



CONCRETE SHOW
SOUTH AMERICA 2008

Seminário Vencendo Desafios da Engenharia com Concreto

Sobre a Arte de Projetar e Construir Estruturas

Paulo Helene

Prof. Titular da Universidade de São Paulo

Vice-Presidente do IBRACON

Coordenador da Red Rehabilitar

Membro do Model Code For Service Life (fib)



IBRACON

1

**Importância da
“arquitetura &
engenharia” no campo do
desenvolvimento da
ciência e da tecnologia
de um país**

2

Pesquisas em Concreto

No Canadá, CA → Pierre-Claude Aitcin – Diretor Científico

1989 National Research Council, NRC
NCE 1989 → Network of Centres of Excellence
NCE investe 40 milhões de dólares/ano

Concrete/Béton Canada (1989 → 1999)
Université de Sherbrooke
1,4 milhões de dólares/ano (10 anos)

Entidades integrantes:
11 universidades
15 Instituições Governamentais
5 Entidades
65 Empresas

3

Béton Canada

The mission of Concrete Canada is to position the Canadian construction industry at the leading edge of concrete technology in order to enhance its competitiveness.

Its goal is to develop more durable, high-performance concrete and provides a longer life expectancy for structures, to develop innovative tools for designing new structures and repairing existing structures.

Beton Canada are demonstrating that HPC structures are safe, efficient and cost-effective, and providing direct transfer of technology from the laboratory to industry.

Béton Canada Network assure Canada as world leader in the industry field.

4

CANADA → Networks of Centres of Excellence (14 em 1989, hoje 19)

Advanced Technologies

1. Canadian Network for Space Research
2. Centres of Excellence in Molecular and Interfacial Dynamics
3. Institute for Robotics and Intelligent Systems
4. Micronet - Microelectronic Devices, Circuits and Systems
5. NeuroScience Network

Engineering and Manufacturing

1. Canadian Institute for Telecommunications Research
2. **Concrete Canada**
3. Mechanical Wood-Pulps Network

Health, Human Development and Biotechnology

1. Canadian Ageing Research Network
2. Canadian Bacterial Diseases Network
3. Insect Biotech Canada
4. Inspiraplex - Respiratory Health Network of Centres of Excellence
5. Protein Engineering Network

Natural Resources and Environment

1. Ocean Production Enhancement Network

5

NCE Canada Network of Centres of Excellence

Engineering and Manufacturing

1989 a 1999

Concrete / Béton Canada

1995- 2009

Intelligent Sensing for Innovative Structures

ISIS Canada

University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba

6

Pesquisas em Concreto

Nos Estados Unidos, USA → Surendra Shah → Diretor Científico

1989 → National Science Foundation, NSF

ACBM Center for Advanced Cement-based Materials

NorthWestern University

University of Illinois

Purdue University

University of Michigan

National Institute of Standards and Technology

→ WMU, waste material utilization;

→ LCP, life cycle prediction;

→ DHPC, designing for high performance concrete

“Concrete & Science Engineering”

“Cementing the Future” média: 8 artigos por ano

7

ACBM: Worldwide leaders in new technology

ACBM was established in 1989 as a National Science Foundation Science and Technology Center, dedicated to the cement and concrete industries. By focusing on research, education, and technology transfer, ACBM has contributed major advances in the knowledge of cement and concrete materials and their behavior.

Hundreds of students and visiting scholars have participated in research at ACBM and have gone on to careers in industry and academia to continue this important work.

Many companies have adopted and optimized new technologies based on expertise developed through collaborative efforts with ACBM. **Cement Research — Response to a real world need.**

Much of the way we live depends on concrete. Our houses, roads, cities and underground support systems are all structured from this.

8

ACBM Center for Advanced Cement-Based Materials

*Our purpose is to
improve and enhance
the performance of
vital construction
materials.*

9

Pesquisas em Concreto

No Brasil, BR

2000, Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico, CNPQ, PADCT

Instituto do Milênio em Pesquisa Inovação e Difusão "Concreto Brasil"

Linhas de Pesquisa

- 1 - Patologia, Manutenção e Recuperação das Estruturas de Concreto
- 2 - Pré-Moldados de Concreto
- 3 - O Concreto e o Desenvolvimento Sustentado
- 4 - Desenvolvimento de Indicadores de Competitividade para Monitoramento da Cadeia Produtiva

10

Pesquisas em Concreto

Instituto do Milênio "Concreto Brasil"

Instituições Experientes:

Escola de Engenharia de São Carlos USP
Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Universidade de Campinas
Universidade de São Paulo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Universidade Federal de Santa Catarina

Instituições emergentes:

Universidade de Pernambuco
Universidade Federal de Goiás

Associações e Entidades:

Associação Brasileira das Empresas de Serviços de
Concretagem – ABESC
Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP
Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON

13

BRASIL → Institutos do Milênio MSI (17 em 2001, hoje 33)

Advanced Technologies

1. Avanço Global e Integrado da Matemática Brasileira
2. Instituto do Milênio para Evolução de Estrelas e Galáxia
3. Instituto de Informação Quântica
4. Instituto de Nanociências

Engineering and Manufacturing

1. Fábrica do Milênio
2. Instituto do Milênio de Materiais Complexos
3. Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos
4. Rede de Pesquisa em Sistema em Chip, Microsistemas e Nanoeletrônica

Human Development and Biotechnology

1. Estratégias integradas para estudo e controle da tuberculose no Brasil
2. Instituto de Investigação em Imunologia
3. Bioengenharia e Terapias celulares para doenças crônico-degenerativas
4. Integração de melhoramento genético, genoma funcional e comparativo

Natural Resources and Environment

1. Água - uma visão mineral
2. Semi-Árido Biodiversidade, Bioprospecção e Conservação de Recursos
3. Mudanças de uso de solo na Amazônia
4. Núcleo de Estudos Costeiros
5. Oceanografia Uso e Apropriação de recursos costeiros

14

Pesquisas em Concreto

Brasil

- 131 grupos de pesquisa cadastrados em concreto na CAPES
 - 22% de excelência
- 10 melhores escolas de engenharia MEC → coincidem com os melhores Centros de Excelência em Concreto

Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento
Banco de Teses e Dissertações
“Concreto Brasil”

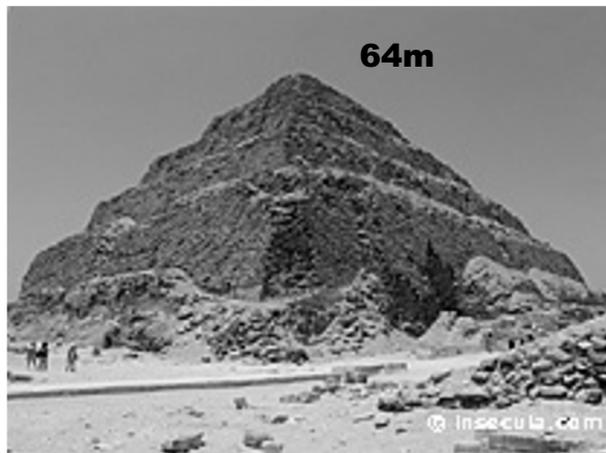
48 Congressos → 2.600 artigos → práticas recomendadas →
livros

15

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

16

**Político, alquimista, primeiro
Arquiteto → Imhotep**



Pirâmide escalonada de Djoser

17

I Grande Revolução !

A Engenharia de estruturas
podia construir obras
duráveis, majestosas e de
grandes proporções.

18



19

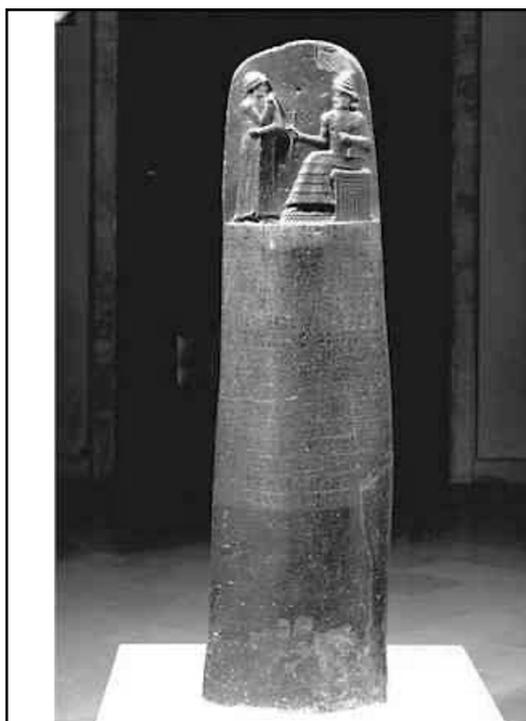


20

A CONSTRUÇÃO ESTÁ no PRIMEIRO CÓDIGO CIVIL da HUMANIDADE

“Durabilidade!”

21



**Código de Leis de
Hammurabi
(1.780 aC)**

Rei da Babilonia

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

22

Genesis, 11.4

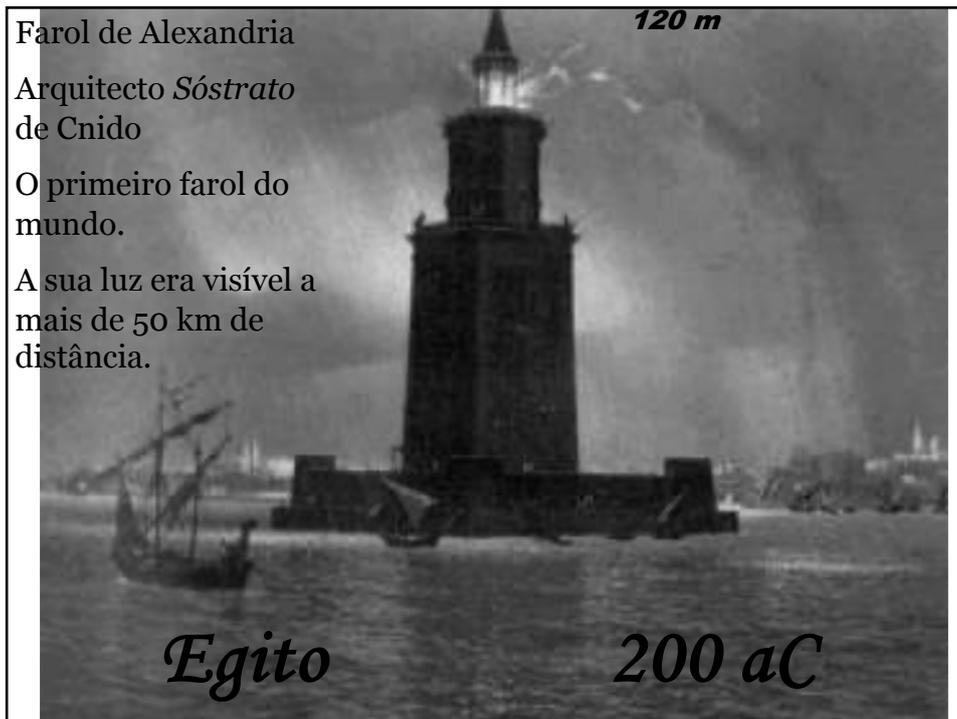
O Povo de Deus disse:

**“ 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”**

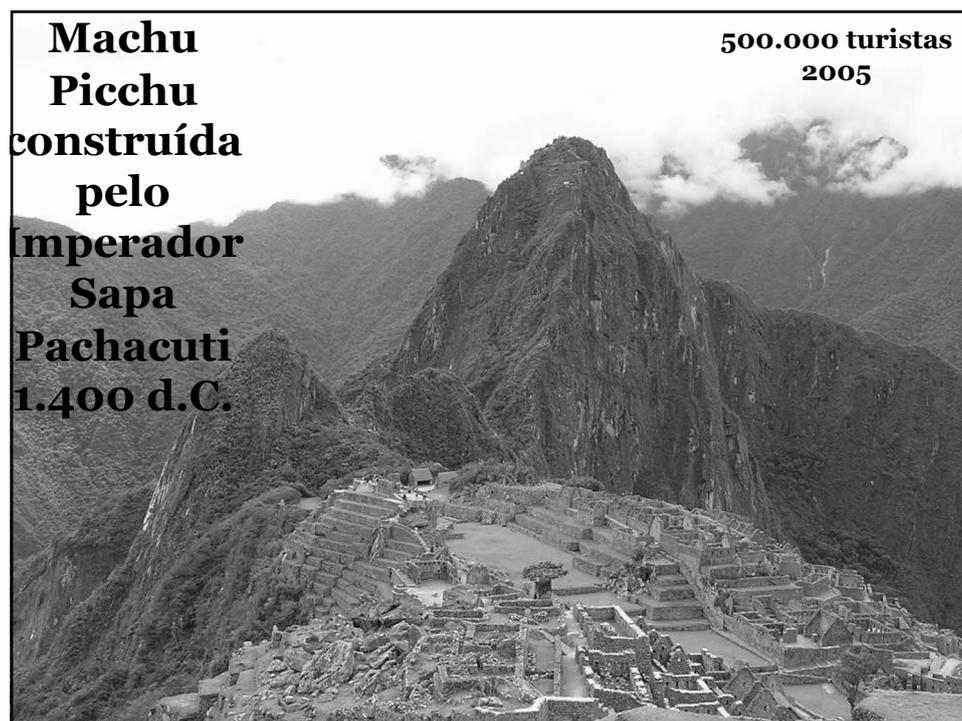
23



24



25



26



27



28

Construir com Materiais Resistentes e Duráveis

29

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

Arquitetos Ictinos de Mileto
e Calícrates (*escultor Fídias*)



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



30

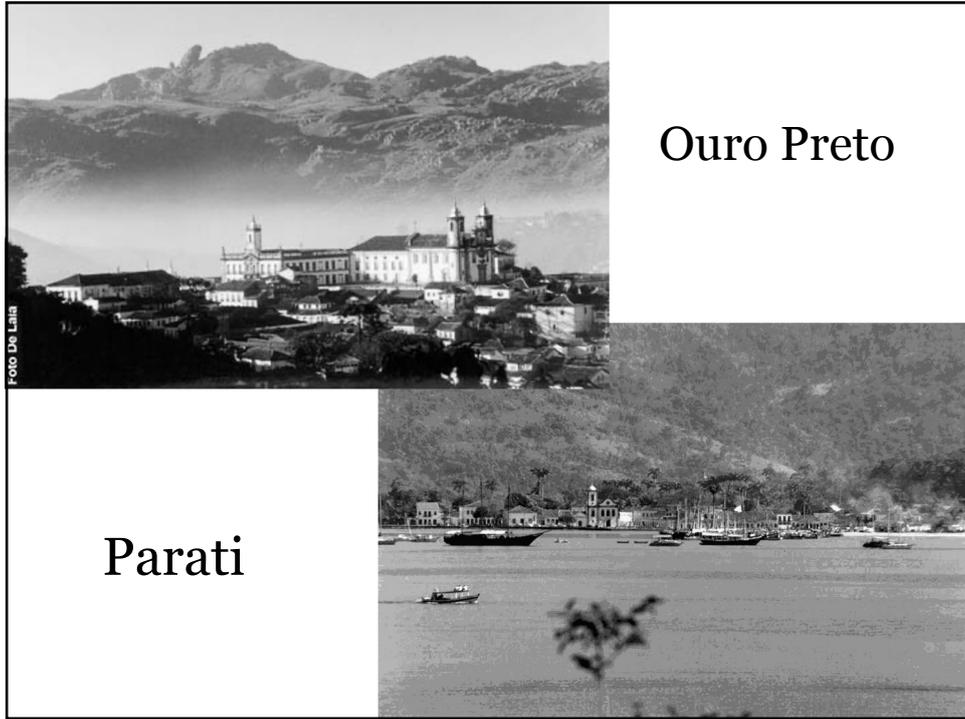
Cartagena de Indias



31



32



33

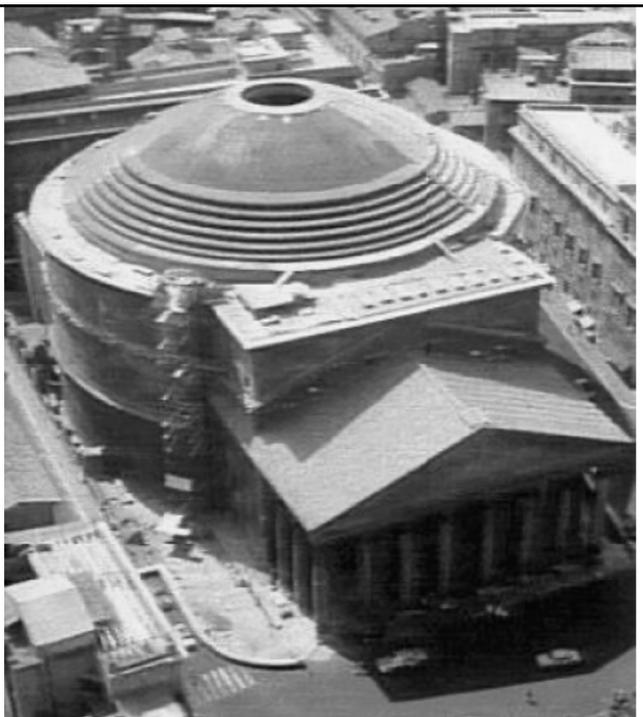


34

QUANDO APARECEU O CONCRETO POR PRIMEIRA VEZ NA HISTÓRIA?

35

Panteão
de
Roma



36

Cúpula do Panteão de Roma
Século II dC → Diâmetro de 44m



37

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colonia

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris

38

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

39

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colônia

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris

XIX → Estruturas metálicas

40

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.
Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra
still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



41



Ponte do Brooklyn, New York, USA → 1.883
John Augustus Roebling
ponte susensa com cabos de aço galvanizados

42

Fundações em rocha e alvenaria



43

II Grande Revolução !

A Engenharia estrutural (e a Arquitetura) podia projetar obras antes inimagináveis, com muito mais velocidade, segurança para vencer grandes vãos e podia construir em altura como nunca dantes.

44



45

“Gustave Eiffel”
1.884 → Estatua da Liberdade
1.889 → Torre Eiffel

 <p>46m</p>	<p>(5a+2a) 60t pintura</p>	 <p>312m</p>
---	---	---

2.004 → 6.230.050 visitantes

46

Onde estão os edifícios de Escritórios e Apartamentos? O que houve?

47



**Palácio de Westminster → Houses of Parliament
1.868 dC Big Ben**

48

➤ **1.888 → Leroy Buffington
USA, esqueleto reticular**

➤ **1.853 → Otis, elevador seguro,
1889 → 1º elevador elétrico em
NY**

49



**O início dos arranha-
céus foi em 1.890-1.891
com a construção do
edifício Wainwright
com 42m
St. Louis, USA.**

***Conhecido Escola de
Chicago***

**Projetista
Arquiteto Louis Henry
Sullivan**

50

**SÉCULO XX
1.900**

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

51

**Primeiras Normas sobre
Estruturas de Concreto**

1903	Suiça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

52



53



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

107years !

**Oldest Building
in world**

54



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

83 anos !

world record

55



Edifício
Martinelli

1929

106m

78 anos

world record

São Paulo, Brasil

56



Cristo Redentor

1931

**Concreto
armado**

**(pedra sabão)
39,6m**

**Corcovado, RJ
750m**

**Projeto estrutural:
Heitor da Silva Costa & Albert Caquot
Arquitetura: artista plástico Carlos Oswald & escultor Maximilien Paul Landowski**

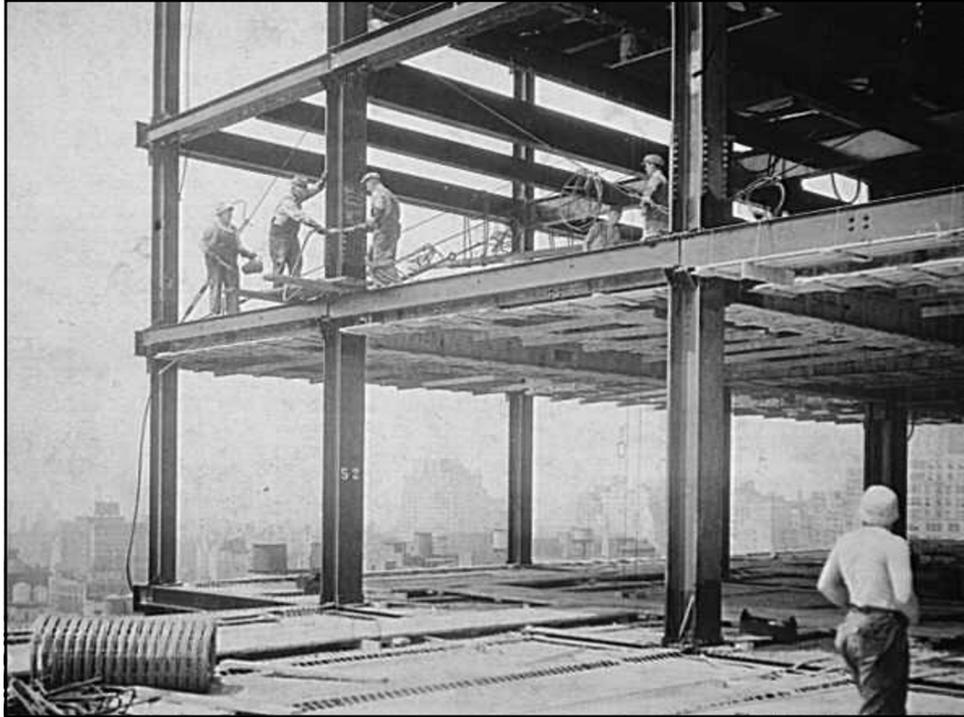
Hoje com 76 anos de idade, a estrutura dessa estátua, requereu apenas duas intervenções para manutenção realizadas nas décadas de 80 e 90, o que a caracteriza como de exemplar vida útil.

57



**Empire State Building
381m , New York, 1.931**

58



59

Século XX
1.928

“novo material estrutural”

Concreto
Protendido

Eugene Freyssinet

60



61



62



63

2 8 2002

**Aduelas
prefabricadas
 $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$**

**média de
54 MPa
em corpos-de-
prova cilíndricos
(62MPa)**

**Vida Útil
100 anos!**

64

III Grande Revolução !

A Engenharia estrutural podia ousar muito mais pois descobriu como combinar dois materiais fantásticos. O concreto tinha a durabilidade da rocha, era compatível com o aço e ainda o protegia “eternamente”

65

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



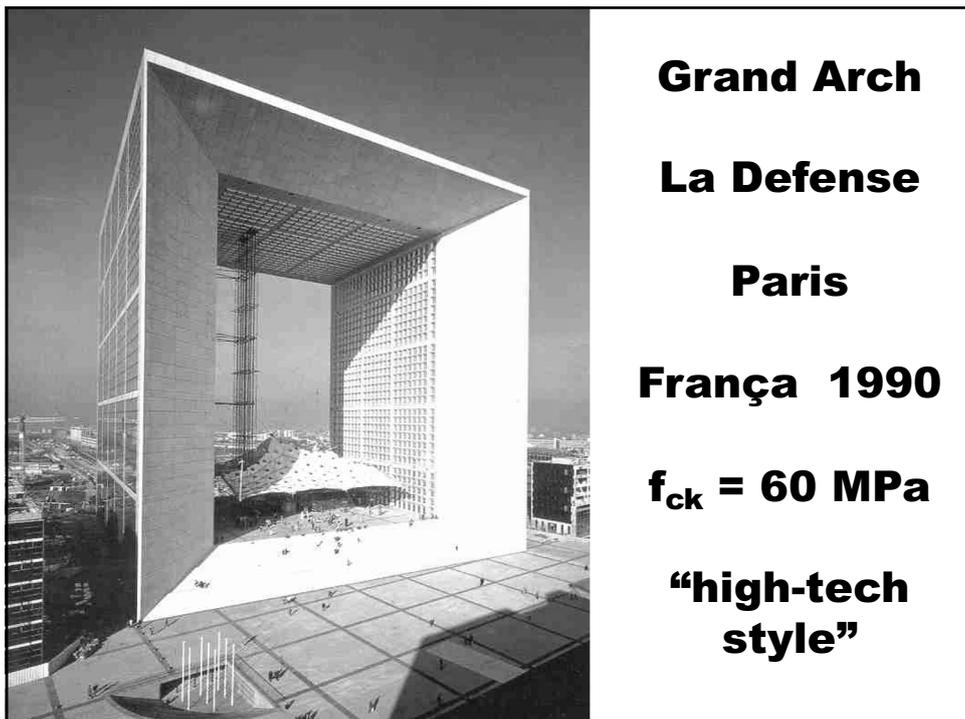
Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

66



67



68



Petronas Towers

Cesar Pelli

Kuala Lumpur

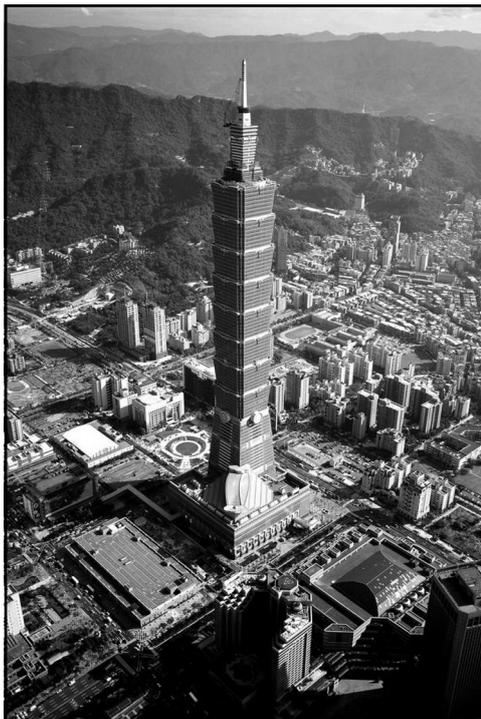
Malasia 1.997

452m

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

before / after

69



TAIPEI 101

Shangai World Financial Centre

Taiwan, China

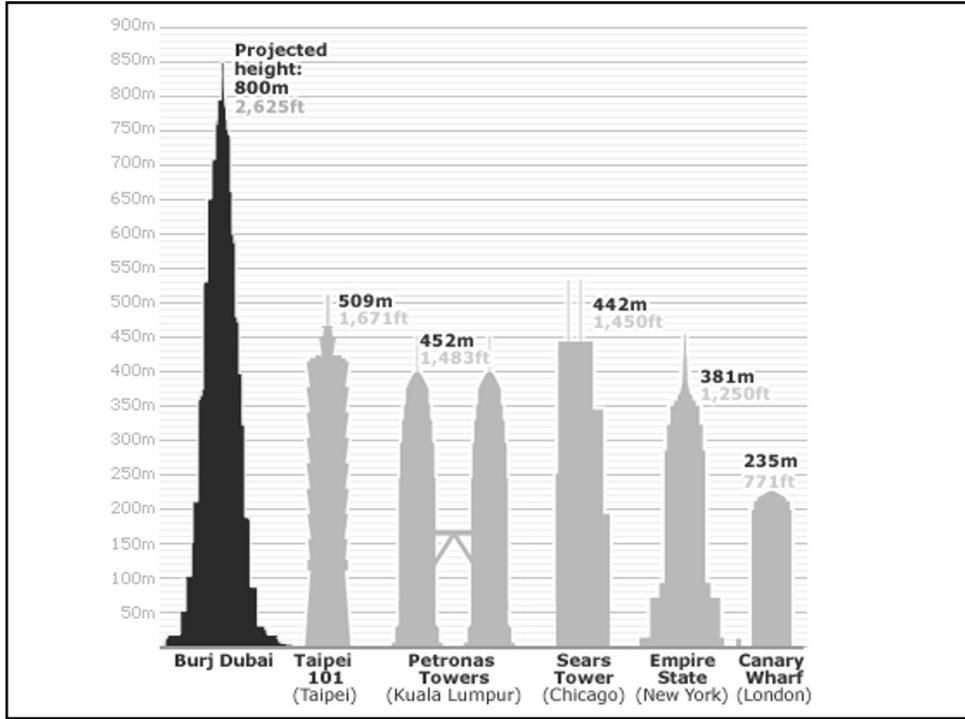
2005

509m

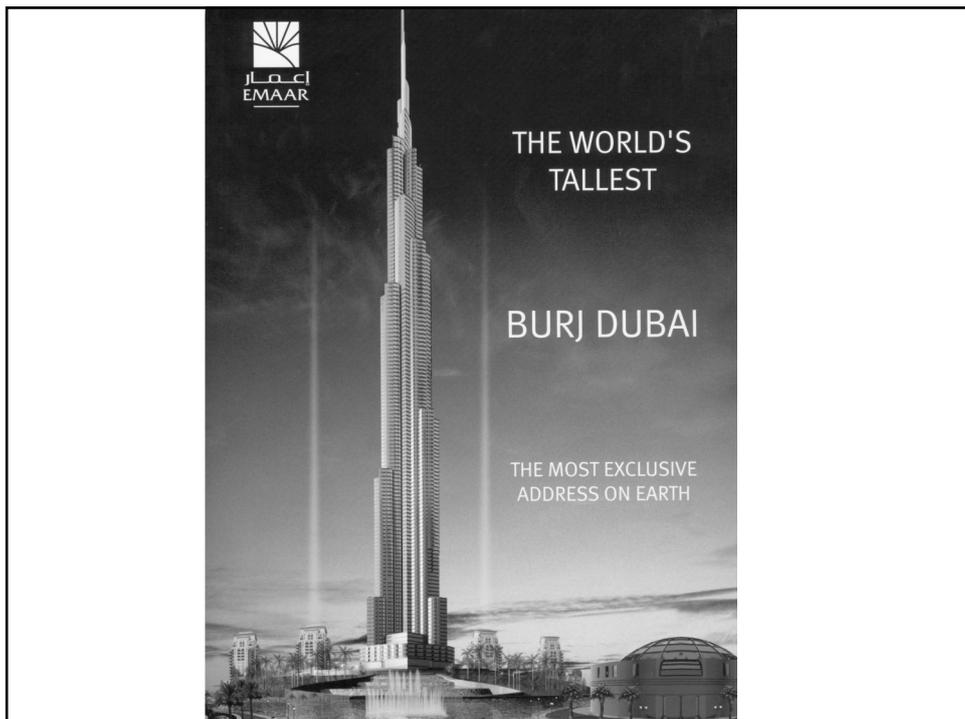
$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

steel / concrete

70



71



72

Como será o futuro?

73

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "*De Architectura*"

10 volumes → 800 anos como best - seller

Utilitas
Firmitas
Venustas

(funcional)
(estável e durável)
(bonita)

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

74

Venustas Bonita !

75



76

Firmitas

estável e durável

77



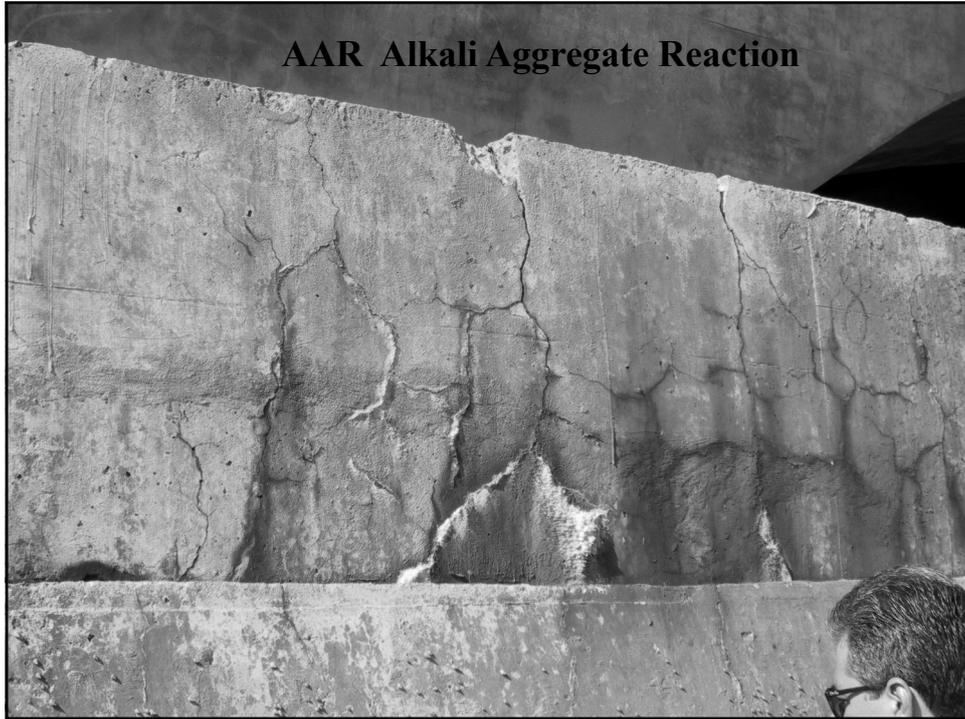
78



79



80



81



82



250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e eficiência, precisa de Engemix. Como o México, Engemix é pioneira, quando foi usada o concreto de alta resistência da Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 20m x 20m x 8m, correspondente a 2.024 m³ de concreto, lançado em 23 horas ininterruptas. Com o bombeamento de 360 toneladas de grão para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um colégio de 4m x 4m x 20m. Ou quando a Concretora fez um projeto para o metrô de São Paulo, com o lançamento de um bloco de 30 metros de comprimento, 10 metros de altura e 10 metros de largura, em São Paulo, com 26.000 m³ de CAD, o concreto de alto desempenho. Estruturas que não são apenas monumentos por sua beleza e beleza, mas que são grandes exemplos de aplicação do CAD, a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no P. México. É a mais utilizada no CAD no Brasil, e não deixa qualquer tipo de problema pela garantia 250 anos. Ou até 2014, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação de artigos científicos e técnicos. É a garantia de qualidade do concreto de alta resistência em altura 10 metros.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 40 m³ de concreto no 30 Andar. Depois de 10 segundos de espera, que significam cerca de 3 m³ de concreto na área de lançamento, equivalentes a 7,5 toneladas.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas é considerado uma verdadeira obra de arte tecnológica de concretagem elevada. E as vantagens propostas pelas concretas e com o uso de Engemix, como a economia e a qualidade de Engemix. Que garante, ao mesmo tempo, não apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, otimização das operações de aplicação em altura, de modo a garantir a qualidade, integridade, resistência e de concretagem do concreto na obra.

Quem precisa de segurança segue em concretagem, não tem medo. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

83

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (Engenheiro / Arquiteto Romano)

40 anos aC → "De Architectura"

10 volumes → 800 anos como best - seller

**Utilitas
Firmitas
Venustas**

**(funcional)
(estável e durável)
(bonita)**

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

84

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "De Architectura"

10 volumes → a obra mais importante
Das obras que influenciaram a arquitetura
irmo de um arquiteto e engenheiro
de Roma (bonita)

Sustentável

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

85

Concrete R & D

SCC → Self –Compacting Concrete

HPC → High Performance Concrete

HSC → High Strength Concrete

CRC → Compact Reinforced Composite

RPC → Reactive Powder Concrete

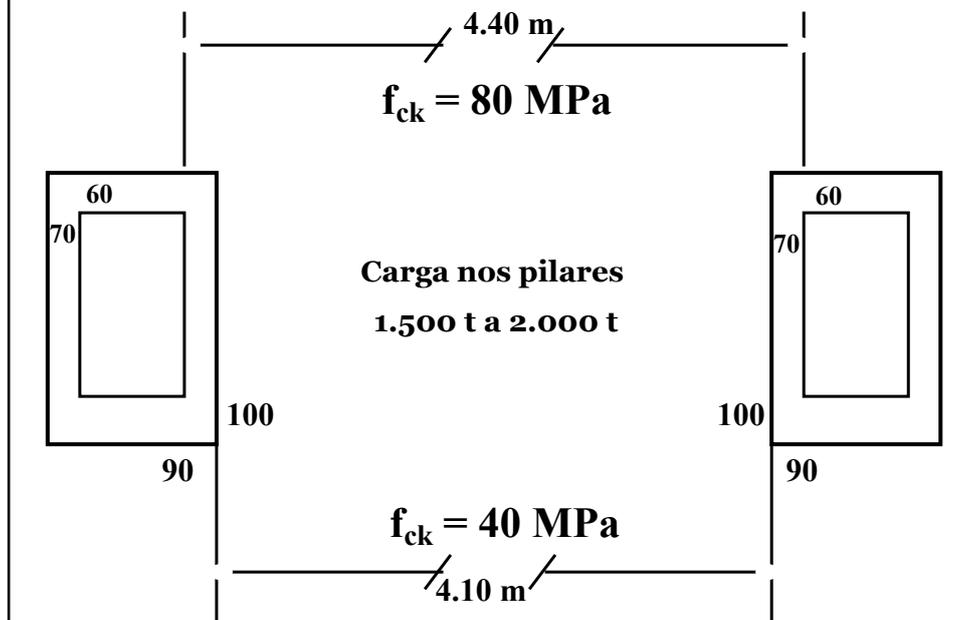
86

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



87

Projeto estrutural (*e-Tower*)



88



89



90

Economia de recursos naturais

Original:

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

seção transversal → 90cm x 100cm

$$0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

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

seção transversal → 60cm x 70cm

$$0,42\text{m}^2$$

91

Economia de recursos naturais

- 70% menos areia
- 70% menos pedra
- 53% menos concreto
- 53% menos água
- 20% menos cimento

92

Considerações Finais

*baseadas no CTBUH → Council on Tall Buildings
and Urban Habitat*

93

Em 1.997 as torres gêmeas
Petronas, em Kuala
Lumpur, toda de concreto,
superou em altura a torre
Sears em Chicago
(metálica)

94

Passados somente
10 anos, 5 novos
edifícios mais altos
que o Petronas
foram construídos

95

**Hoje há 22 edifícios em
construção com altura
superior a 300m (*novo
patamar de arranha-céu*) e
14 outros já foram
inaugurados...
desde 1.997 !**

96

Desse total de 36

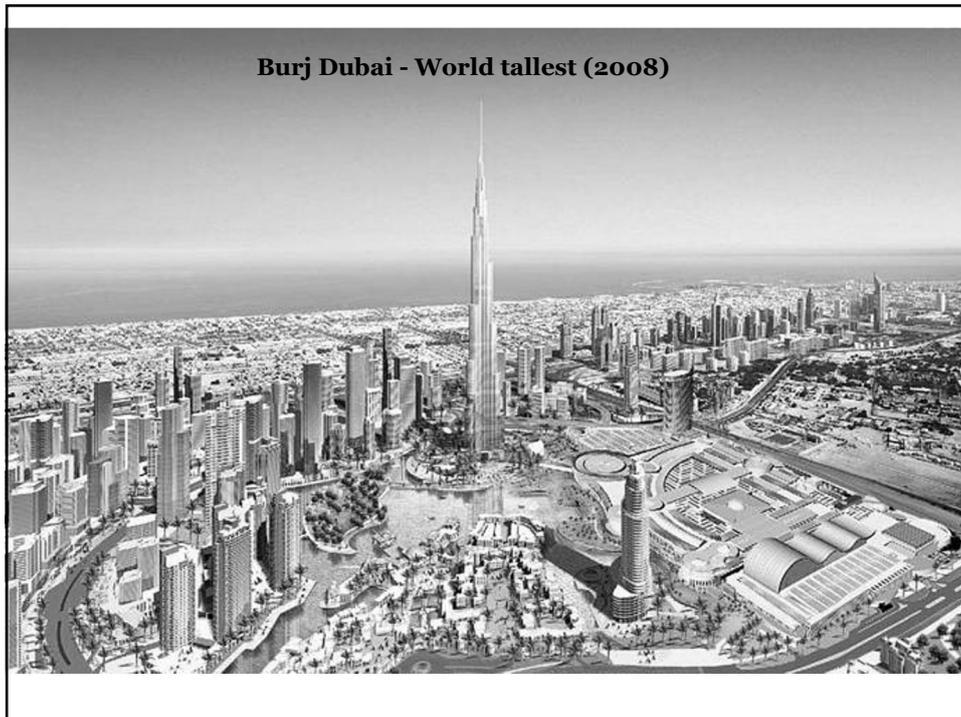
“arranha-céus”:

- 13 são em concreto
- 19 são mistos concreto / aço
- apenas 4 são metálicos

97

Inclusive o mais alto
edifício em construção
no mundo, a Burg
Dubai, tem estrutura
totalmente em
concreto

98



99

Em 100anos, o concreto
(*vital construction
material*) superou todos os
limites e fronteiras do
conhecimento em
Engenharia de projeto e de
construção!

100

e... ainda continua em
franco progresso e
evolução não sendo
possível prever seus
limites, nem seu
substituto !

101



102