



SEMPAT/SC
Seminário de Patologia da Construção de Santa Catarina



PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO



Eng. Douglas Couto
Engenheiro Civil PhD Engenharia

*18/08/2017
Criciúma – SC*

1

Patologia

***Pathos → Doença
Logia → Estudo***

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

2

ABNT NBR 6118:2014

“mecanismos de deterioração e envelhecimento”

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.

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

3

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



Cobertura do prédio da
FAU-USP

direitos reservados 2017



Edifício da Engenharia Civil
Poli/USP

PhD Engenharia

4

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

Mecanismo

- Carreamento de sais solúveis pela água, Ca(OH)_2

Manifestação, Sintoma, Vício

- Manchas esbranquiçadas na superfície CaCO_3 ;
- Eflorescência (estalactites);
- Aumento da porosidade interna do concreto;
- Redução do pH com risco de corrosão.

Como evitar, Prevenção, Profilaxia

- Redução da relação a/c;
- Melhorar as condições de cura;
- Impermeabilizar, evitando a água.

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

5

Como corrigir?

Inspeção e Diagnóstico

- Origem;
- Mecanismo;
- Agentes causadores;
- Prognóstico

Intervenção Corretiva

- Materiais;
- Equipamentos;
- Mão de obra;
- Procedimentos.

Manutenção

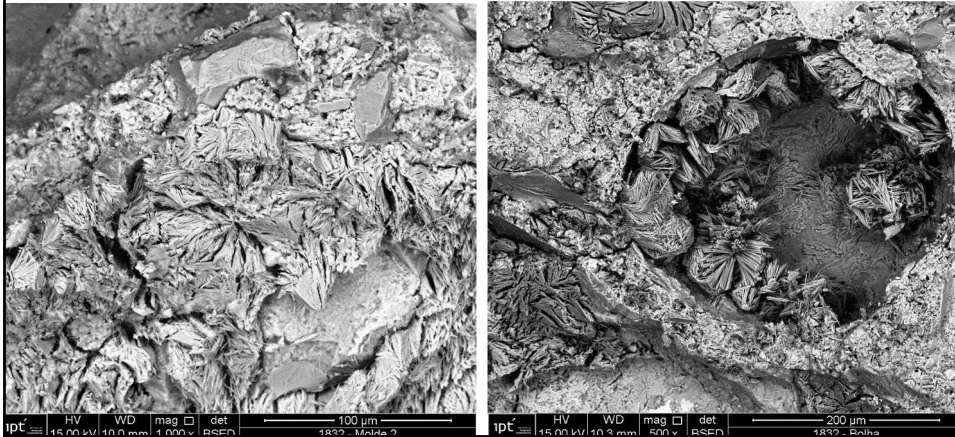
direitos reservados 2017

PhD Engenharia

6

6.3.2 Concreto → *Expansão*

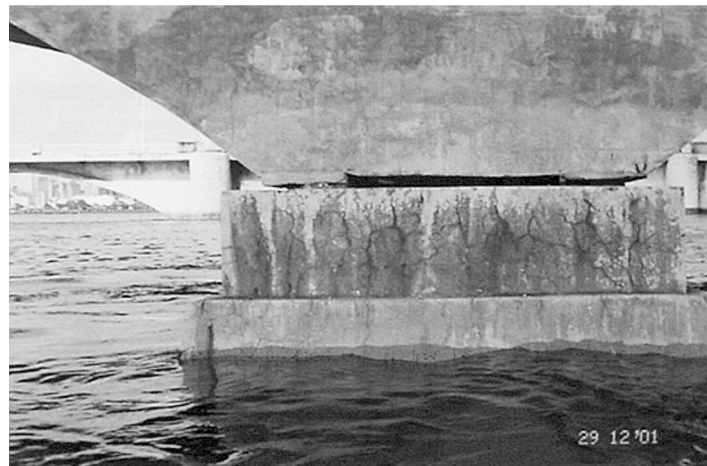
Reações expansivas
Sulfatos, SO_4^{-2}



7

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)



direitos reservados 2007

PhD Engenharia

8

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Reação Álcali-Agregado → Reação química, expansiva e deletéria, que ocorre entre os álcalis do cimento e alguns agregados potencialmente reativos.

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

9

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Reação Álcali-Agregado → Reação química, expansiva e deletéria, que ocorre entre os álcalis do cimento e alguns agregados potencialmente reativos.

Necessário presença de água para ocorrência da reação.

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

10

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Reação Álcali-Agregado → Reação química, expansiva e deletéria, que ocorre entre os álcalis do cimento e alguns agregados potencialmente reativos.

Necessário presença de água para ocorrência da reação.

**Álcalis_(cimento) +
Agregado Reativo<sub>(opala, calcedônia, etc.) +
Água = AAR</sub>**

Expansão da ordem de 4 a 5MPa

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

11



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

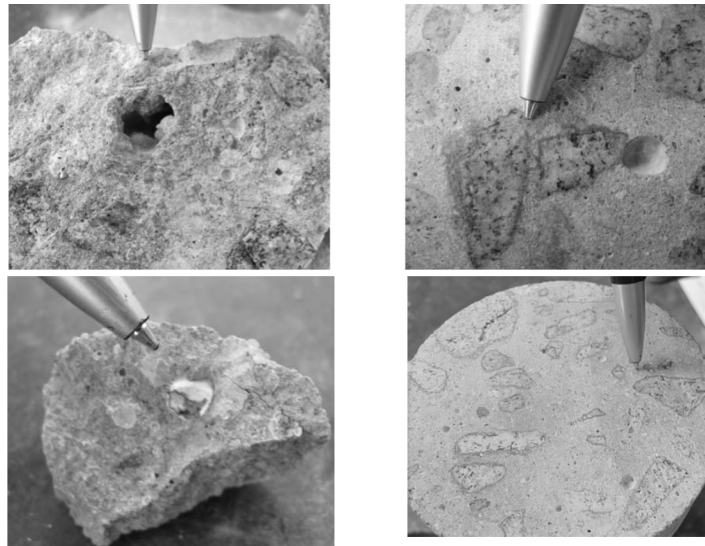
12



13



14

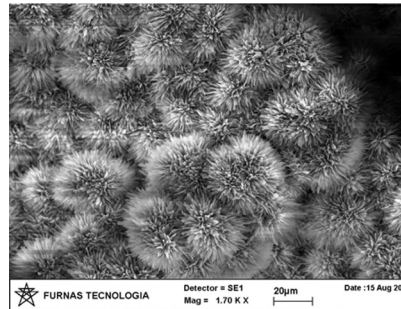
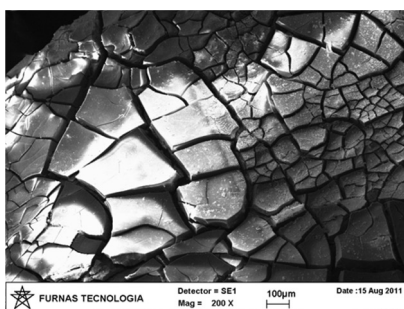
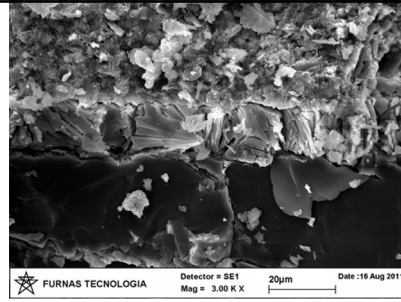
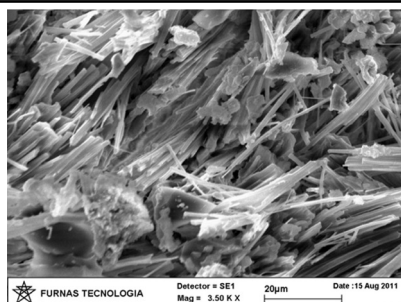


Hasparyk, Kuperman & Ramalho (2012).

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

15



Hasparyk, Kuperman & Ramalho (2012).

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

16

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

**Ataque por Sulfatos
(fonte interna)**

**Altas temperaturas ($>65^{\circ}\text{C}$)
(e.g. Calor de hidratação)**

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

17

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

Formação de Etringita Tardia → Ataque interno por Sulfatos resultando na formação de Etringita diferida, com ação expansiva. Este fenômeno é potencializado por temperaturas acima de 65°C .

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

18

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

Formação de Etringita Tardia → Ataque interno por Sulfatos resultando na formação de Etringita diferida, com ação expansiva. Este fenômeno é potencializado por temperaturas acima de 65° C.

Necessário fonte de íons de sulfato

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

19

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

Formação de Etringita Tardia → Ataque interno por Sulfatos resultando na formação de Etringita diferida, com ação expansiva. Este fenômeno é potencializado por temperaturas acima de 65° C.

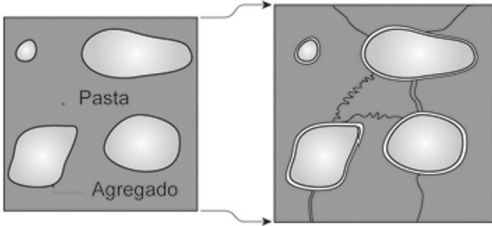
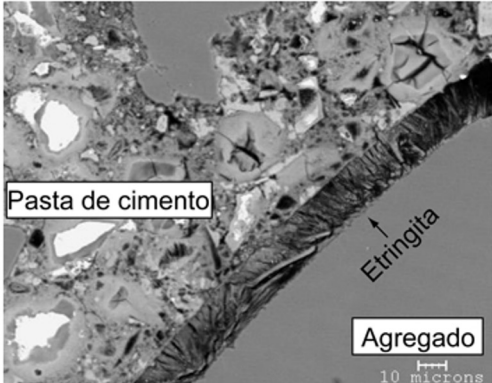
Necessário fonte de íons de sulfato e água



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

20

Ataque por sulfatos → DEF

Origem dos sulfatos → interna

Presença de água

Reação com C_3A e $Ca(OH)_2$

Temperatura → $> 65^\circ C$

Metha & Monteiro, 2008
PhD Engenharia

21

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

- Retração térmica e por secagem restringida
- Cura a vapor por alta temperatura
- Carregamento severo durante o uso
- Distribuição de tensão excessiva e não-uniforme no concreto protendido



DEF - formação de etringita tardia

Agregado contaminado por gipsita, ou liberação de sulfato pelo C-S-H

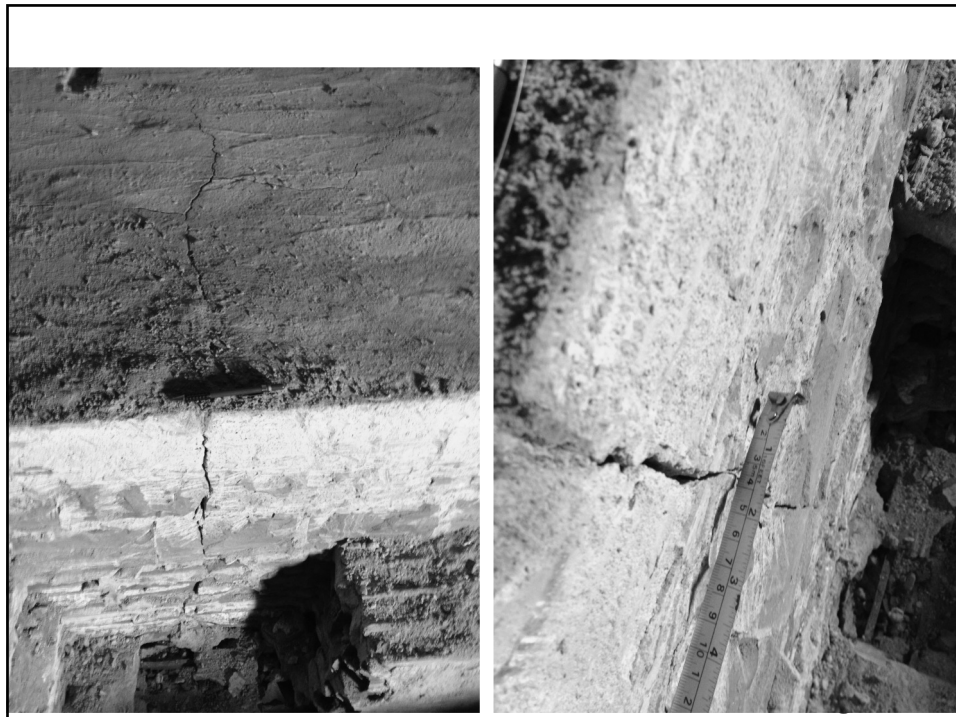
Metha & Monteiro, 2008

PhD Engenharia

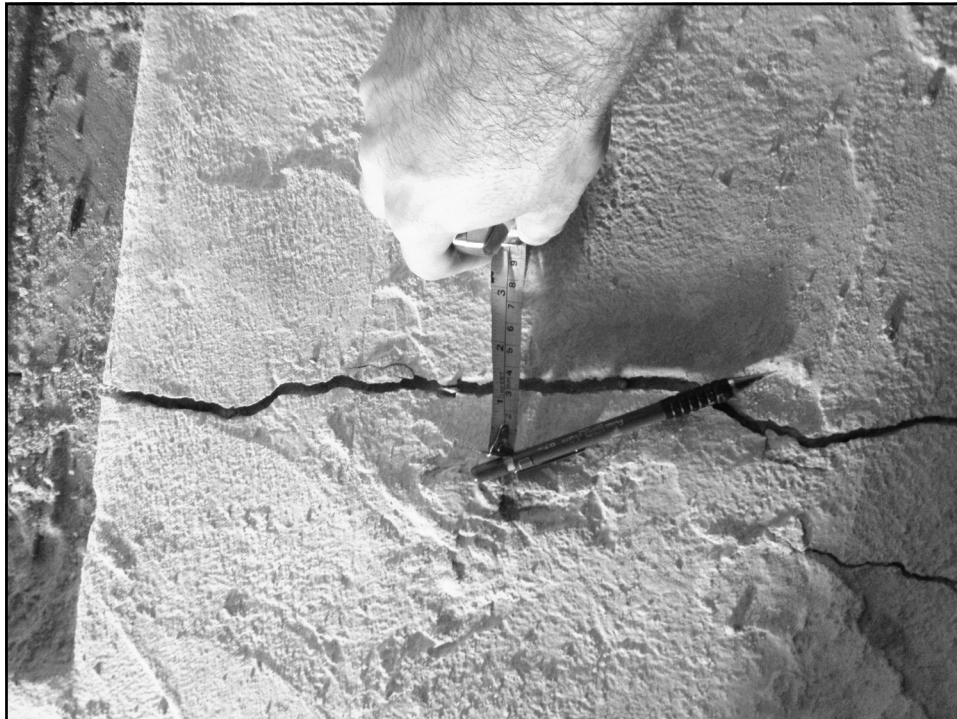
22



23



24



25

6.3.3 Aço → ***Corrosão de Armaduras*** ***Despassivação por Carbonatação***

- $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{pH} \geq 12$
(Aço passivado)
- $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
(Aço despassivado)



direitos reservados 2017

26



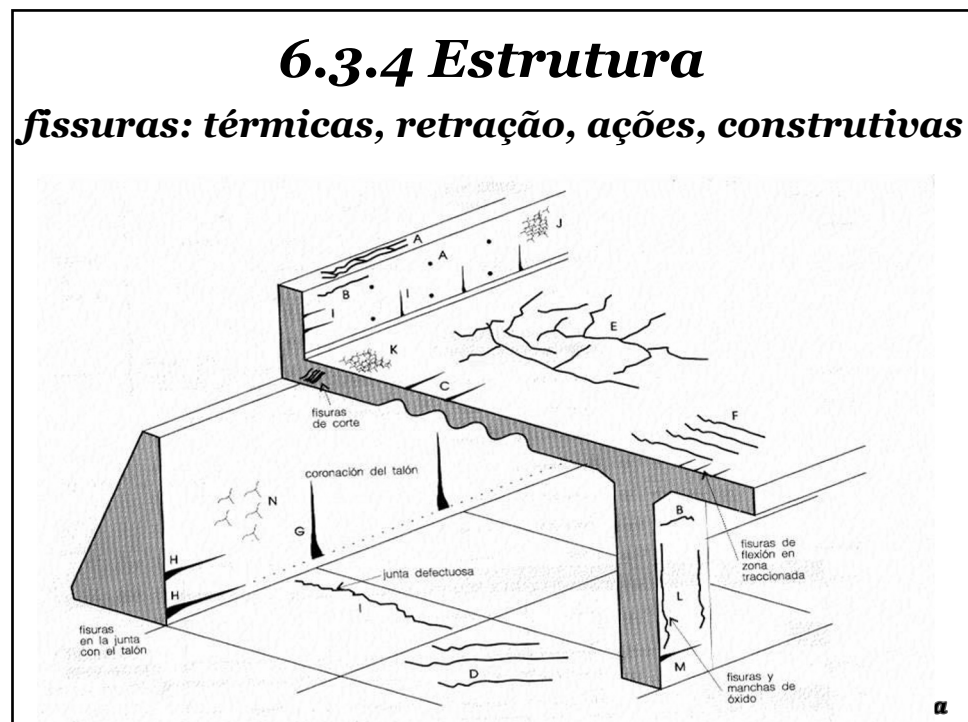
27



28



29



30



31

Sintomas	• Fissuras • Deformações • Manchas • Outras anomalias
Diagnóstico	• Inspeção • Ensaios • Verificações • Mecanismo • Agente Causador • Prognóstico
Terapia	• Reparo • Reforço • Demolição

direitos reservados 2017 **PhD Engenharia**

32

Reparo

Atividade de recuperação estrutural que visa a recomposição e/ou proteção de um determinado elemento sem aumento de capacidade resistente.

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

33

Reforço

Atividade de recuperação estrutural que visa necessariamente o aumento da capacidade portante de um determinado elemento estrutural ou de um conjunto de elementos.

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

34

Manifestações Patológicas Congênitas

direitos reservados 2007

PhD Engenharia

35

Edifício Comercial

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

direitos reservados 2007

PhD Engenharia

36



37



Diagnóstico:

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

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

38



39



40

Corrosão de armaduras

***Cobrimento
insuficiente
Falta estribos***

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

41



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

42



43

3-4 Sexta-Feira, 26 de fevereiro de 1993

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

O Dia Press

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, 27. 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.

Na 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 interditada funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área também interditada, 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!

PhD Engenharia

44

Edifício Comercial

2009

fissuras e flechas

em lajes

obra em construção

direitos reservados 2007

PhD Engenharia

45

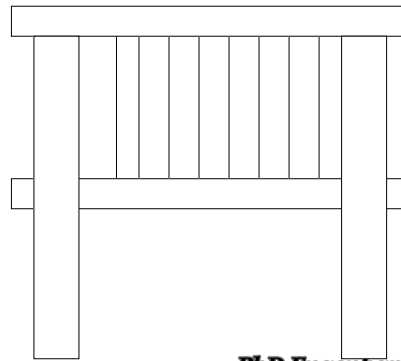


46

***laje+vigas com espessura média
de 22cm → 550kg/m²***

dimensionada para 150kg/m²

1 ano de idade →



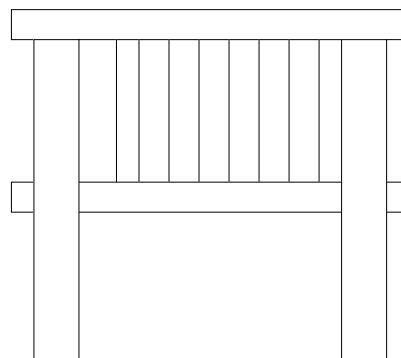
direitos reservados 2017

PhD Engenharia

47

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

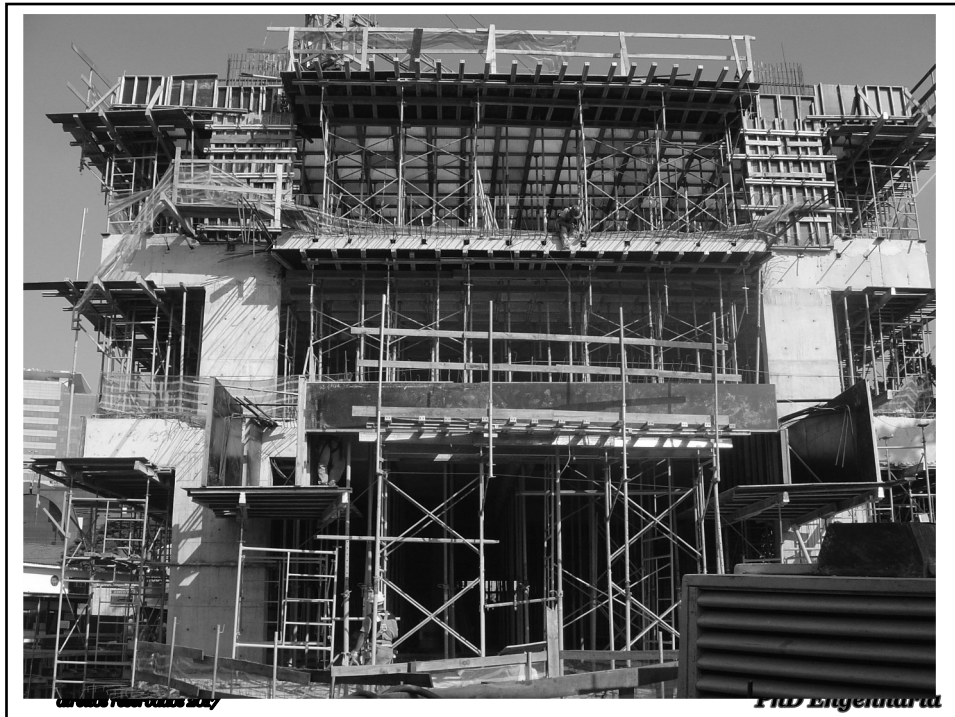
1 ano de idade



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

48



49



50

“Engarrafamento” de armaduras

O famoso gogó da Ema...

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

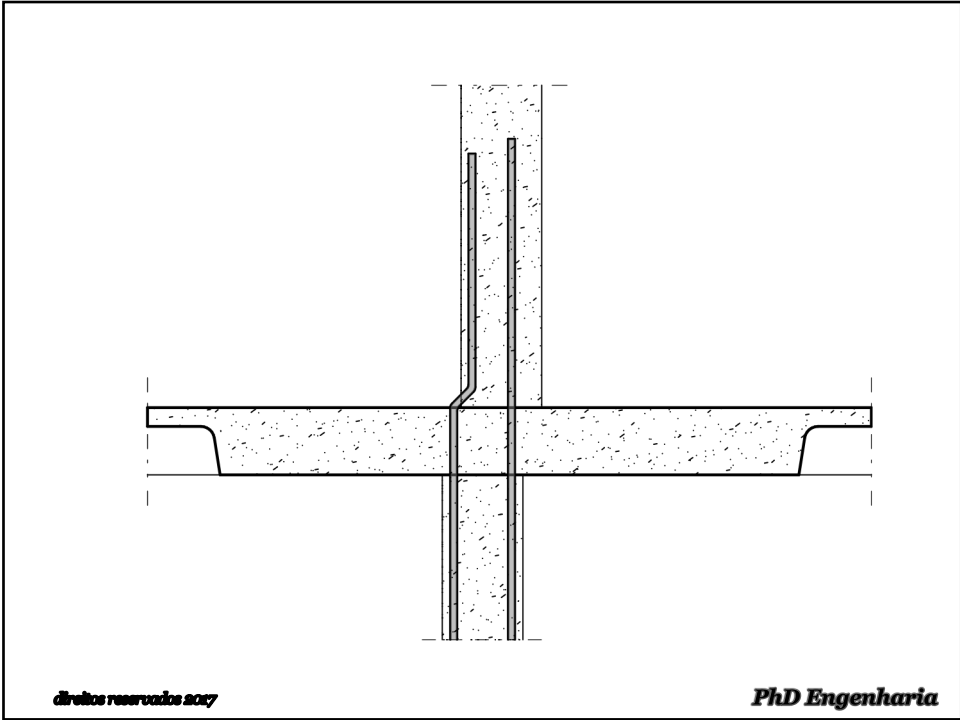
51



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

52



Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2011
Novembro / 2011

© 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

2.2. Sistema de Ensaio

O esquema de vinculação utilizado no ensaio foi o 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 excentrica 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 descompressão 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.

I – Célula de carga
II – Atuador Hidráulico
III – Aparelho de apoio
IV – Bloco de concreto
V – Laje de reação
Dn – defletômetros

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

ANAIIS 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

PhD Engenharia

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

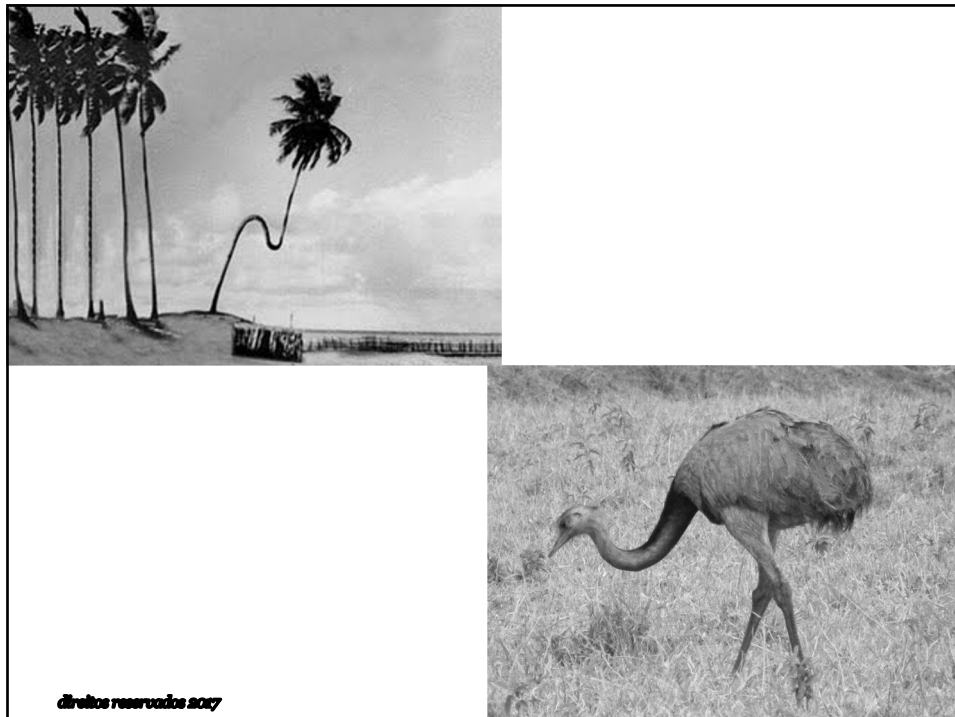
Modelos	e inicial (mm)	F _{u,exp} (kN)	D _{6,max} (mm)	ε _c (‰)	ε _s (‰)	Modo de Ruína
PFN 00-2.5	0	1078,2	4,87	-2,20	-1,60	Ruína frágil com esmagamento do concreto. (Domínio 5)
PFN 15-2.5	15	670,4	14,72	-2,15	-0,20	
PFN 24-2.5	24	360,8	14,60	-1,60	0,18	Ruína por flexo-compressão com grande excentricidade, 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

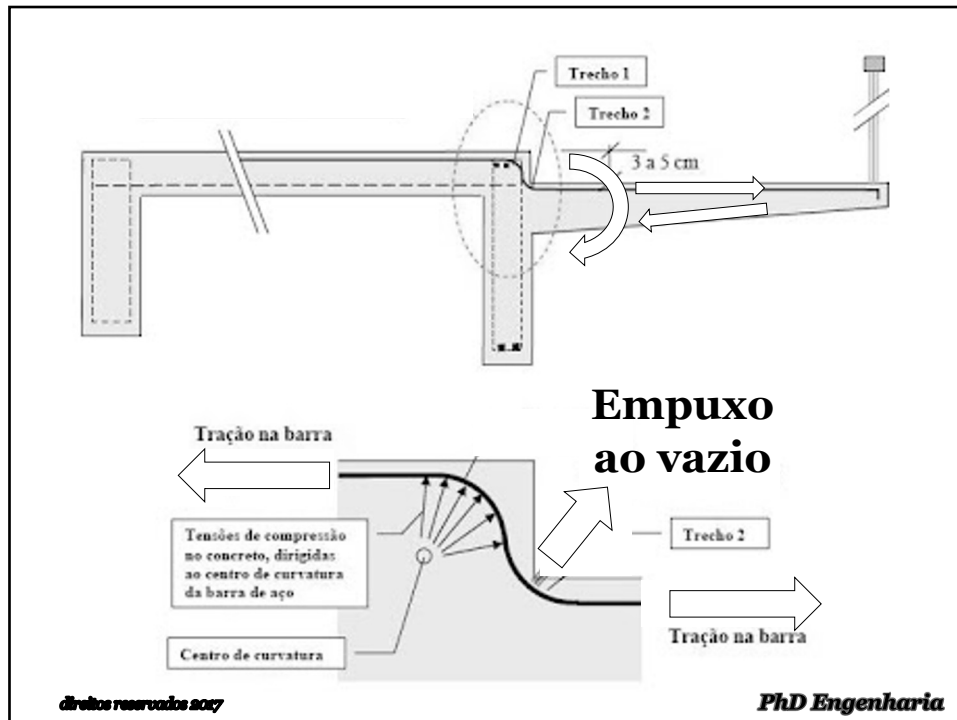
A convenção adotada para o sinal das deformações foi de negativa para compressão e positiva para tração. A Figura 4, à seguir, mostra a média das deformações aferidas ao longo dos ensaios, nas armaduras próximas às faces comprimidas (C) e tracionadas ou menos comprimidas (T).

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

55



56



57



58

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**

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

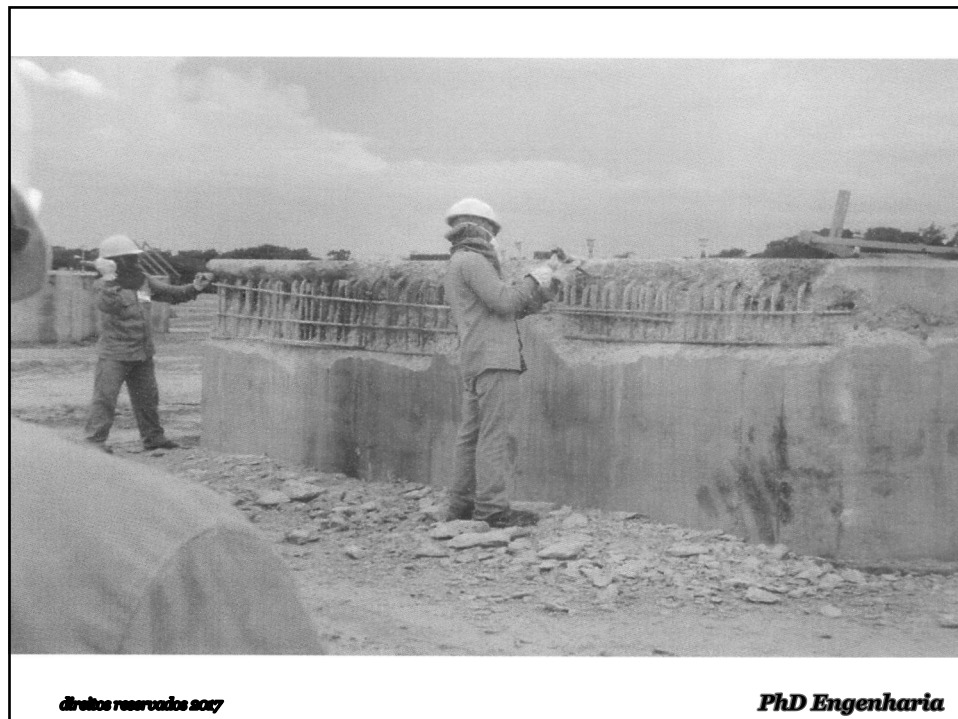
59



60



61



62

Irresponsabilidade ou Incompetência?

Caso 2:

Edifício habitacional

8º andar

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

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

direitos reservados 2007

PhD Engenharia

63



64



65



66



67



68



69

Edifício Habitacional

armadura de
pilares
obra nova

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

70



71



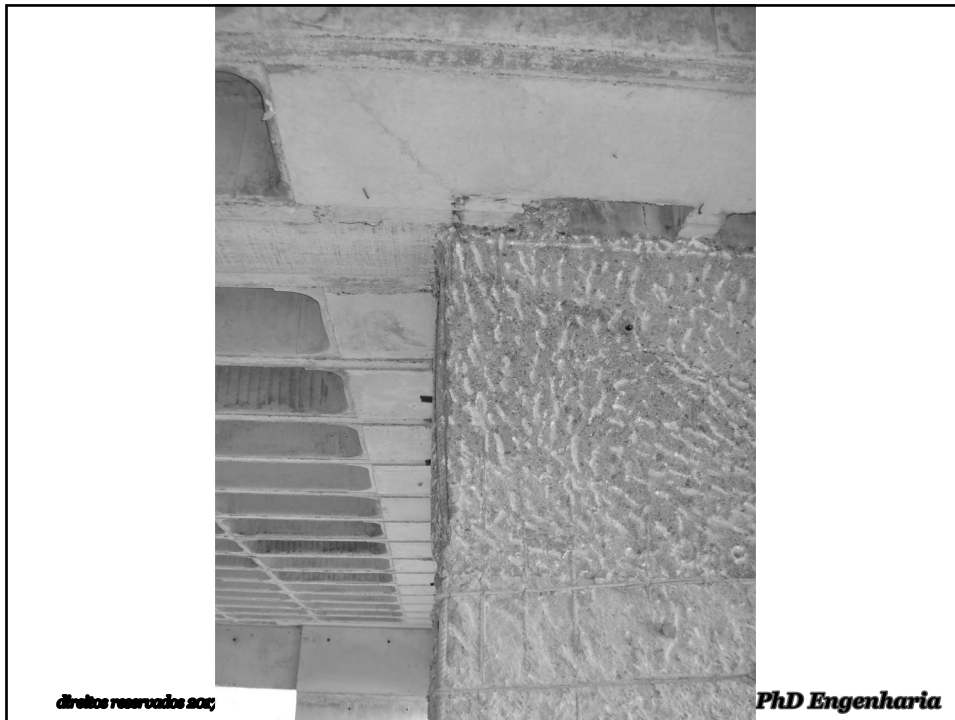
72



direitos reservados

PhD Engenharia

73



direitos reservados 2022

PhD Engenharia

74



75

***terceirizar um
serviço ≠
terceirizar
responsabilidade***

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

76

Caso de alteração do projeto pela obra

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

77

LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES -				diferença
PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	
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 %

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

78

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.

79



80

Edifício Real Class



Belém do Pará

34 pavimentos

105 m

20/01/2011

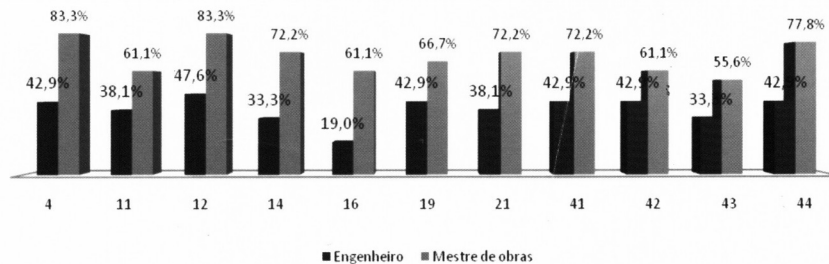
35 MPa

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

81

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.

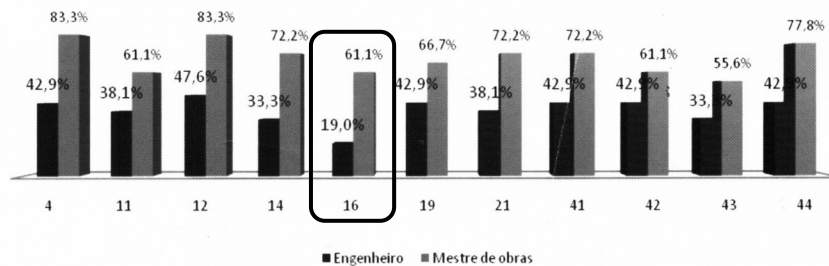
Mapeamento de competências e atribuições de um mestre de obras. Revista Concreto & Construções, Ano XXXIX, n.62. IBRACON, Abr.Mai.Jun. 2011. p. 13-18

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

82

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 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 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 2017

PhD Engenharia

83

Edifício Habitacional

concretagem de pilares obra nova

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

84



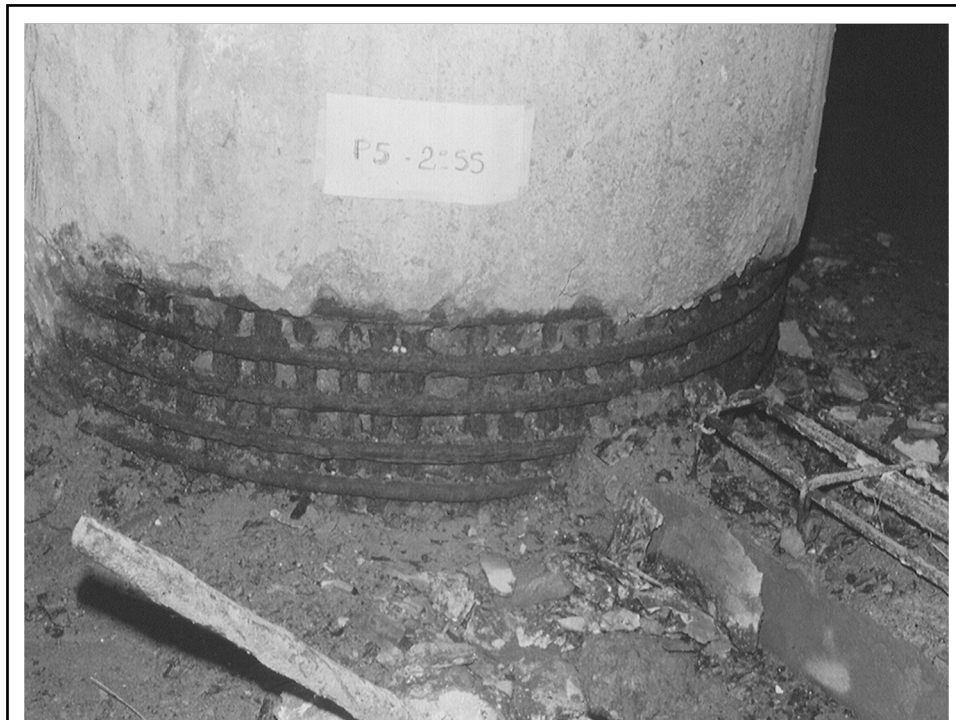
85



86



87



88

Reparo Estrutural !?



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

89

Reparo Estrutural !?



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

90

Edifício Areia Branca

Recife, Pernambuco
14 de outubro de 2004
quinta-feira às 20:30h

1977 → 1979

25 anos

12 andares + térreo + 1 garagem

direitos reservados 2007

PhD Engenharia

91



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco
direitos reservados 2007

semanas antes
PhD Engenharia

92



93



Escombros - manhã seguinte do desabamento
direitos reservados 2007

PhD Engenharia

94



95



direitos reservados 2017

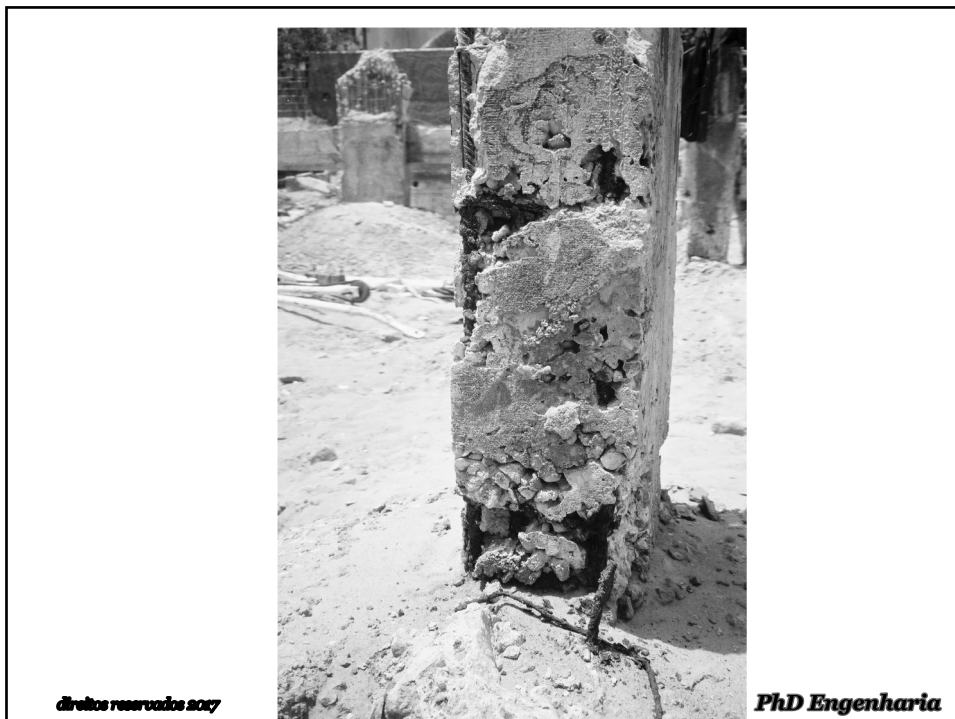
Edificações Vizinhas

PhD Engenharia

96



97



98



Ligação pilar - sapata com redução da
seção transversal do pilar

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

99



100



direitos reservados 2007

PhD Engenharia

101



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

direitos reservados 2007

PhD Engenharia

102



103

Edifício Emblemático

Alphaville, São Paulo

50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

104



105



106



107



108



109



110



111



112



113



114



115



116



117



118



119



120



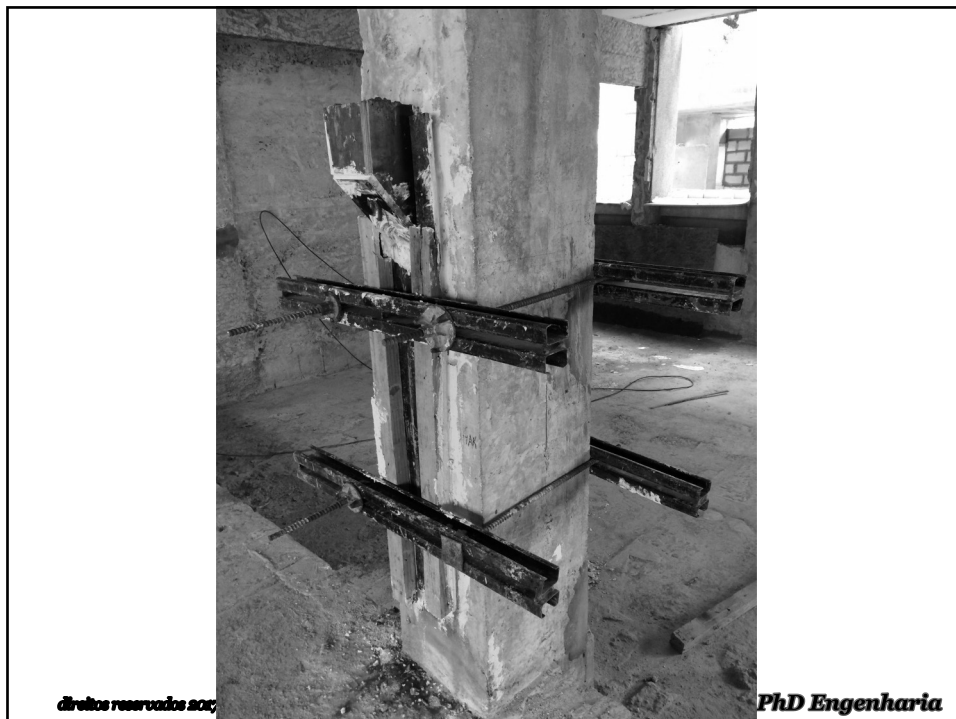
121



122



123



124

Reforço de pilares

direitos reservados 2017

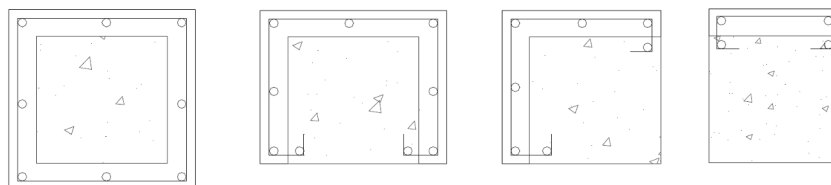
PhD Engenharia

125

Tipos mais comuns de Reforços de Pilares

1 – Reforço com uso de concreto

Concrete Jacketing (Total y Parcial)



(Takeuti, 1999)

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

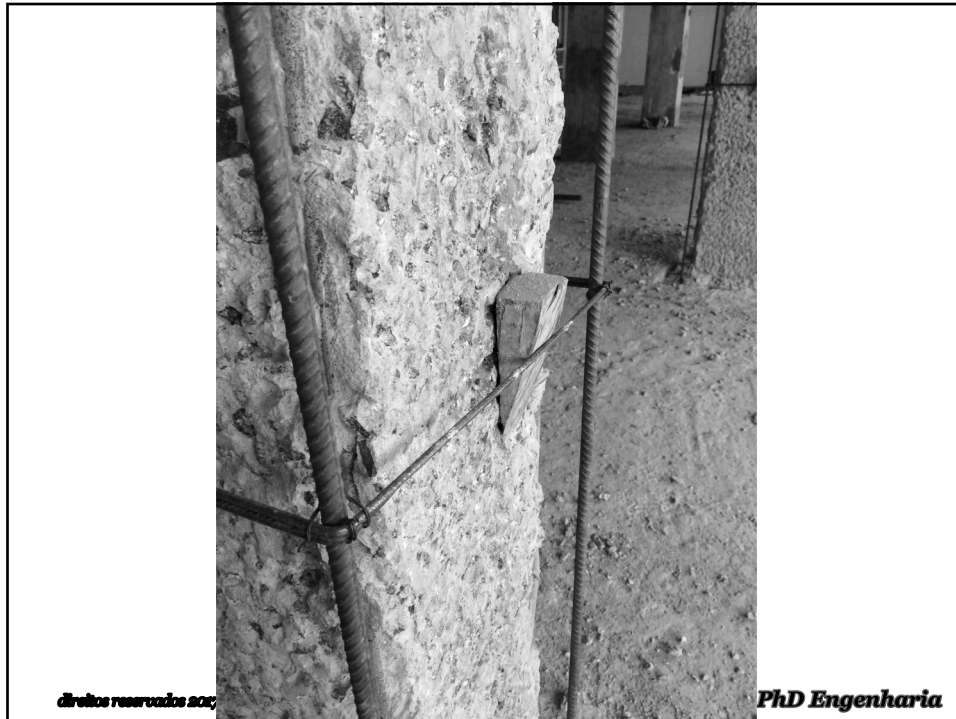
126



127



128



129



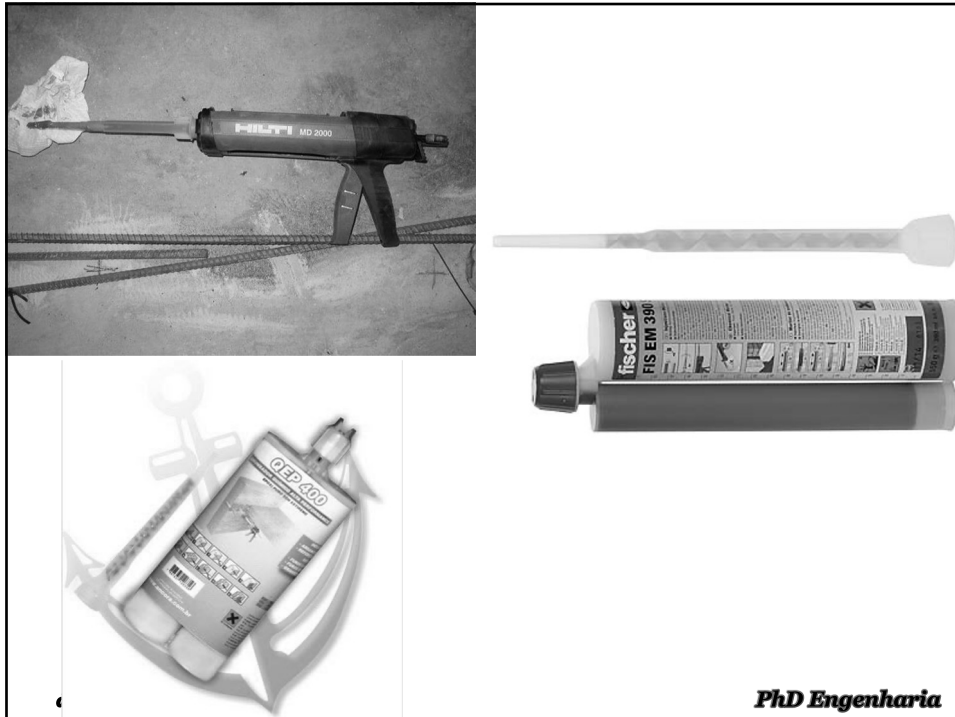
130



131



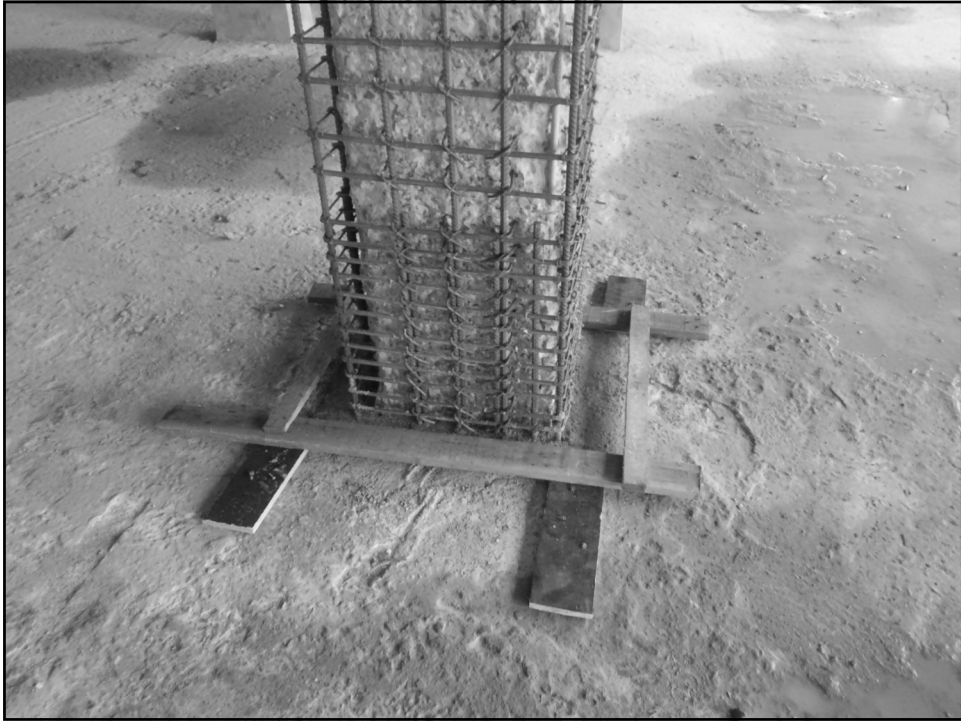
132



133



134



135



136



137



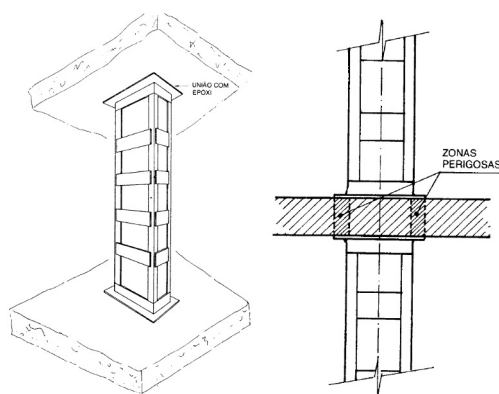
138



139

Tipos mais comuns de Reforços de pilares

2 – Reforço com uso de chapas metálicas



direitos reservados 2007

(a) pilar reforçado

(b) zonas perigosas

PhD Engenharia

140



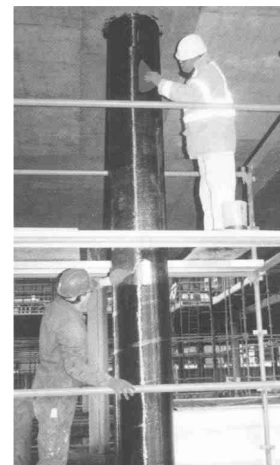
141

Tipos mais comuns de reforços de pilares

3 – reforço com uso de fibras de carbono



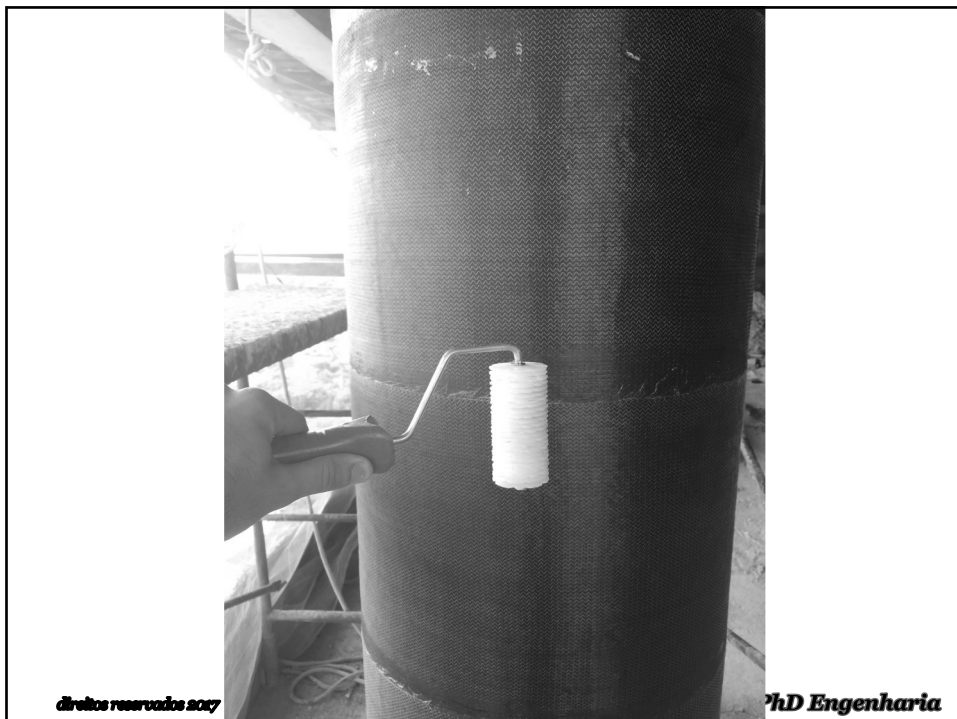
(Crédito: [recurso 2017](#) Reinforcement)



142

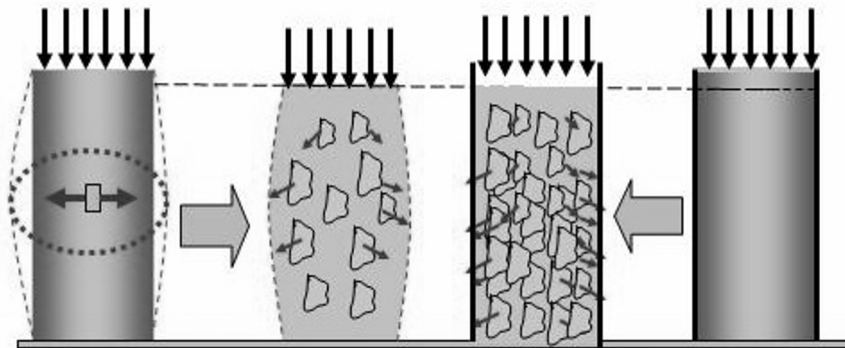


143



144

Confinamento

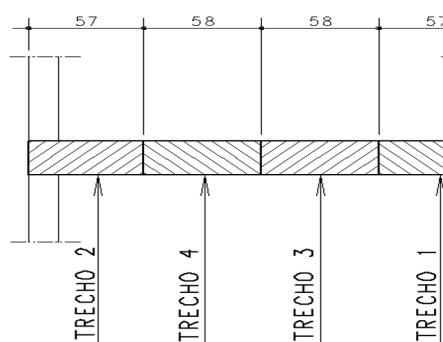


direitos reservados 2017

PhD Engenharia

145

Substituição do concreto



direitos reservados 2017

PhD Engenharia

146

Substituição do concreto

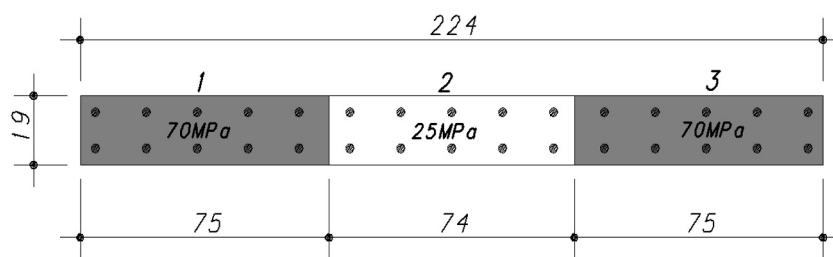


direitos reservados 2017



147

Pilar Parede



Esforços solicitantes por faixa:

Faixas 1 e 3

$$N_{d,faixa} = 3289 \text{ kN}$$

$$M_{dx,faixa} = 31,8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Faixas 2

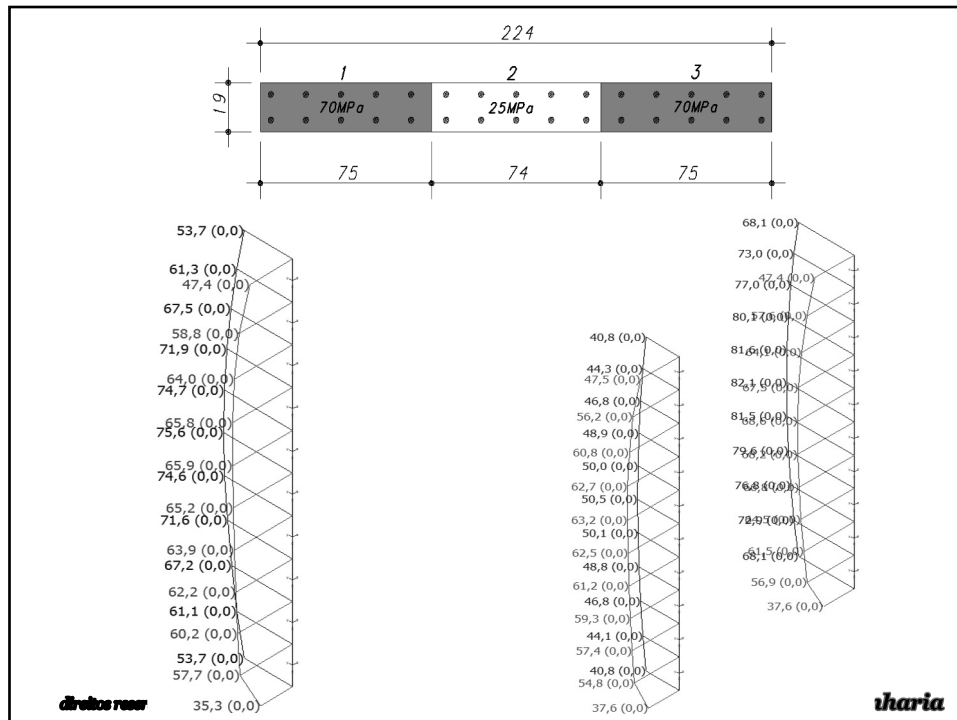
$$N_{d,faixa} = 2595 \text{ kN}$$

$$M_{dx,faixa} = 31,4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

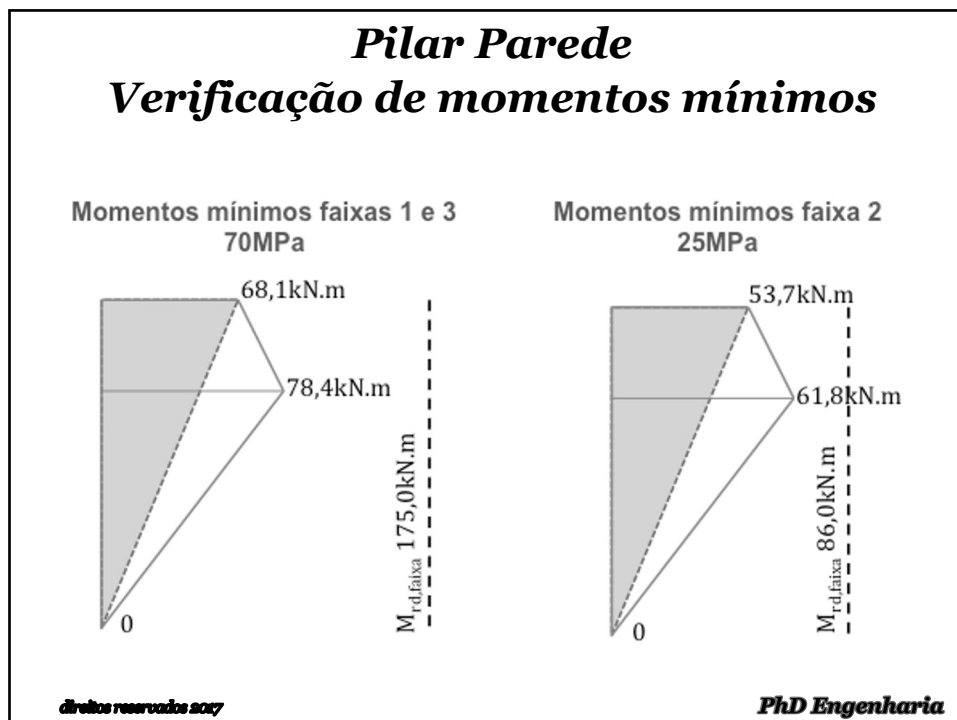
direitos reservados 2017

PhD Engenharia

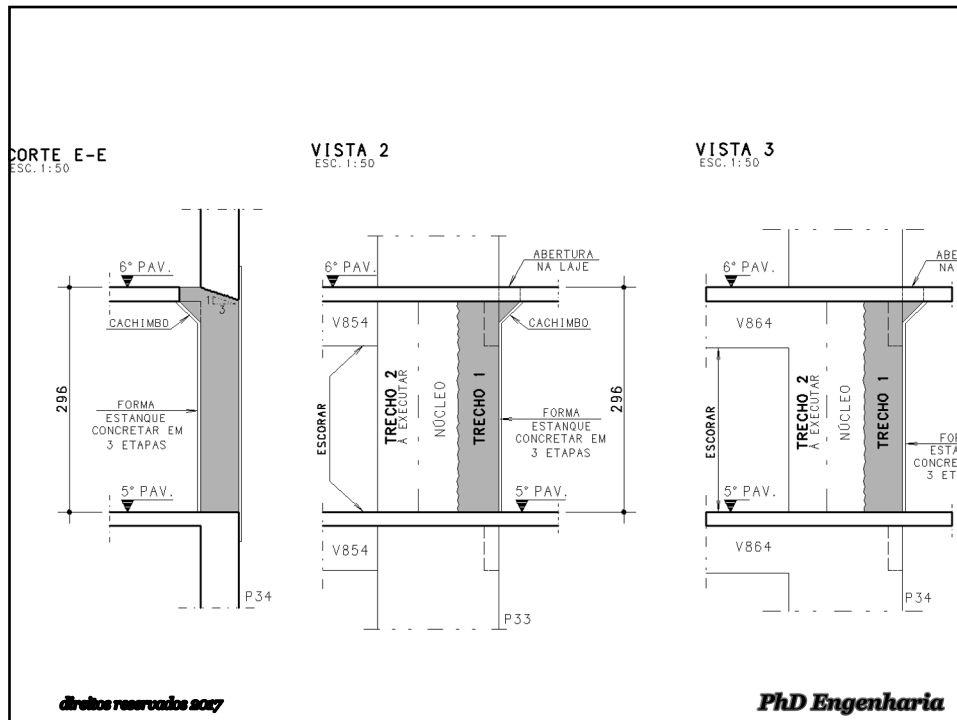
148



149



150



151

Processo executivo



152



153

Reforço de Vigas & Lajes

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

154



157



158



159



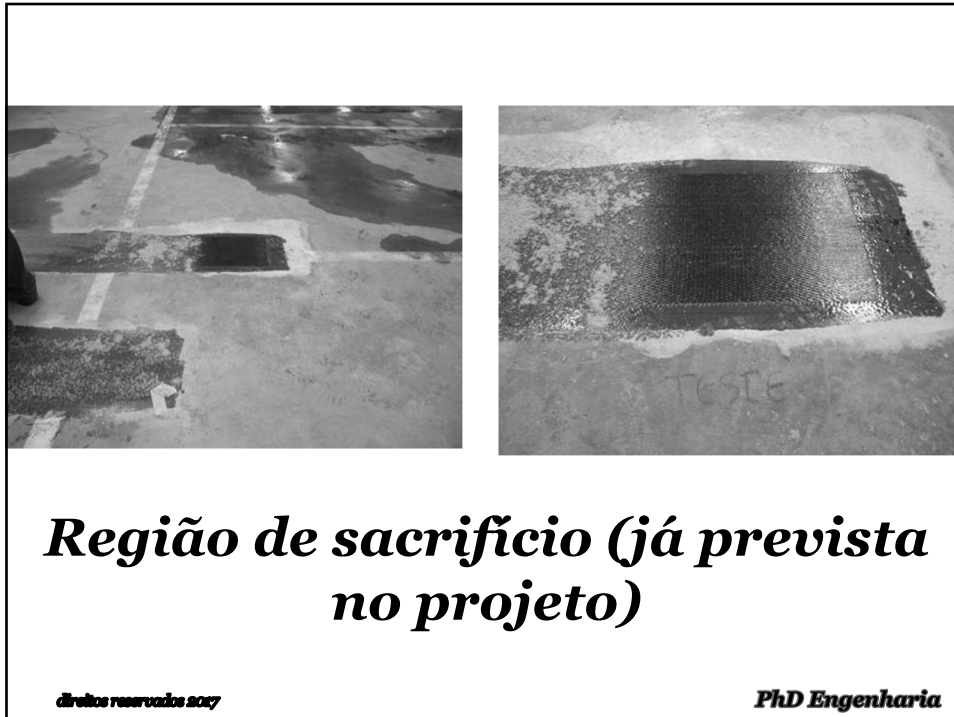
160



161



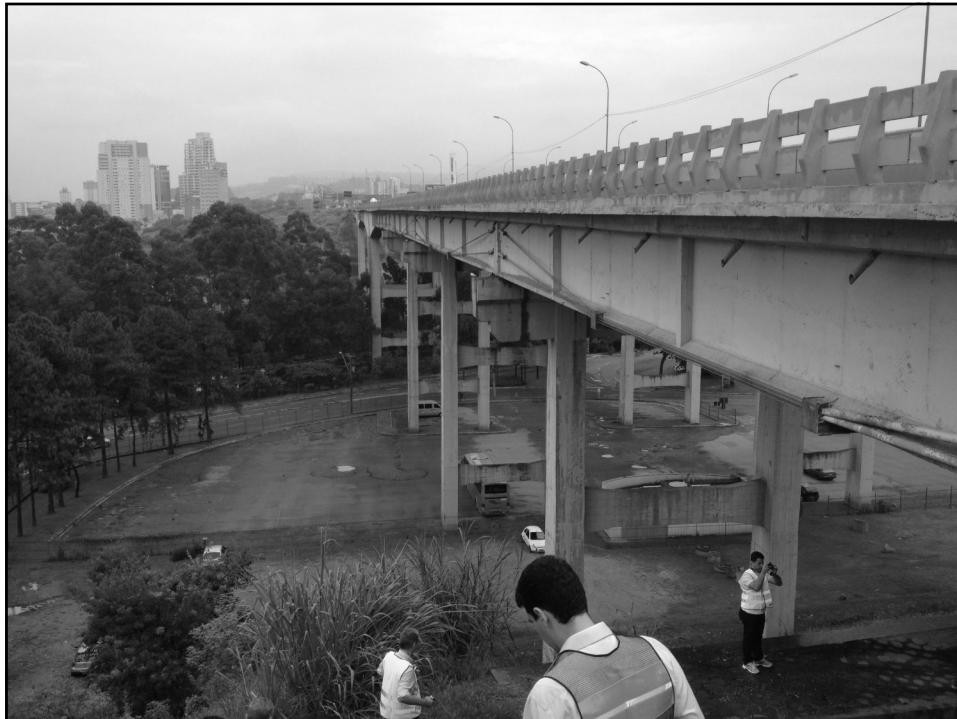
162



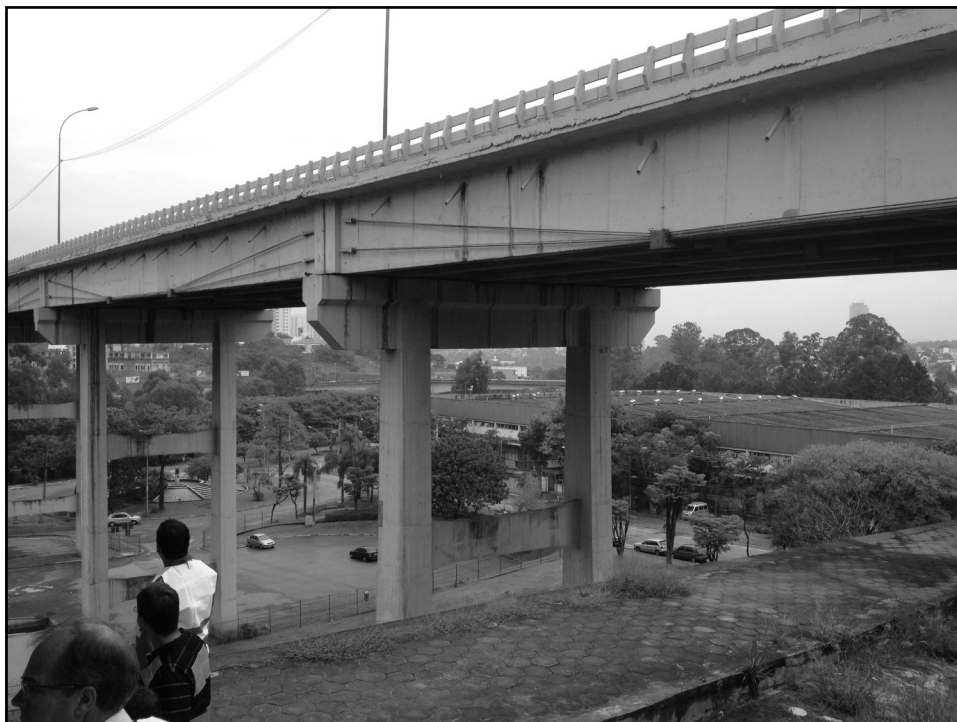
163



164



165



166



167

Elementos de fundação (Blocos & Sapatas)

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

168



169



170



171



172



173



174



175



176

Existem muitas informações importantes que devem constar nos projetos estruturais

direitos reservados 2027

PhD Engenharia

177

NOTAS:

1 - CONCRETO:

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

RELACÃO AGUA/CIMENTO $< 0,55$

EXECUÇÃO COM CONTROLE RIGOROSO, CONFORME NBR-6118

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

178

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

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

179

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

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

180

Avanços em Tecnologia do Concreto

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

direitos reservados 2017

PhD Engenharia

181



182



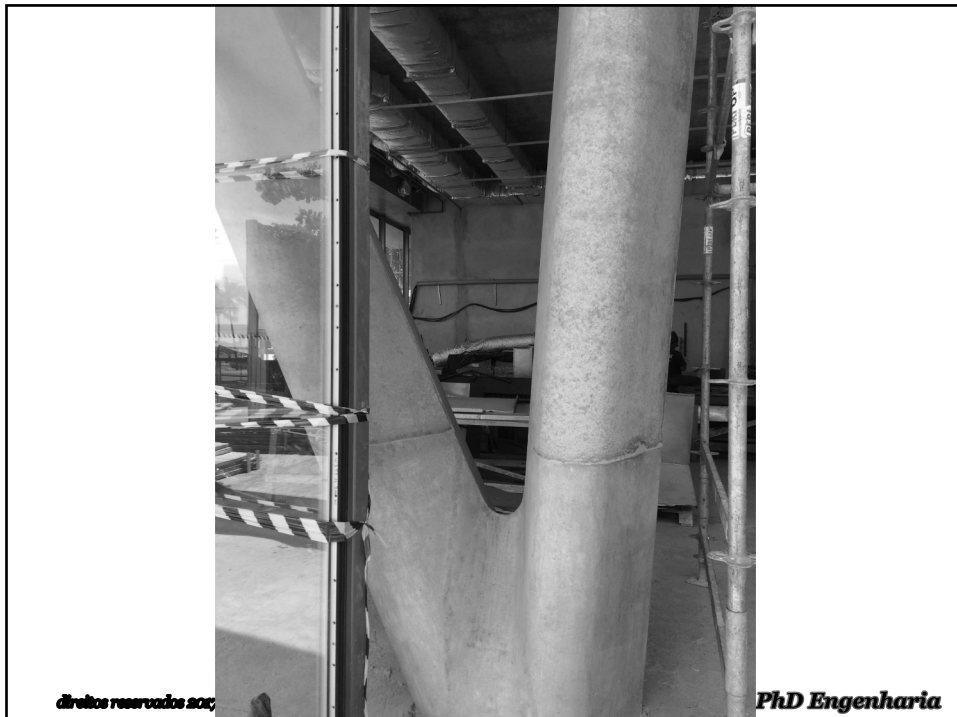
183



184

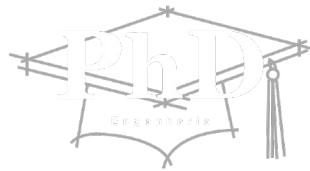


185



186

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

douglas.couto@concretophd.com.br

www.concretophd.com.br

11-2501-4822 / 4823

direitos reservados 2017

PhD Engenharia