

TECNOLOGIA DO CONCRETO PARA ESTRUTURAS



Carlos Brites
Diretor PhD

EPUSP – Engenharia Civil

14/05/2012

São Paulo/SP

1

A origem e os intervenientes



**projetista
estrutural**



**fornecedor
do material**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**

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

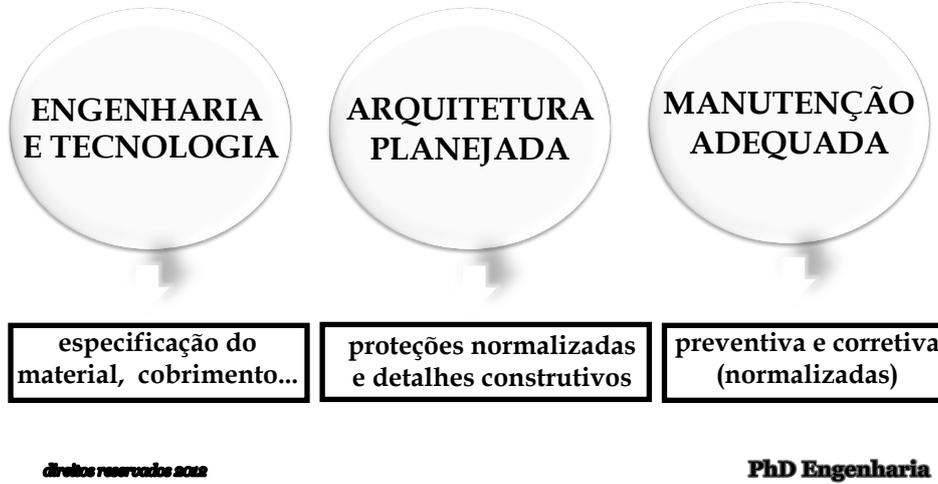
direitos reservados 2012

PhD Engenharia

2

Visão sistêmica da vida útil

Interação de três universos:



3

Ponderação

o que estamos realmente buscando quando implementamos um programa de garantia de qualidade em um empreendimento que envolve o material concreto armado em sua estrutura?
quem realmente é responsável?

enfoque: conscientização

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

4

Algumas respostas

- ✓ segurança e confiabilidade
- ✓ que não haja retrabalho
- ✓ que não haja desperdício de material
- ✓ que não haja desperdício de tempo (prazo)
- ✓ que sejam evitadas não conformidades
- ✓ verificar se está conforme o especificado em projeto
- ✓ verificar se está conforme o prescrito em norma
- ✓ que se evitem manutenções futuras desnecessárias...

direitos reservados 2022

a imagem da empresa não tem preço

5



6

e isso?



7

Controle do concreto e estrutura

**o que controlar em obra?
qual plano de amostragem?
que tipo de amostragem?
existe uma receita pronta?**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

8

Controle do concreto e estrutura

1. controlamos o que está especificado em projeto

2. controlamos aquilo que desconfiamos

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

9



10

bolhas superficiais no concreto



restrições estéticas

11

Controle do concreto e estrutura

controlamos aquilo que desconfiamos



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

12

bolhas superficiais no concreto



restrições estéticas

13

Controle tecnológico

**fazemos direito?
como contratar?**

já aprendemos...

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

14

Controle de recebimento

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

direitos reservados aos

PhD Engenharia

15



16

Controle do concreto e estrutura

**e por que as vezes não
surte o efeito desejado?**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

17

As desculpas universais

- ✓ não está especificado em projeto
- ✓ não está no contrato
- ✓ não é viável
- ✓ não é exequível
- ✓ não é obrigatório
- ✓ faço 20 anos dessa forma
- ✓ não vou (ou não quero) fazer assim
- ✓ na região não tem esse produto
- ✓ não precisa fazer esse ensaio
- ✓ ninguém faz assim (ou o concorrente não faz assim)
- ✓ a responsabilidade é de quem fornece
- ✓ é muito caro...

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

18

As desculpas universais

- ✓ não está especificado em projeto
- ✓ não está no contrato
- ✓ não é viável
- ✓ não é exequível
- ✓ não é obrigatório
- ✓ faço 20 anos dessa forma
- ✓ não vou (ou não quero) fazer assim
- ✓ na região não tem esse produto
- ✓ não precisa fazer esse ensaio
- ✓ ninguém faz assim (ou o concorrente não faz assim)
- ✓ a responsabilidade é de quem fornece
- ✓ é muito caro...

direitos reservados 2012

temos que mudar a postura

19

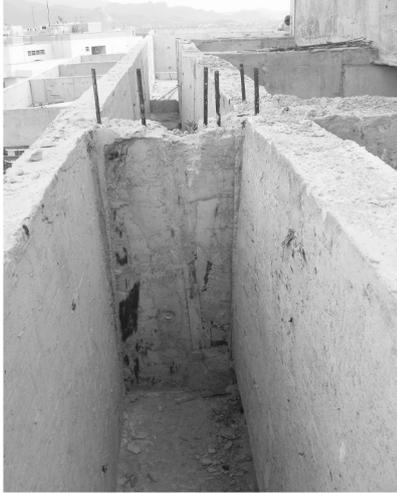
Consequências

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

20

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012



o fator ser humano

PhD Engenharia

21

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012



PhD Engenharia

22

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

23

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

24

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

25

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

26

Por que ocorre isso?



adianta controlar somente o material?

27

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

28

Por que ocorre isso?

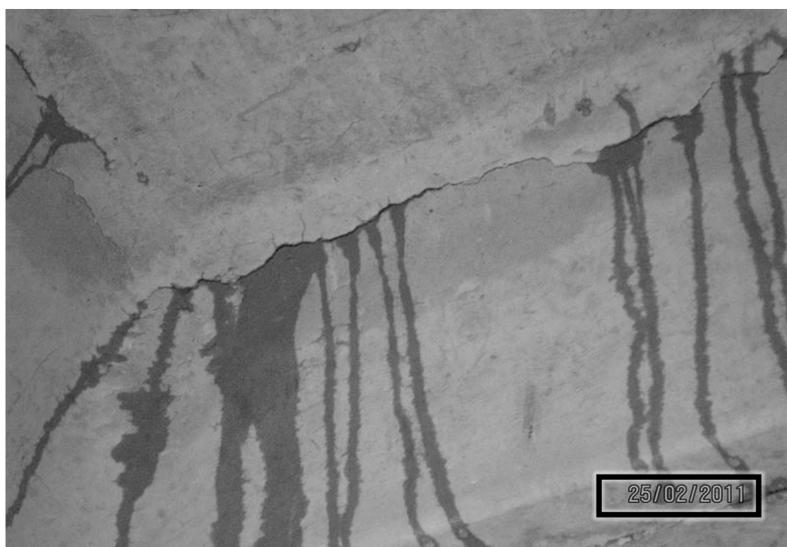


direitos reservados 2012

e o controle da execução?

29

Por que ocorre isso?

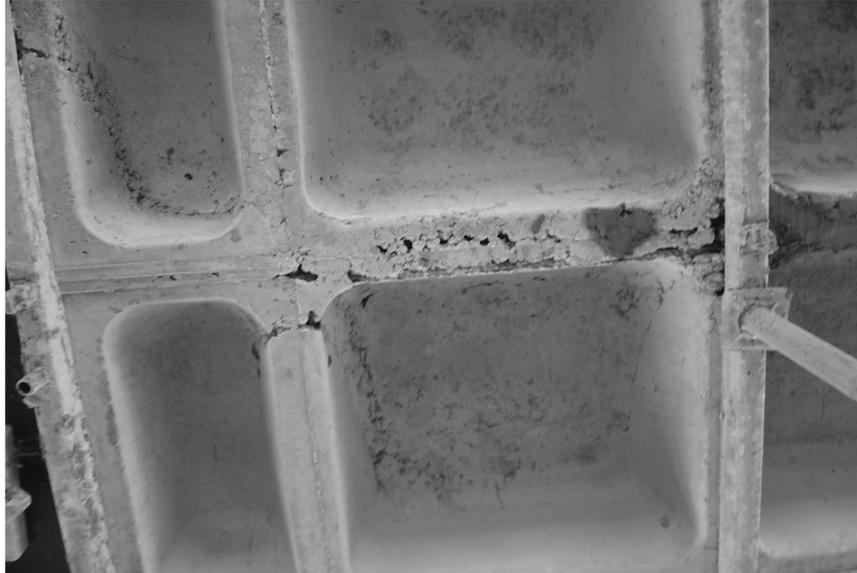


direitos reservados 2012

PhD Engenharia

30

Por que ocorre isso?

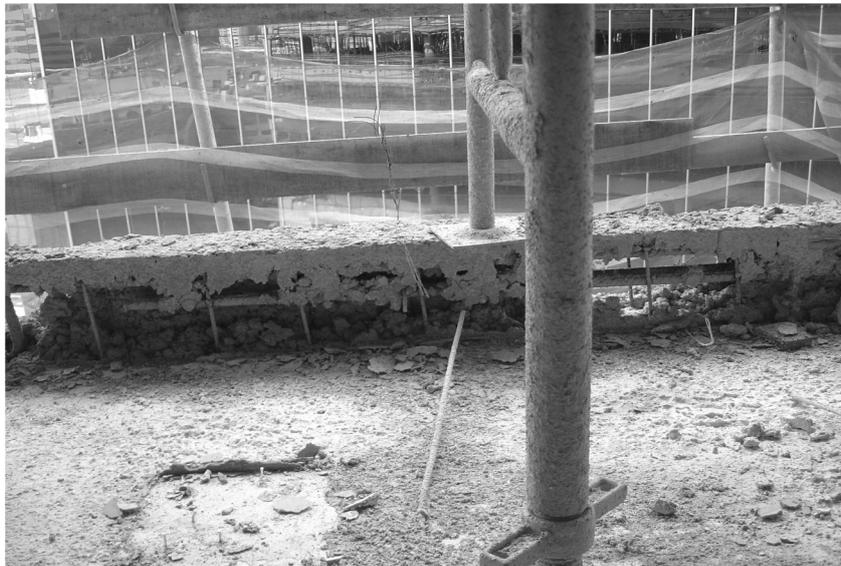


direitos reservados 2012

PhD Engenharia

31

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

32

Por que ocorre isso?



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

33

**poderia acontecer
com qualquer um?**

**sistema de contratação de mão de obra?
precisamos rever conceitos**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

34



35



36



37



38

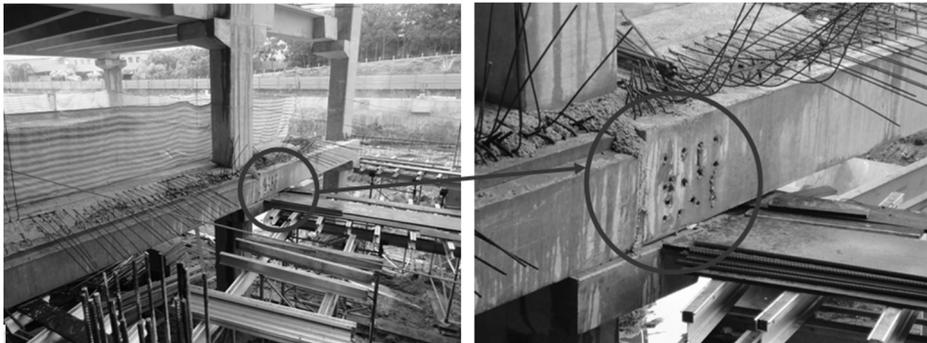
e por que aconteceu isso?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

39

Por que ocorre isso?



temos que controlar isso também?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

40

Por que ocorre isso?



direitos reservados SOCS



PhD Engenharia

41



42

Recomendações

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

43

Adensamento

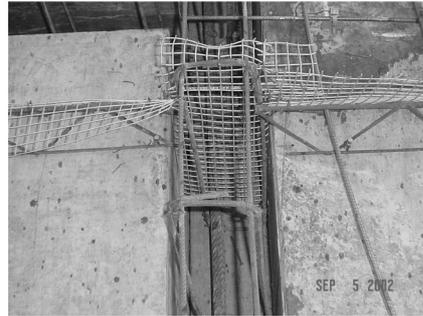
- ✓ sempre na direção vertical
- ✓ vibrar maior número de pontos do elemento;
- ✓ cuidado com o excesso ou falta;
- ✓ retirar o vibrador lentamente;
- ✓ comprimento da agulha maior que a camada a ser concretada;
- ✓ não vibrar as armaduras;
- ✓ respeitar o eixo imaginário de atuação ...

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

44

Juntas de concretagem



Créditos: Antônio Carlos Zorzi

45

Juntas de concretagem

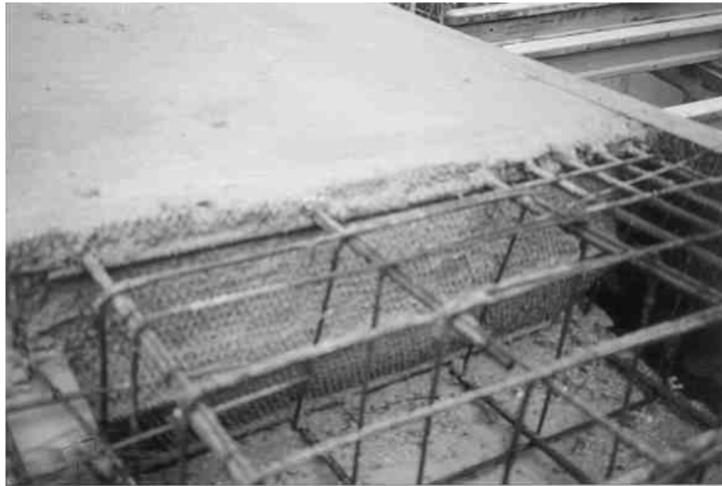


Créditos: Antônio Carlos Zorzi

PhD Engenharia

46

Juntas de concretagem



~~Crédito: Arquivo~~ Carlos Zorzi

PhD Engenharia

47

Cura (vídeo)



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

48

Cura



direitos reservados 2022

PhD Engenharia

49



50

Lançamento (vídeo)



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

51

Cura (vídeo)



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

52



53



54



55



56



57



58



59

Exemplo

- ✓ dimensões da viga: 44,40m x 2,5m* x **6,0m**
- ✓ geometria "Viga T"
- ✓ volume de concreto: 800m³ (concreto massa)
- ✓ concreto: f_{ck} 50MPa (autoadensável)
- ✓ uso de gelo: 100% (somente umidade dos agregados)

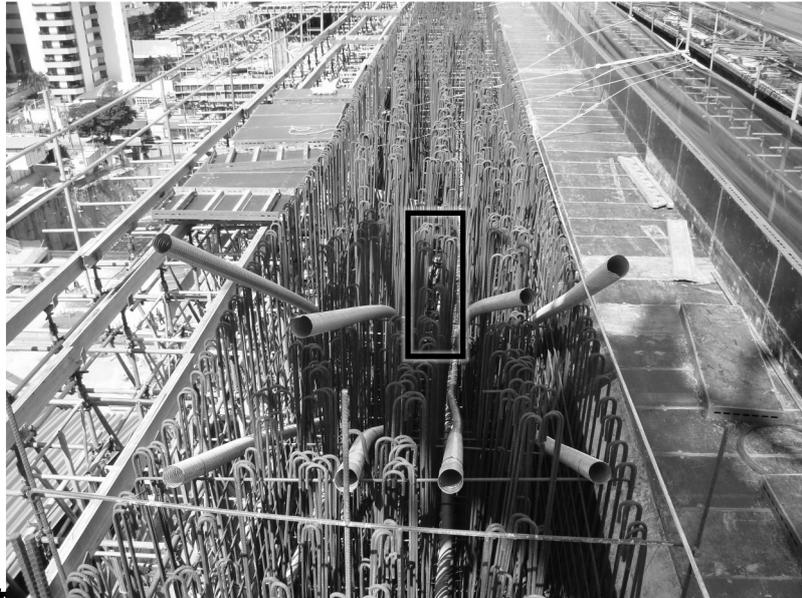
o estudo de dosagem deve atender estas condições

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

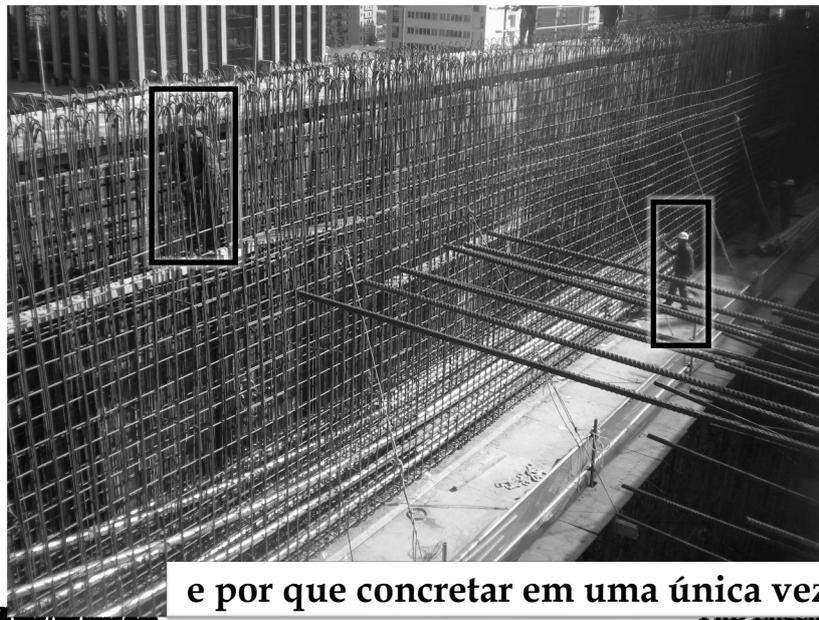
60

Por que concreto autoadensável?



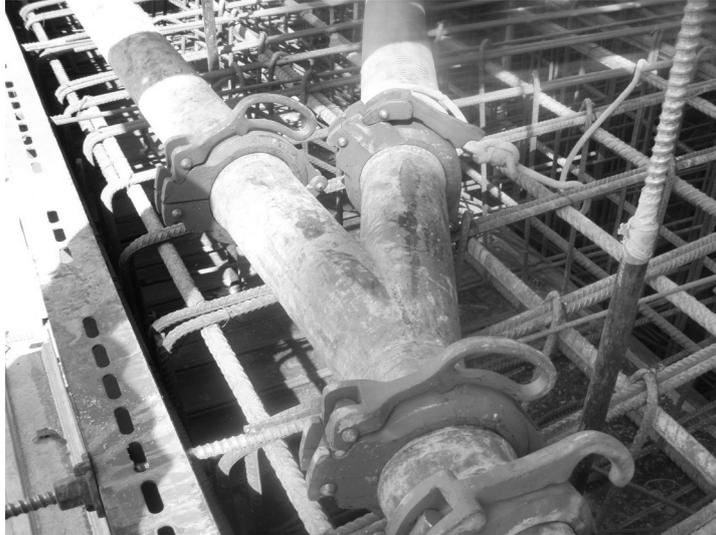
61

Por que concreto autoadensável?



62

Distribuição uniforme: esforços



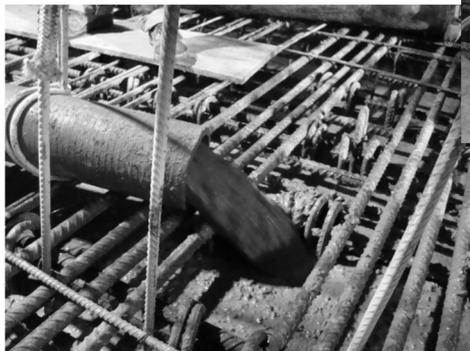
recursos planejados

PhD Engenharia

63

Lançamento correto ($h = 6m$)

Procedimento
normalizado
NBR 14931:2004



direitos reservados 2012

Tudo tem relação
com a vida útil

PhD Engenharia

64

Procedimento recomendado

E se chover durante a concretagem?



Obrigatório proteção provisória ...

PhD Engenharia

65

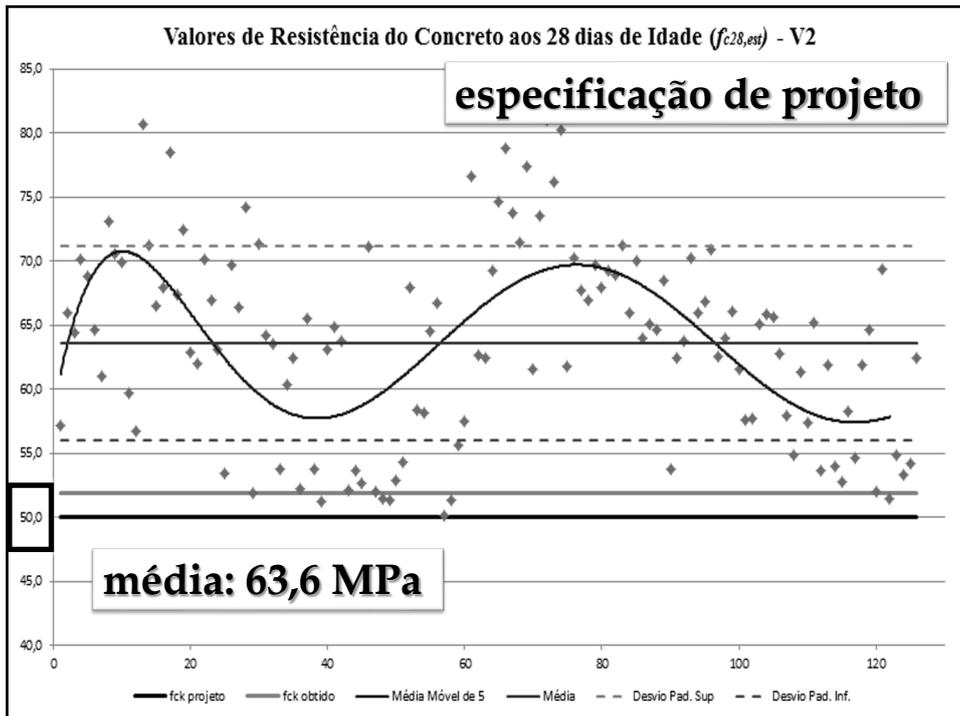
Resultado: vida útil



66



67



68



69



70

Ancoragens químicas (desempenho)

Ø CA-50 (mm)	Carga Mínima Especificada de Projeto (kgf)	Carga de Ensaio (kgf)	Coefficiente de segurança (acima do mínimo especificado)
8	1550	4505	2,9
10	2480	6306	2,5
12,5	3880	10210	2,6
16	6200	15315	2,5
20	9770	15916	1,6

ABNT NBR 14827 e ABNT NBR 15049

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

71

Demonstração (vídeo)



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

72

Demonstração (vídeo)



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

73

Demonstração (vídeo)



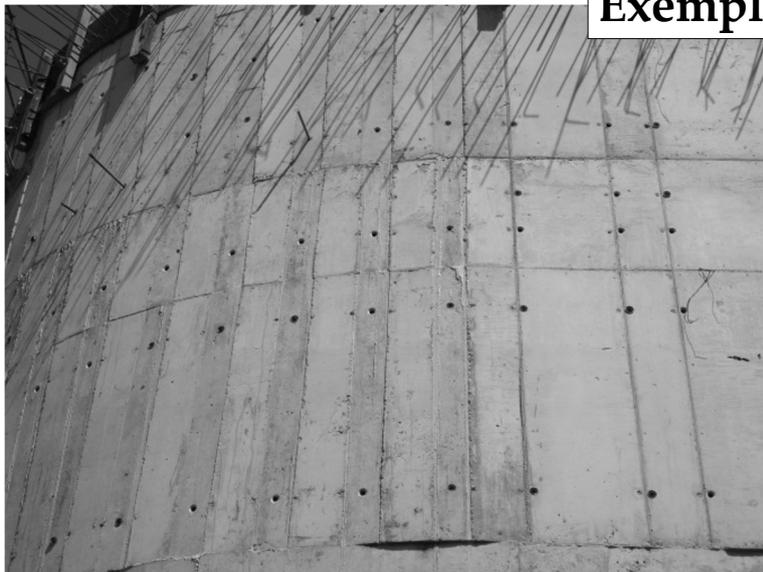
direitos reservados 2012

PhD Engenharia

74

Concreto estanque

Exemplo



direitos reservados 2012

PhD Engenharia

75

Concreto estanque

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de <i>f_{ck}</i> (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,40	45

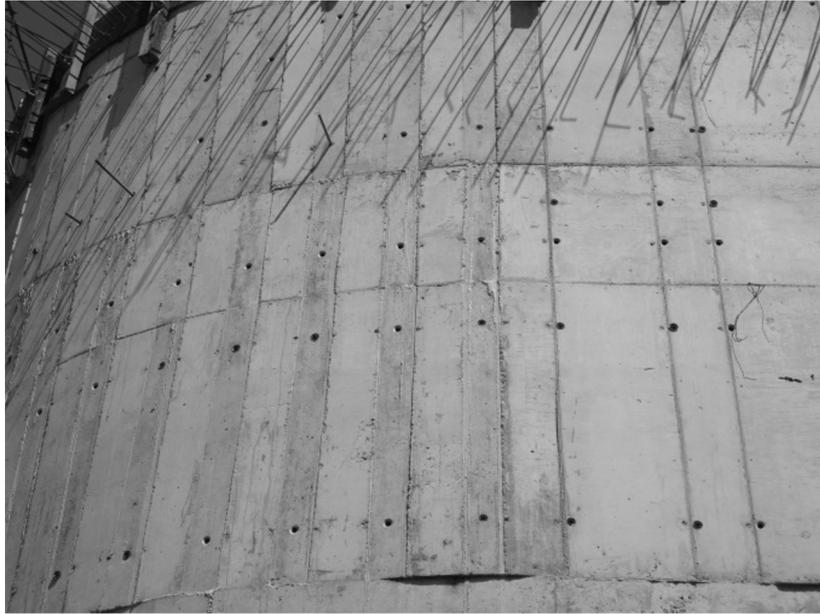
Requisitos para o concreto, em condições especiais de exposição, conforme ABNT NBR 12655:2006.

ABNT NBR 12655

direitos reservados 2012

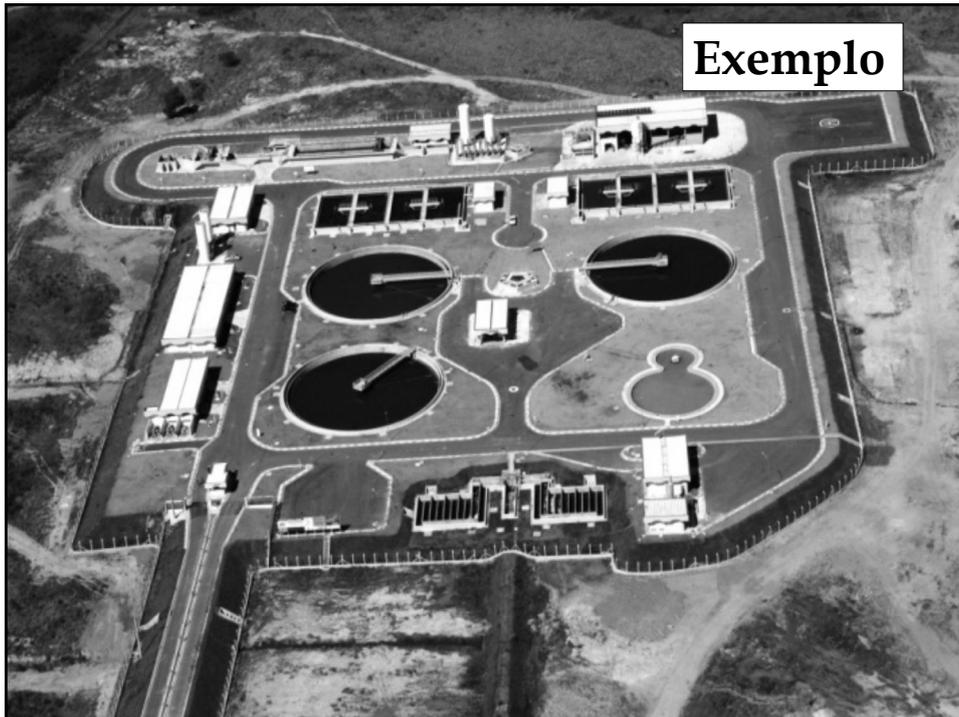
PhD Engenharia

76



não é somente a especificação do concreto

77



78



79



80



81



82

Controle de qualidade e vida útil

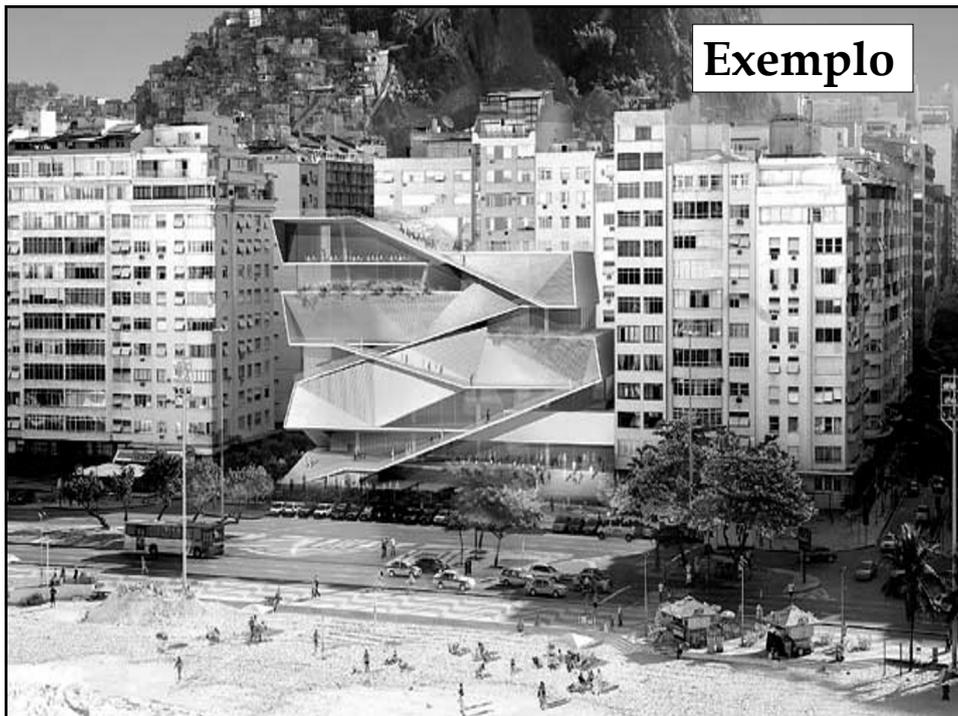
Um concreto bem especificado, um fornecimento correto e uma execução adequada (e bem controlada) é suficiente para garantir a qualidade e a vida útil da estrutura?

não é somente isso...

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

83



84

As desculpas universais

- ✓ não está especificado em projeto
- ✓ não está no contrato
- ✓ não é viável
- ✓ não é exequível
- ✓ não é obrigatório
- ✓ faço 20 anos dessa forma
- ✓ não vou (ou não quero) fazer assim
- ✓ na região não tem esse produto
- ✓ não precisa fazer esse ensaio
- ✓ ninguém faz assim (ou o concorrente não faz assim)
- ✓ a responsabilidade é de quem fornece
- ✓ é muito caro...

Lembram disso?

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

85



86



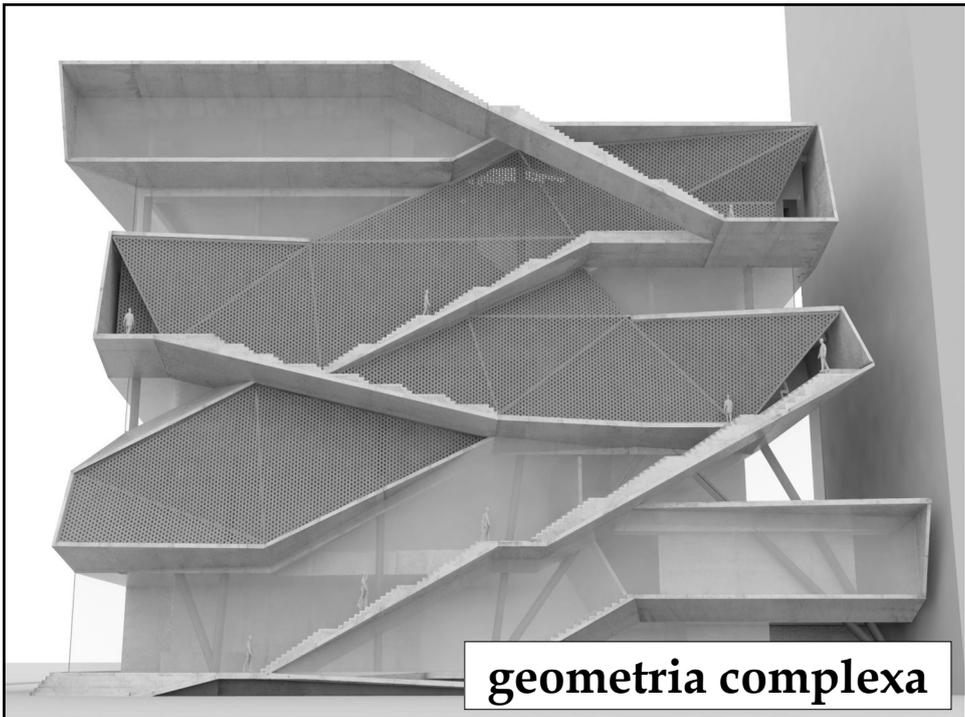
87



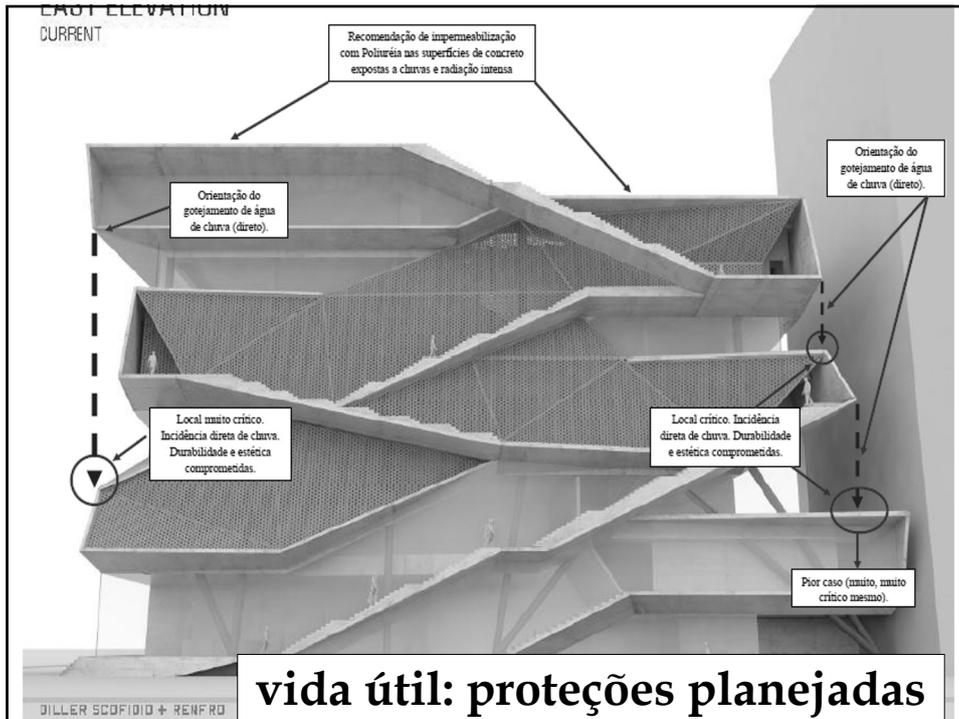
88



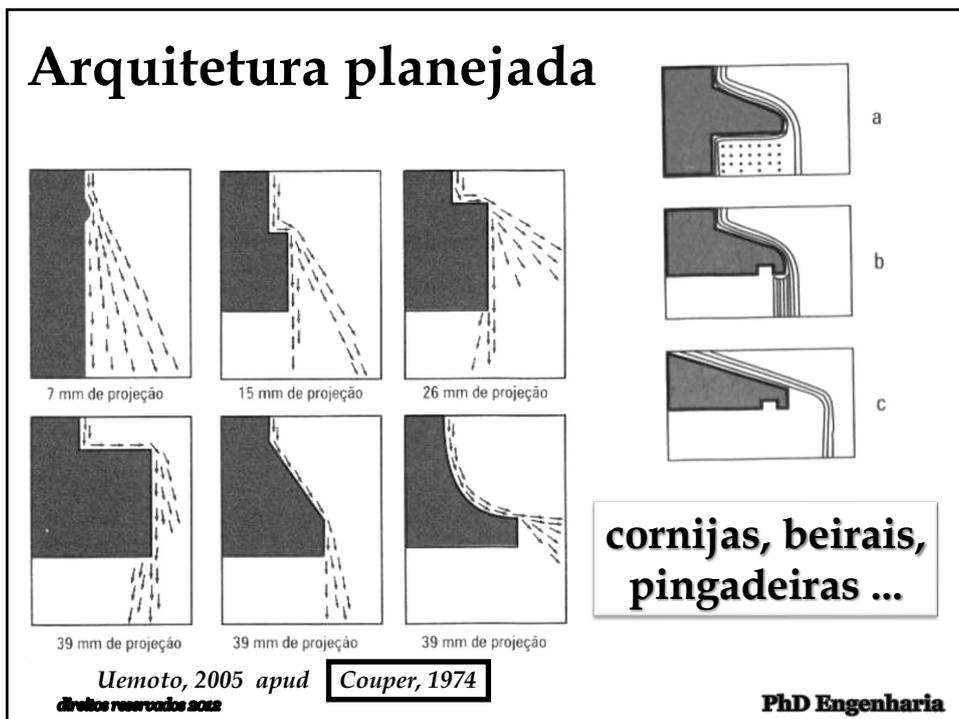
89



90



91



92

Edifício Martinelli



**83 anos de idade,
(1929), vida útil ?**

direitos reservados 2022



PhD Engenharia

93

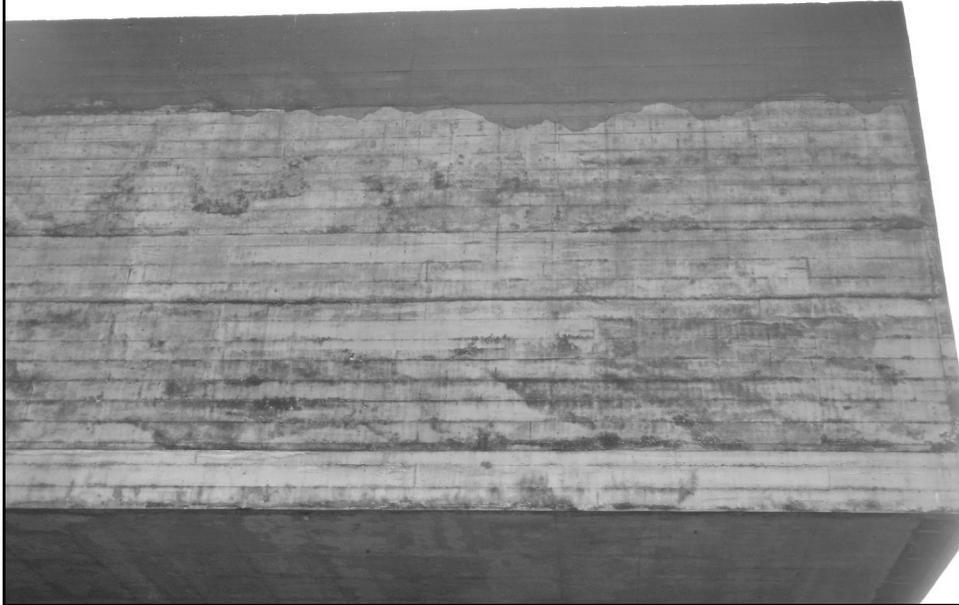


Exemplo...

40 anos de idade ...

94

NBR 6118:2007, item 7.2.4 ?



95

Arquitetura planejada (norma)

NBR 6118:2007, item 7.2.4:

“Todos os topos de platibandas e paredes devem ser protegidos por chapins. Todos os beirais devem ter pingadeiras e os encontros a diferentes níveis devem ser protegidos por rufos”

de quem é a responsabilidade?

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

96



97



98

O problema não é somente estético...



risco de vida (não é a útil)

direitos reservados 2022

PhD Engenharia

99

Outros exemplos



100



Outros exemplos

101



Outros exemplos

qual estrutura vai durar mais?

102

Enfoque em vida útil

Um concreto bem especificado, um fornecimento correto, uma execução adequada (e bem controlada) e uma arquitetura planejada é suficiente para garantir a qualidade e a vida útil da estrutura?

não é somente isso (ainda)...

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

103



Manutenção de estruturas

the official site of
THE EIFFEL TOWER

vamos refletir um pouco ?

Mid-December on the Eiffel Tower! +
New Exhibit:
The Construction of the Eiffel Tower - 1887 to 1889

113 anos de idade!

104

Manutenção de estruturas

“A Torre Eiffel foi um projeto revolucionário em aço resistente, mas leve o suficiente para minimizar a força do vento e reduzir a sobrecarga em sua fundação. Ao mesmo tempo, sua construção foi econômica e esteticamente perfeita.

Mas, infelizmente, o aço não foi galvanizado.

O tamanho e a geometria da torre impõem um trabalho árduo de proteção contra a corrosão e manutenção do aço, e esta manutenção é particularmente difícil ...

Michael Martin, Internacional Zinco Association (www.iza.com)

105

Vida útil infinita?

... A operação de manutenção acontece a cada 7 anos, dura 14 meses e utiliza 60t de tinta sobre uma área de total de 200.000m². Durante esta operação, os reparos da torre de 320m de altura acontecem em toda a sua estrutura, por uma equipe de 25 pintores que removem a ferrugem, as sujeiras dos pássaros, as lascas de tinta e os danos causados pela poluição da cidade.”

Michael Martin, Internacional Zinco Association (www.iza.com)

106

Enfoque em vida útil

NBR 6118:2007, item 25.4:

“Dependendo do porte da construção e da agressividade do meio e de posse das informações dos projetos, dos materiais e dos produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção ...

bom senso: toda construção precisa

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

107

Enfoque em vida útil

NBR 6118:2007, item 25.4:

... Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura.”

**quem define vida útil deve também estabelecer as ações de manutenção
NBR 15575-1 - Anexo C**

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

108

Mensagem final

Interação dos quatro intervenientes:



**projetista
estrutural**



**fornecedor
do material**



**construtora
(execução)**



**tecnologista
(consultor)**

é possível

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

109

Mensagem final

Interação de três universos:



é possível

direitos reservados 2012

PhD Engenharia

110

Um bom exemplo



111

Outro bom exemplo



112

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 2022

PhD Engenharia