

**Departamento de
Engenharia Civil
UnB**

IBRACON

**ABECE
DF**

Concreto, Durabilidade e Obras no Brasil

Paulo Helene

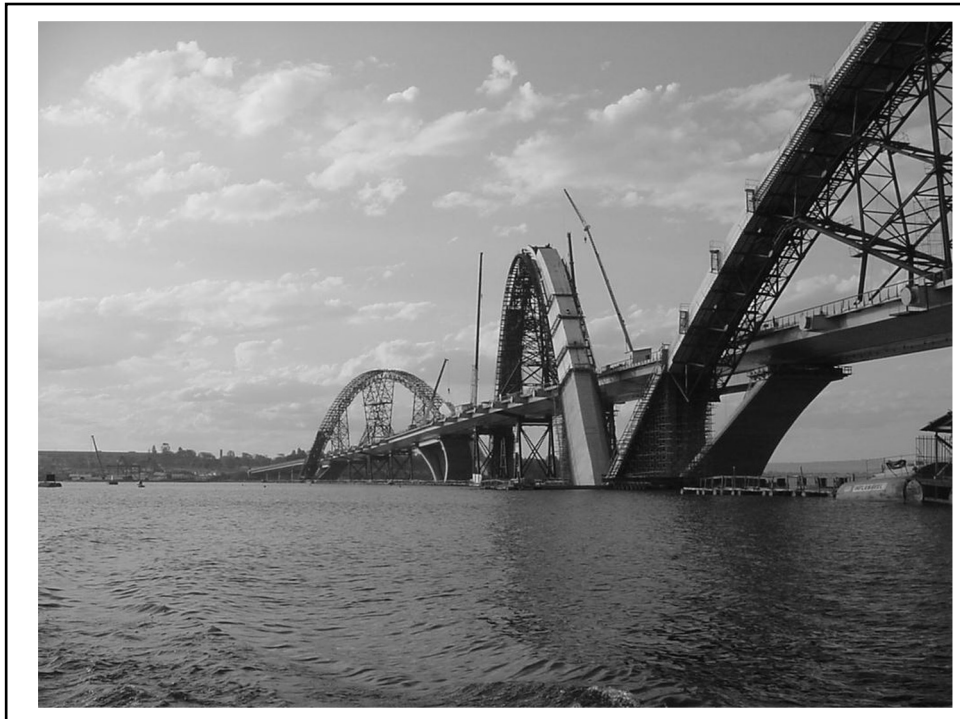
UnB

Brasília, 14 Junho 2005

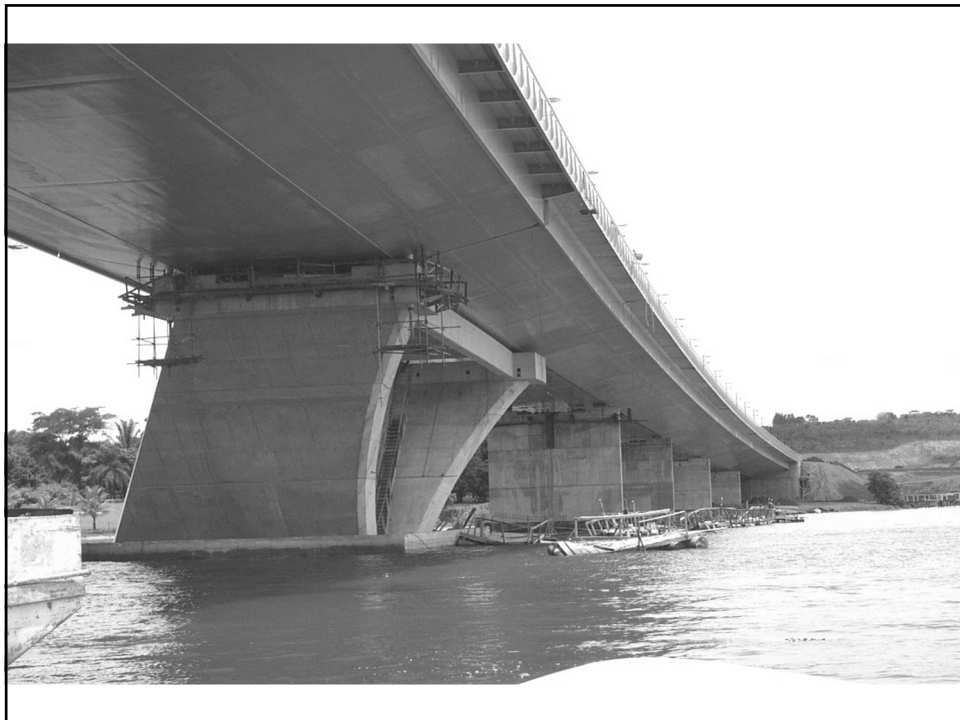
1



2



3



4



5

Construir com Materiais Resistentes e Duráveis

7

**O CONCEITO
DE CONSTRUIR
COM
DURABILIDADE
EXISTE NAS
OBRAS DESDE
A
ANTIGUIDADE**

**Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”**



Arquitetos Ictinos de Mileto

e Calícrates (*escultor Fídias*)



8

**QUANDO APARECE O
CONCRETO
POR PRIMEIRA VEZ ?**

9

Panteão
de
Roma



10

Domo do Panteão → Século II dC
Diâmetro de 47m



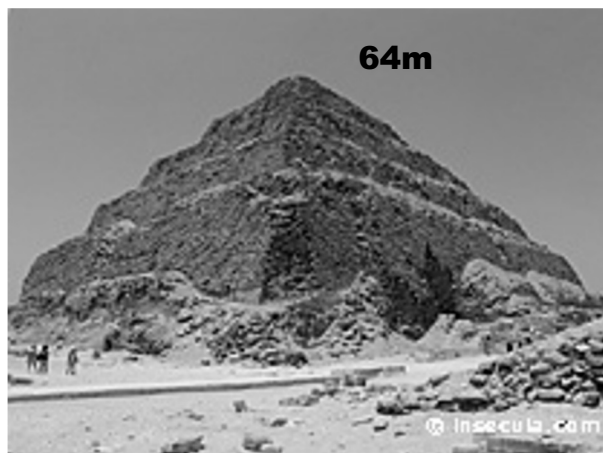
12

**QUANDO FOI
RECONHECIDA A
PROFISSÃO DE
ARQUITETO e
ENGENHEIRO CIVIL POR
PRIMEIRA VEZ ?**

13

Arquiteto y médico Imhotep

2790 A C



Pirâmide escalonada de Djeser

14

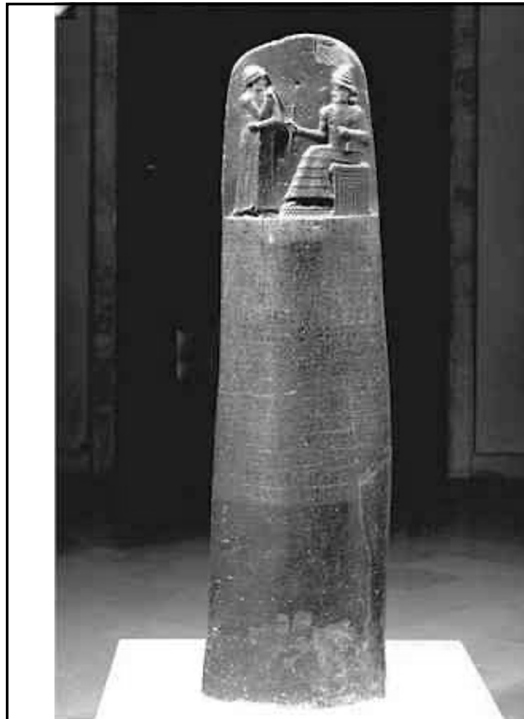


15

**A CONSTRUÇÃO
CIVIL CONSTA NO
PRIMEIRO CÓDIGO
CIVIL da
HUMANIDADE**

“Durabilidade!”

16



**Código de Leis de
Hammurabi
(1780 a.C.)**

Rei da Babilonia

**Uma copia foi
gravada num bloco
de rocha diorito
negro com 2,4m de
altura contendo
282 artigos**

17

Código de Leis de Hammurabi

Artigos 229 a 233 → obras

229. Quando uma casa ou parte dela colapsa e mata o proprietário,
o construtor deve ser morto;

230. Quando uma casa ou parte dela colapsa e mata o filho do
proprietário, o filho do construtor deve ser morto;

231....

232.....

233....

18

Genesis, 11.4

O Povo de Deus disse:

**“ Vamos construir uma cidade e uma Torre
que alcance o Paraíso e deixe gravado
nosso nome na história antes de que
sejamos espalhados por toda a face da
Terra”**

19

Torre de Babel

**Iraque
580 AC**



20



21

Century

IV → Byzantine style → Church Santa Sophia, Istanbul

IX → Romanic style → Abbey Cluny, France

XII-XIV → Gothic style → Cathedral Notre Dame, Cologne

XV → Renaissance style

XVII → Baroque style → San Pietro, Bernini

XVII → Neoclassic style → Triumph Arc , Paris

XIX → Steel constructions

22

Catedral de Notre Dame



1163-1330

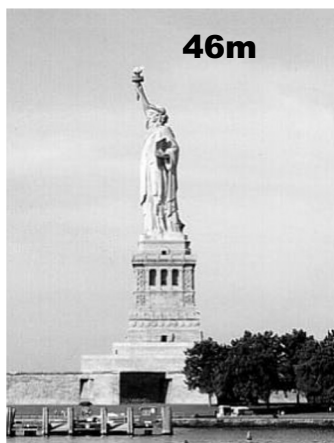
A abóbada da nave central → 35 m de altura

23

“Gustave Eiffel”

1884 → Estátua da Liberdade

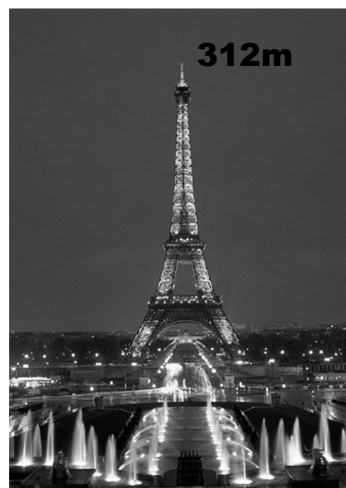
1889 → Torre Eiffel



46m

(5a+2a)
60t
pintura

2204 → 6.230.050 visitantes



312m

24

**Aonde estão os
edifícios
residenciais e os
escritórios
comerciais?

O que houve?**

25

- **1888 → Leroy Buffington USA, esqueleto reticular**
- **1853 → Otis, elevador seguro,
1889 → 1º elevador elétrico em
NY**

26



27



28

**O início dos arranha-céus na
idade contemporânea foi em
1890-1891 com a construção do
edifício Wainwright com 42m
St. Louis, USA.**

Conhecido Escola de Chicago

**Projetista
Arquiteto Louis Henry Sullivan**

29

**SÉCULO XX
1900**

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

***Concreto Armado
Cimento Armado***

31



**Edifício
Martinelli**

São Paulo

1929

30 andares

Altura 109m

**Rua Líbero
Badaró**

$f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$



32



**Rascacielos
Kavanagh**

Buenos Aires

1935

32 pisos

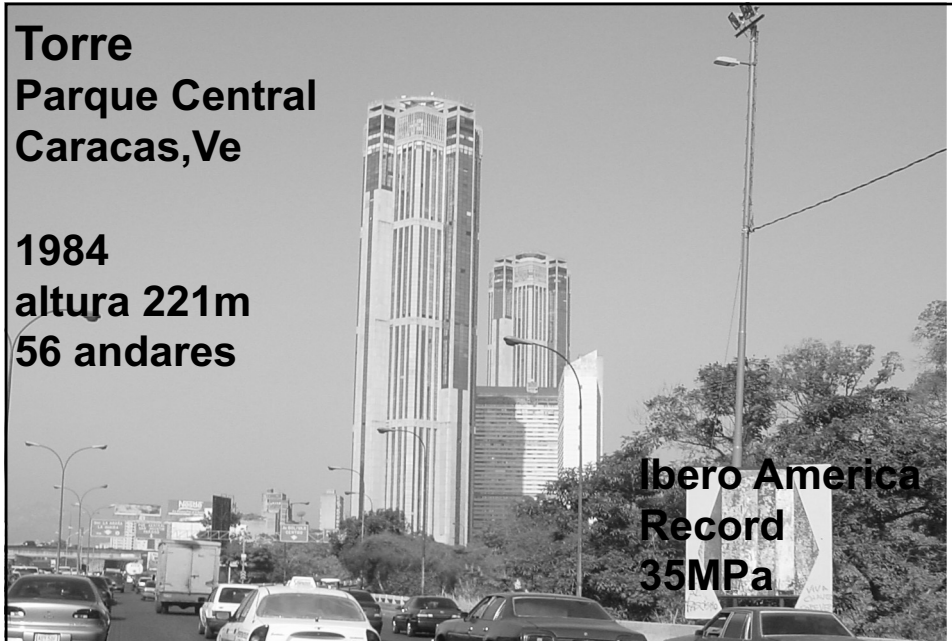
Altura 120m

$f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$

33

**Torre
Parque Central
Caracas, Ve**

**1984
altura 221m
56 andares**



**Ibero America
Record
35MPa**

Ings
M. Paparoni & S. Oloma

Arqs
Enrique Siso & Daniel Shaw

34



**Palacio Salvo
Montevideo**

27 pisos

Uruguay 1928

Altura 103 m

$f_{ck} = ?$

record mundial

35

Naquela época acreditava-se que...

**OS PROBLEMAS DE CORROSÃO E
DURABILIDADE TINHAM SIDO
RESOLVIDOS DEFINITIVAMENTE
POIS O AÇO ESTARIA PROTEGIDO
“ETERNAMENTE”
PELO CONCRETO**

36



MASP Museu de Arte São Paulo 1968

37



38



Palacio de la Luz

Montevideo

Uruguay

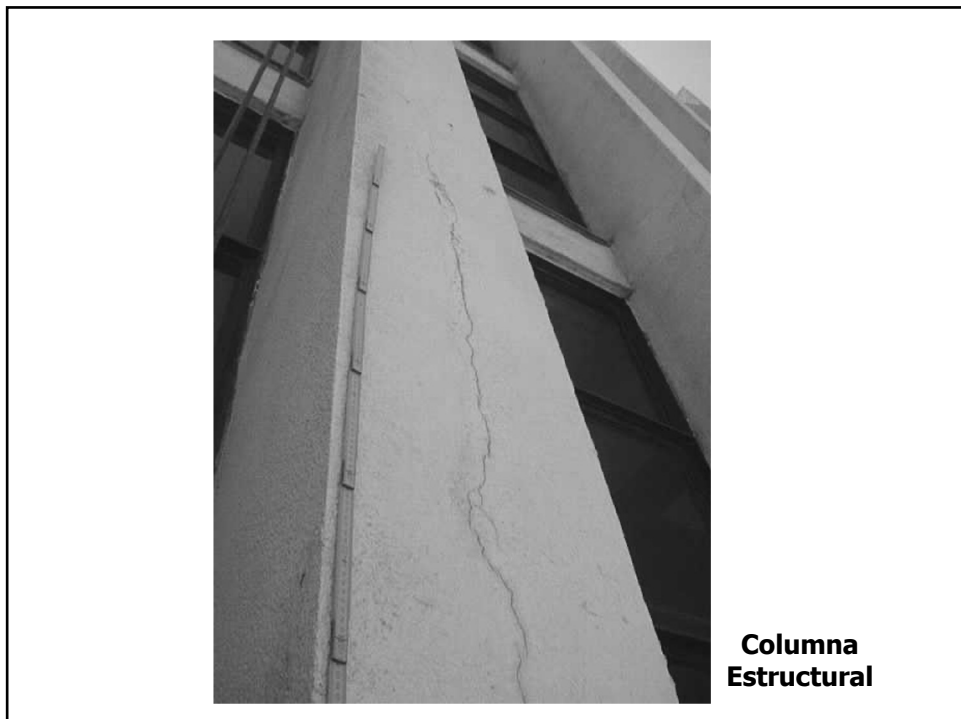
1946-59

**Roman
Fresnedo Siri**

39



40



**Columna
Estructural**

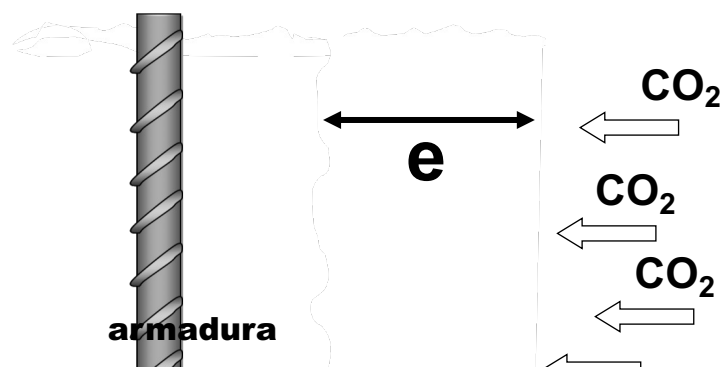
41

**“Como podem
ser mais
Duráveis?”**

42

Carbonatação

$$e = k \bullet \sqrt{t} \quad (\text{cm})$$



43

Carbonatação

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

—

$$e = 1,0 \text{ cm} \rightarrow t = 10 \text{ anos}$$

$$e = 2,5 \text{ cm} \rightarrow t = 60 \text{ anos}$$

$$e = 4,0 \text{ cm} \rightarrow t = 160 \text{ anos}$$

44

Carbonatação

$$e = 2,0 \text{ cm}$$

—

$$f_{ck} = 15 \text{ MPa} \rightarrow t = 8 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 50 \text{ MPa} \rightarrow t = 350 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa} \rightarrow t = 38 \text{ anos}$$

45



46

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, inteligência e competência precisa da Engemix. Como a M&B Engenharia acredita, quando se trata de concreto, a Engemix é a melhor escolha. O Centro Empresarial Nações Unidas, um ícone de São Paulo, com 179 metros de altura, é mais alto de São Paulo, com 25000 m² de área construída, um edifício de 39 pavimentos, o maior do Brasil, e não possui nenhuma das características típicas de problemas para projetos de 250 anos de garantia. Engemix é a solução para o concreto em altura.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas é a maior obra de concreto do Brasil, com 25000 m² de área construída, um edifício de 39 pavimentos, o maior do Brasil, e não possui nenhuma das características típicas de problemas para projetos de 250 anos de garantia. Engemix é a solução para o concreto em altura.

Quem precisa de segurança, inteligência e competência precisa da Engemix. Como a M&B Engenharia acredita, quando se trata de concreto, a Engemix é a melhor escolha. O Centro Empresarial Nações Unidas, um ícone de São Paulo, com 179 metros de altura, é mais alto de São Paulo, com 25000 m² de área construída, um edifício de 39 pavimentos, o maior do Brasil, e não possui nenhuma das características típicas de problemas para projetos de 250 anos de garantia. Engemix é a solução para o concreto em altura.

**CONCRETO
ENGEMIX®**

47

“Como podem ser mais resistentes?”

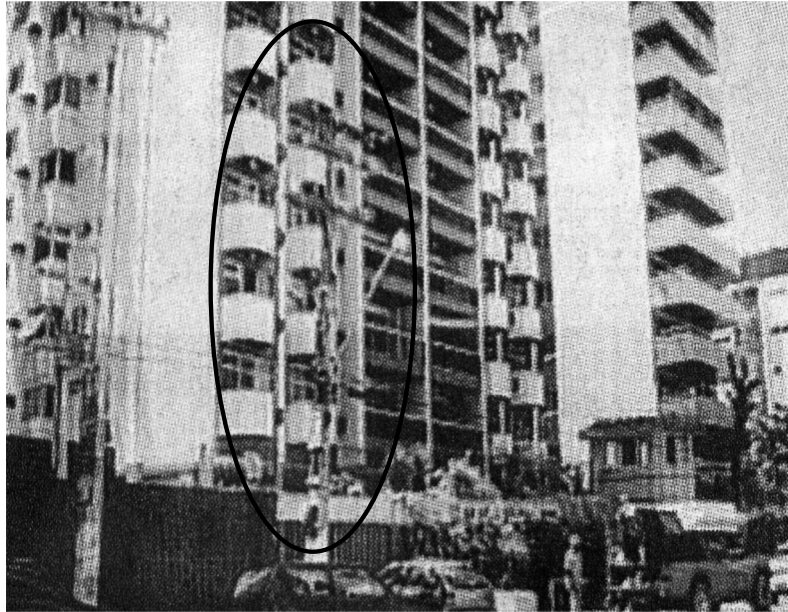
48



49

Edifício Areia Branca

Recife, 2004



50



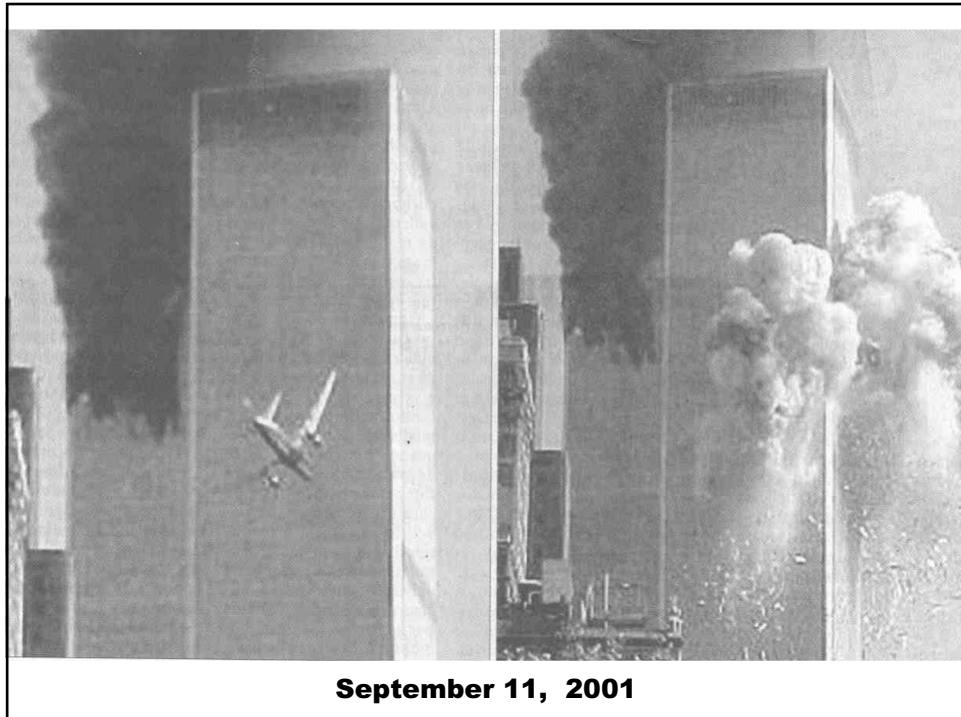
51



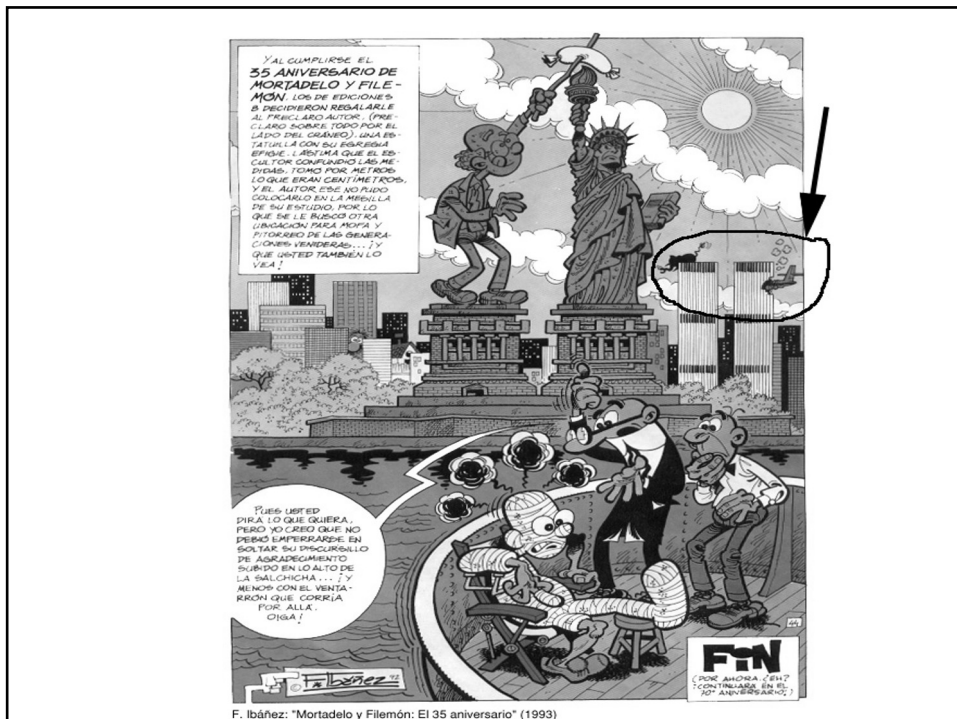
52

**“Outro triste
Acidente...!! ”**

53



54



55



aimpacto na torre.exe



avi„o e a torre.exe

56

FEMA

Federal Emergency Management Agency

www.fema.gov

NIST

National Institute of Standards and Technology

wtc.nist.gov

Port Authority of New York

NYC Building Code

57

6.000 fotos
185 fotógrafos
150h de video
15.000 p. entrevistas
17.000 ocupantes
8.500 cada (99% saíram dos inferiores)
93% nunca usaram escada
WTC 1 → 1560; WTC 2 → 599
bombeiros → 433

58

WTC 1 → 103 min
WTC 2 → 56 min
WTC 7 → 5h
Projeto WTC 1 e 2 → 1964
impacto boeing 707 a 960 km/h
sem incendio
1,25cm argamassa projetada → hoje é 5cm
inovador sem ensaios
NYC Building Code adotava 1h → hoje 3h

59

Resistencia e Estabilidade

- **medidas indicaram que o impacto do Boeing 767-200ER acarretou vibrações semelhantes às de um terremoto de índice 2,4 (escala Richter)**
- **essa vibração, teve uma amplitude da ordem da metade da máxima considerada pelo efeito de vento**

60

ESCALA RICHTER

MUITO FRACO → 0 a 1,9 → 416 mil por ano

FRACO → 2 a 3,9 → 52 mil por ano → oscila objetos

LEVE → 4 a 4,9 → 6.200 por ano → vidros quebram

MODERADO → 5 a 5,9 → 800 por ano → móveis e trincas

FORTE → 6 a 6,9 → 120 por ano → queda de casas

**MUITO FORTE → 7 a 7,9 → 18 por ano → fendas no chão
canos rompem**

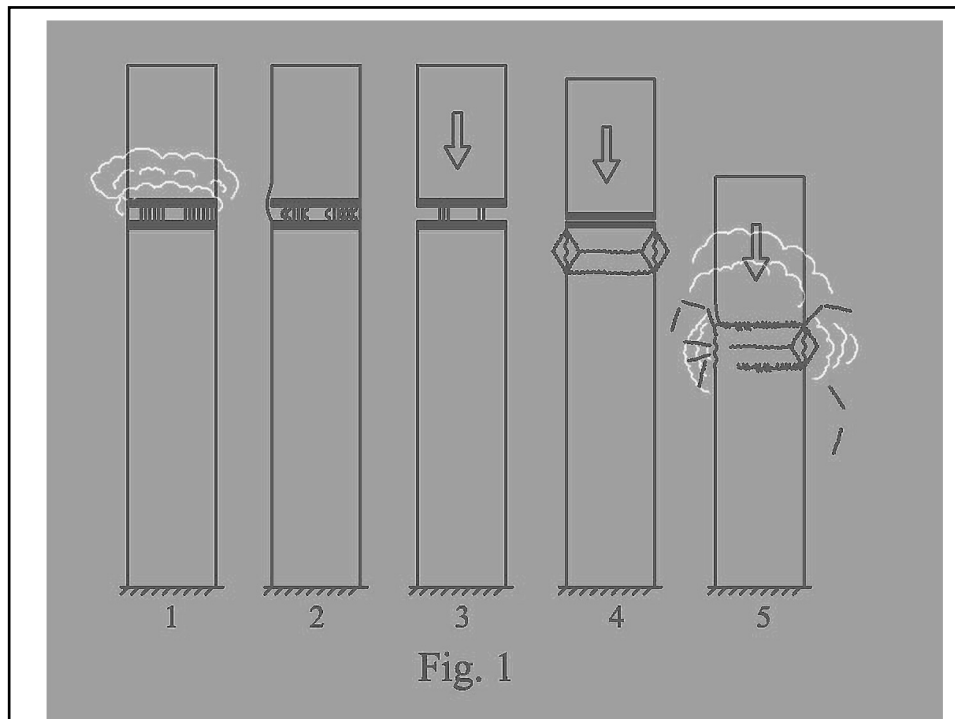
DEVASTADOR → acima de 8 → 1 por ano → destrui tudo....

61

As Piores Consequências do Impacto

- **soltar a proteção térmica**
 - **comprometer o sprinkler**
- **comprometer o abastecimento
de água**
- **dispersão de combustível**
- **aumento da ventilação**

62

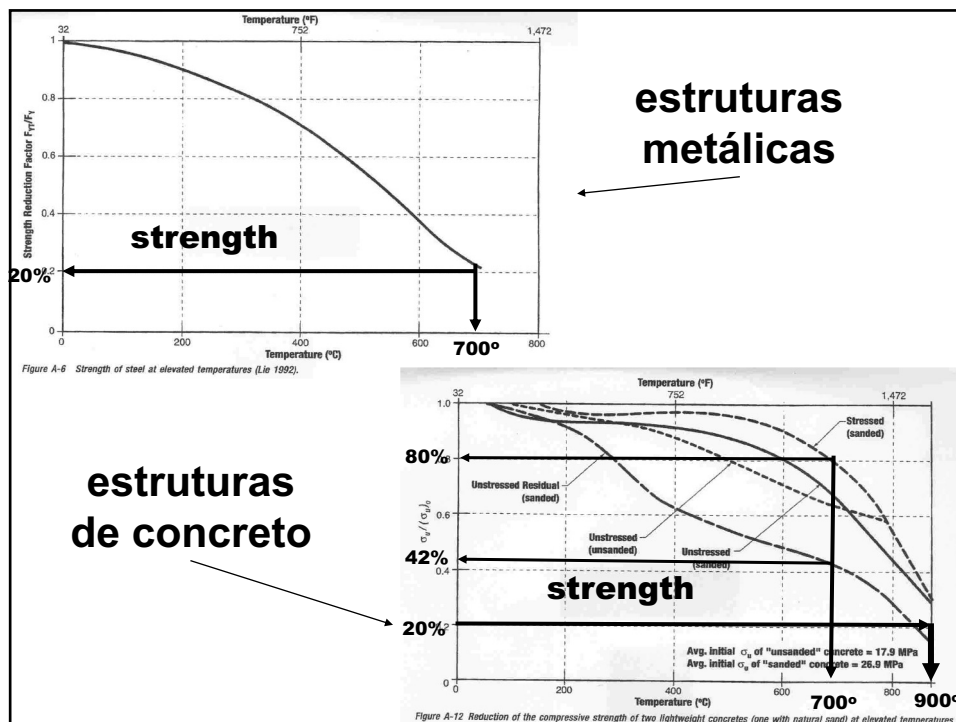


63

ESTRUTURAS DE CONCRETO

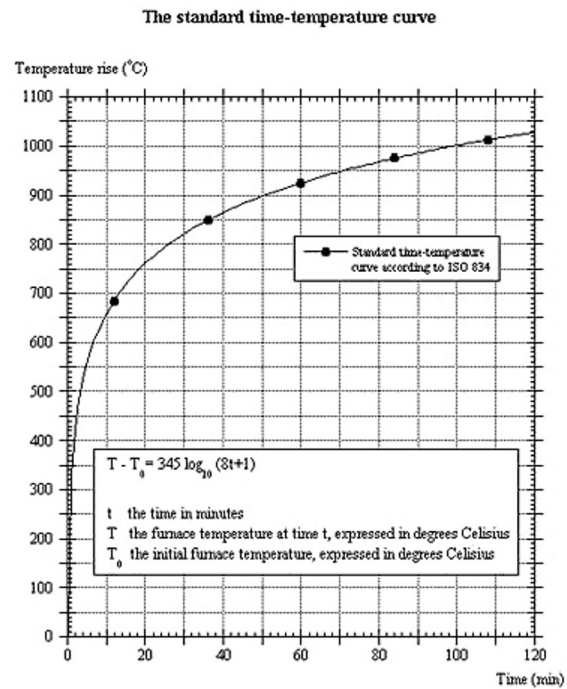
Resistencia a incendio e altas temperaturas

64



65

Crescimento da Temperatura ASTM E 119



66

Distribuição da temperatura nos perfis metálicos

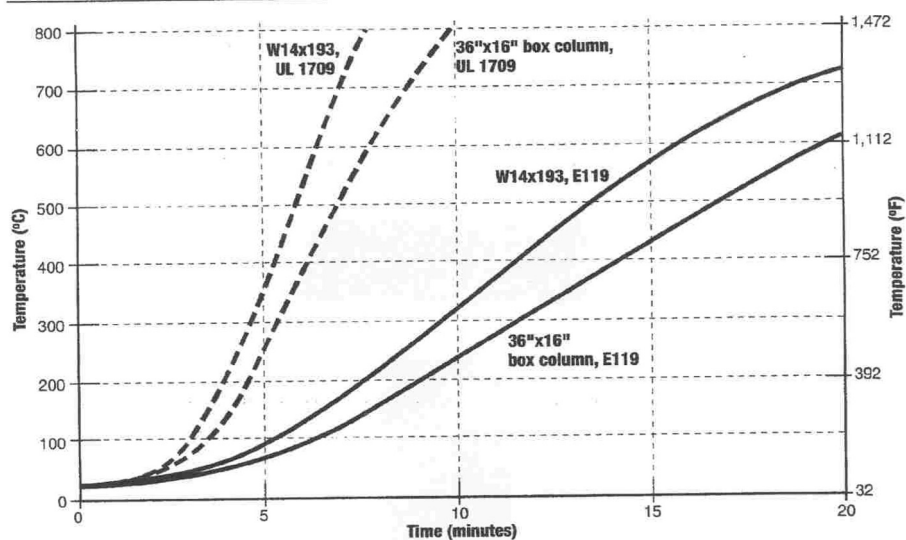
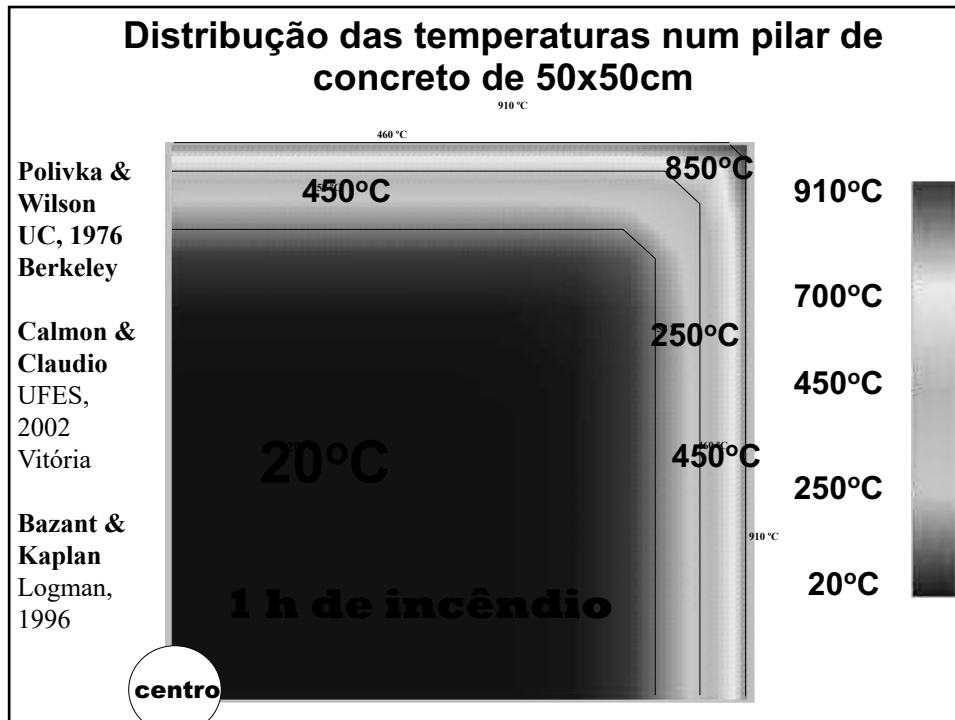
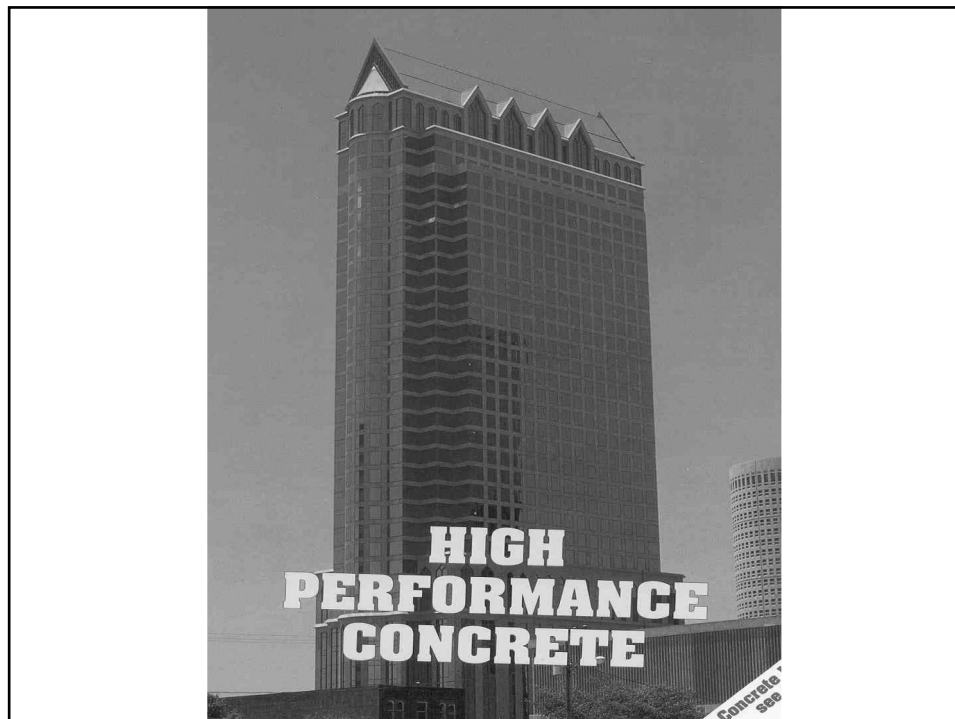


Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

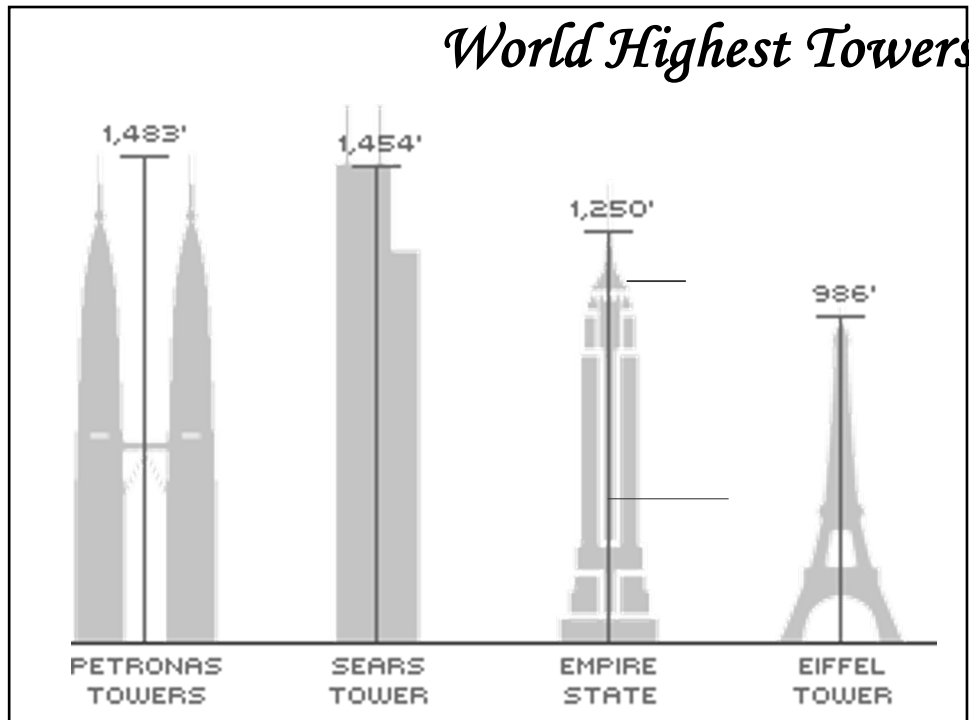
67



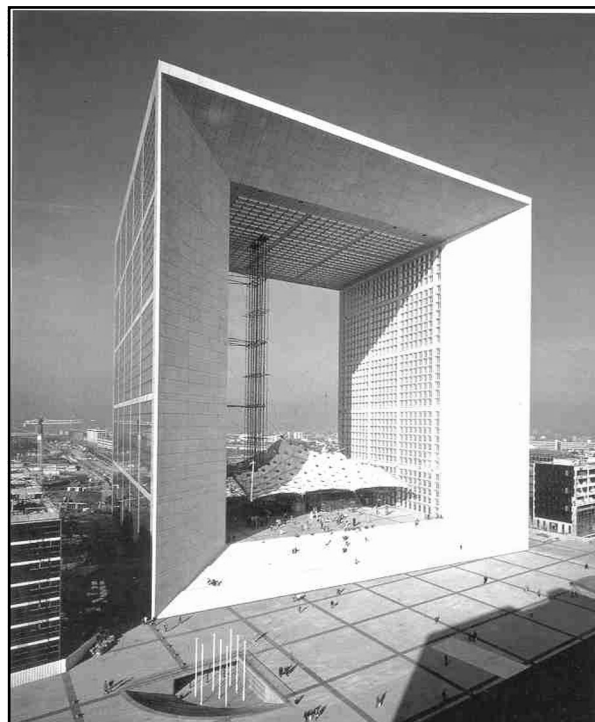
68



69



70



Grand Arch
La Defense
Paris

França 1990

$f_{ck} = 60 \text{ MPa}$

“high-tech style”

71

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

72

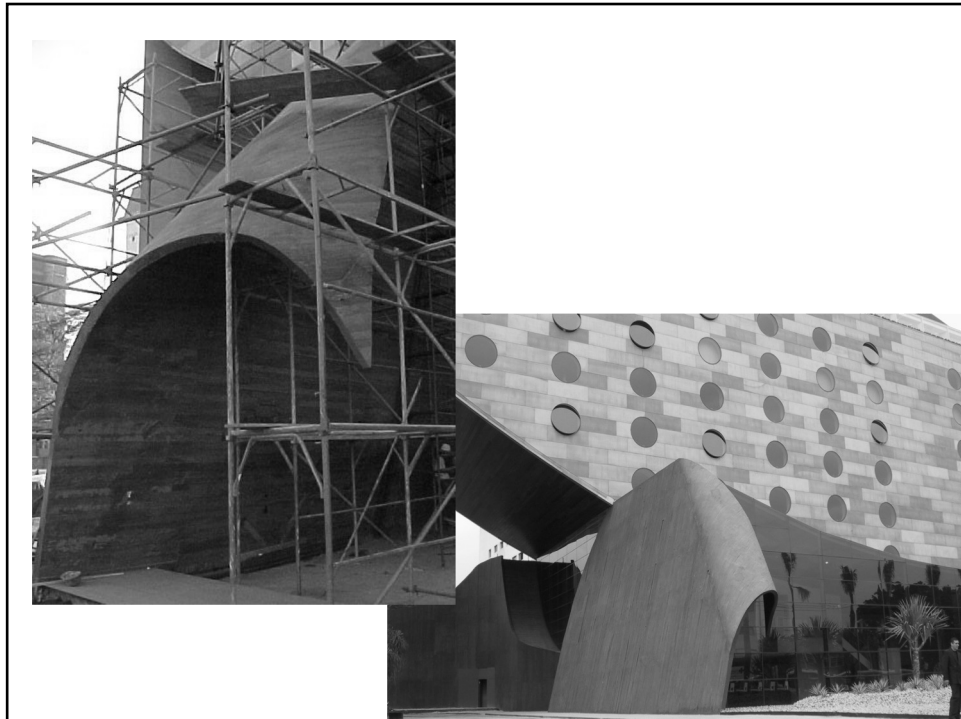
Mário Franco



UNIQUE
Hotel SP
= 50MPa
2002

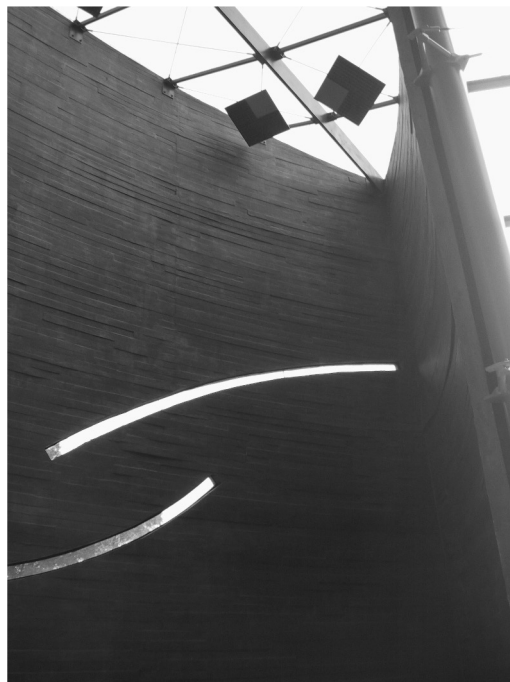
Ruy Othake

73



74

**Considerado
pela imprensa
francesa
Como uma das
7
maravilhas
de 2003**



75



Petronas Towers

Kuala Lumpur

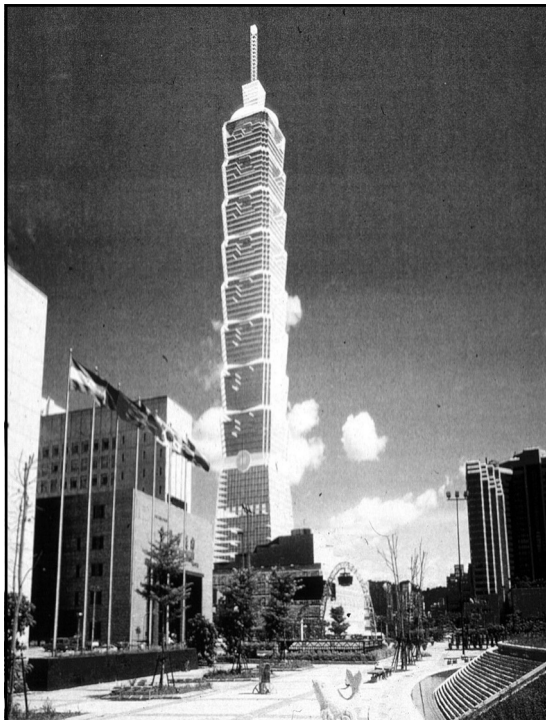
Malásia 1999

Altura 452 m

$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

record mundial

76



TAIPEI 101

Shangai World Financial Center

Taiwan China

Altura 508m

$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

record mundial

77

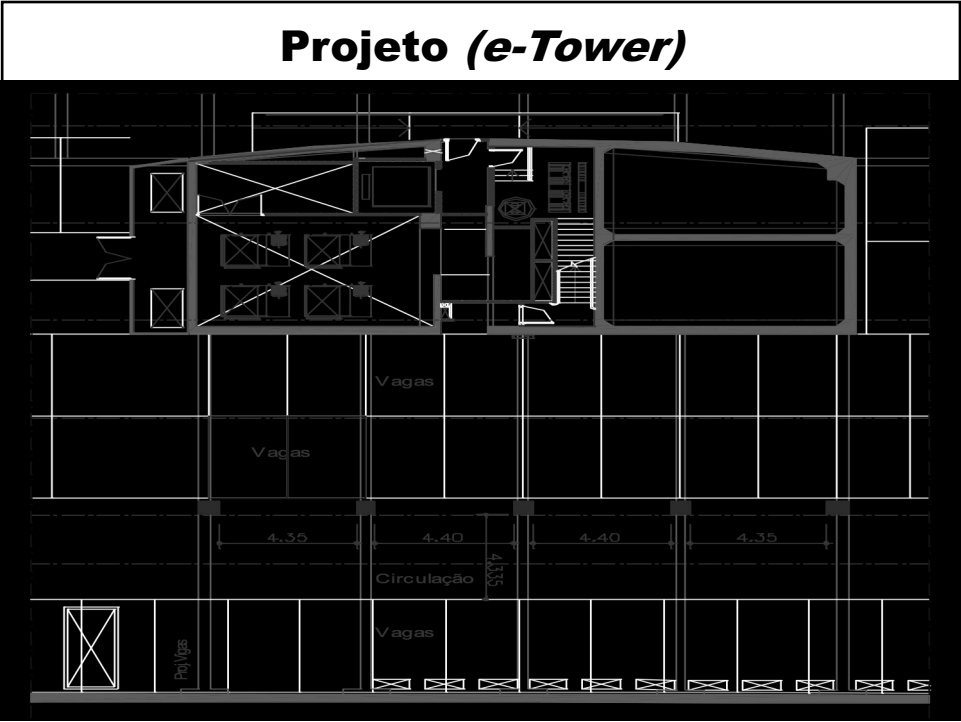


78

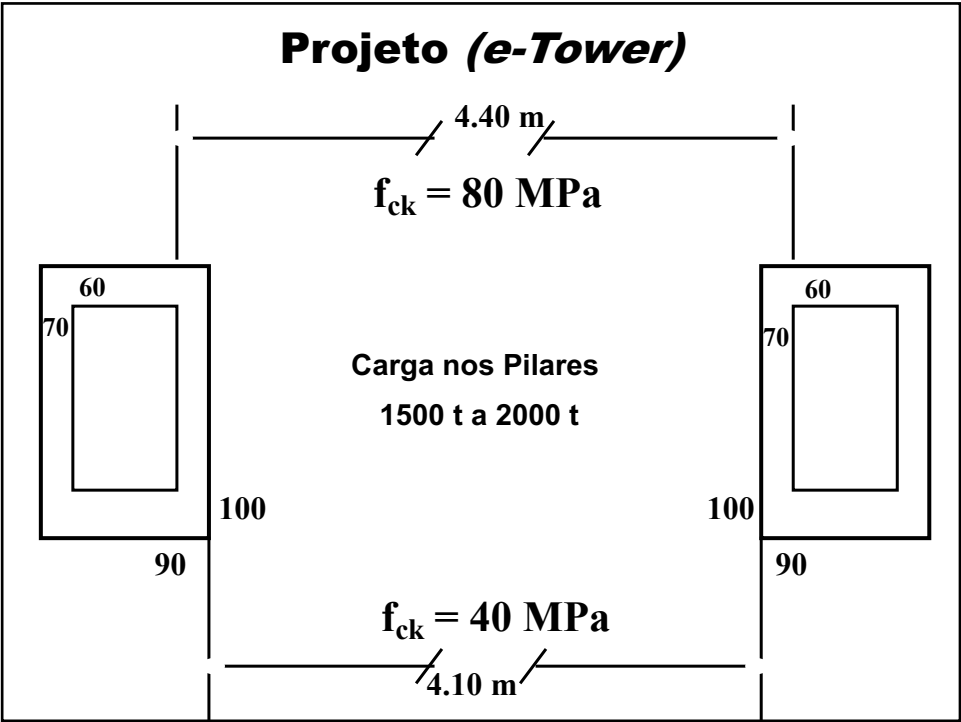
- ▼ **Edifício e-Tower SP**
- ▼ **42 pisos**
- ▼ **Heliporto**
- ▼ **Piscina semi-olímpica**
- ▼ **Academia de ginástica**
- ▼ **2 restaurantes**
- ▼ **Concreto colorido**
- ▼ **f_{ck} pilares = 80 MPa**




79

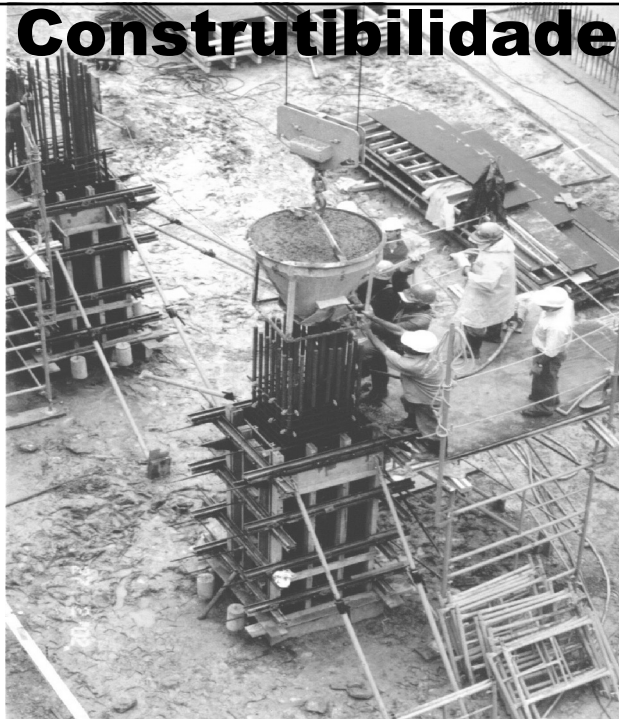


80



81

Construtibilidade



82



83

Resistencia a Compresión							
Lote	Local	f_{ck} (MPa)	exemplar	Média	Desvio padrão	Coef. Variação	fck est
1	4º SS	80	4	142,6	7,0	5%	133
2	3º SS	80	4	127,0	5,0	4%	122
3	2º SS	80	4	124,6	7,5	6%	119
4	1º SS	80	4	126,6	5,5	5%	120
5	Térreo	80	8	128,4	7,5	6%	123
6	1º pavimento	80	7	127,4	7,9	6%	110
7	2º pavimento	80	4	125,4	7,1	6%	118
Desvio padrão y coef. de variación media ponderado					7,0	5,5	112

84

Claim ID: 22678
Membership Number: 22322

Thursday, May 16, 2002

Thank you for sending us the details of your recent record proposal for 'Best concrete resistance in a building'. After having examined the information you sent, and given full consideration to your proposal, I am afraid we do think that this item is a little too specialised for a body of reference as general as ours.

We receive many thousands of record claims every year and we think you will appreciate that we are bound to favour those which reflect the greatest interest.

Yours sincerely,

Scott Christie
Records Research Services
Guinness World Records

85

Dear Paulo,

I have appreciated to read your letter and description of your very high concrete strength achieved in the very beautiful high rise.

At this stage fib is not really focused on selecting and documenting "World Records" in concrete, concrete structures, height of buildings or free spans of bridges.

However, we have full confidence and trust in the documentation prepared and presented by you.

Therefore, I really would recommend you to write a well documented technical paper for the fib Magazine "Structural Concrete" that could be one very relevant place to publish this fascinating story.

**Steen Rostam
fib (CEB-FIP)**

86

Paulo:

I have received your letter regarding the high-strength concrete record.

You have certainly gotten into HSC in a very big way!

We can discuss later which can be the best way....

**Terry
ACI President**

87



88

Propriedades mecânicas			
		$\square f_{ck} = 115 \text{ MPa} \quad \square f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	
		$\square f'_c = 17,000 \text{ psi} \quad \square f'_c = 3,600 \text{ psi}$	
f_c	7 days	111	18
f_c	28 days	125	32
f_c	63 days	139	37
f_c	91 days	155	39
E_{ci}	28 days	50	30
f_{ct}	28 days	10	3,1
Ultrassom m/s		4950	3250
esclerometria		52	23

89

Durabilidade

$$\sigma_{f_{ck}} = 115 \text{ MPa} \quad \sigma_{f_{ck}} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f'_c} = 17,000 \text{ psi} \quad \sigma_{f'_c} = 3,600 \text{ psi}$$

Carbonatação

28+63d 25°C 65% 5%

zero

29mm

Absorção H₂O

0,40%

7,5%

Volume de vazios

1%

17,5%

Densidade

2530 kg/m³

2310 kg/m³

absorção capilar

0,1 g/cm²

2,7 g/cm²

Ascensão capilar

0 cm

30 cm

Cloretos

43 C

8.400 C

Abrasão cm³/cm²

0,019

0,051

90

*Vida Útil
de 980 años!*

91

Sustanaible Development

“Increasing service life of concrete structures we can preserve the natural resources.

If we develop the design and construction ability we can get concrete structures with **500 years** service life. Doing this we can multiply by ten our productivity which means preserve the 90% of them”

Kumar Mehta

Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International. ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

92

A Construção precisa ser:

➤ *Firmitas*

➤ *Utilitas*

➤ *Venustas*

Marcus Vitruvius
30 aC

93

***Os Arquitetos e Engenheiros
constroem os marcos de
pujança, de grandeza, de
desenvolvimento e de poder
das civilizações.***

***Traduzem sua história,
seus sonhos e ideais em
majestosas e duráveis obras
que elevam a autoestima
de seu povo.***

94



95

Obrigado!



96