PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Eng. Douglas Couto
Engenheiro Civil PhD Engenharia
Mestrando FEC Unicamp
Coordenador ABECE Inovação

25/04/2015
Sorocaba - SP

1

Patologia

Pathos → Doença
Logia →Estudo

direitos reservados 2015

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 relação.

direitos reservados 2015

3

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*

Cobertura do prédio da FAU-USP

Edifício da Engenharia Civil Poli/USP

direitos reservados 2015

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 2015

Como corrigir?

Inspeção e Diagnóstico

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

Intervenção Corretiva

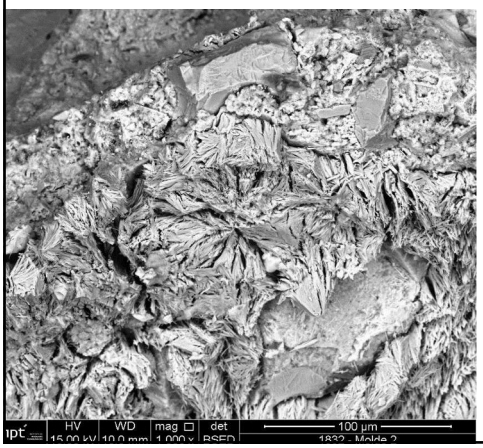
- Materiais;
- Equipamentos;
- Mão de obra;
- Procedimentos.

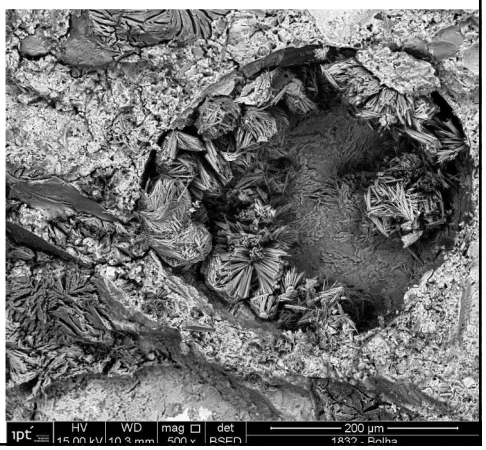
Manutenção

direitos reservados 2015

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reações expansivas
Sulfatos, SO_4^{-2}

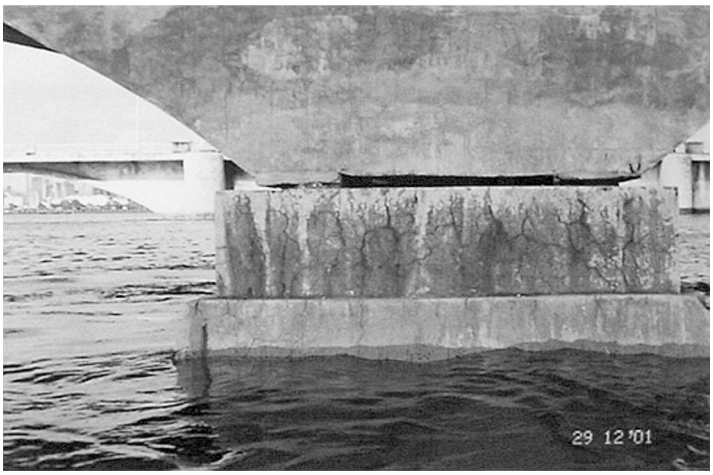




7

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)



direitos reservados 2015

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 2015

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 2015

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 $_{(opala,\ calcedônia,\ etc.)}$ +

Água = AAR

Expansão da ordem de 4 a 5MPa

direitos reservados 2015

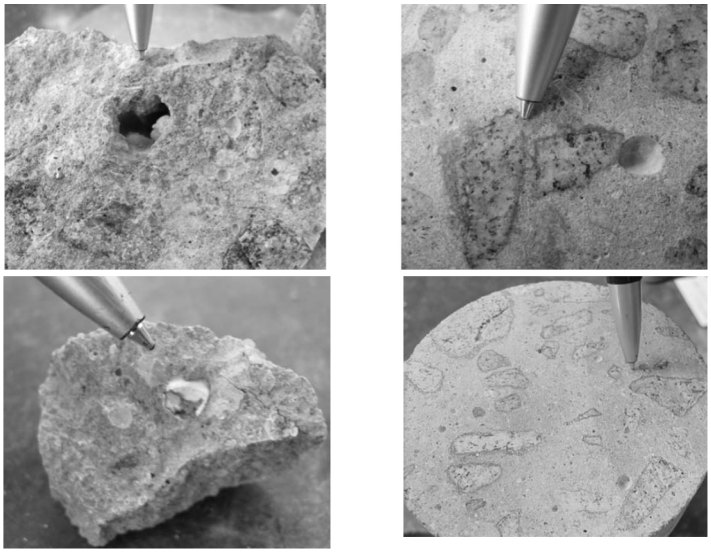
11

direitos reservados 2015

12

13

14

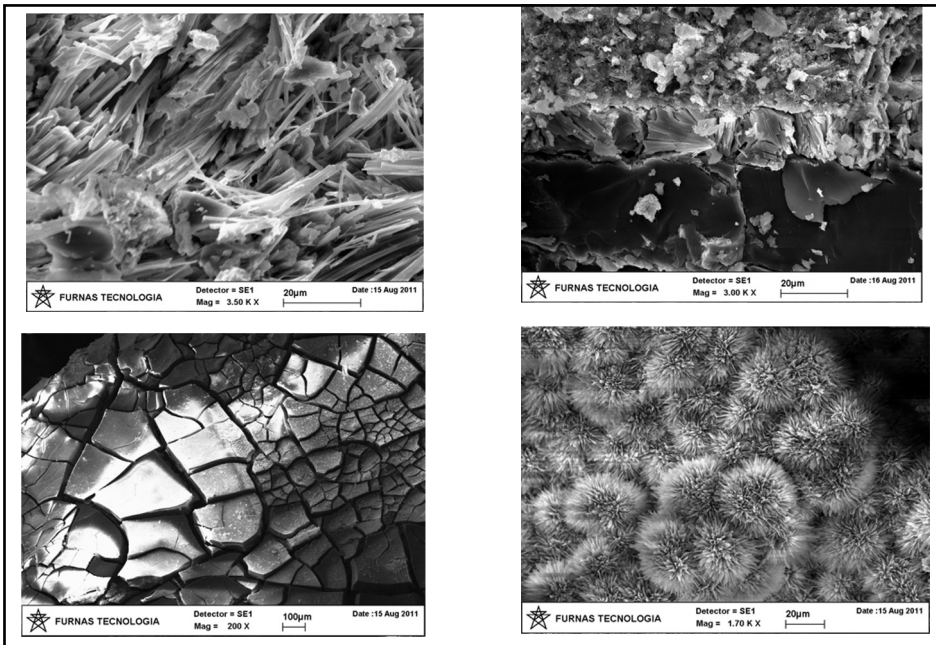


Hasparyk, Kuperman & Ramalho (2012).

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

15



Hasparyk, Kuperman & Ramalho (2012).

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

16

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

Ataque por Sulfatos
(fonte interna)

Altas temperaturas (>65º C)
(e.g. Calor de hidratação)

direitos reservados 2015

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 65º C.*

direitos reservados 2015

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 2015

19

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

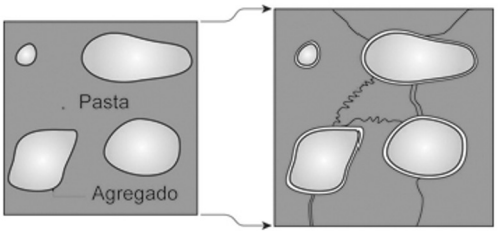
Formação de Etringita Tardia→ *Ataque interno por Sulfatos resultando na formação de Etringita diferida, com ação expansiva. Este fenômeno é potencializado por temperaturas* ***acima de 65° C.***

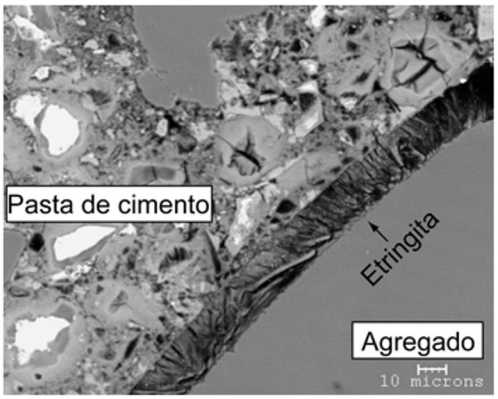
Necessário fonte de íons de sulfato e água

$$\textbf{Sulfato} + C_3A + Ca(OH)_2 + \textbf{Água} = \textbf{DEF}$$

direitos reservados 2015

20





Ataque por sulfatos → *DEF*

Origem dos sulfatos → interna

Presença de água

Reação com C_3A e $Ca(OH)_2$

Temperatura → > 65° C

Metha & Monteiro, 2008

PhD Engenharia

21

Expansão

Formação de Etringita Tardia (DEF)

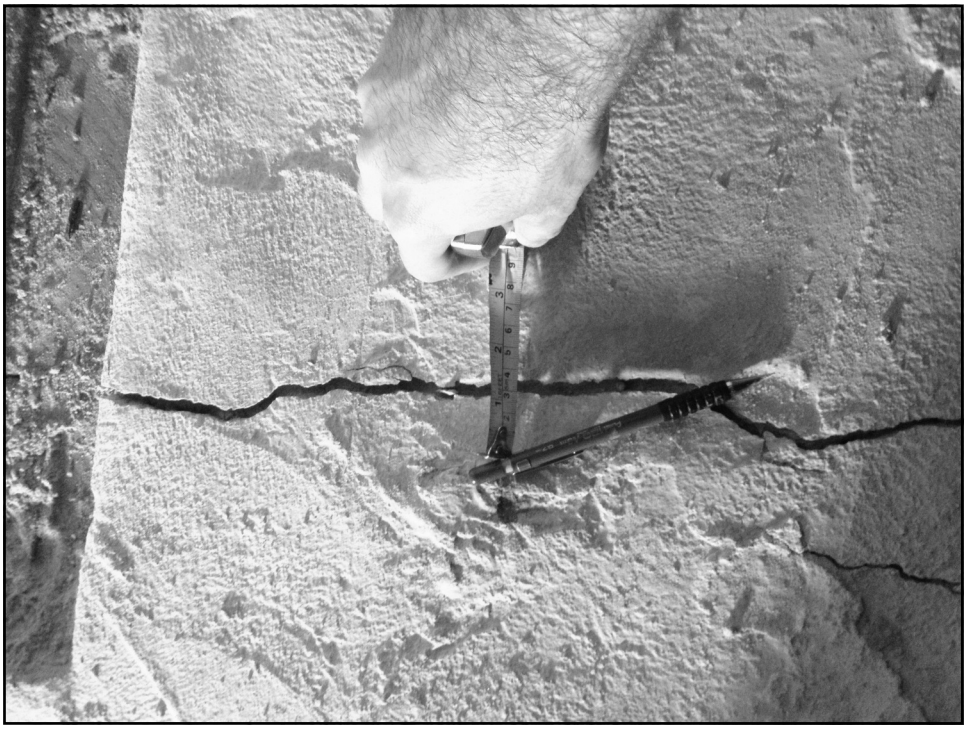
Metha & Monteiro, 2008

PhD Engenharia

22

23

24



25

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

Despassivação por Carbonatação

- $Ca(OH)_2$ → pH ≥ 12
  (Aço passivado)

- CO2 + Ca(OH)2 --> CaCO3 + H2O
  (Aço despassivado)

direitos reservados 2015

26

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

27

6.3.3 Aço →

Corrosão de Armaduras

Despassivação por cloretos

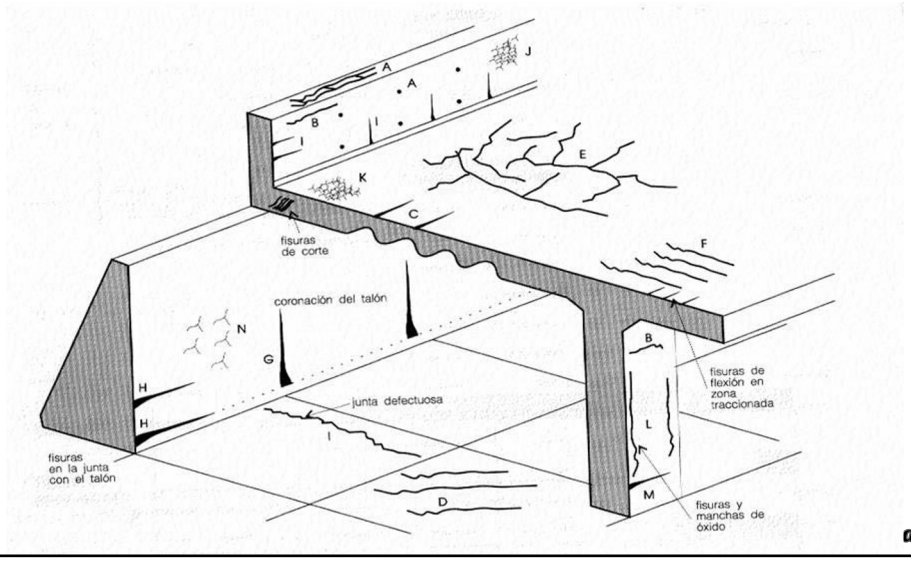
direitos reservados 2015

28

29

6.3.4 Estrutura

fissuras: térmicas, retração, ações, construtivas



30

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

31

A profissão do Engenheiro Civil é uma profissão de

“confiança pública”

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

32

Engenheiro Civil

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 2015 ***PhD Engenharia***

33

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 2015 ***PhD Engenharia***

34

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 2015

35

Edifício Palace II

Rio de Janeiro/RJ
Acidente: 22/02/1998
madrugada de domingo

Construção: 1990 →1996
22 andares + térreo

direitos reservados 2015

36

Edifício

Palace II

Rio de Janeiro

1998

domingo carnaval

25 andares

direitos r

PhD Engenharia

37

JORNAL DO BRASIL

ATENDIMENTO AO ASSINANTE 589-5000

FUNDADO EM 9 DE ABRIL DE 1891

© JORNAL DO BRASIL S A 1998 | Rio de Janeiro • Segunda-feira • 23 de fevereiro de 1998 • Ano CVII Nº 321 | 2ª Edição | Preço para o Rio: R$ 1,00

SONHOS NO CHÃO

João Cerqueira

A coluna com 44 apartamentos (igual à do edifício à direita) transformou-se em escombros

Prédio desaba na Barra e 8 desaparecem

■ Moradores já estavam na Justiça

Pelo menos oito pessoas quatro de uma família – estão desaparecidas desde o desabamento, às 4h30 de ontem, de uma coluna de 22 andares e 44 apartamentos de um edifício de 176 apartamentos do Condomínio Palace, na Barra da Tijuca. Os moradores – que começaram a sair com pertences por volta de 1h, depois de um estrondo denunciaram a má qualidade da obra, mas reconheceram que foram para o Palace II sem o Habite-se da prefeitura. A Construtora Sersan, do deputado federal Sérgio Naya (PPB-MG), que já teve problemas com a fiscalização da prefeitura, estava sendo processada por moradores do condomínio. A busca a eventuais vítimas algumas pessoas estavam no prédio quando ele desabou foi suspensa porque o restante da construção, que está sustentada pelos escombros, pode desabar a qualquer momento. (Páginas 12, 13 e 14)

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

38

http://pt.wikipedia.org/wiki/Palace_II
direitos reservados 2015
PhD Engenharia

39

http://blogluciano-amoran.blogspot.com.br/2013/02/implosao-do-palace-ii-completa-15-anos.html

40

PALACE II

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

41

PhD Engenharia

42

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

43

FOLHA DE S.PAULO quarta-feira, 4 de março de 1998 são paulo / 3 ■ 5

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

Editoria de Arte/Folha Imagem

Os problemas encontrados no Palace 1

1 trincas em elementos estruturais nos subsolos, como vigas e pilares
2 instalações metálicas expostas e em adiantado estado de corrosão
3 deformações acentuadas nas lajes do piso do pavimento térreo
4 manchas generalizadas decorrentes de infiltrações
5 instalações prediais (elétrica e hidráulica) em estado precário de utilização
6 desprendimento do revestimento externo (em mármore) das fachadas
7 desprendimento do piso do pavimento térreo

O que a Sersan foi intimada a fazer

- monitoramento da edificação com equipamentos
- apresentação do relatório de análise de materiais, especialmente sobre a capacidade do concreto e sua composição química
- apresentação do projeto de reforço estrutural, com metodologia a ser aprovada pela Secretaria Municipal de Obras (prazo de 15 dias)
- execução do reforço estrutural (60 dias) e elaboração de parecer técnico conclusivo sobre as condições de segurança (30 dias)
- retirada e recomposição do revestimento e do pavimento danificados; o serviço deverá ser executado com aparadores para proteção aos transeuntes (60 dias)
- recuperação das instalações elétrica e hidráulica (60 dias)

FERNANDA DA ESCÓSSIA
da Sucursal do Rio

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

Segundo o laudo, o Palace 1 —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 desprendimento dos revestimentos da fachada e do piso.

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

O laudo afirma que o projeto de construção do Palace 1 é igual ao do prédio implodido, o que caracteriza uma situação de risco para a segurança de moradores.

"Chegamos à conclusão de que tem que ser feita uma obra rápida, para que não aconteça o colapso que aconteceu com o Palace 2", disse Marcel Iglicky, diretor do departamento de Vistoria da Secretaria de Urbanismo. Segundo ele, o Palace 1 apresenta hoje situação estável. Iglicky foi evasivo ao ser questionado sobre as possibilidades de um desabamento do prédio.

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

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

A construtora Sersan deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e refazer as instalações hidráulicas e elétricas. A intimação foi afixada no escritório da construtora.

Se não começar a cumprir em 24 horas as determinações da prefeitura, a Sersan poderá ser multada em até R$ 240,00. A multa é dobrada a cada dia de atraso.

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

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

44

PALACE I 10anos

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

45

Edifício Liberdade

Rio de Janeiro/RJ.
Acidente: 25/01/2012, quarta-feira às 20:30h.
Construção: 1938 → 1940
Idade: 72 anos

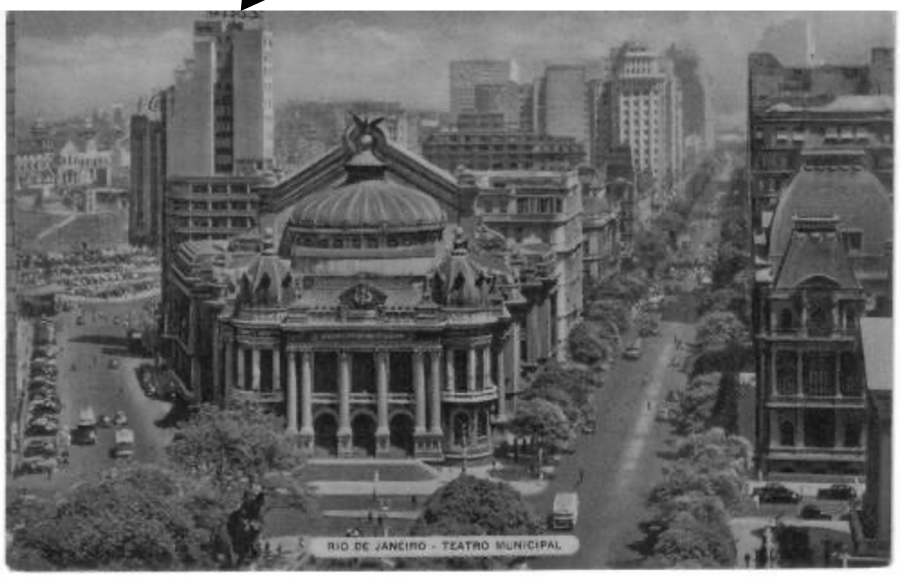
18 andares + loja + sobreloja

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

46

Projeto original: escalonado



Ed. Liberdade ao fundo do Teatro Municipal – Rio de Janeiro/RJ Ano de 1940

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

47

Semanas antes do acidente

Ed. Liberdade ao Rio de Janeiro/RJ Semanas antes do

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

48

-17 mortos no acidente;

Edifício Liberdade, Rio de Janeiro/RJ

PhD Engenharia

49

Reação em cadeia

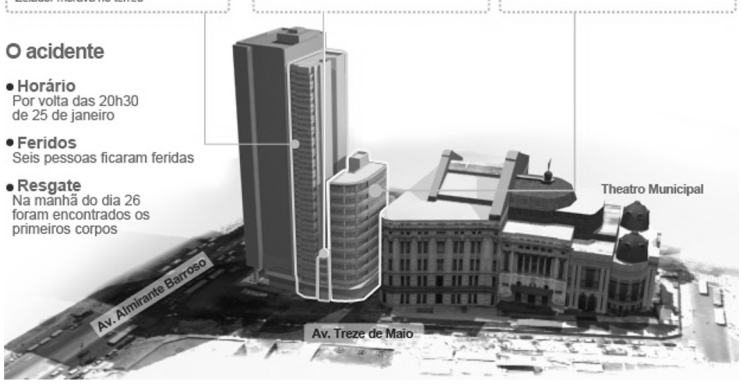
A queda dos 3 prédios no Centro do Rio

Edifício Liberdade*	Edifício 13 de maio, nº 40	Edifício Colombo
Andares: 20	Andares: 4	Andares: 10
Padrão: Comercial*	Padrão: Comercial	Padrão: Comercial
Construção: 1940	Construção: 1938	Construção: 1938
Estrutura: **18** pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja	Estrutura: **4** pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja	Estrutura: **10** pavimentos de salas comerciais + loja e sobreloja
Empresas: Várias, como no ramo turismo, de traduções e de RH	Empresas: Tinha uma loja de produtos naturais	Empresas: Agência bancária do Itaú no subsolo
Endereço: Avenida 13 de Maio, 44	Endereço: Avenida 13 de Maio, 40	Endereço: Avenida 13 de Maio, 38

*Zelador morava no térreo

O acidente

- **Horário**
  Por volta das 20h30 de 25 de janeiro
- **Feridos**
  Seis pessoas ficaram feridas
- **Resgate**
  Na manhã do dia 26 foram encontrados os primeiros corpos



Fonte: Globo, 2005

PhD Engenharia

50

direitos reservados 2011
PhD Engenharia

51

direitos reservados 2011
PhD Engenharia

52

Hipóteses

1) Alteração de uso:

Carga atuante em edifícios residenciais:
150kg/m²
(média mundial em 1938)

Carga atuante em edifícios de oficinas:
350kg/m²
(média mundial em 2010)

2) Demolição de paredes portantes

direitos reservados 2015

53

Colapso

1) Parecer encomendado por empresa responsável por reformas: ruptura de pilar frontal do prédio.

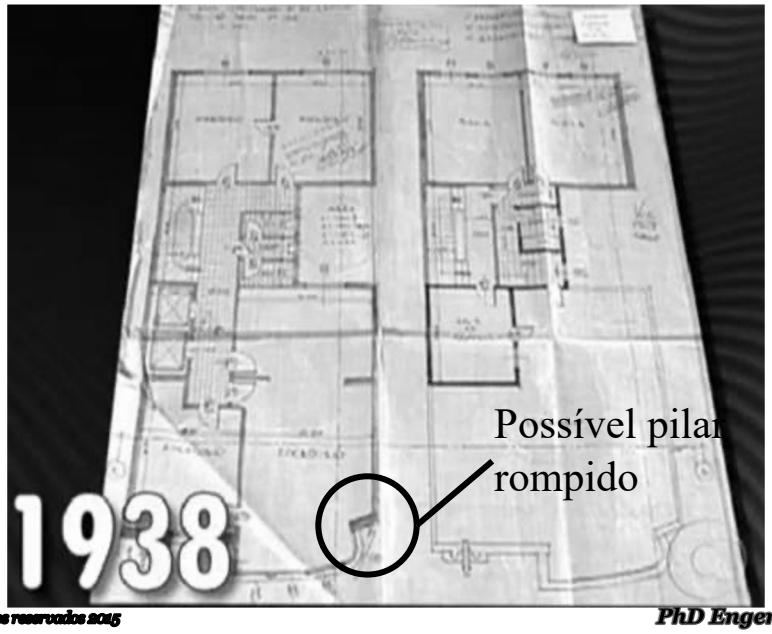
Hipóteses

1) Alteração de uso: inicialmente projetado para ser residencial mas posteriormente usado como escritórios;
2) Alteração do projeto original, resultando sobrecargas não previstas;
2) Reforma no 3º e 9º andar: sobrecarga e danificação de elementos estruturais;

direitos reservados 2015

54

Colapso: ruptura de pilar frontal do prédio



direitos reservados 2015

PhD Engenharia

55

2) Alteração do projeto original: sobrecarga nos pilares frontais

direitos reservados 2015

56

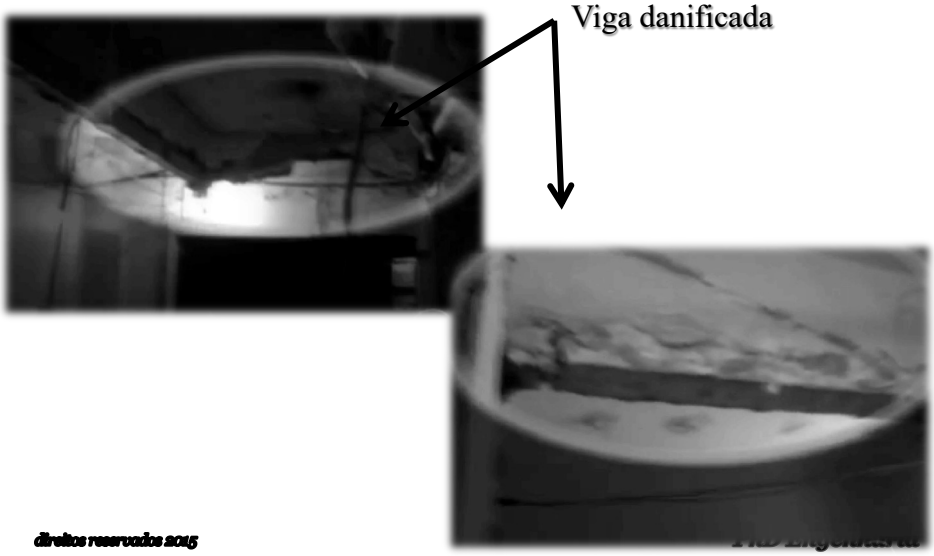
2) Alteração do projeto original

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

57

3) Reforma no 3° e 9° andar: danificação de elementos estruturais



direitos reservados 2015

58

4) Reforma no 3º e 9º andar: sobrecarga nas lajes

direitos reservados 2015

59

Avisos da Estrutura

1) A filha do zelador disse que não gostava de dormir ali, nos últimos tempos, pois o prédio estalava muito à noite;
2) Comerciante local viu reboco da fachada desplacar dias antes: "...o revestimento da fachada caia frequentemente... pedaços na calçada...";
3) Pedreiro que trabalhava na obra do 9º andar constatou que caia argamassa através do poço de elevador.

direitos reservados 2015

60

Avisos da Estrutura

1) Usuário do edifício contou que encontrou restos de argamassa na entrada do elevador e que isso era recente
2) Zelador e Sindico estavam desconformes com a extensão das reformas...
3) Engenheiro disse que eram reformas sem importância e nem precisava de engenheiro no local...

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

61

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

MAIS EM RIO

Guardas municipais vão virar zeladores do Rio

CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde

Após bate-boca, deputadas agora decidem se calar

Trem e Metrô apresentam problemas

Operários revelaram à polícia que serraram colunas do Edifício Liberdade

Recomendar 272 recomendações. Cadastre-se para ver o que seus amigos recomendam.

Prédio foi um dos três que desabaram no dia 25 de janeiro na Cinelândia, provocando a morte de 17 pessoas e deixando cinco desaparecidas

GUSTAVO GOULART
ROGÉRIO DAFLON
DIEGO BARREIRO

Publicado: 2/04/12 - 23h42
Atualizado: 3/04/12 - 0h04

Like 272
Tweet 38
3
19
22

Avenida Treze de Maio, no local onde desabaram prédios no dia 25 de janeiro
(DOMINGOS PEIXOTO / AGÊNCIA O GLOBO)

RIO - Depoimentos dados à polícia por operários que trabalharam na reforma do nono andar do Edifício Liberdade, na Cinelândia, mostram que foram derrubados pelo menos um pilar e paredes de concreto armado. O Liberdade foi um dos três prédios que desabaram no dia 25 de janeiro, provocando a morte de 17 pessoas e deixando cinco desaparecidas.

Segundo o depoimento do operário Wanderley Muniz da Silva — a que O GLOBO teve acesso —, "todas as paredes foram derrubadas, à exceção das da sala dos arquivos da T.O. e de parte da parede que dividia as salas do lado esquerdo do banheiro". Wanderley diz que o andar "virou

PUBLICIDADE

para diferentes perfis, um tipo de assinatura.

ÚLTIMAS NOTÍCIAS DE RIO

Trem e Metrô apresentam problemas nesta manhã

Guardas municipais vão virar zeladores do Rio

CGU vai investigar ex-assessor do Ministério da Saúde

Após bate-boca, deputadas agora decidem se calar

Polícia apura vazamento de relatório sobre Rocinha

Siga @OGlobo_Rio

O Globo on Facebook
Like 293,415

PhD Engenharia

62

Reflexão

A legislação brasileira permite que se façam reformas internas sem a contratação de um Engenheiro, desde que não afete estruturas.

Um leigo não consegue identificar as diferenças entre alvenaria estrutural e estrutura reticulada.

Além disso os edifícios estão envelhecendo...

Não há Justiça sem um Advogado e …

...Não há segurança sem um Engenheiro!

direitos reservados 2015

63

direitos reservados 2015

64

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

65

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

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 estudan-

to, 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.

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

O Dia Press

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

66

O que acontece quando um avião colide com uma parede de concreto??

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

67

Edifício Comercial

2009
fissuras em lajes
obra nova

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

68

69

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

70

71

72

Edifício Comercial

2009
fissuras e flechas
em lajes
obra em construção

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

73

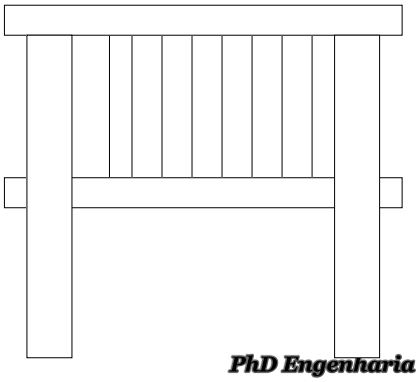
direitos reservados 2015

PhD Engenharia

74

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

dimensionada para 150kg/m²



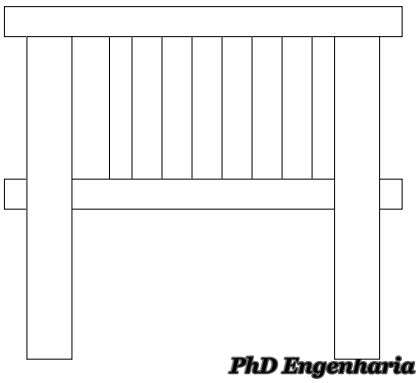
1 ano de idade

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

75

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



1 ano de idade

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

76

77

78

“Engarrafamento” de armaduras

O famoso gogó da Ema...

direitos reservados 2015

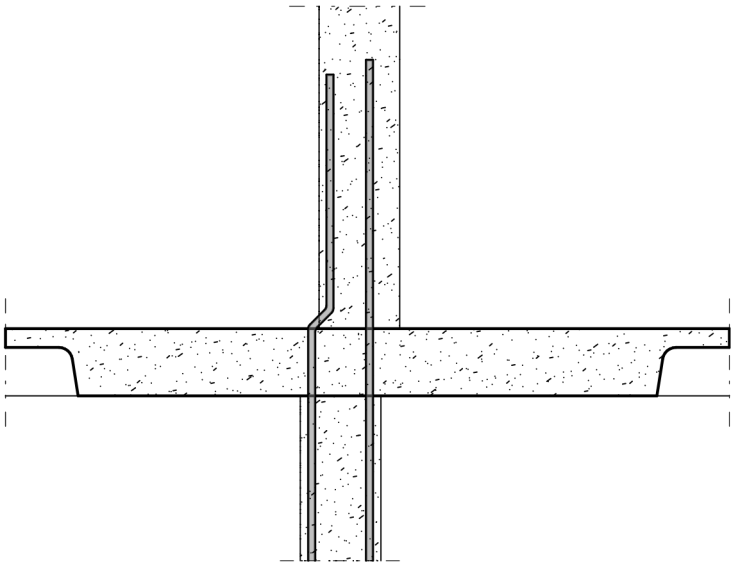
PhD Engenharia

79

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

80



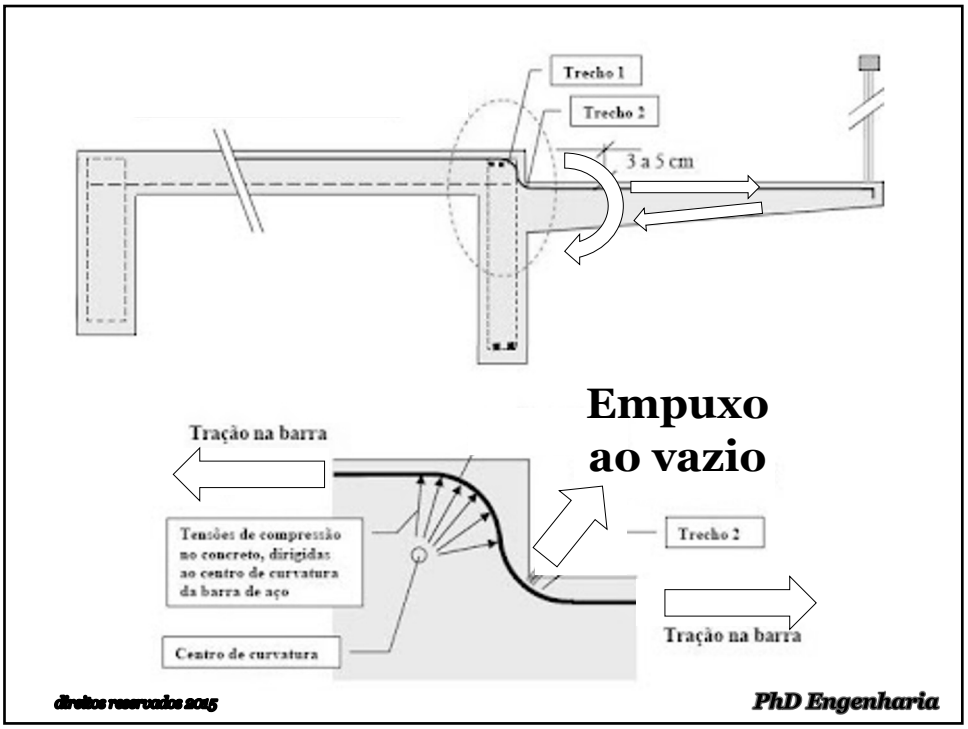
direitos reservados 2015

PhD Engenharia

81

direitos reservados 2015

82


Trecho 1
Trecho 2
3 a 5 cm
Empuxo
ao vazio
Tração na barra
Tensões de compressão no concreto, dirigidas ao centro de curvatura da barra de aço
Trecho 2
Tração na barra
Centro de curvatura
direitos reservados 2015
PhD Engenharia

83

direitos reservados 2015
PhD Engenharia

84

Shopping Rio Poty

Teresina/PI
11.06.2013

colapsou 40.000m²
4 lajes protendidas
3 pavimentos
vãos 7,5m x 7,5m

obra em construção

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

85

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

86

87

88

89

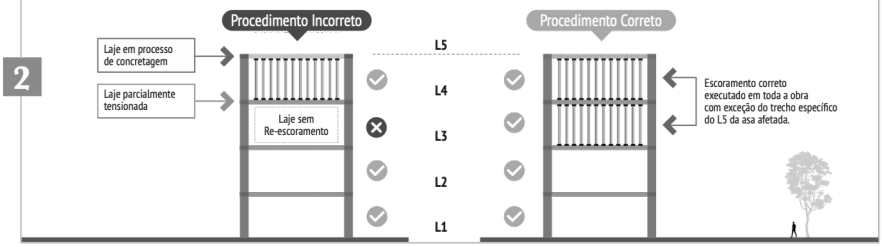
Comunicado

Shopping Rio Poty

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

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

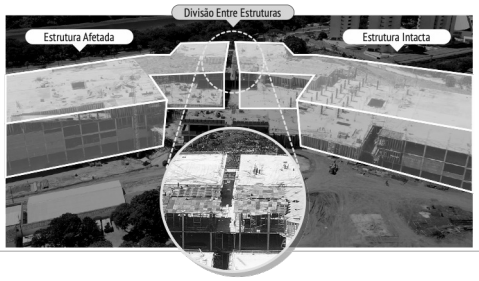
2 Na fase final da concretagem de trecho do L5, a soma das cargas de duas lajes (L4+L5), sob uma única laje (L4) PARCIALMENTE TENSIONADA e NÃO ESCORADA, acarretou no colapso em cadeia da estrutura.



90

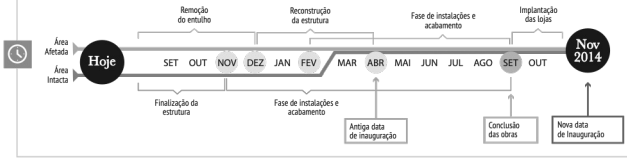
O fundamental a destacar é que as estruturas são SEPARADAS em duas asas distintas. Ou seja, a estrutura remanescente sempre se manteve completamente independente daquela que foi afetada. Por conta disso, a estrutura remanescente PERMANECE INTACTA.

3



PRÓXIMOS PASSOS

O plano de retomada será executado em duas frentes simultâneas. Um grupo de colaboradores concluirá a estrutura intacta. O segundo grupo se encarregará da reconstrução da área afetada.



Mais uma vez faz-se questão de agradecer aos cidadãos piauienses por todas as manifestações de solidariedade e apoio. O Shopping Rio Poty é desde já um marco no desenvolvimento social, cultural e econômico da cidade de Teresina. Em novembro de 2014, ele estará pronto para receber a todos de braços abertos!

Rio Poty

Mais informações na nossa Fanpage: www.facebook.com/ShoppingRioPoty

direitos ... ngenharia

91

CREA-PI
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Piauí

RELATÓRIO TÉCNICO SOBRE O DESABAMENTO DA OBRA DO SHOPPING RIO POTY

Teresina, Piauí

Setembro de 2013

Praça Demóstenes Avelino, 1767 / Centro • Teresina/PI • CEP: 64000-120
Fone: (86) 2107-9292 • Fax: (86) 2107-9253

direitos reser ... nharia

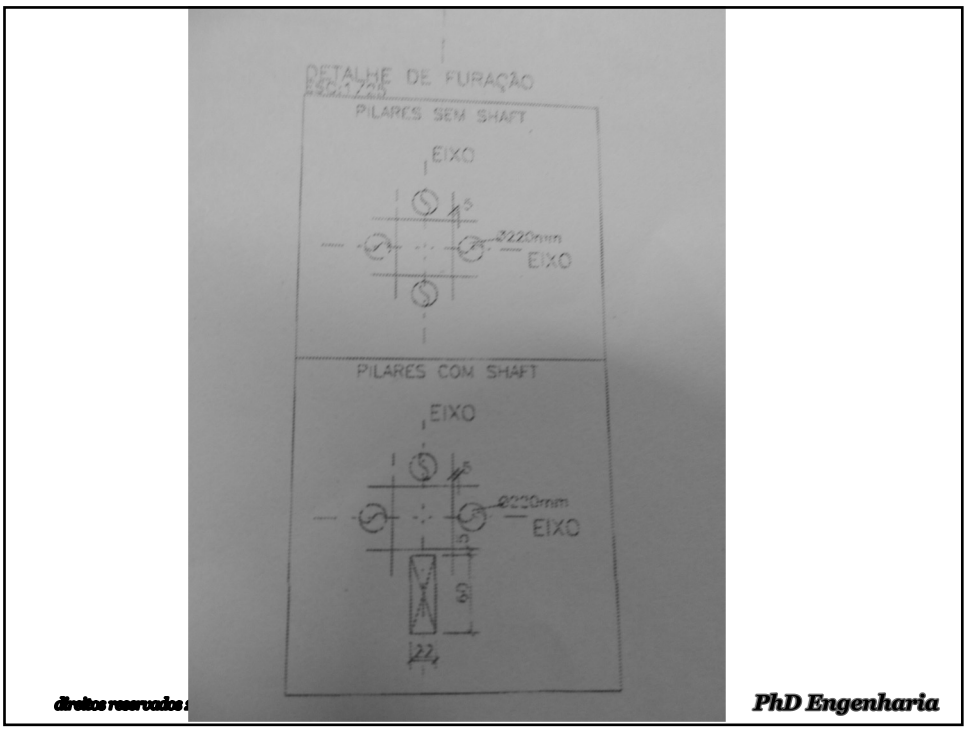
92

93

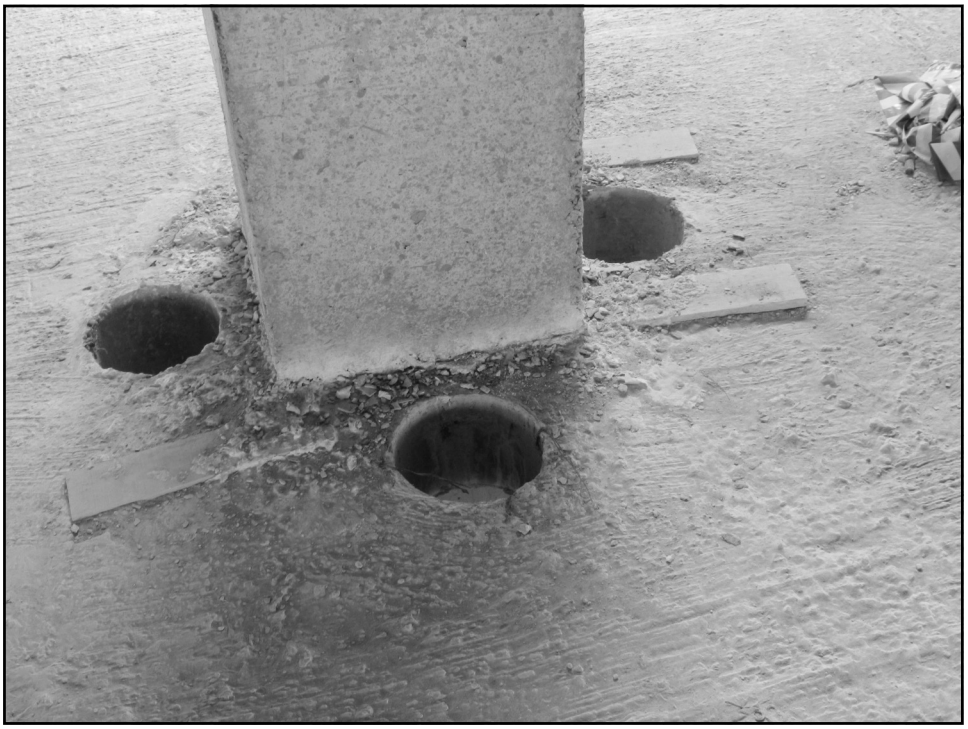
94

direitos reservados ao
PhD Engenharia

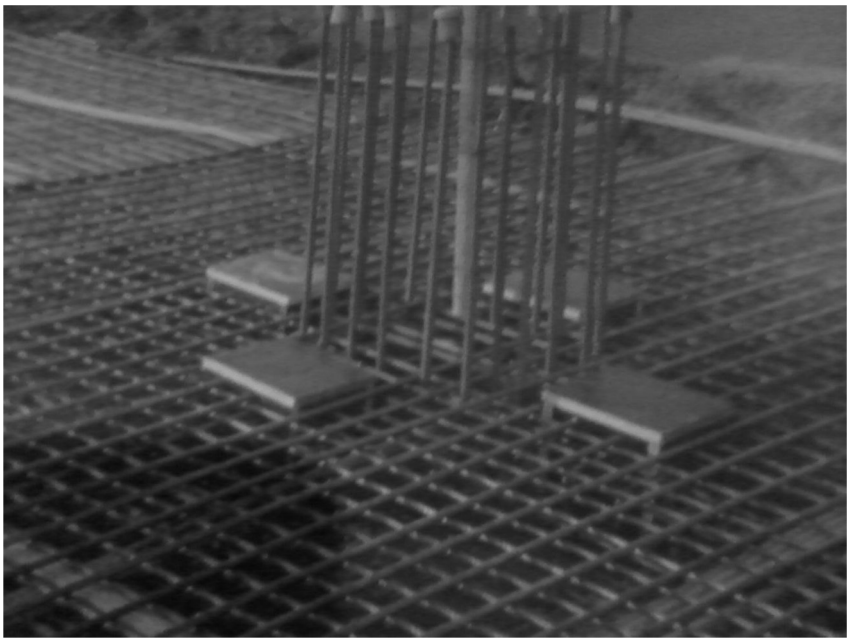
95


DETALHE DE FURAÇÃO
PILARES SEM SHAFT
EIXO
Ø220mm
EIXO
PILARES COM SHAFT
EIXO
Ø220mm
EIXO
direitos reservados
PhD Engenharia

96



97



direitos reservados 2015

PhD Engenharia

98

99

3.2.3.1 Punching outside the shear-reinforced zone

For large amounts of shear reinforcement concentrated in the immediate vicinity of the support region, punching may develop outside the shear-reinforced zone. This happens with development of a single crack localizing strains. The approach of the CSCT for members without shear reinforcement is thus applicable and Eq. (3.3) remains valid. It should be noted that the shear-resisting effective depth (d_v) depends on the geometry and anchorage conditions of the shear reinforcement, see Figure 3.10 and may significantly influence the shear strength.

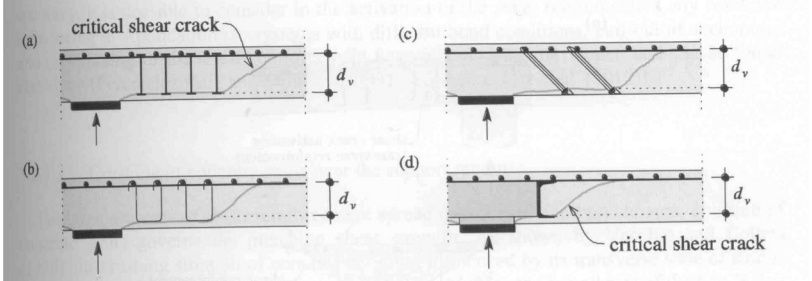


Fig. 3.10: Effective depth outside the shear-reinforced zone as a function of the punching shear reinforcing system: (a) studs; (b) stirrups; (c) bonded reinforcement with anchorage plates; and (d) shearheads

fib bulletin 57 – Shear and punching

PhD Engenharia

100

direitos reservados 2015
hD Engenharia

101

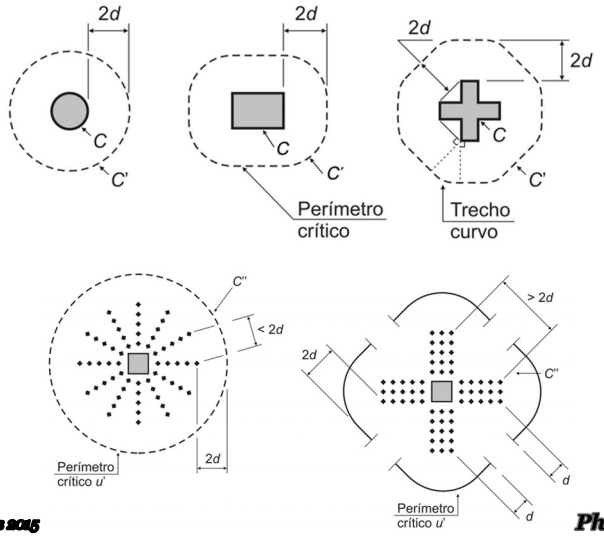
direitos reservados 20
PhD Engenharia

102

ABNT NBR 6118:2014

19.2 Dimensionamento e verificação de lajes - Estado limite último

19.5 Dimensionamento de lajes à punção



direitos reservados 2015

PhD Engenharia

103

Demolição do trecho que não caiu

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

104

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e antecipar-se aos problemas!

direitos reservados 2015

105

CONSTRUTOR

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

direitos reservados 2015

106

Pedreiro Suicida

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

107

Irresponsabilidade ou Incompetência?

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

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

108

109

Faixa mais escura e ainda umida onde possivelmente
há a presença de concreto "pobre"
Base do Tanque

110

- 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

direitos reservados 2015

111

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...

direitos reservados 2015

112

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

113

Irresponsabilidade ou Incompetência?

Caso 2:

Edifício habitacional

8º andar

f_{ck} = 40MPa

1 caminhão com 10MPa

9 pilares!

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

114

PERI
PERI
PERI

117

118

119

120

- 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

direitos reservados 2015

121

Dados do Edifício:

36pavimentos + 5subsolos

Edifício em uso há 1ano

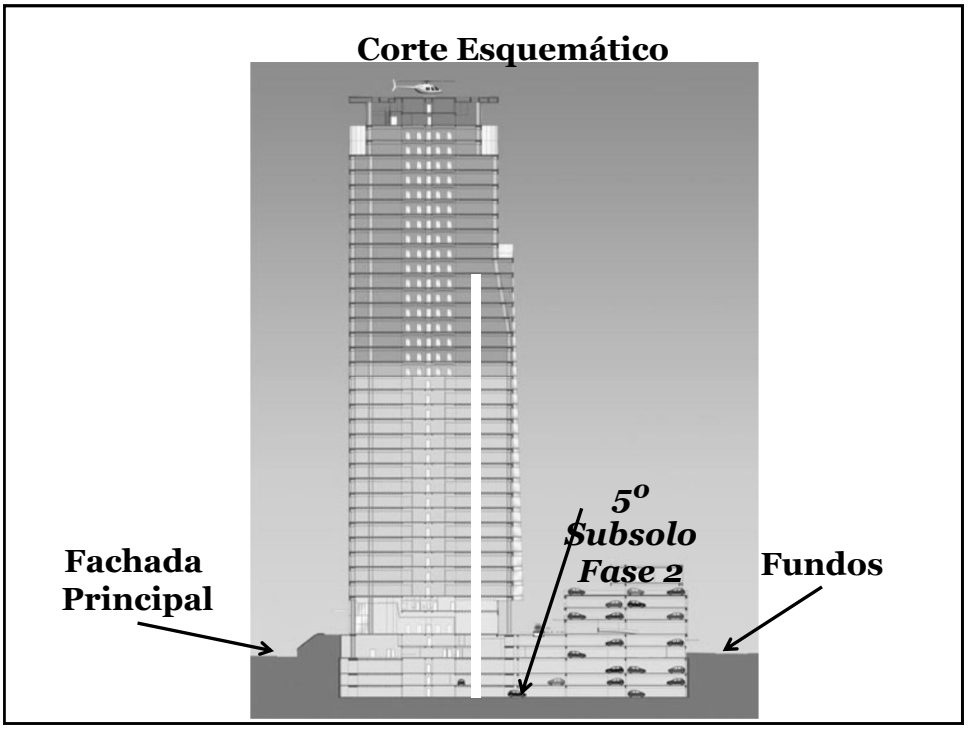
Fissurou 18 andares

Pilar P1 Esforços de projeto:

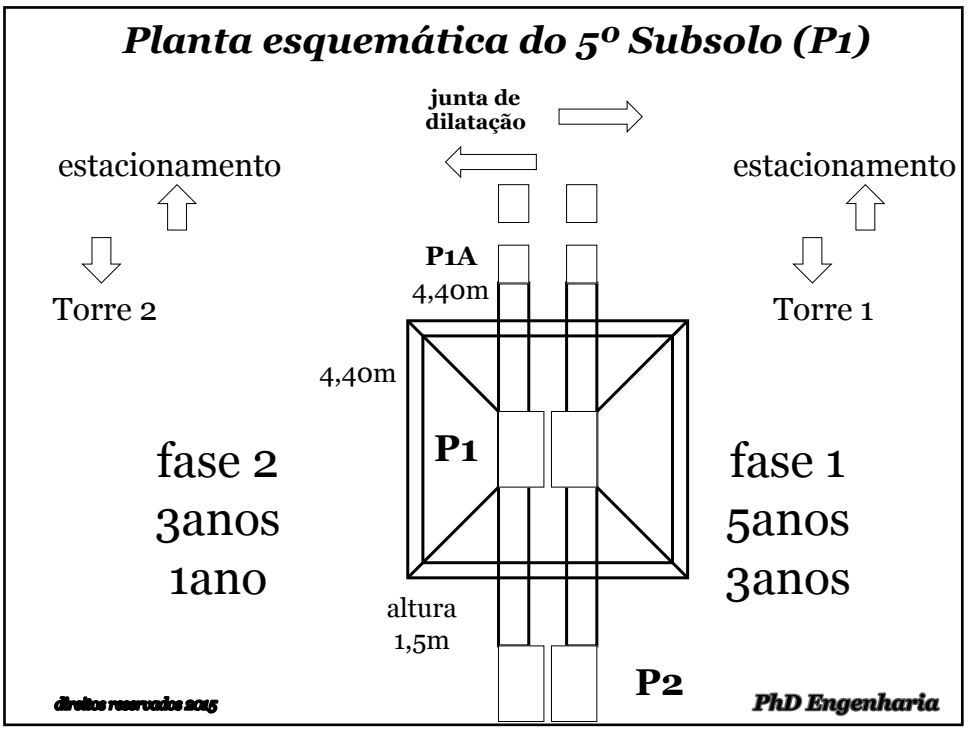
Normal: 1.253tf
Mx: 55tf.m
My: 8tf.m

direitos reservados 2015

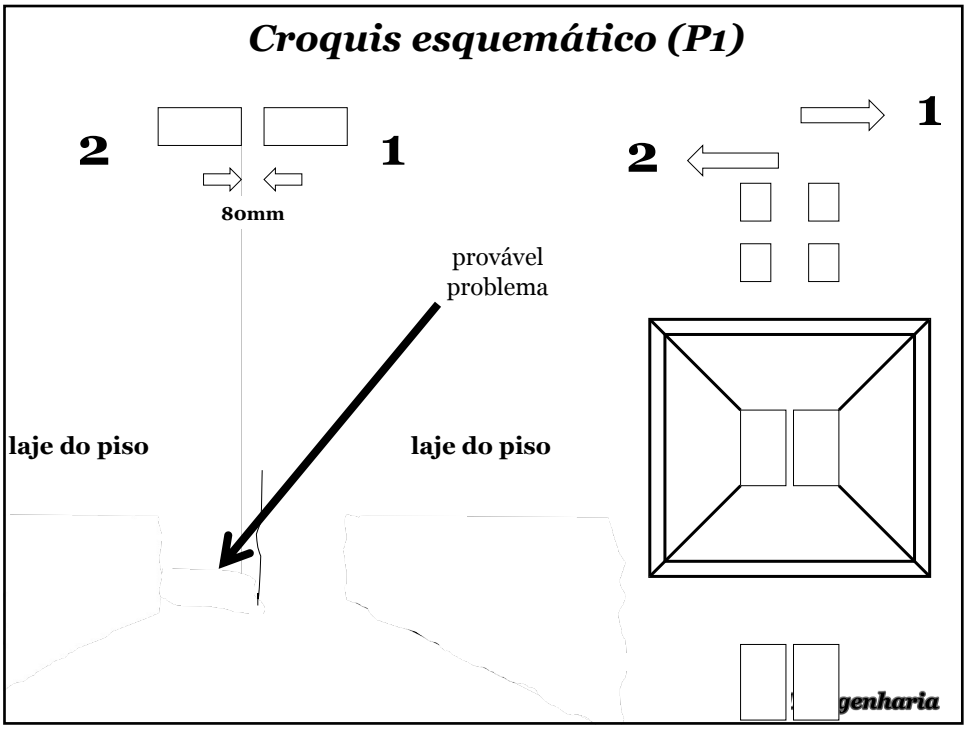
122


Corte Esquemático
5º
Subsolo
Fase 2
Fachada
Principal
Fundos

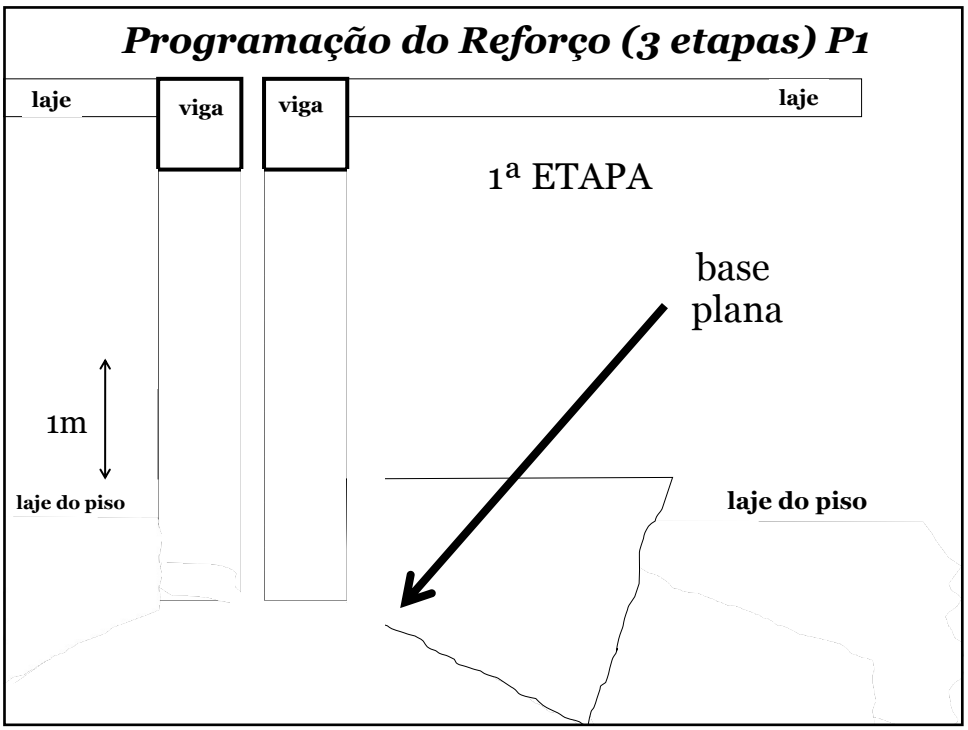
123


Planta esquemática do 5º Subsolo (P1)
junta de
dilatação
estacionamento
estacionamento
Torre 2
Torre 1
P1A
4,40m
4,40m
P1
fase 2
3anos
1ano
fase 1
5anos
3anos
altura
1,5m
P2
direitos reservados 2015
PhD Engenharia

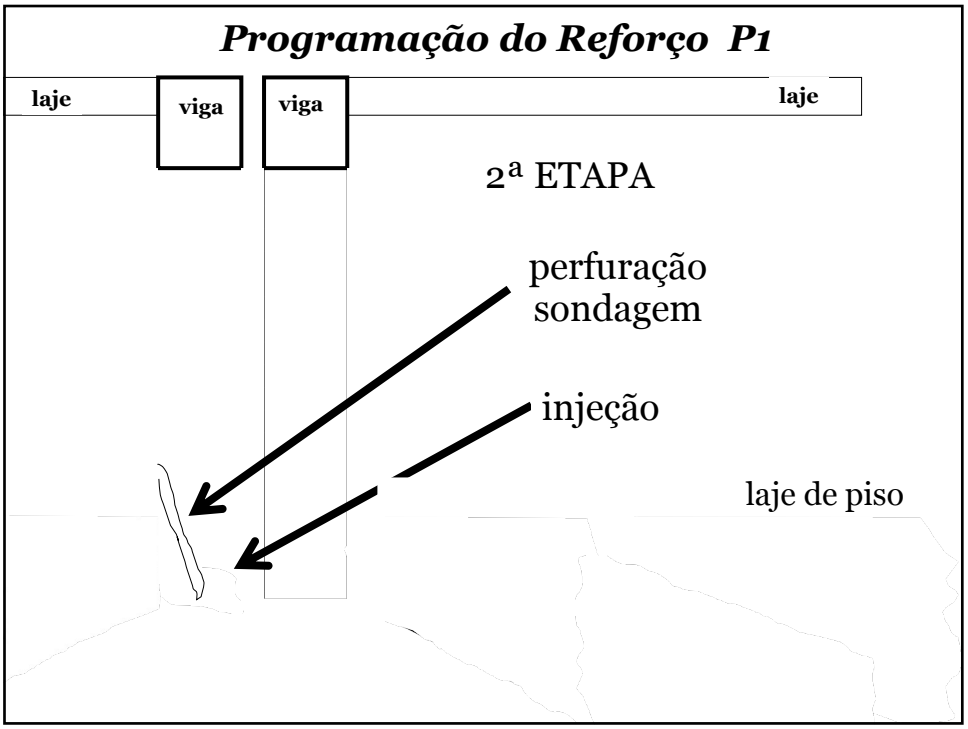
124


Croquis esquemático (P1)
2
1
80mm
provável
problema
laje do piso
laje do piso
2
1
genharia

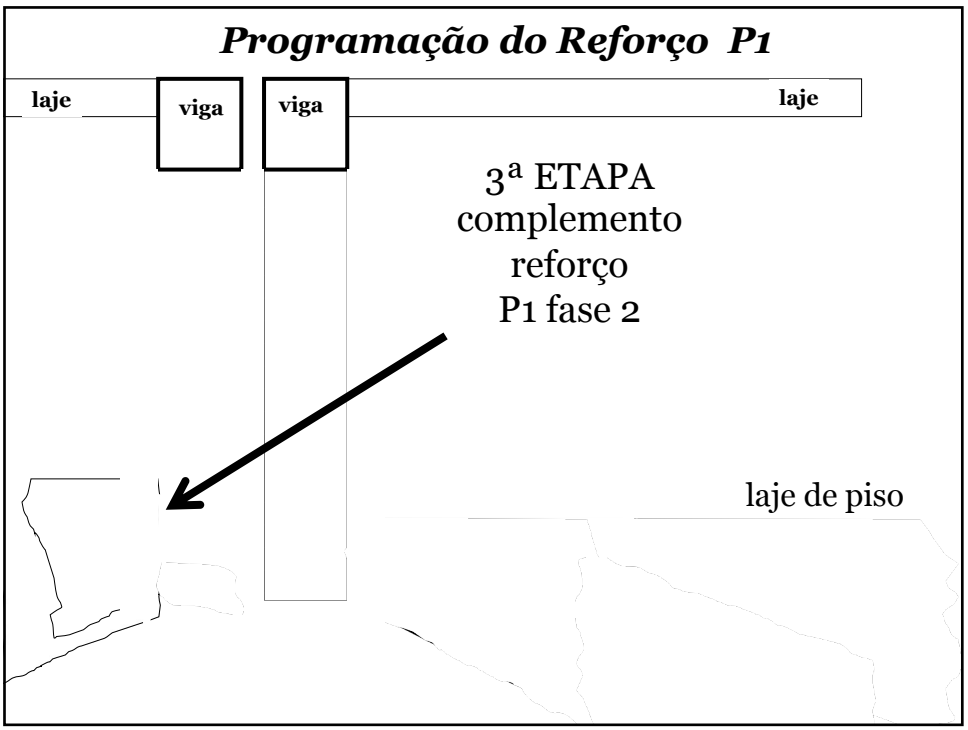
125


Programação do Reforço (3 etapas) P1
laje
viga
viga
laje
1ª ETAPA
base
plana
1m
laje do piso
laje do piso

126


Programação do Reforço P1
laje
viga
viga
laje
2ª ETAPA
perfuração
sondagem
injeção
laje de piso

127


Programação do Reforço P1
laje
viga
viga
laje
3ª ETAPA
complemento
reforço
P1 fase 2
laje de piso

128

Inspeção / Evidências

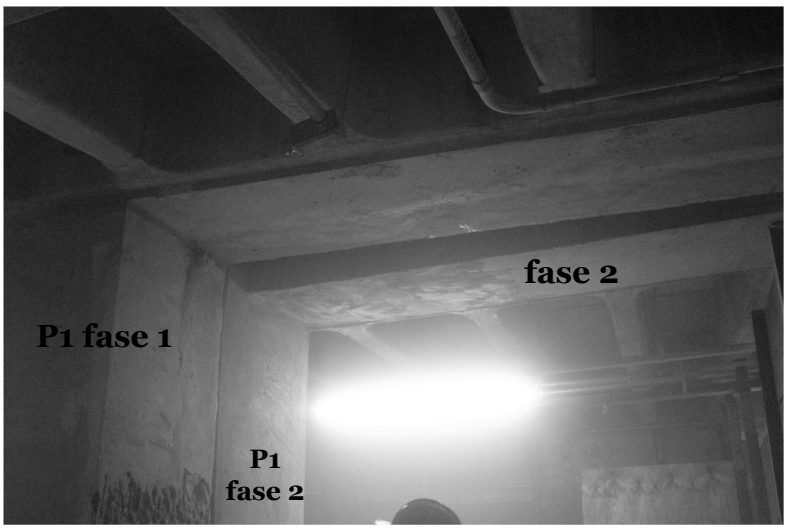
Desnivelamento

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

129

Inspeção / Evidências



Desnivelamento

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

130

Inspeção / Evidências

Fissuras em Vigas

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

131

Inspeção / Evidências

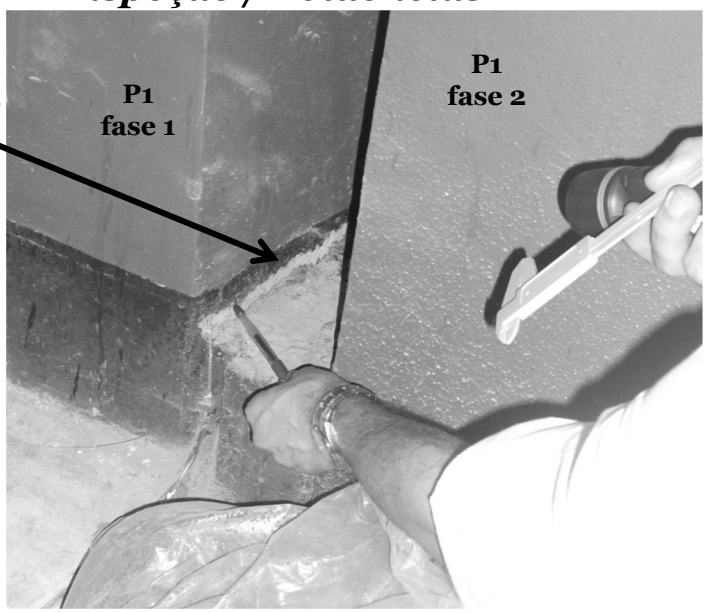
Fissuras em Vigas

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

132

Inspeção / Evidências



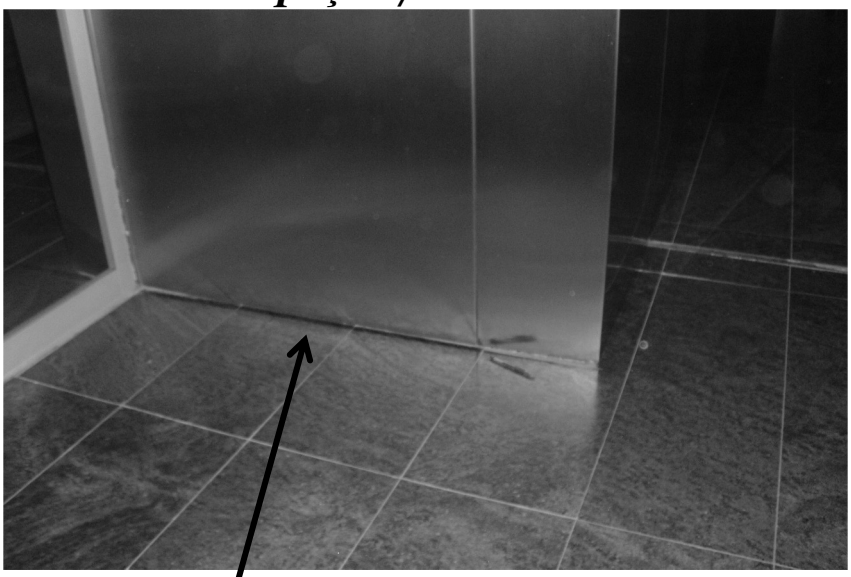
direitos reservados 2015

Desnivelamento nível S4

PhD Engenharia

133

Inspeção / Evidências



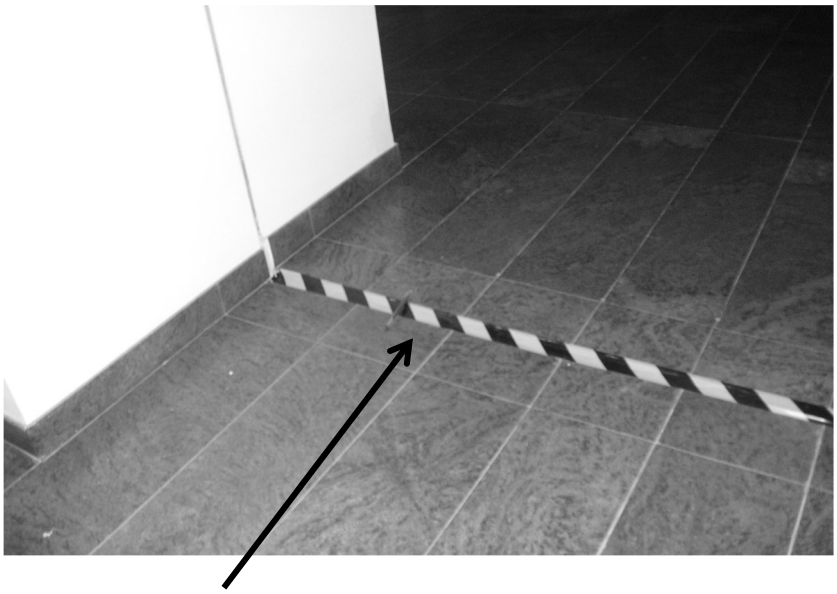
direitos reservados 2015

Desnivelamento nível S2

PhD Engenharia

134

Inspeção / Evidências



direitos reservados 2015

Desnivelamento nível S3

PhD Engenharia

135

Inspeção / Evidências

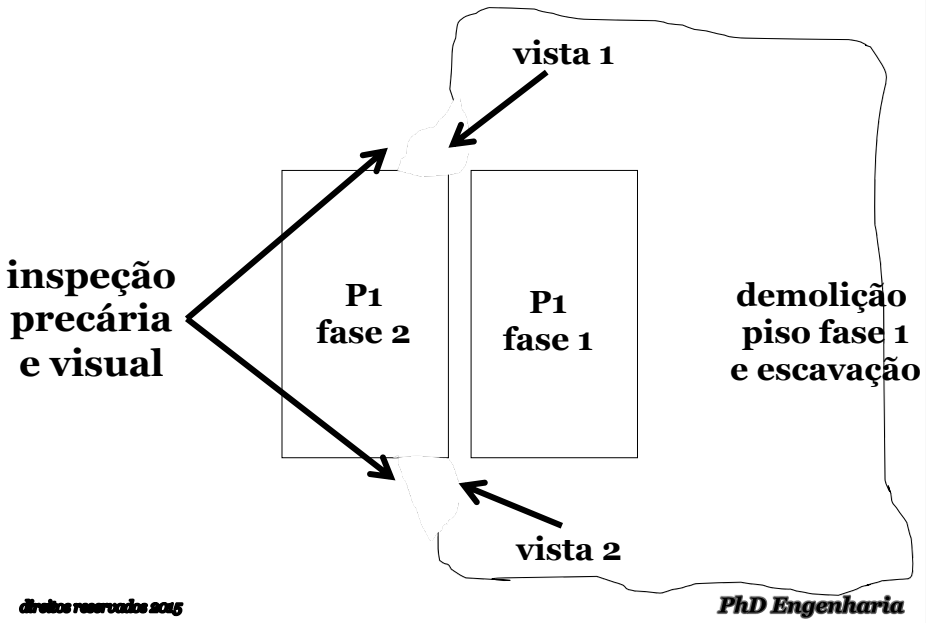
direitos reservados 2015

Desnivelamento e fissuras em vigas

PhD Engenharia

136

Inspeção

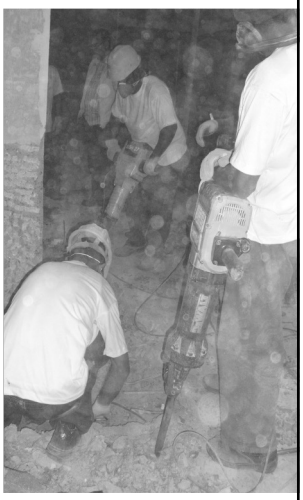


direitos reservados 2015

PhD Engenharia

137

Inspeção



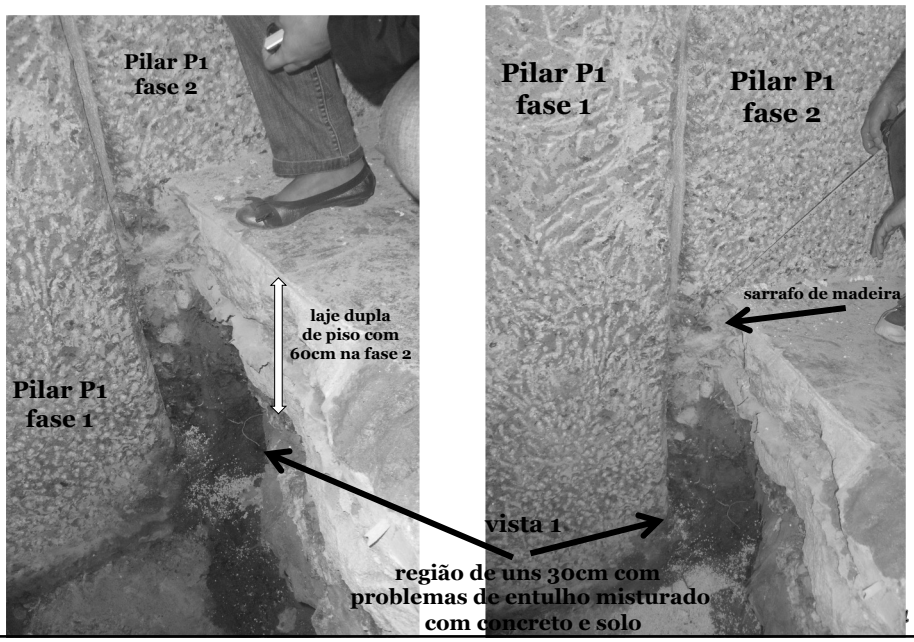
direitos reservados 2015

Demolição Piso fase 1

PhD Engenharia

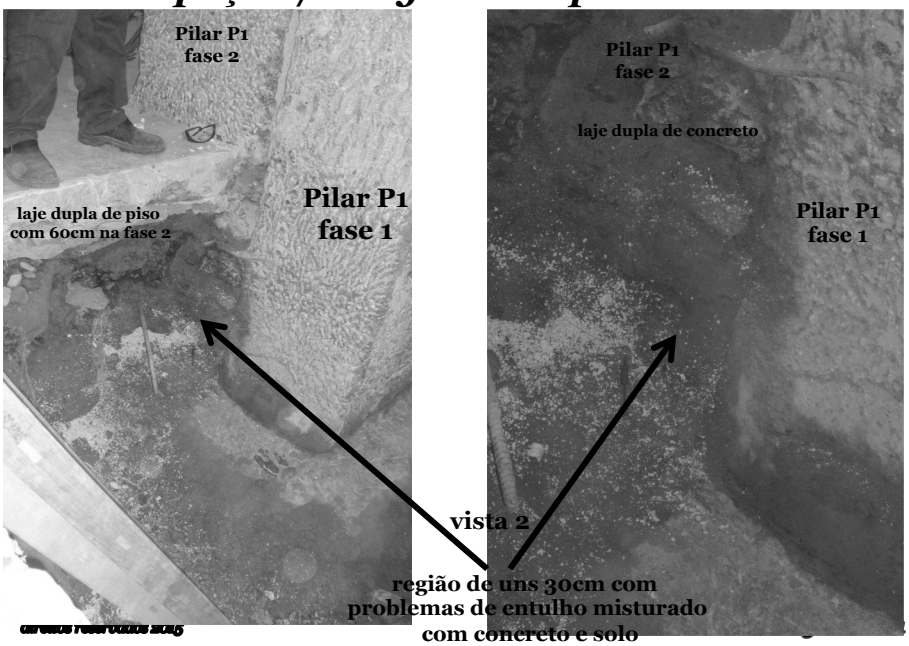
138

Inspeção / Diagnóstico preliminar



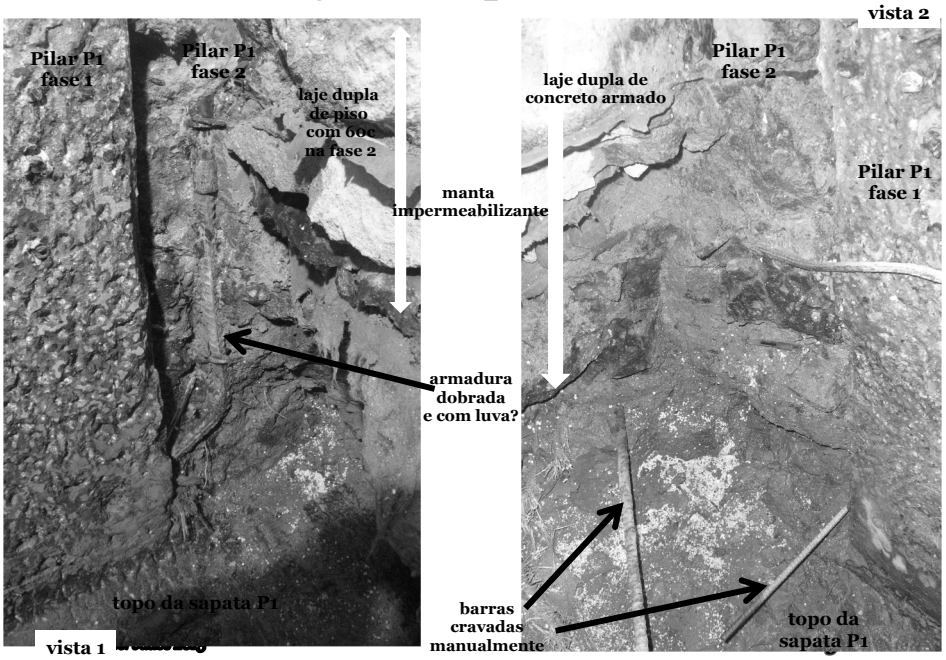
139

Inspeção / Diagnóstico preliminar



140

Diagnóstico preliminar

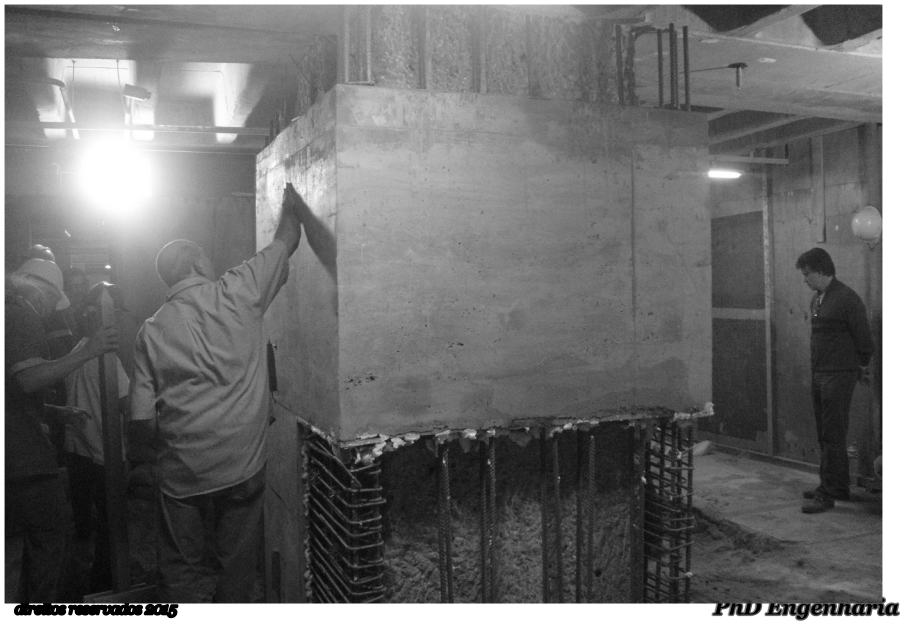


141

4.Preparação da fôrma

142

7.Desfôrma



direitos reservados 2015

PnD Engenharia

143

144

145

146

147

148

149

150

Pilar P1 acabado

151

Hipóteses prováveis...

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

152

Hipóteses prováveis...

d ria

153

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

154

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

155

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

156

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

157

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

158

Edifício Habitacional

armadura de pilares

obra nova

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

159

direitos

D Engenharia

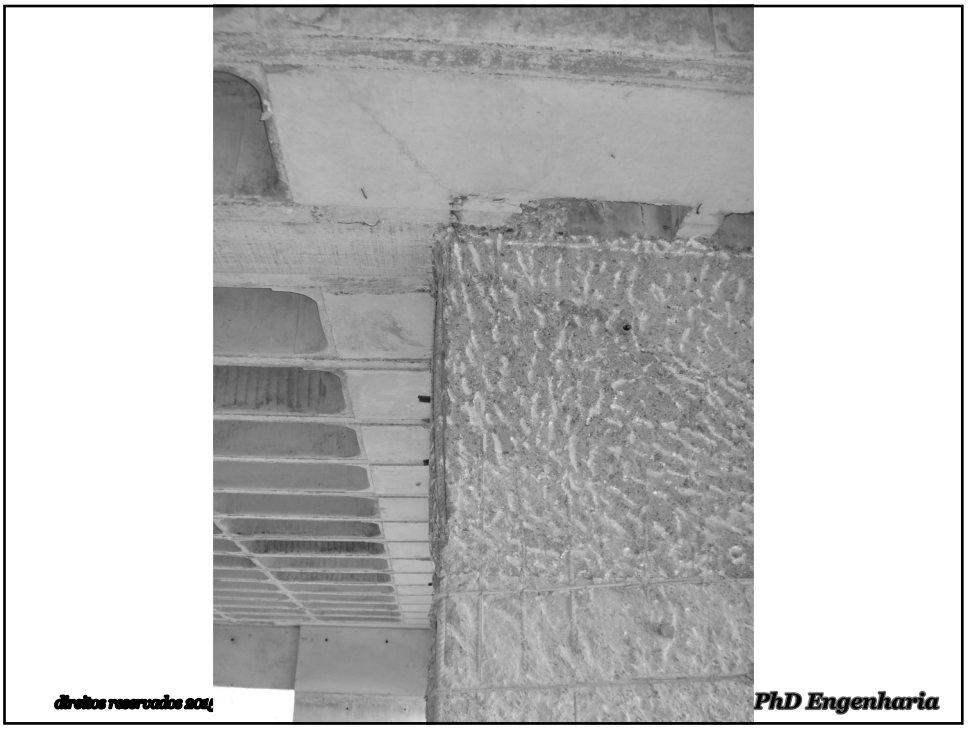
160

direitos reservados 2015
PhD Engenharia

161

direitos reservad
PhD Engenharia

162



163

164

Qual o papel do Construtor?

direitos reservados 2015

165

- ✓ 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 2015

166

terceirizar um serviço ≠ terceirizar responsabilidade

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

167

outro caso desastroso!

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

168

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 %

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

169

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.

170

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

171

Edifício Real Class

Belém do Pará

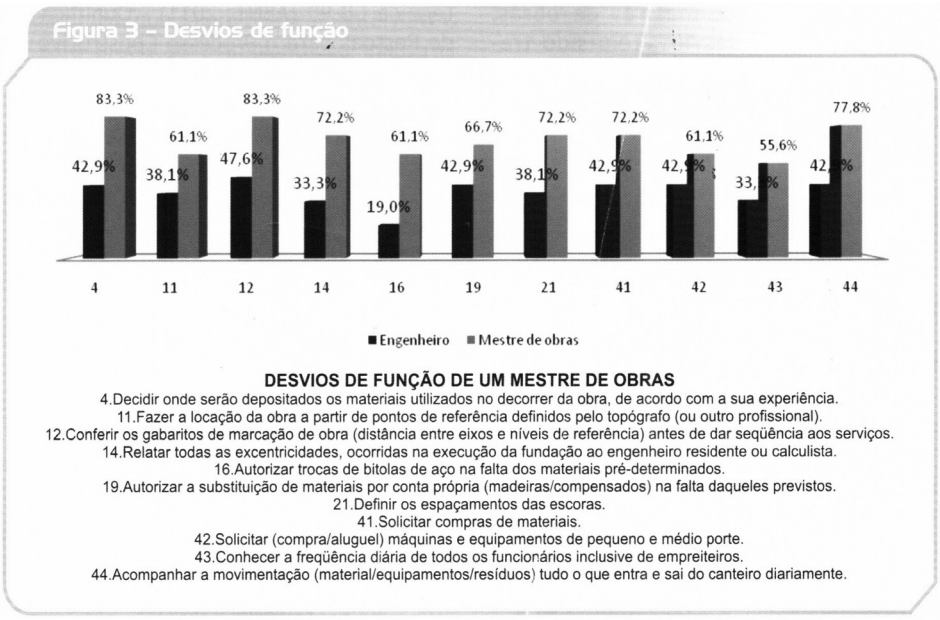
34 pavimentos

105m 20.01.2011 35MPa

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

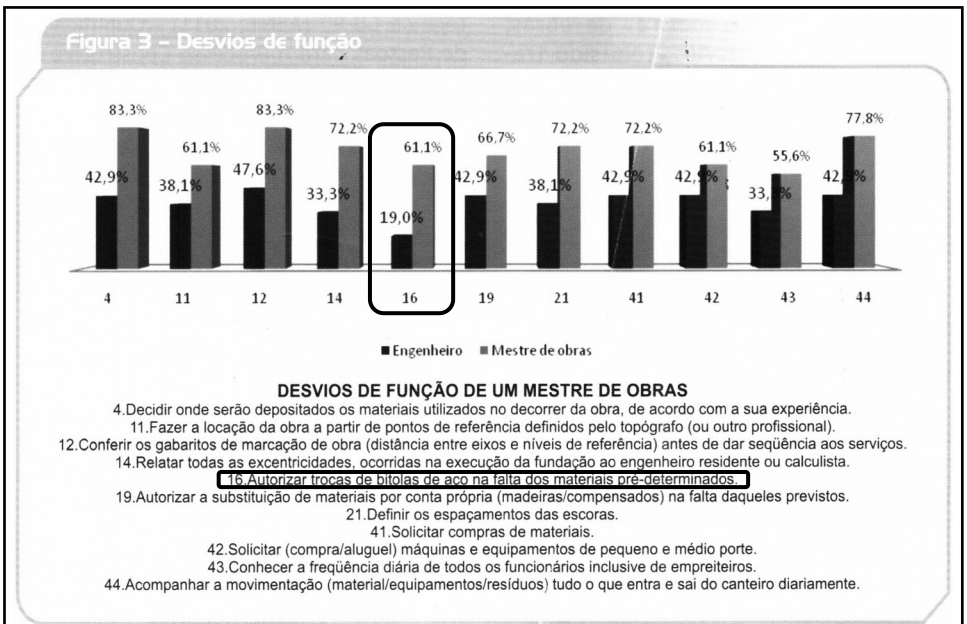
172



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 2015 **PhD Engenharia**

173



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 2015 **PhD Engenharia**

174

Edifício Habitacional

concretagem de pilares

obra nova

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

175

direitos reservados 20

hD Engenharia

176

177

178

179

Reparo Estrutural !?

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

PhD Engenharia

180

Reparo Estrutural !?

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

direitos reservados 2015

181

CONSTRUTOR

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

direitos reservados 2015

182

Edifício Areia Branca

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

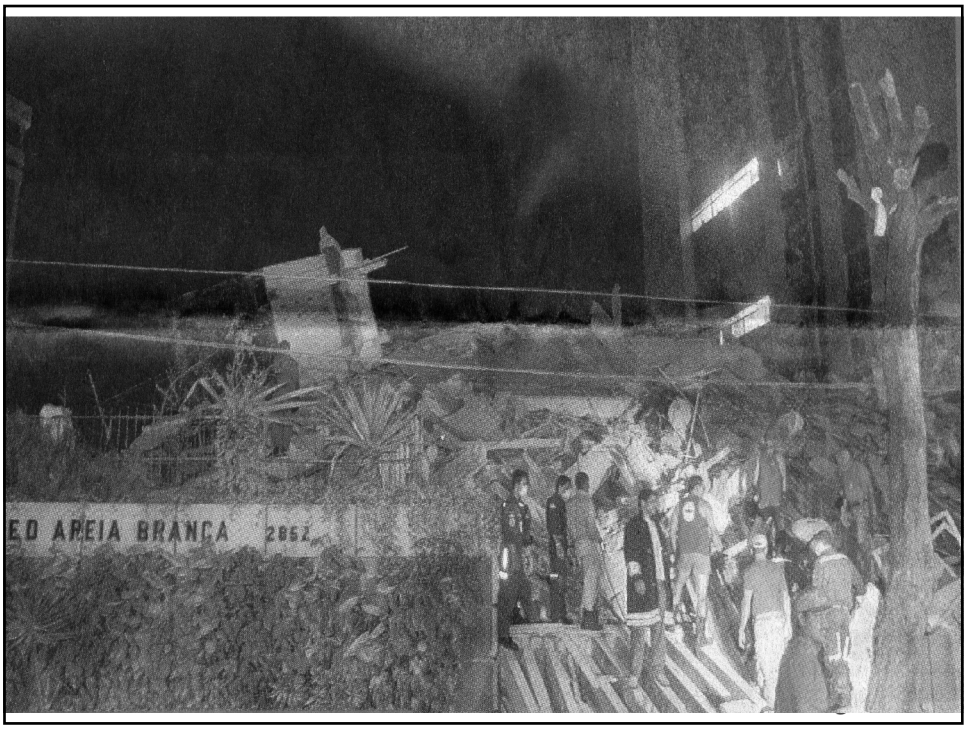
direitos reservados 2015
PhD Engenharia

183

EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco semanas antes

direitos reservados 2015
PhD Engenharia

184



185

Escombros - manhã seguinte do desabamento

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

186

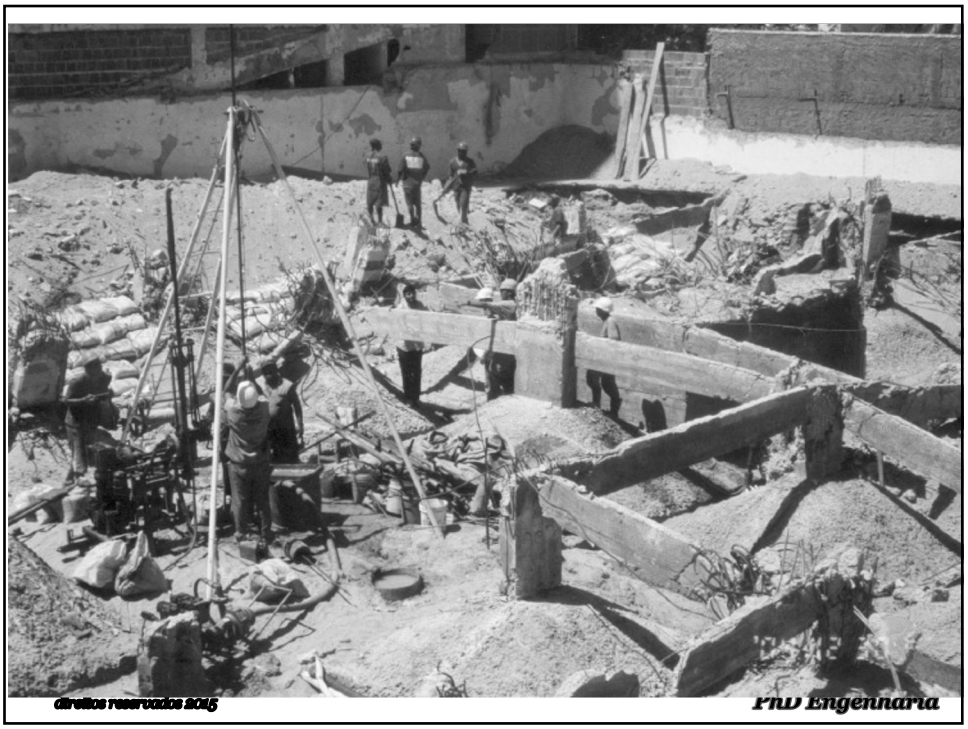
187

Edificações Vizinhas

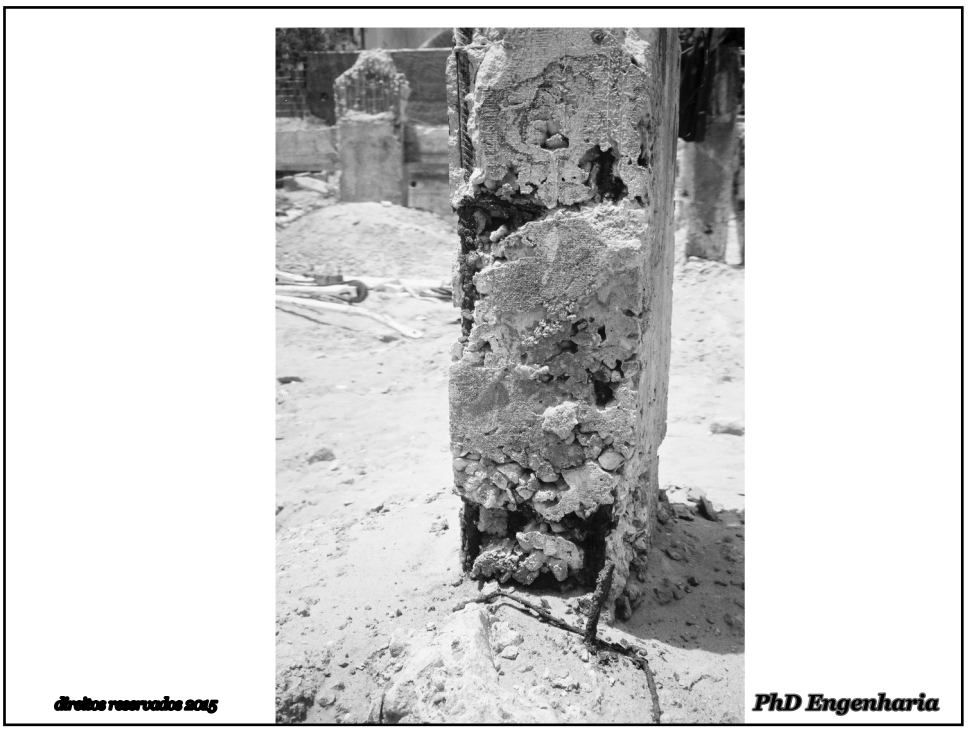
direitos reservados 2015

PhD Engenharia

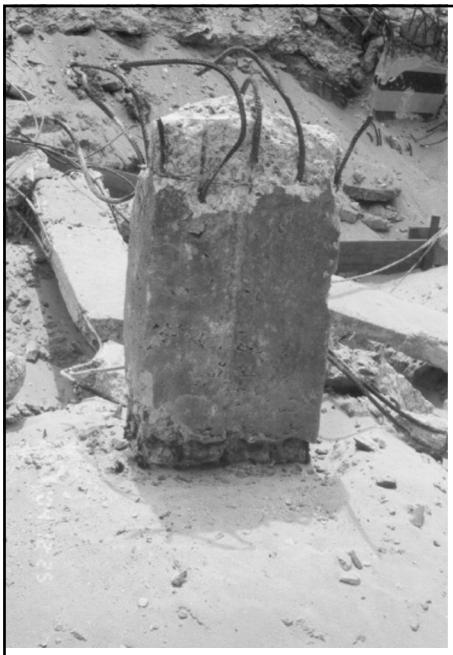
188


direitos reservados 2015
PhD Engenharia

189


direitos reservados 2015
PhD Engenharia

190



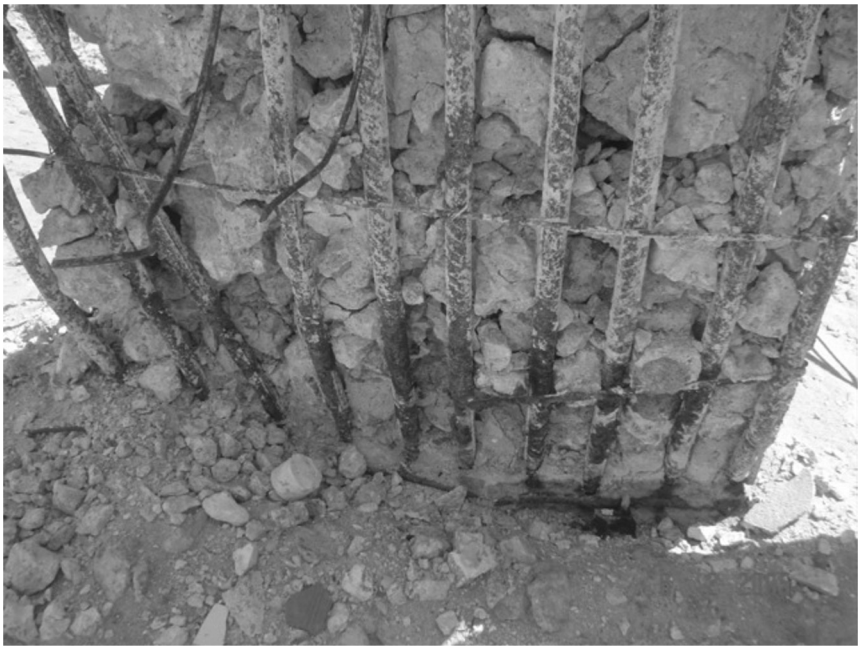
Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

191

192



direitos reservados 2015

PhD Engenharia

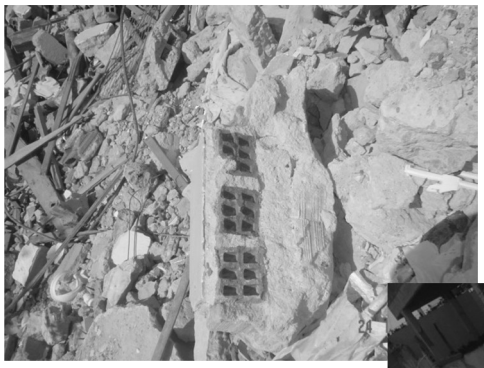
193

Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

194



> 20cm!!!

direitos reservados 2015

195

CONSTRUTOR

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

196

Edifício Emblemático

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

direitos reservados 2015

197

198

199

direitos reservados 2010

PhD Engenharia

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

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

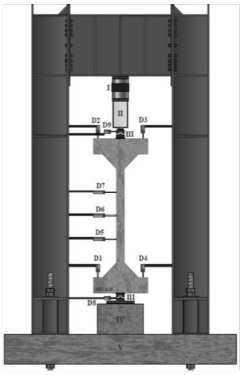
© 2011 - IBRACON - ISSN 2175-8182

2.2. Sistema de Ensaio

O esquema de vinculação utilizado no ensaio foi 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 excêntrica 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

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

212

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.

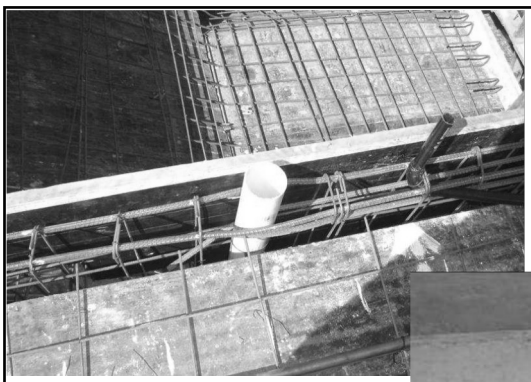
Tabela 2 - Carga, deslocamentos e deformações últimas e modos de ruptura

Modelos	$e_{inicial}$ (mm)	$F_{u,exp}$ (kN)	$D6_{,max}$ (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

213



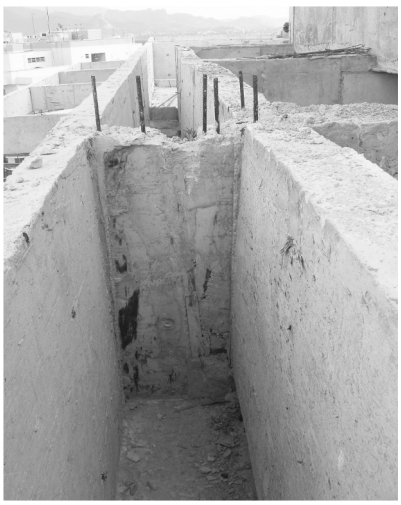
tubulações

Créditos: Eng. Marcos Carnaúba

direitos reservados 2015

214

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2015

PhD Engenharia

215

Por que ocorre isso?

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

216

Por que ocorre isso?

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

217

Por que ocorre isso?

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

218

Por que ocorre isso?

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

219

Por que ocorre isso?

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

220

Viaduto

Belo Horizonte/MG.
Acidente: 11/07/2013,
quinta-feira às 00:30h.
Construção: 2013
Idade: em fase de construção

4 andares + térreo

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

221

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

222

direitos reservados 2015

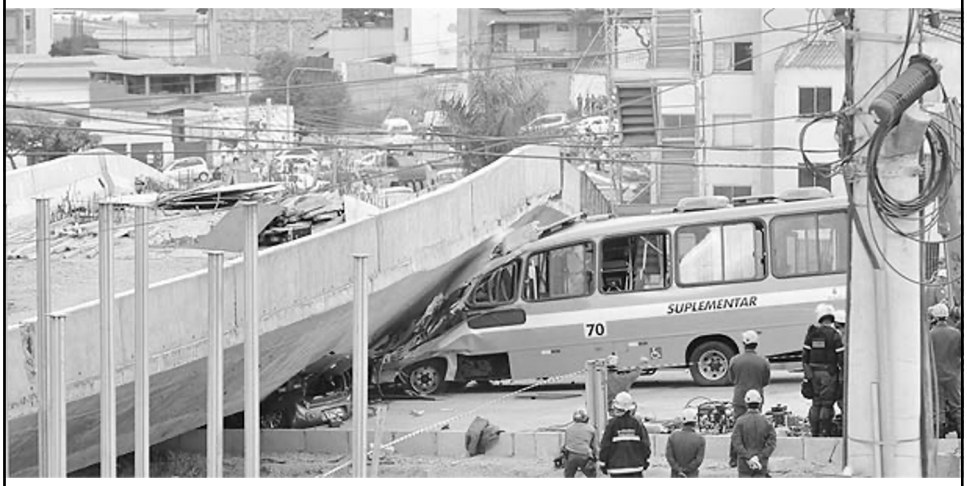
PhD Engenharia

223

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

224



direitos reservados 2015

PhD Engenharia

225

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

226

Vídeo - Construção

direitos reservados 2015

227

Vídeo - Colapso

direitos reservados 2015

228

229

230

Qual a MISSÃO do Construtor?

direitos reservados 2015

231

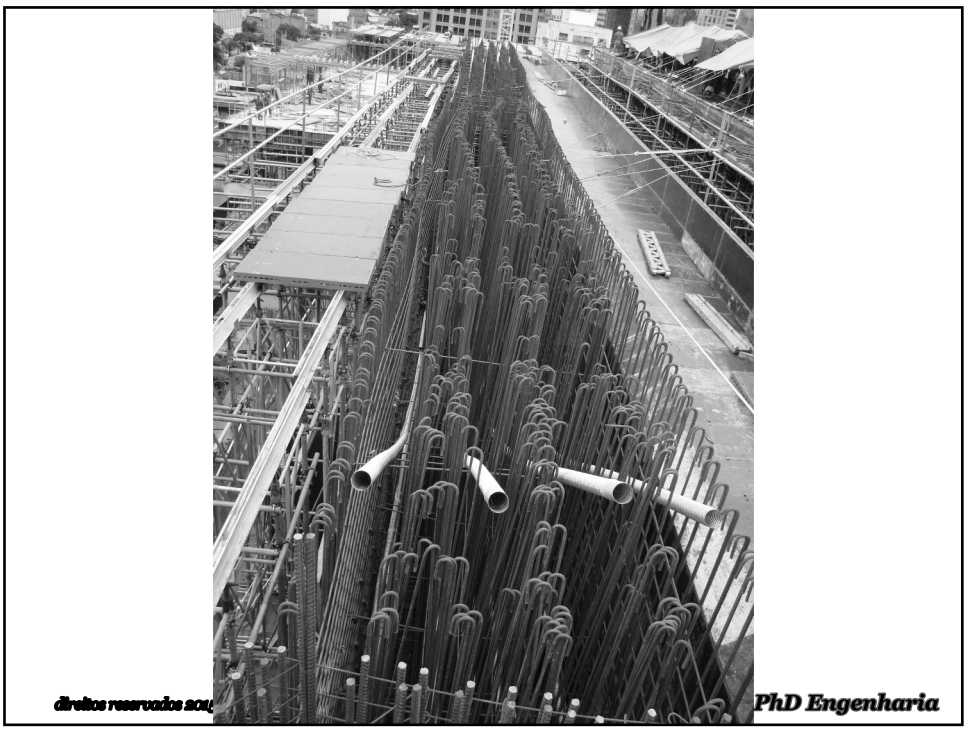
Qual a MISSÃO do Construtor?

- ✓ 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 2015

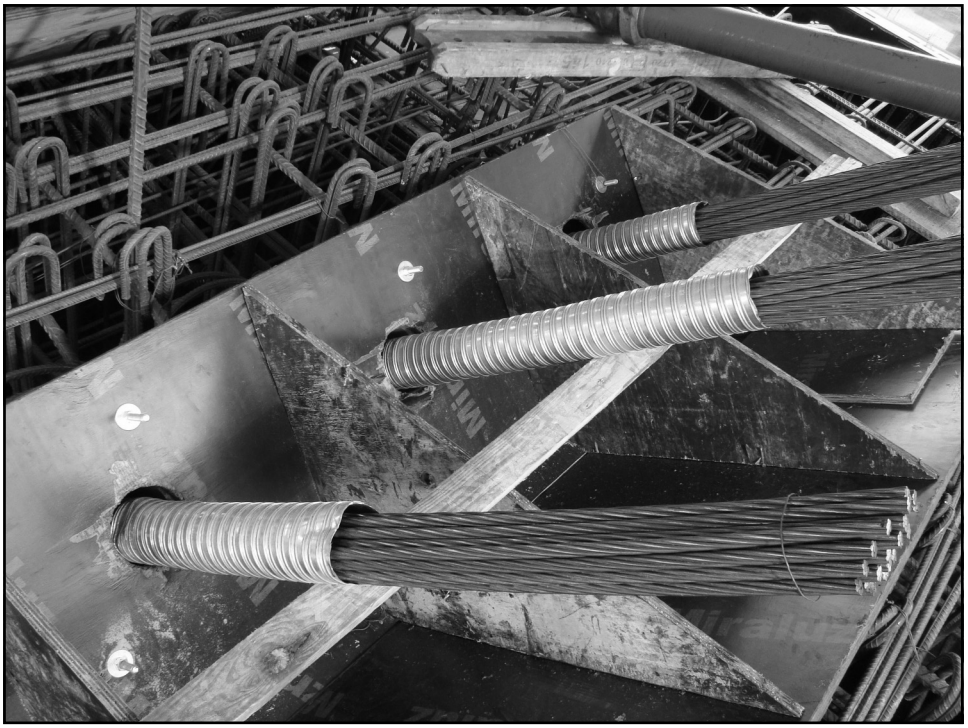
232

233



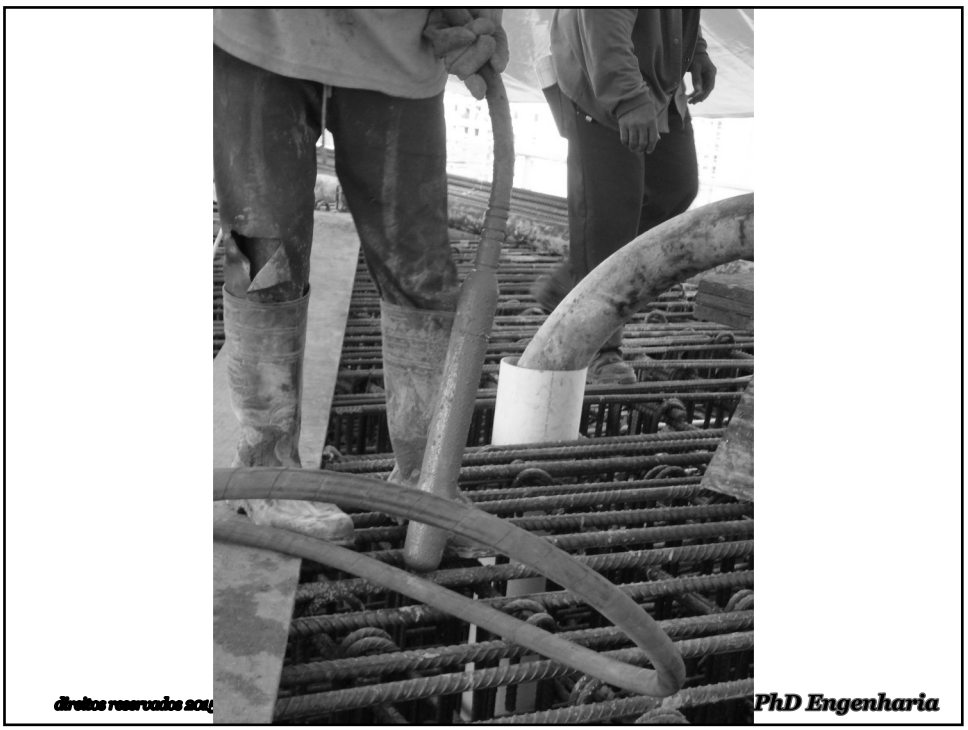
234

235

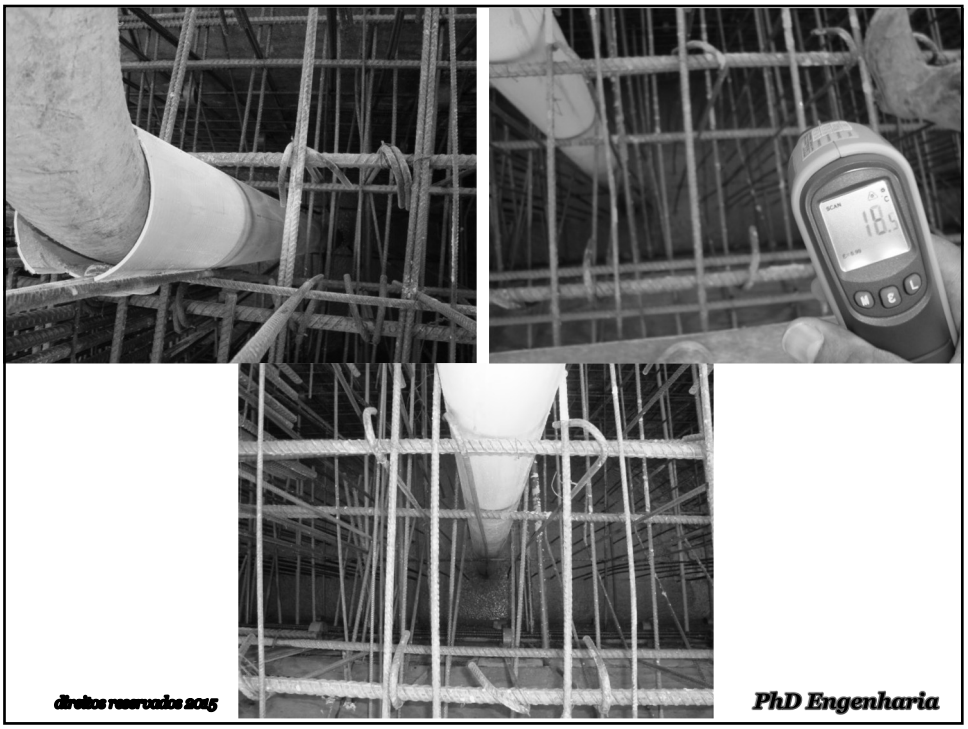


236

237

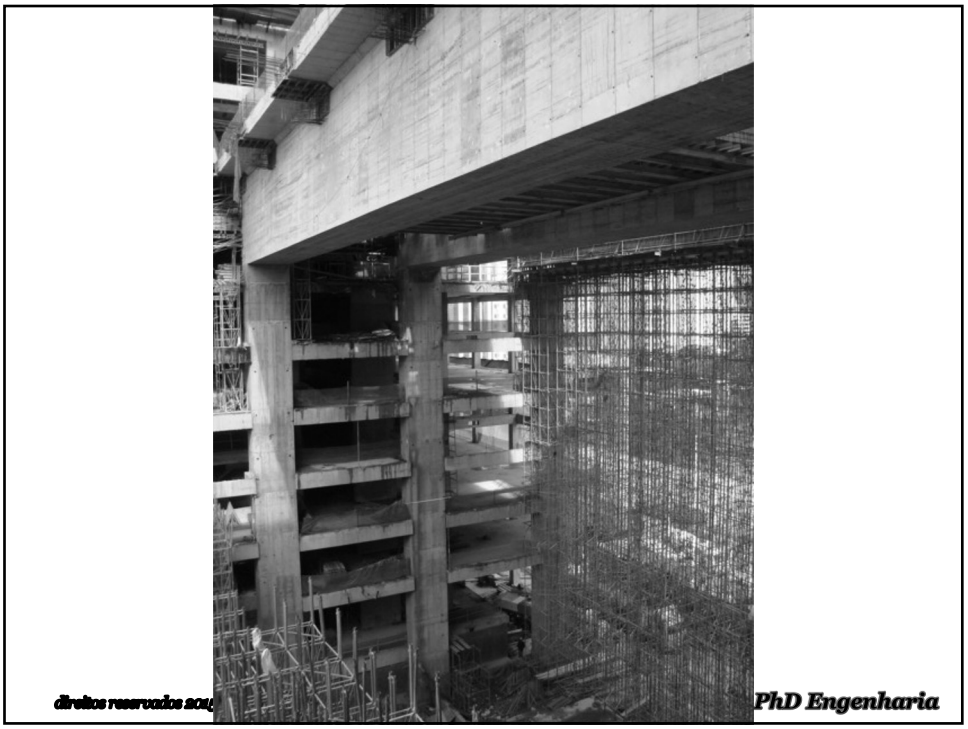


238



239

240



241

242

direitos reservados 2015
PhD Engenharia

243

direitos reservados 2015
PhD Engenharia

244

Existem muitas informações importantes que devem constar nos projetos estruturais

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

245

NOTAS:

1 - CONCRETO:
RESISTÊNCIA fck 40 MPa
RELAÇÃO AGUA/CIMENTO < 0.55
EXECUÇÃO COM CONTROLE RIGOROSO , CONFORME NBR-6118
MÓDULO DE ELASTICIDADE SECANTE Ecs=30 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 fck ≥ 40 MPa

2 - ACOS:
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

246

E se faltar alguma informação no projeto?

direitos reservados 2015

247

CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTE

Não achou o detalhe → COBRE

Deve estudar os projetos e antecipar-se aos problemas!

direitos reservados 2015

248

CONSTRUTOR

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

direitos reservados 2015

249

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

direitos reservados 2015

250

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

251

Avanços em 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 2015

PhD Engenharia

252

- ✓Mais de 12mil construtoras
- ✓Poucas buscam excelência
- ✓Poucas buscam treinamento
- ✓Poucas buscam capacitação
- ✓Valorizem sua profissão e honrem seu diploma

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

253

254

255

256

SEGURANÇA
PROIBIDO
PASSAR EMBAIXO DA GRUA
EM FUNCIONAMENTO
SEGURANÇA

257

direitos reservados 2009
PhD Engenharia

258

Comprometimento!

Do your best!

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

259

OBRIGADO!

"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

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

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

direitos reservados 2015

PhD Engenharia

260