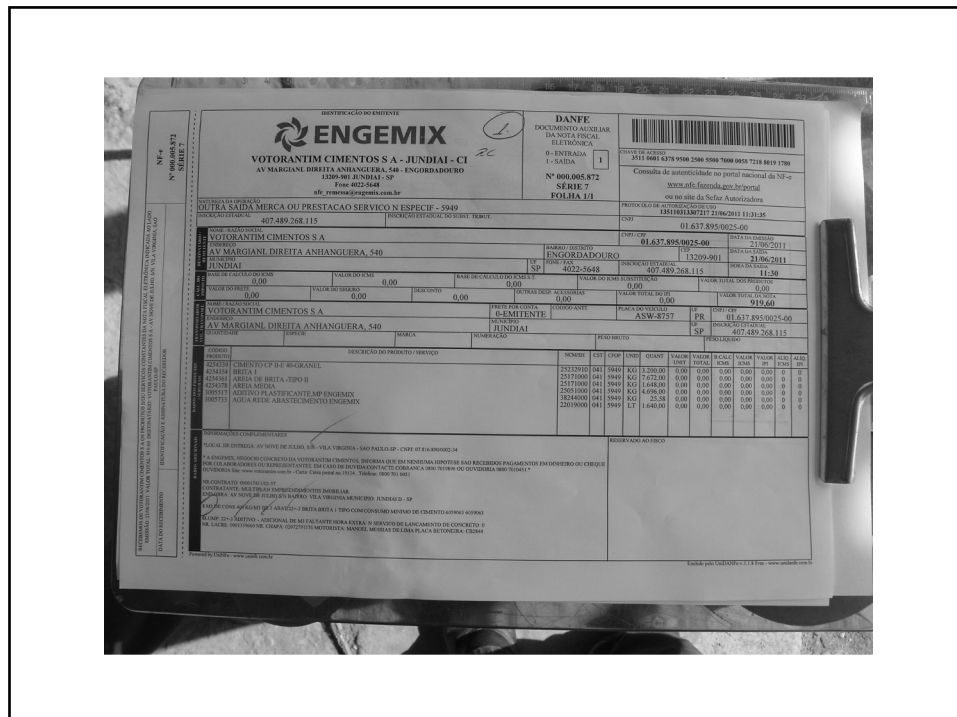
“O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento 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

5



6

artigo 18:

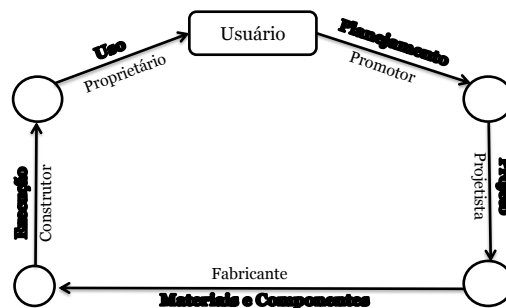
*“são impróprios ao uso e consumo os produtos deteriorados, alterados, adulterados, avariados, falsificados, corrompidos, fraudados, nocivos à vida ou à saúde, perigosos ou, ainda, aqueles em **desacordo com as normas** regulamentares de fabricação, distribuição ou apresentação...”*

- ◆ 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

7

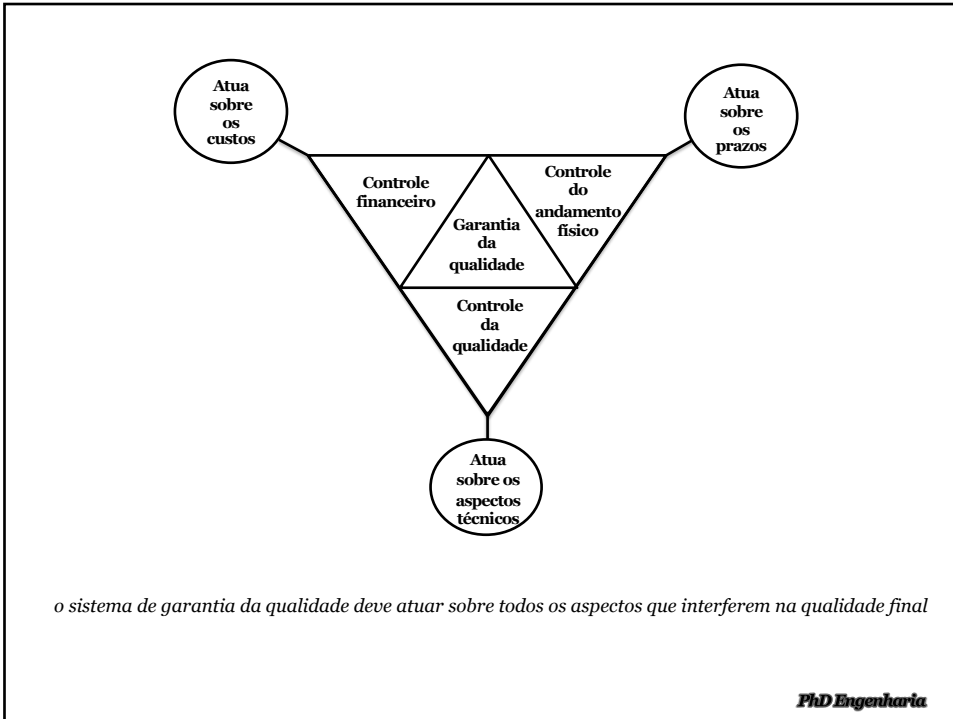
“pentágono do processo de produção e uso na construção civil



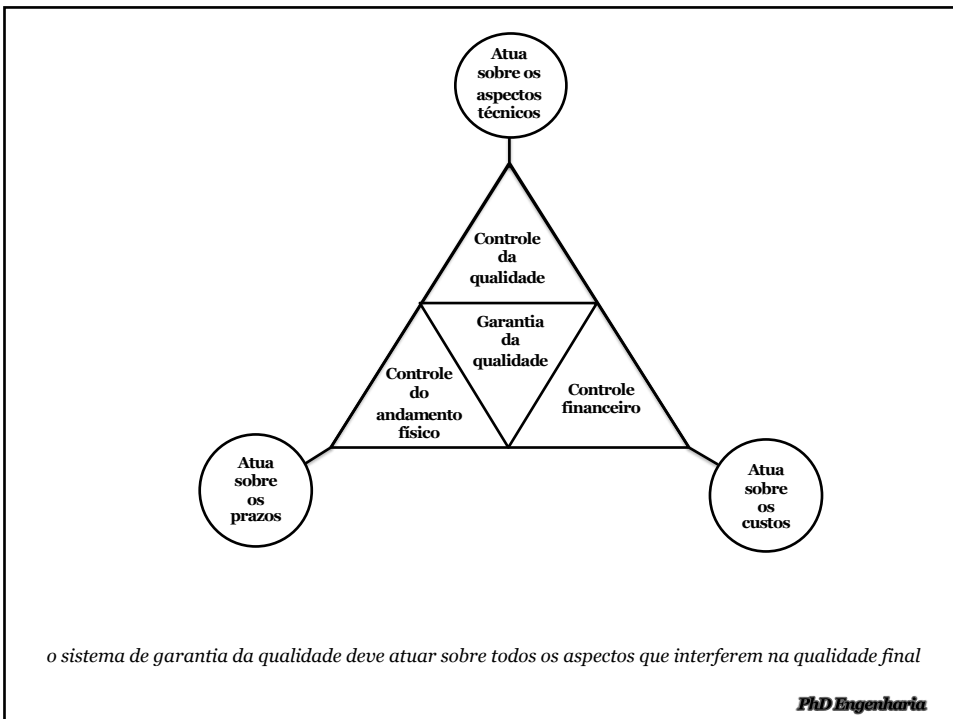
como implantar ou caminhar em direção à
Garantia da Qualidade *técnica*?

PhD Engenharia

8



9



10

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 criação de cargos e qualificação da mão-de-obra.
- c) Gestão do sistema** → há necessidade de domínio das técnicas gerenciais adequadas à administração de um elevado conjunto de atividades.

PhD Engenharia

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.
- 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 criação de cargos e qualificação da mão-de-obra.
- c) Gestão do sistema** → há necessidade de domínio das técnicas gerenciais adequadas à administração de um elevado conjunto de atividades.

Todos são responsáveis pela Qualidade

PhD Engenharia

12

**Erros, Falhas,
Omissões, Colapsos,
Acidentes, Frustrações,
Atrasos, Retrabalho,
Constrangimentos,
Decepções, Vergonha...**

PhD Engenharia

13

**“Duro”
Aprendizado!**

PhD Engenharia

14

“Duro” Aprendizado! *vitórias/soluções/desafios*

PhD Engenharia

15

**Robert Stephenson discurso de posse presidência
Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha. 1856:**

*“...tenho esperança de que todos os acidentes e problemas que
tem ocorrido nos últimos anos sejam registrados e divulgados.*

*Nada é tão instrutivo para jovens e experientes engenheiros
como o estudo dos acidentes e da sua correção.*

*O diagnóstico desses acidentes, o entendimento dos mecanismos
de ocorrência, é mais valioso que a descrição dos trabalhos bem
sucedidos.*

*Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação ,
discussão e divulgação desses problemas através desta
reconhecida Instituição...”*

16

✓ Postura dos Organizadores

✓ com experiência de um
CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende
casos de colegas

✓ com a humildade de quem já
errou...

PhD Engenharia

17

Edifício Comercial

2009
fissuras em lajes
obra nova

18



19



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

20



21



22

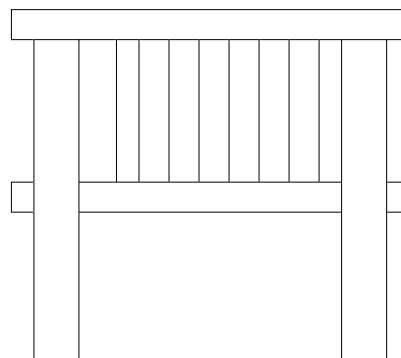


23

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

dimensionada para 150kg/m²

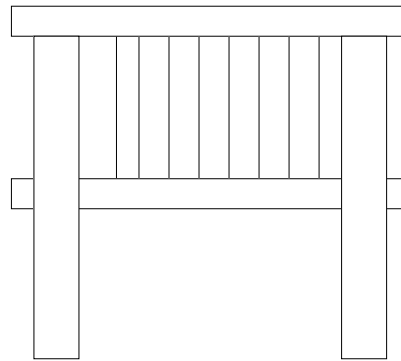
1 ano de idade



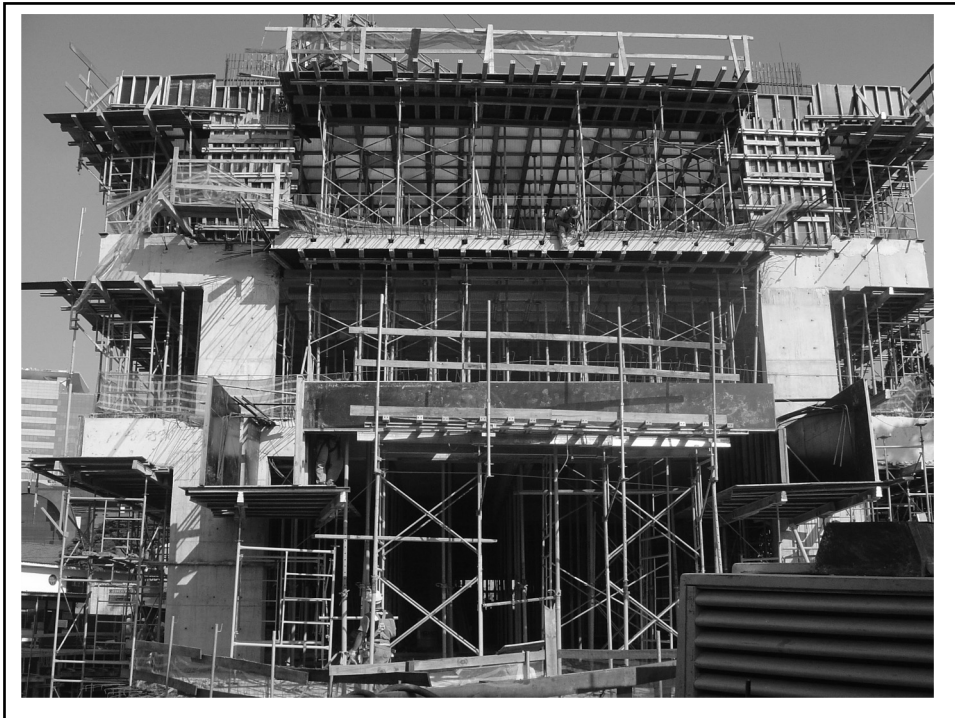
24

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

1 ano de idade



25



26

***Irresponsabilidade
ou
Incompetência?***

**Caso 1:
bloco de fundação
350m³
 $f_{ck} = 35\text{MPa}$
39 caminhões OK**

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

27



28



29



30

- 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

31

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...**

32



33



34

Irresponsabilidade ou Incompetência?

Caso 2:

Edifício habitacional

8º andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

35



36



37



38



39



40



41

- **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**

42

seria um caso
de sabotagem
??? !!!

43

Dados do Edifício:

36 pavimentos + 5 subsolos

Edifício em uso há 1 ano

Fissurou 18 andares

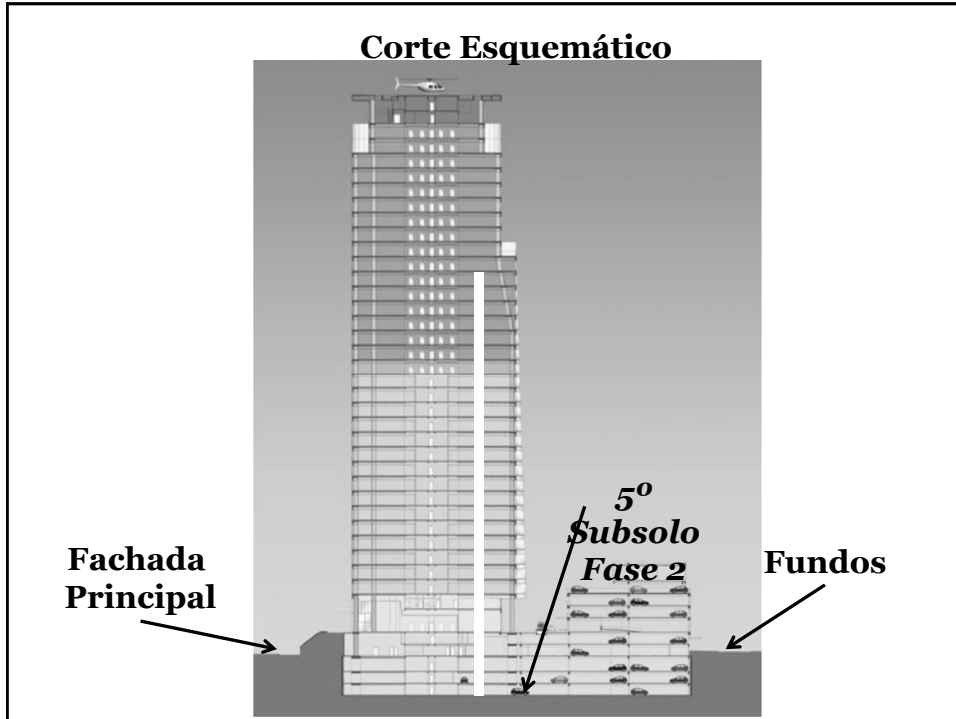
Pilar P1 Esforços de projeto:

Normal: 1.253tf

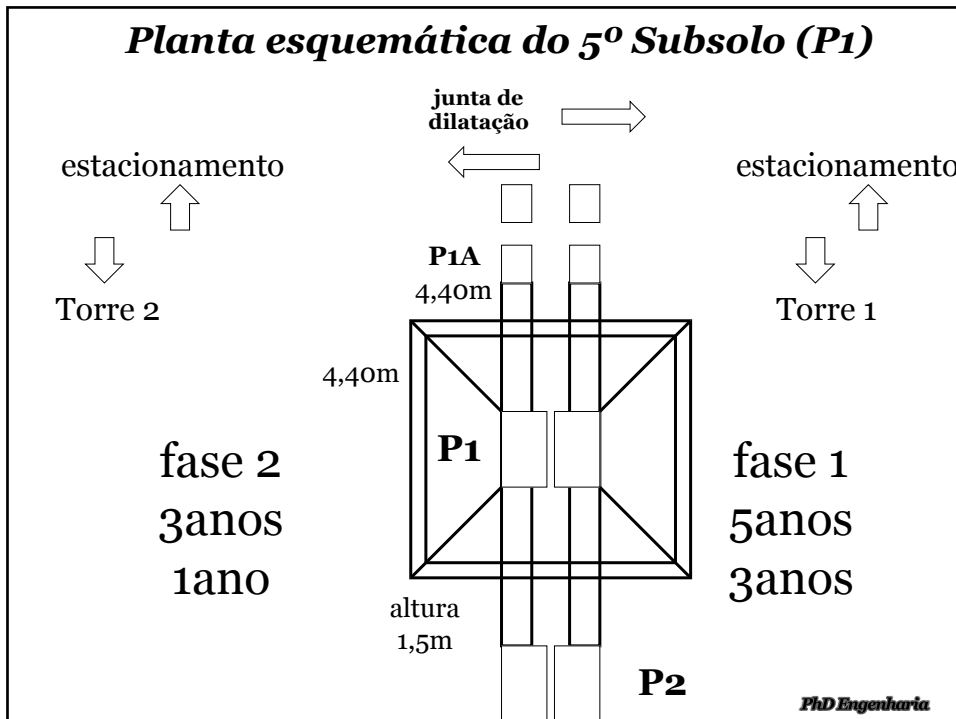
Mx: 55tf.m

My: 8tf.m

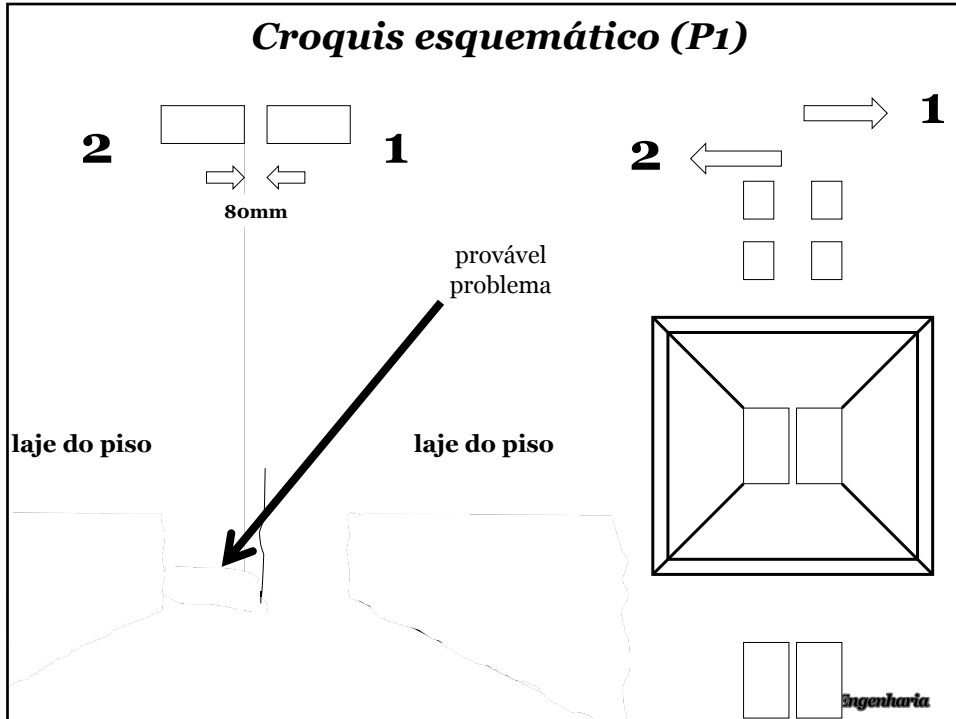
44



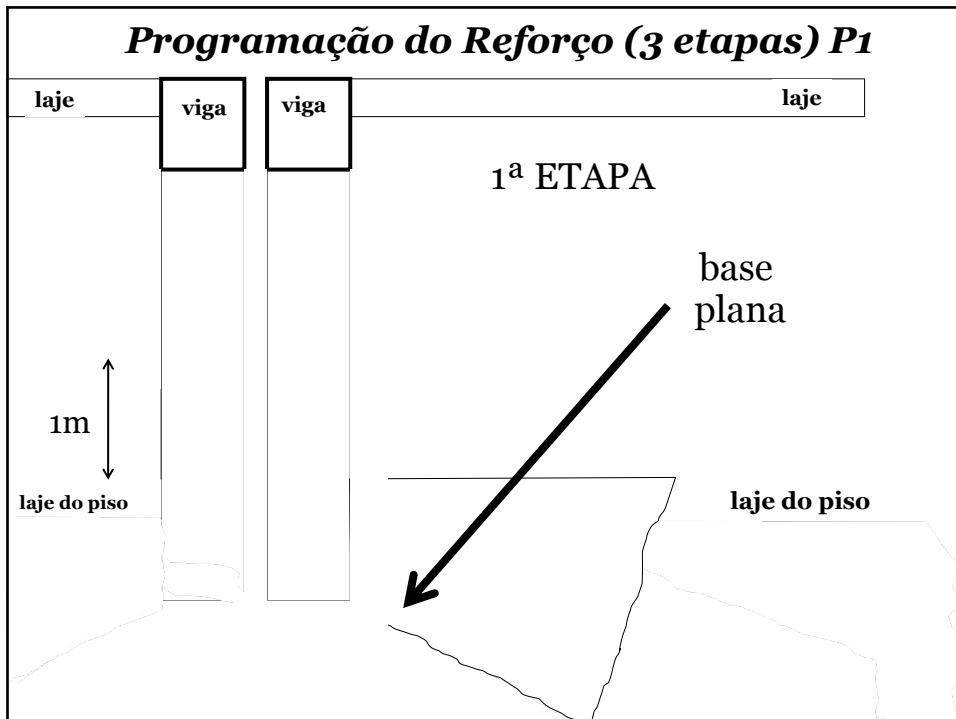
45



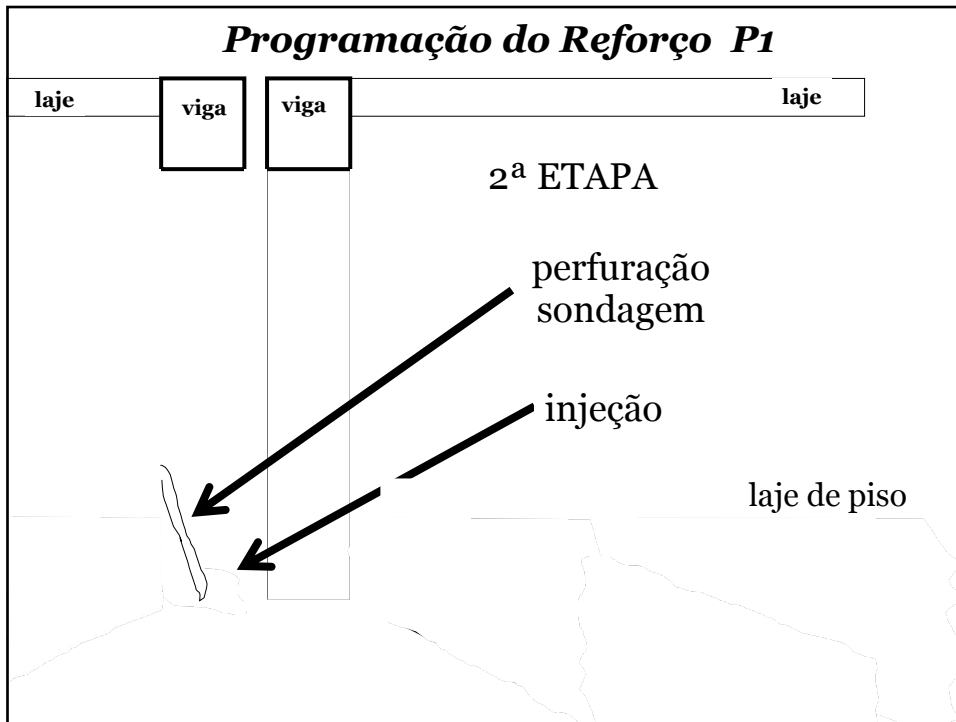
46



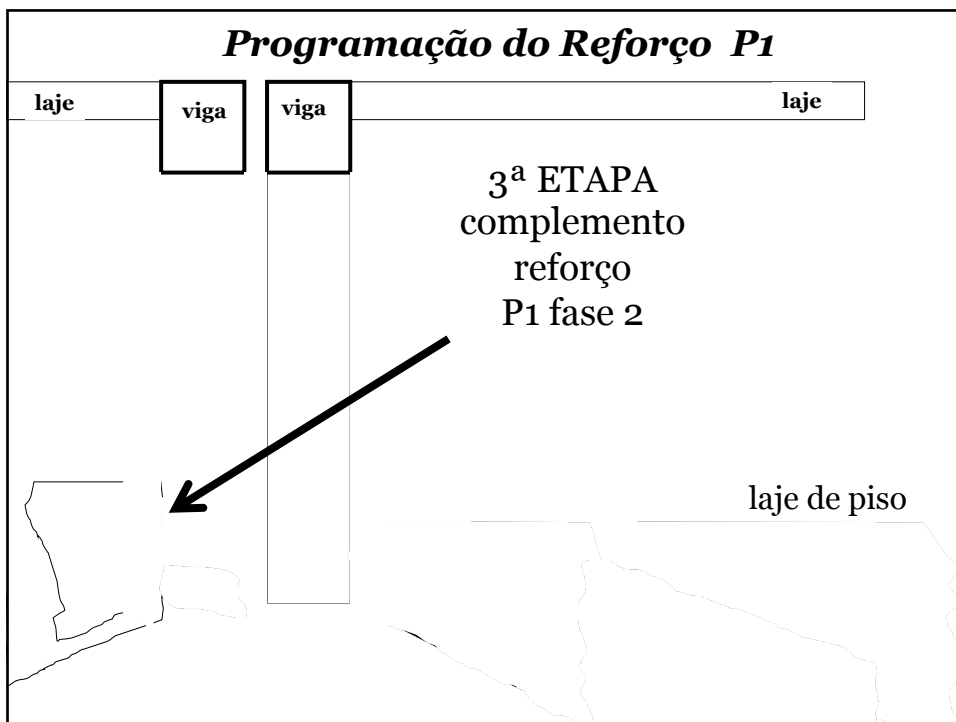
47



48

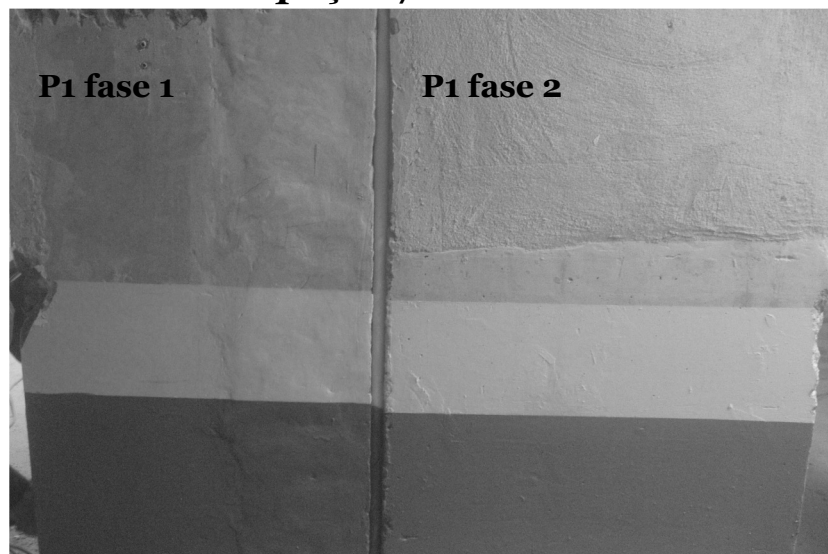


49



50

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

51

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

52

Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

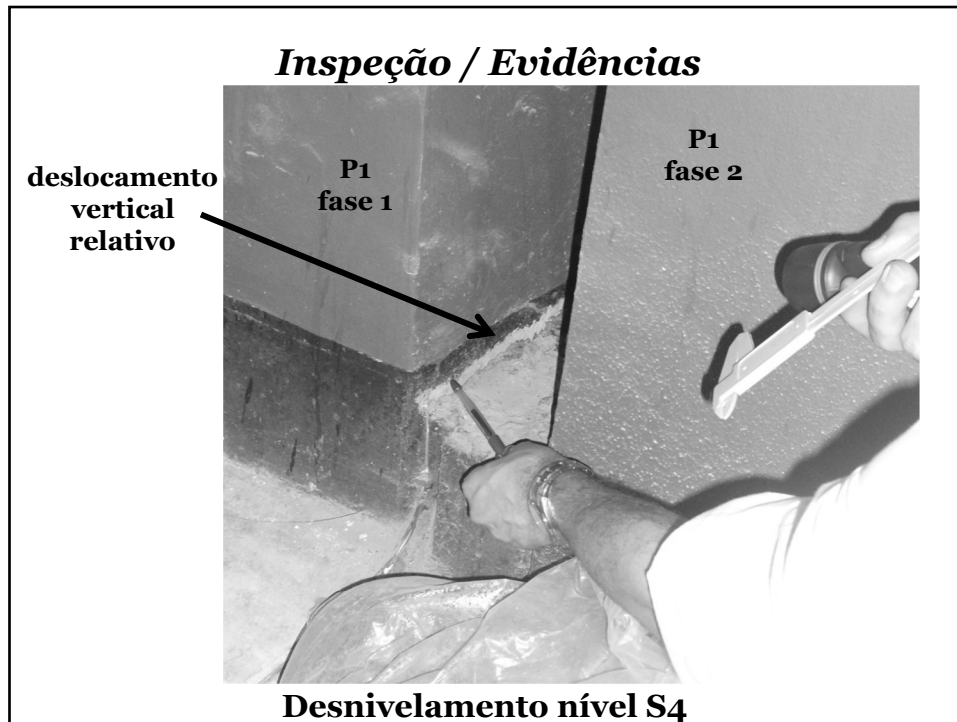
53

Inspeção / Evidências



Fissuras em Vigas

54

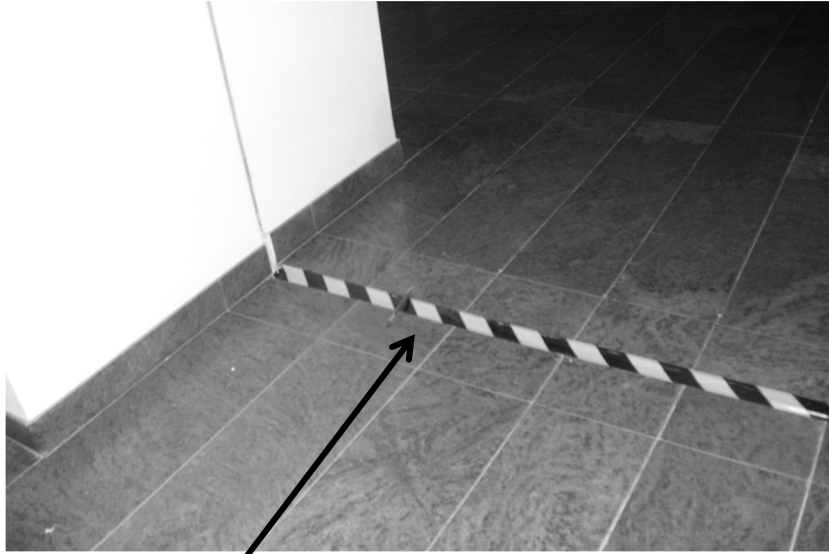


55



56

Inspeção / Evidências



Desnivelamento nível S3

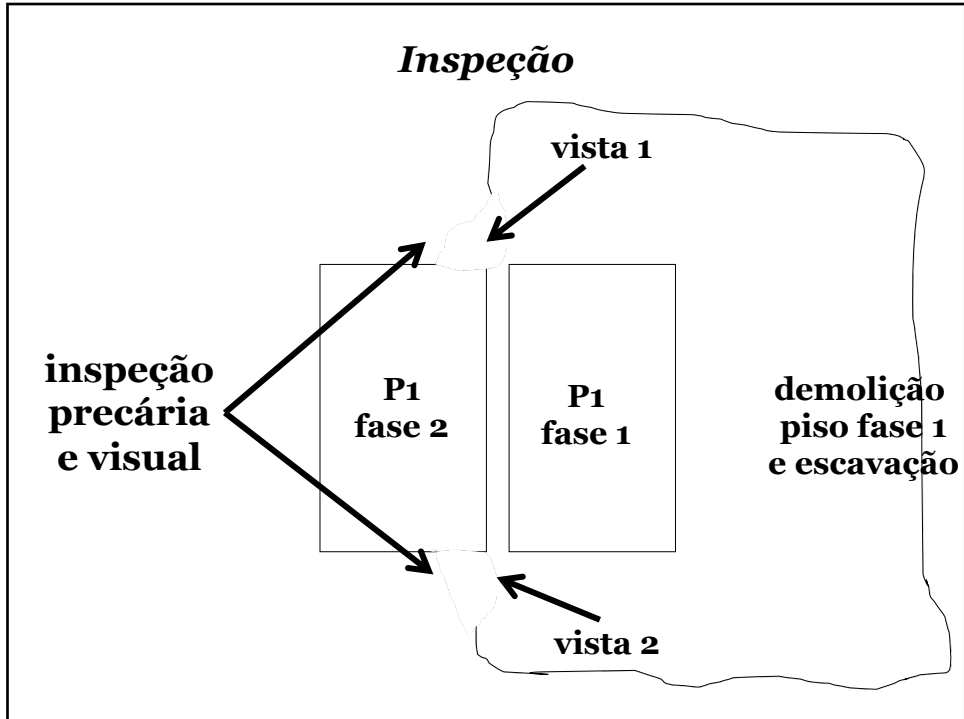
57

Inspeção / Evidências



Desnivelamento e fissuras em vigas

58

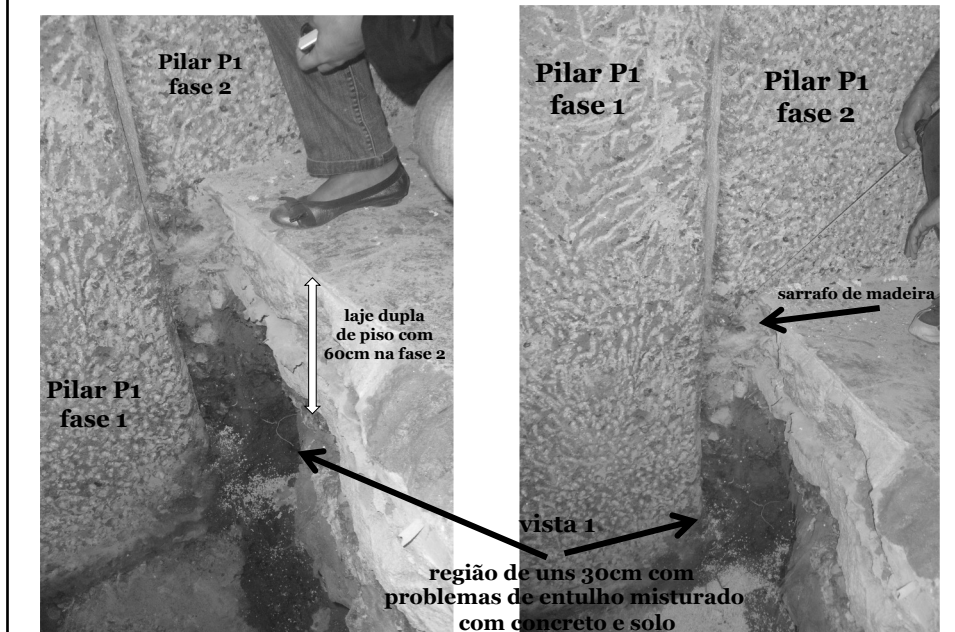


59



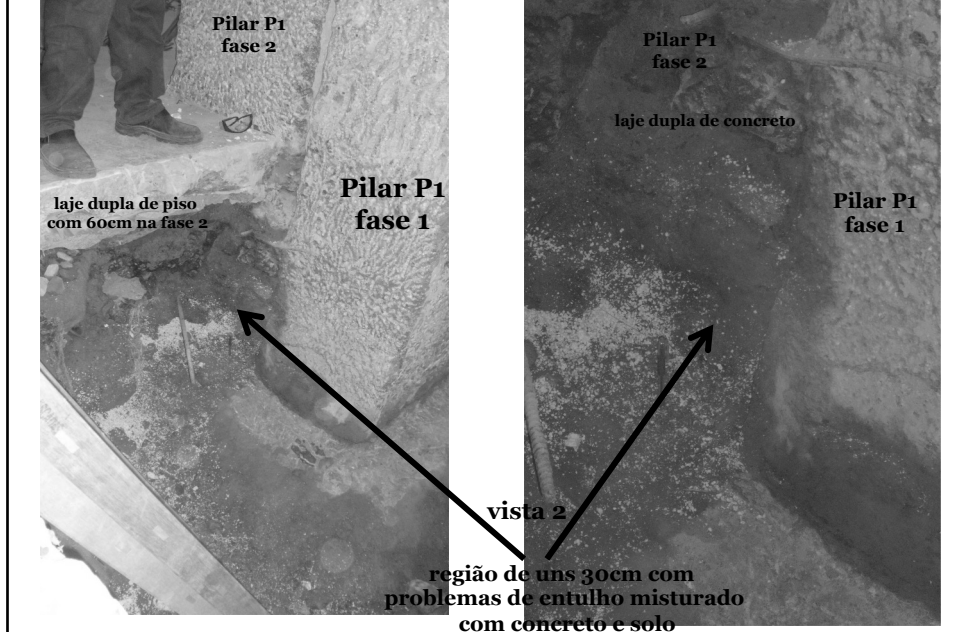
60

Inspeção / Diagnóstico preliminar



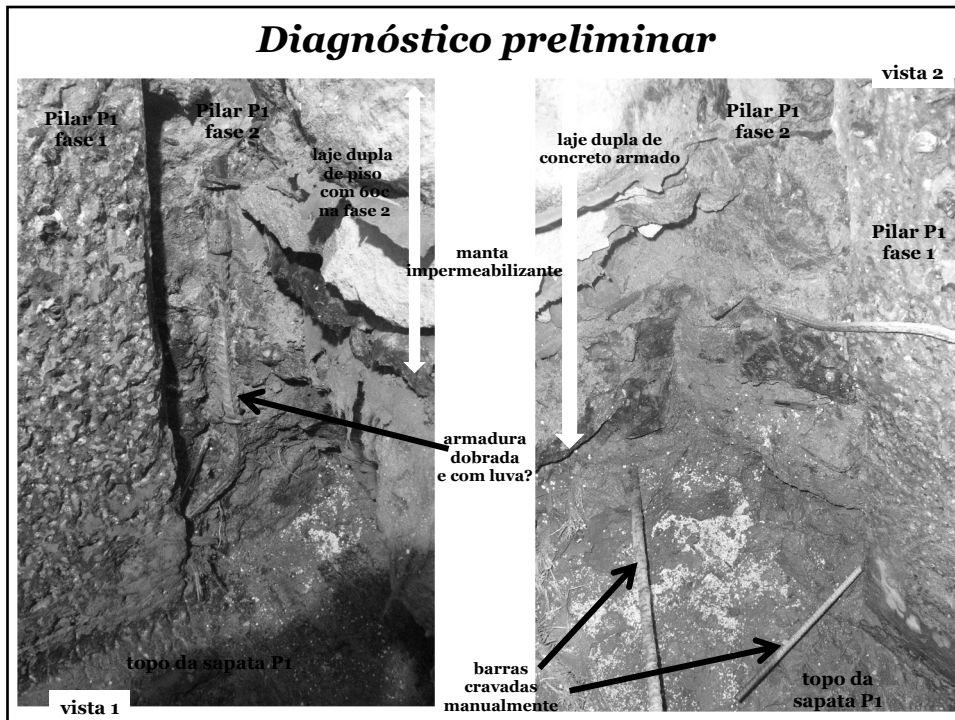
61

Inspeção / Diagnóstico preliminar



62

Diagnóstico preliminar



63

4. Preparação da fôrma



64

7.Desfôrma



PhD Engenharia

65



66



67



68



69



70



71



72

Pilar P1 acabado



73

Controles

PhD Engenharia

74



75



76

Resistência a Compressão Axial

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

77

*Hipóteses
prováveis...*

78



79

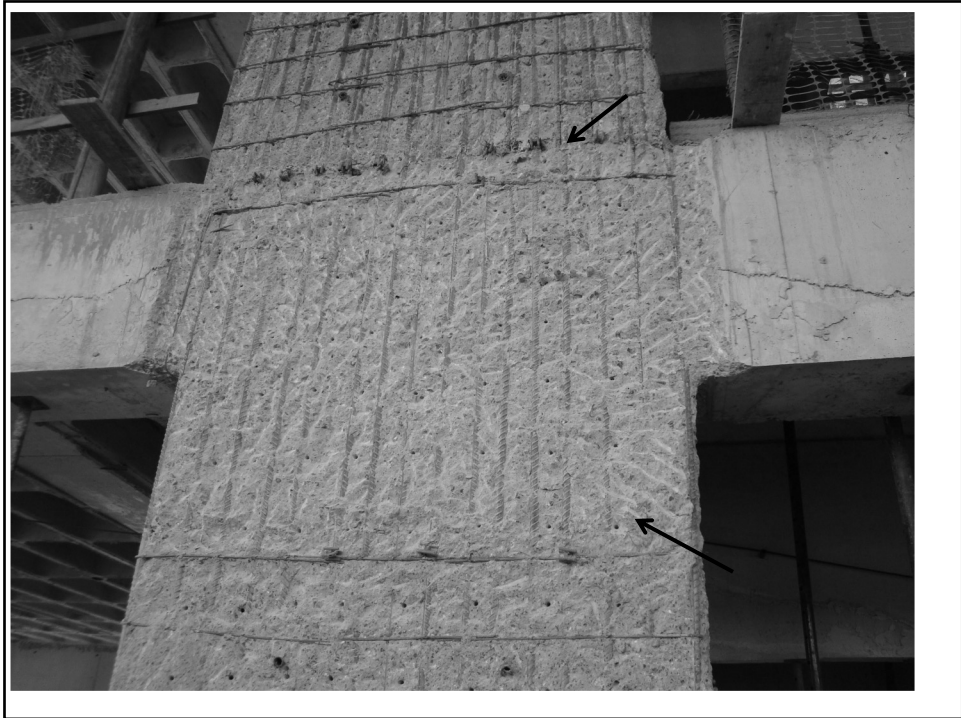
Edifício Habitacional

armadura de
pilares
obra nova

80



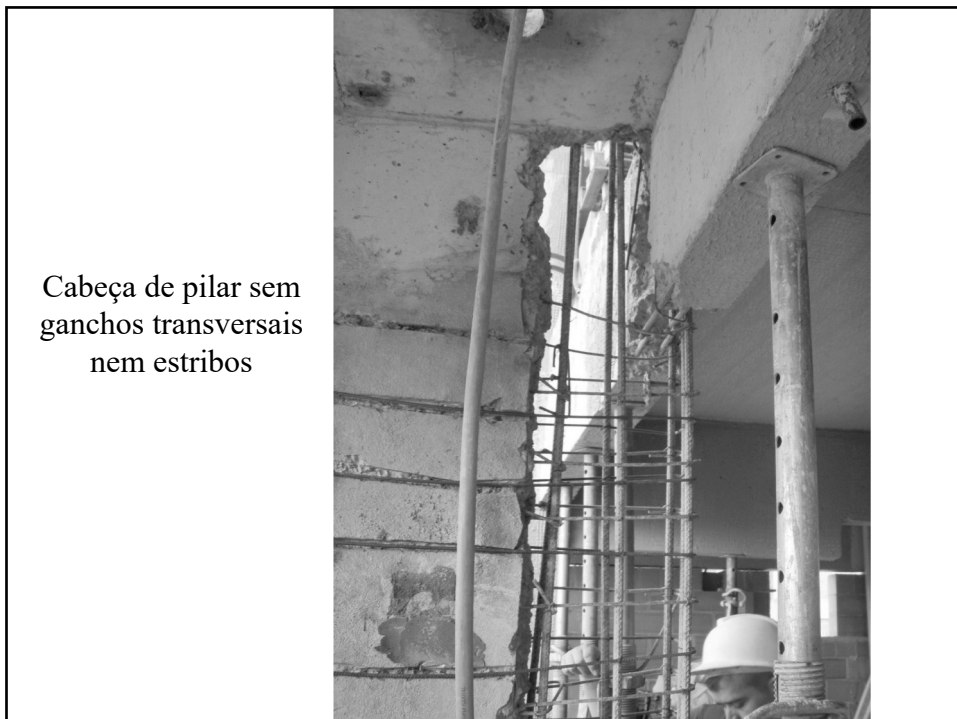
81



82



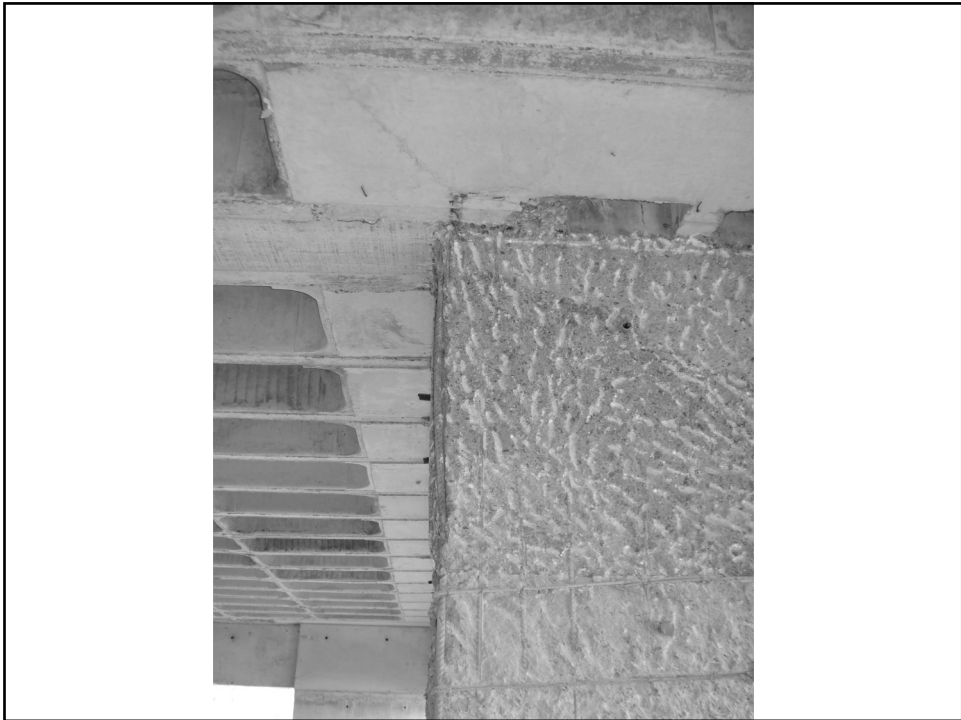
83



84



85



86



87

Qual o papel
do
Construtor?

PhD Engenharia

88

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

PhD Engenharia

89

terceirizar um
serviço ≠
terceirizar
responsabilidade

PhD Engenharia

90

outro caso desastroso!

PhD Engenharia

91

LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES				
PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	diferença
01	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+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 %

92

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.

93



94

Edifício Real Class



Belém do Pará

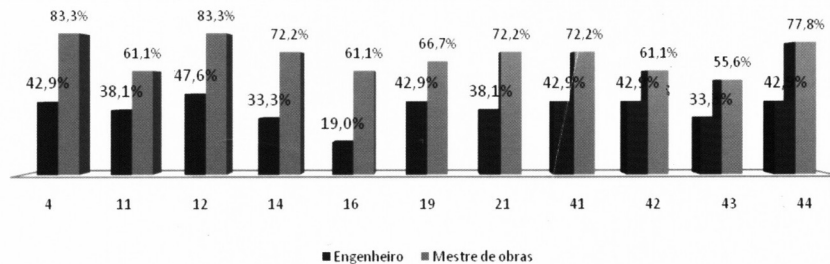
34 pavimentos

105m 20.01.2011 35MPa

PhD Engenharia

95

Figura 3 – Desvios de função



DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

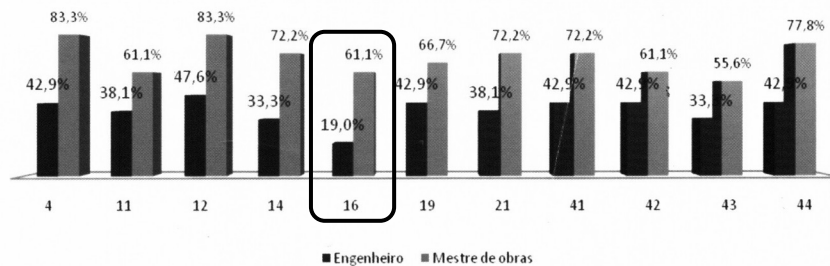
- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis 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

PhD Engenharia

96

Figura 3 - Desvios de função



DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais 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

PhD Engenharia

97

Edifício Habitacional

concretagem de pilares *obra nova*

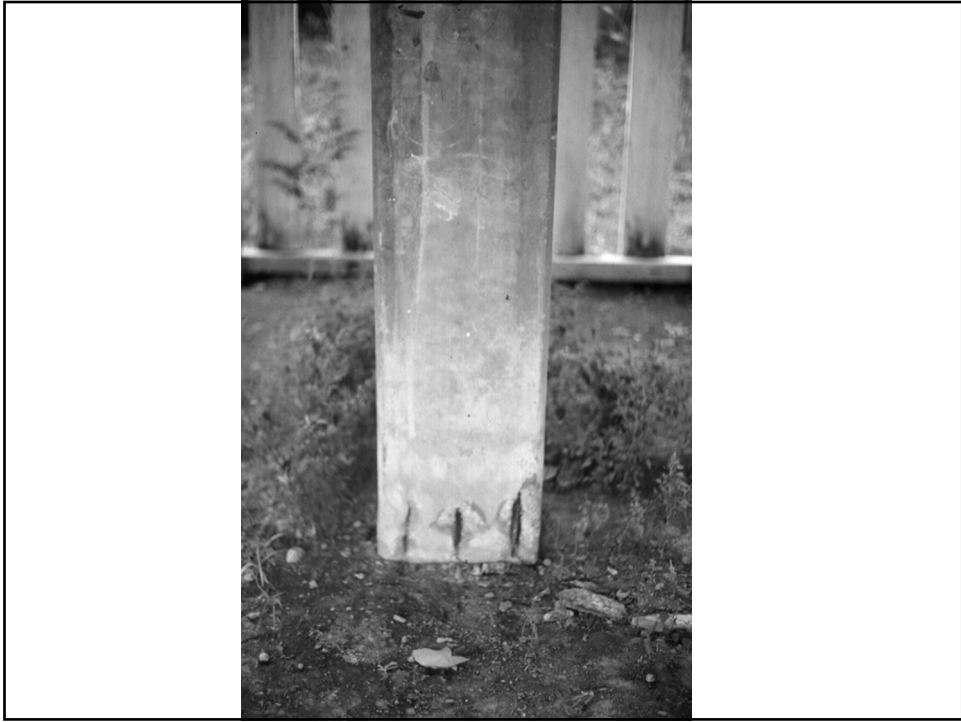
98



99



100



101



102



103

CONSTRUTOR

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

104

Edifício Areia Branca

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

105



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

106



107



Escombros - manhã seguinte do desabamento

108



109



Edificações Vizinhas

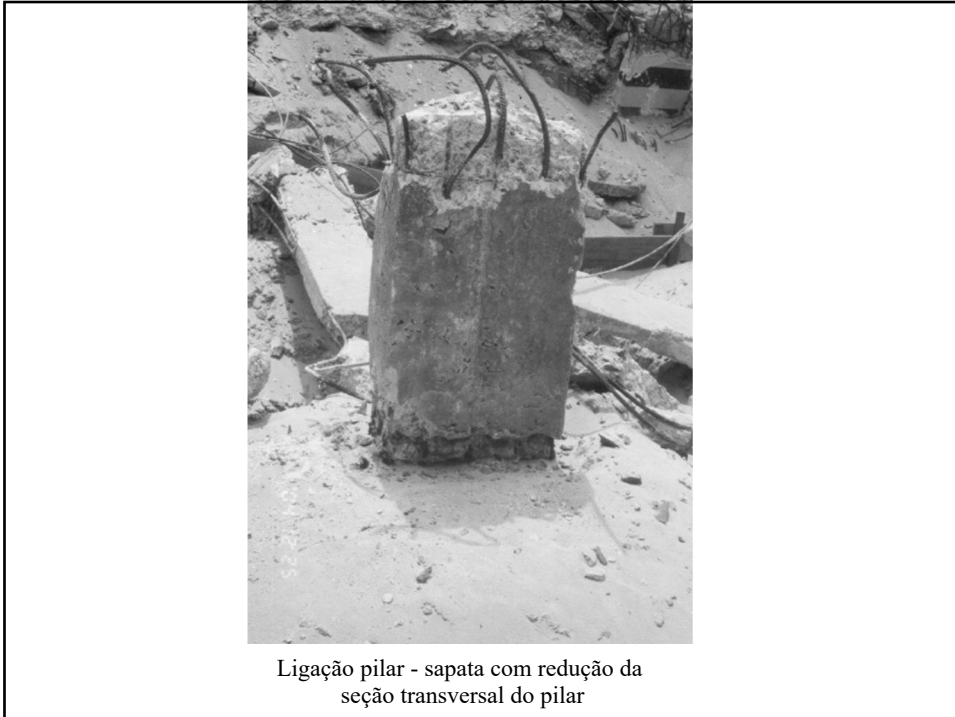
110



111



112



113



114



115



116



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

117



> 20cm!!!



118

CONSTRUTOR

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

119

Edifício Emblemático

Alphaville, São Paulo

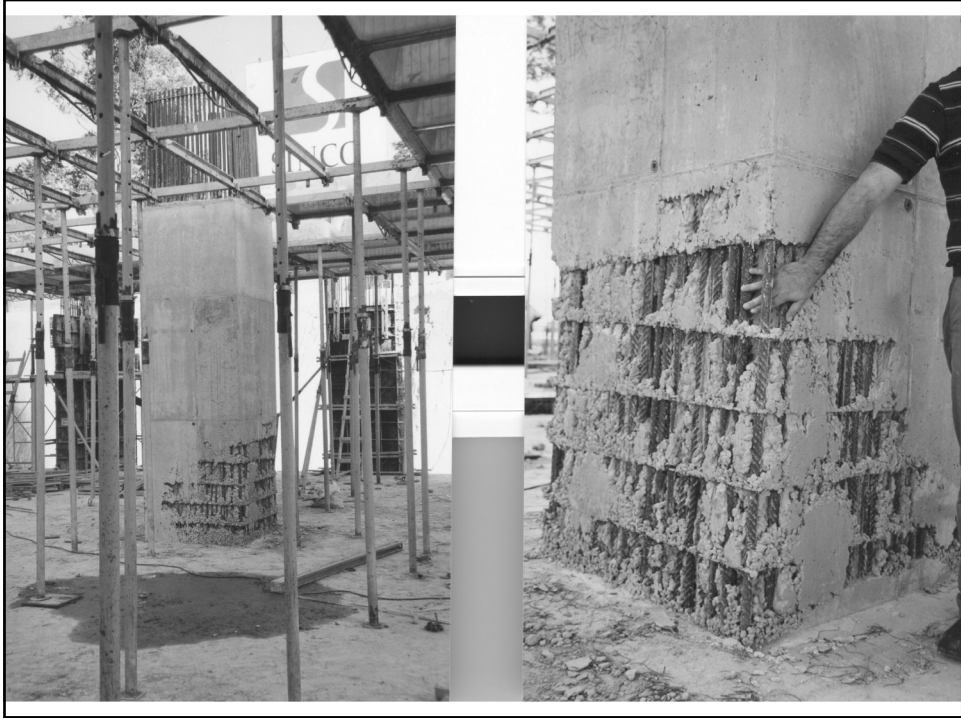
50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem

120



121



122



123



124



125



126



127



128



129

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e
antecipar-se aos problemas!

130

CONSTRUTOR

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

131

**Qual a
MISSÃO do
Construtor?**

PhD Engenharia

132

Qual a MISSÃO do Construtor?

- ✓ Sem dúvida a mais nobre
- ✓ Sem dúvida a mais importante
- ✓ Sem dúvida a mais difícil
- ✓ Sem dúvida a mais cara
- ✓ Sem dúvida a de maior
responsabilidade

PhD Engenharia

133

Estruturas de Concreto para Edificações

Atividade profissional regida por normas técnicas:

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

PhD Engenharia

134

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 conselho regional pertinente à atividade exercida pela empresa.

PhD Engenharia

135

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;

PhD Engenharia

136

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*

PhD Engenharia

137

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*

PhD Engenharia

138

Documentos Importantes

ECA 1. Recomendações para o Projeto

Devem ser utilizadas antes da concepção estrutural, incorporando esses documentos às exigências de contrato, permitindo que o projetista tenha conhecimento do que deve constar em seu projeto executivo.

Deve ser utilizado no Controle de Recebimento de projeto

- O que considerar: cargas, incêndio, vento, sismo, ...
- Combinar com pré-moldado, ...
- Escalas, detalhes, ...
- Plano de escoramento e retirada do escoramento, ...
- Sustentabilidade, partido estrutural, ...

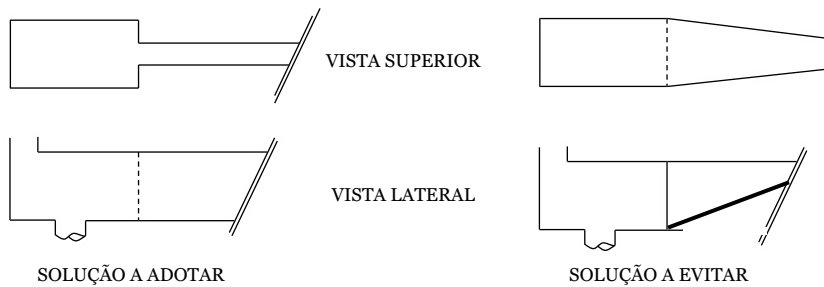
PhD Engenharia

139

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

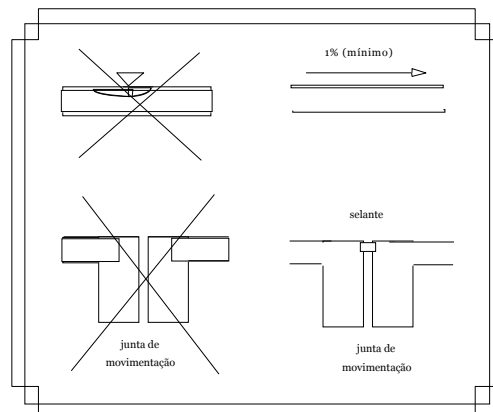


PhD Engenharia

140

ECA 1. Recomendações para o Projeto

- Caimentos e pingadeiras e chapins



PhD Engenharia

141

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.

PhD Engenharia

142

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

$$f_{ck} \geq 35\text{MPa e } c_{nom} \geq 40\text{mm pilar/viga e } 35\text{mm laje}$$

➤ Reservatório de água:

$$\text{paredes e laje de fundo} \geq 12\text{cm e } c_{nom} \geq 30\text{mm}$$

$$\text{laje de cobertura} \geq 10\text{cm e } c_{nom} \geq 35\text{mm}$$

$$w_k \leq 0,1\text{mm}$$

$$f_{ck} \geq 35\text{MPa}$$

cura com imersão, desforma ≥ 10 dias

cantos arredondados ou chanfrados

juntas de concretagem

PhD Engenharia

143

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:

$$\text{classe I } c_{nom} \geq 25\text{mm}/20\text{mm} \quad f_{ck} \geq 25\text{MPa}$$

Ambientes internos úmidos:

$$\text{classe II } c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm} \quad f_{ck} \geq 30\text{MPa}$$

Até 1km da praia:

$$\text{classe III } c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm} \quad f_{ck} \geq 35\text{MPa}$$

São Paulo, Cubatão, Santos, “industrial”:

$$\text{classe III } c_{nom} \geq 40\text{mm}/35\text{mm} \quad f_{ck} \geq 35\text{MPa}$$

Em geral:

$$\text{classe II } c_{nom} \geq 30\text{mm}/25\text{mm} \quad f_{ck} \geq 30\text{MPa}$$

PhD Engenharia

144

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

➤ Módulo de elasticidade ... NBR 6118

$$E_{ci} = 5600 * \sqrt{f_{ck}} \text{ MPa}$$

$$E_{cs} = 0,85 * E_{ci} \rightarrow E_{ci} = E_{cs} / 0,85 \text{ NBR 8522}$$

agregado, %pasta → pedir para usar E_{ci} de 0,9*norma
 f_{ck} e módulo para desforma/retirada de escoramento

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{0,16 * (1 - \sqrt{\frac{28}{j}})}$$

7 dias
 f_{ck}
 0,75 a 0,85
 E_c
 0,85

PhD Engenharia

145

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
- Módulo de elasticidade ... NBR 6118

➤ Resistência à compressão, qtas? onde?

uma, duas
 pilares, lajes e vigas
 um ou dois cobrimentos

➤ Critério de não conformidade ...

- 5% para pilares
- 10% vigas e lajes?
- Outro laboratório
- Não executar
- Tecnologista+Calculista

PhD Engenharia

146

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*

PhD Engenharia

147

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*

PhD Engenharia

148

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

PhD Engenharia

149

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

PhD Engenharia

150

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:

- ✓ **Critérios para recebimento em obra**
 - Slump e Resistência
- ✓ Procedimentos de armazenamento
 - Evitar solo, cobrir e se estiver corroído?
- ✓ Onde e como descartar a “calda lubrificante”
- ✓ Critérios de medição
- ✓ Atrasos, horários, ...

PhD Engenharia

151

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*

PhD Engenharia

152

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

PhD Engenharia

153

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*

PhD Engenharia

154

Número de corpos de prova
idades

PhD Engenharia

155

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*

PhD Engenharia

156

Documentos Importantes

ECA 4. Recomendações para Operação (uso) e Manutenção

- As built
- Impermeabilizações
- Revestimentos
- Reformas
- Inspeções
- Materiais, resistências ...
- Análise da Resistência....

PhD Engenharia

157

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

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

PhD Engenharia

158