



**Seminário Pré-Fabricados
de Concreto T&A**

Sustentabilidade das Estruturas de Concreto

Paulo Helene

*Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Vice-Presidente do IBRACON
Presidente da ALCONPAT
Membro do Model Code For Service Life (fib)*

T&A

Salvador

22 de outubro de 2009

Bahia

1

**Importância do
concreto 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

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

10

Inovação em Concreto

- *inovação de material*
- *inovação de projeto*
- *inovação de processo*

“A inovação tecnológica compreende uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizativas, sociais, financeiras e comerciais”

11

P&D em Concreto

SCIENTIFIC AMERICAN

232 documentos nos últimos 10anos

*Building Better Concrete
July 25, 2009*

Paulo Monteiro, UC Berkeley

12

Inovação em Concreto

SCIENCE NEWS ON LINE

FRC → concreto com fibras

SCC → concreto auto-adensável

Concreto translúcido

HPC concreto de elevado desempenho

GFRC → concreto con fibras de vidro

Concreto com carbono

Cimento sem pó

13

SCIENCE NEWS ON LINE

➤ **Nanotecnologia na engenharia
de materiais**

➤ **TiO₂ Titânio Self-Cleaning Concrete**

➤ **Partículas Fotocatalíticas
*absorver energia solar***

14

Concreto Estampado



15

Concreto estampado

➤ evolução, melhoria, inovação de processo



16

Concreto Fotogravado

- Destinado a reproduzir fotografias, desenhos e gravuras mediante desativação seletiva;
- Mecanismo: deposição de um retardador sólido numa placa flexível mediante procedimento de impressão ponto a ponto;
- A placa pré-preparada deve ser recoberta com concreto. Após o endurecimento é retirado do molde e lavado com água a baixa pressão.

17

Concreto Fotogravado



18

Concreto Fotogravado



19

Concreto Translúcido

- A utilização de fibras ópticas na massa de concreto formam uma matriz que permite a passagem da luz;
- Essas fibras permitem a formação de silhuetas definidas projetando-se sobre a superfície do concreto;



20

Concreto Translúcido

Arq. Aron Losonczi
(Hungaro)



21

Concreto Translúcido

O desenvolvimento dessa tecnologia poderá revolucionar a aparência de edifícios através da passagem da luz, inclusive aproveitando a luz do dia em áreas comuns das construções, evitando desperdícios



22

Concreto Artístico



23

Concreto Artístico



24

Concreto com Fibras

FRCC → Fiber Reinforced Concrete

HPFRC → High Performance Fiber Reinforced Concrete

UHPFRC → Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete

SFRC → Steel Fiber Reinforced Concrete

GFRC → Glass Fiber Reinforced Concrete

SFRC → Synthetic Fiber Reinforced Concrete

NFRC → Natural Fiber Reinforced Concrete

25

Glass Fiber Reinforced Concrete

GFRC OU GRC

Trata-se de um compósito de matriz cimentícia reforçada com fibras de vidro álcali-resistentes. Devido à alta resistência a tração oferecida pela fibra de vidro, seu baixo volume e altíssima durabilidade, permitem a execução de peças extremamente esbeltas e finas. Muito utilizado na execução de painéis de fachada para edifícios novos e restaurações. Não há limites para a criatividade e com infinitas aplicações.



26

Concreto de Alta Resistência

▼Tem resistência à compressão acima de 200MPa e acima de 40MPa na flexão, obtidas através da adição de nano fibras metálicas.

27



Estação de trem, Calgary, Canadá

28

P & D em Concreto

Concreto de Alto Desempenho

SCC → Self –Compacting Concrete

HPC → High Performance Concrete

HSC → High Strength Concrete

CRC → Compact Reinforced Composite

RPC → Reactive Powder Concrete

29



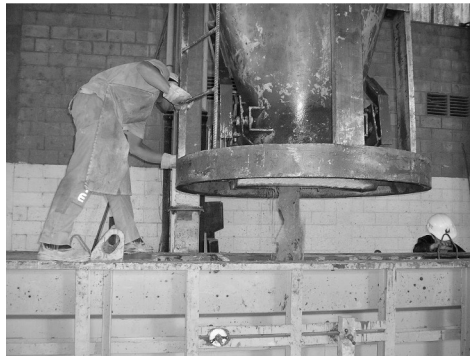
30

definição

é um concreto que pode se moldar as fôrmas e preencher todos os seus espaços internos exclusivamente através de seu peso próprio, sem necessidade de qualquer forma de compactação ou vibração externa.

31

estudo comparativo



32



33

10 x produtividade

CC: moldagem: 4,4min;

acabamento: 3,3min;

**n° de operários empregado: 5 no total; incluindo
vibração (1), caçamba (2), acabamento (1) e
ponteiro (1).**

0,870 homens-hora / m³ de concreto

CAA: moldagem: 1,2min

acabamento: não precisou

**n° de operários empregado: três (3); com caçamba
(2) e ponteiro (1).**

0,081 h.h/ m³ de concreto

34



35

**Um pouco de história
que justifique o papel
da arquitetura e da
engenharia civil na
sociedade moderna**

36

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

37

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



Pirâmide escalonada de Djeser

38

Materiais Estruturais!

1. Madeira / bambú;
2. Barro / argila (+ fibra);
3. Cerâmica;
4. Rocha

39

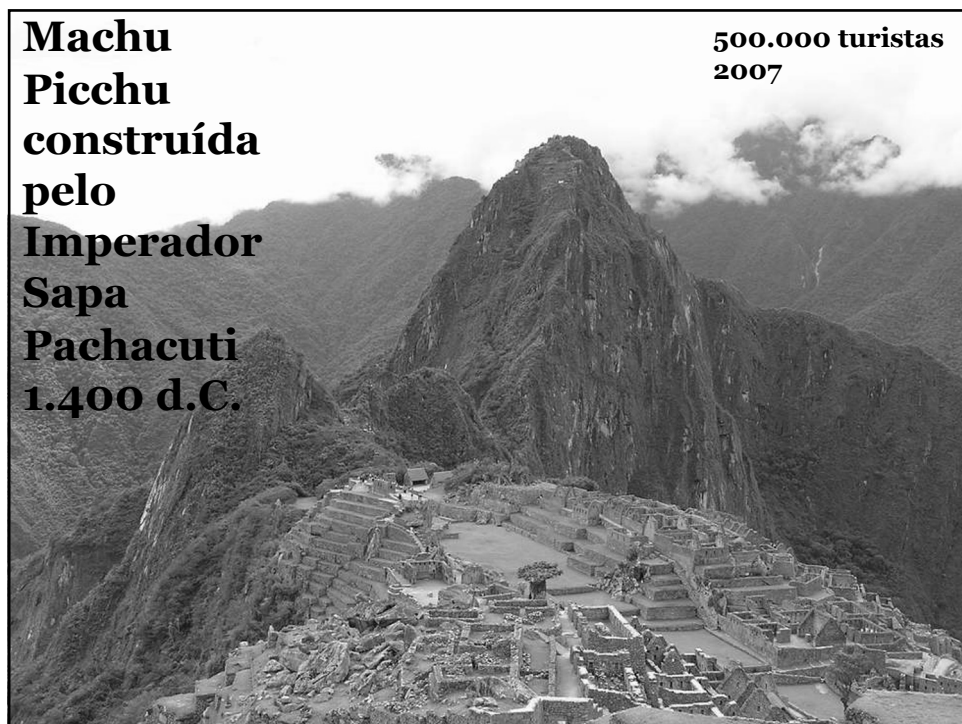
I Grande Revolução !

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

40



41



42



43



44

Construir com Materiais Resistentes e Duráveis

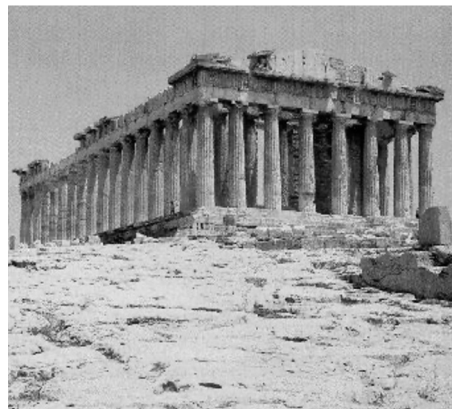
45

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”



46



47

**QUANDO APARECEU
O CONCRETO *(estrutural)*
POR PRIMEIRA VEZ
NA HISTÓRIA?**

48

Panteão
de
Roma



49

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



50



51



52



53

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Románico → Abadia Cluny, France

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

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclásico → Arco do Triunfo , Paris

54

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

55

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

56

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.

Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra

still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



57

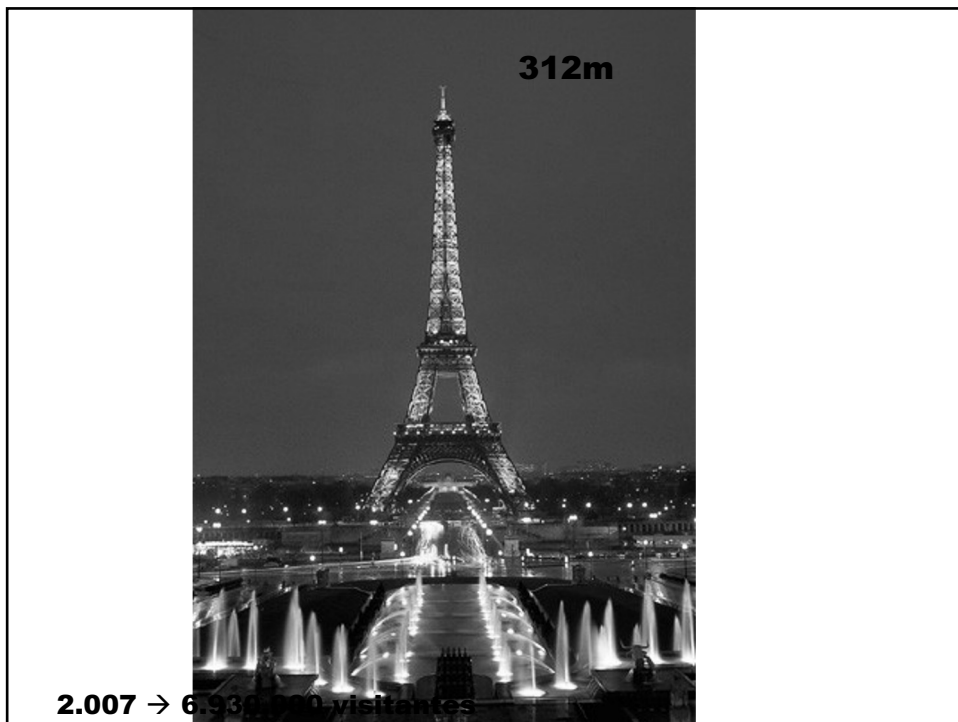
II Grande Revolução !

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.

58



59



60

**SÉCULO XX
1.900**

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

61

**Primeiras Normas sobre
Estruturas de Concreto**

1903	Suiça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

62



63



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

107 anos !

*edificio em concreto mais
antigo do mundo*

64



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

83 anos !

world record

65



***Edifício
Martinelli***

1929

106m

78 anos

world record

São Paulo, Brasil

66



**Cristo
Redentor**

1931

**Concreto
armado**

**(pedra
sabão)**

39,6m

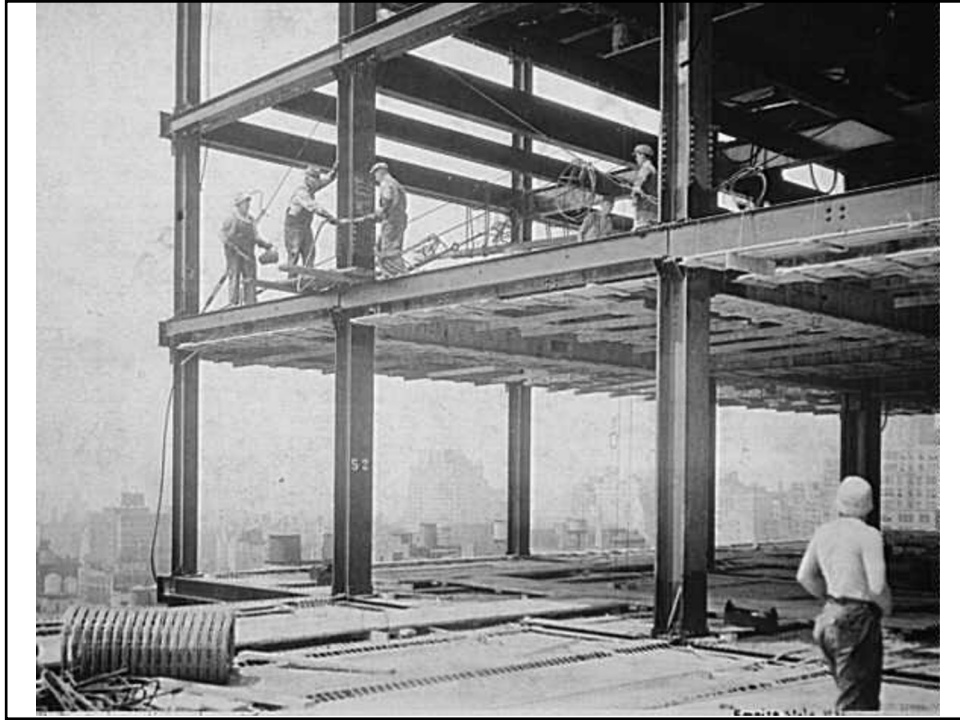
**Corcovado,
RJ 750m**

67



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

68



69

**Século XX
1.928**

“novo material estrutural”

***Concreto
Protendido***

Eugene Freyssinet

70

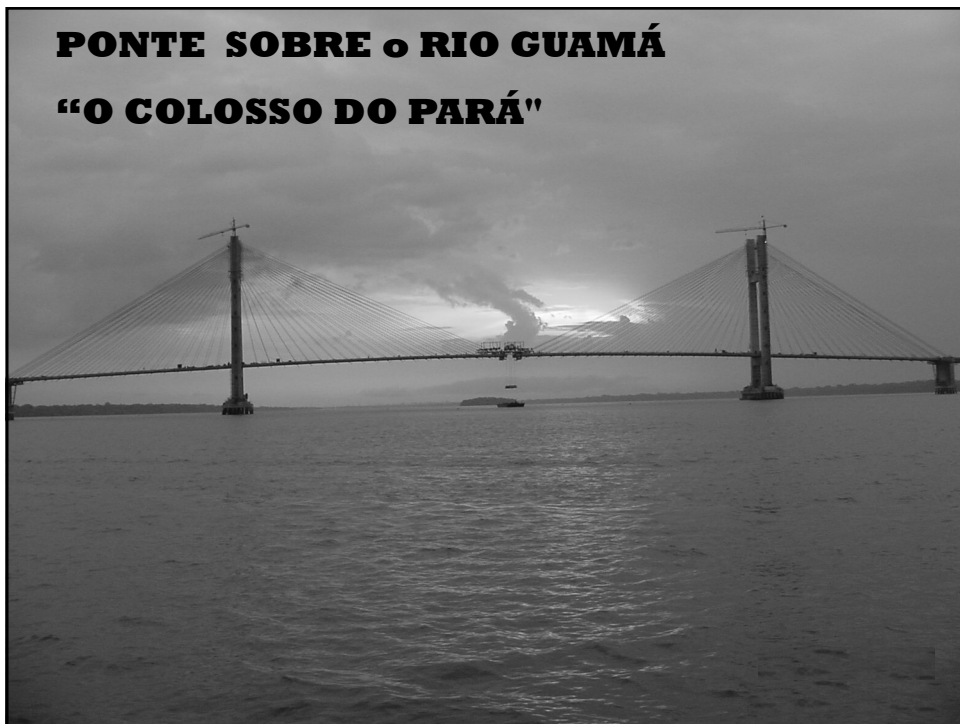


71



72

PONTE SOBRE O RIO GUAMÁ
“O COLOSSO DO PARÁ”



73



Ponte Rio Guamá
Belém ^ Pará 320m de luz 2003

74



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

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

Vida Útil
100 anos!

75

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”

76

Como será o futuro?

77

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

78

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "De Architectura"

10 volumes → 10 princípios de arquitetura

Utiliza-se a expressão *ars et scientia* (bonita)
para designar a arte e a ciência da construção

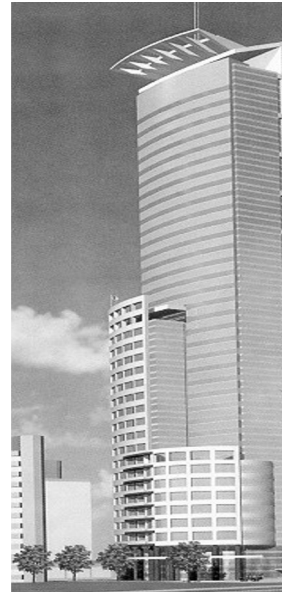
Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

79



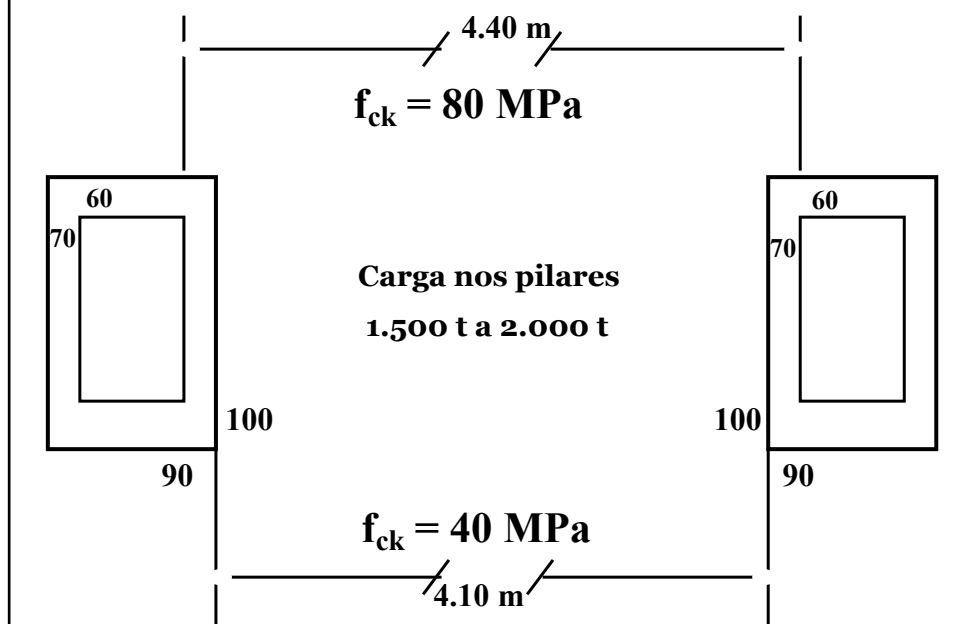
80

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



81

Projeto estrutural (*e-Tower*)



82



83



84



85

Economia de recursos naturais

Original:

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

seção transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$

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

HPC / HSC:

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

seção transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$

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

86

Economia de recursos naturais

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

87

Concrete Evolution

National Building Museum
Washington, USA

"New Architecture in Concrete"

30 best innovations

88

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Como pode o setor de concreto contribuir para o movimento global de “sustentabilidade” na construção civil?

- *European Concrete Platform ASBL. Sustainable Benefits of Concrete Structures. Feb. 2009*
- *The Concrete Centre. The Environmental, Social and Economic Sustainability Credentials of Concrete. Dec. 2009*
- *Comitê Técnico de Meio Ambiente do IBRACON. 1996-2009. Presidente: Prof. Dr. Salomon Mony Levy*

Direitos Reservados 2009

89

89

Protocolo de Kyoto

1997 → Protocolo de Kyoto

Em 2012 emitir 6% menos gases estufa que em 1990 → países desenvolvidos.

Direitos Reservados 2009

90

IPCC Reports 2007

According to IPCC May 4, report, the worst effects of global warming can be avoided if:

- ▼ **GHG emissions to peak in 15 years, and fall to 50% of current levels by 2050.**
- ▼ **Limit temperature increase to 1.6°C**
- ▼ **Above actions will stabilize GHG emissions below 490 ppm, the current concentration being about 430 ppm.**

→IPCC → Intergovernmental Panel on Climate Change

→UNEP → United Nations Environmental Programme

→WMO → World Meteorological Organization

91

Qual o problema?

Aquecimento Global (Global Warming) no qual a indústria tem contribuição destacada ao lado do chamado “modo de viver” de vários dos cidadãos ingênuos que vivem nos países desenvolvidos.

Atualmente os países desenvolvidos emitem cerca de 66% do total de gases estufa do planeta e se considerado per capita essa contribuição nefasta pode chegar a 80%.

“Weather Makers, by Tim Flannery. 2005”

Direitos Reservados 2009

92

Como reduzir o aquecimento global?

- 1. reduzir emissão de gases estufa**
- 2. reduzir energia consumida**
- 3. reduzir consumo de recursos naturais não renováveis**
- 4. mudar o “modo de viver de alguns”**

Direitos Reservados 2009

93

Concreto Sustentável é aquele:

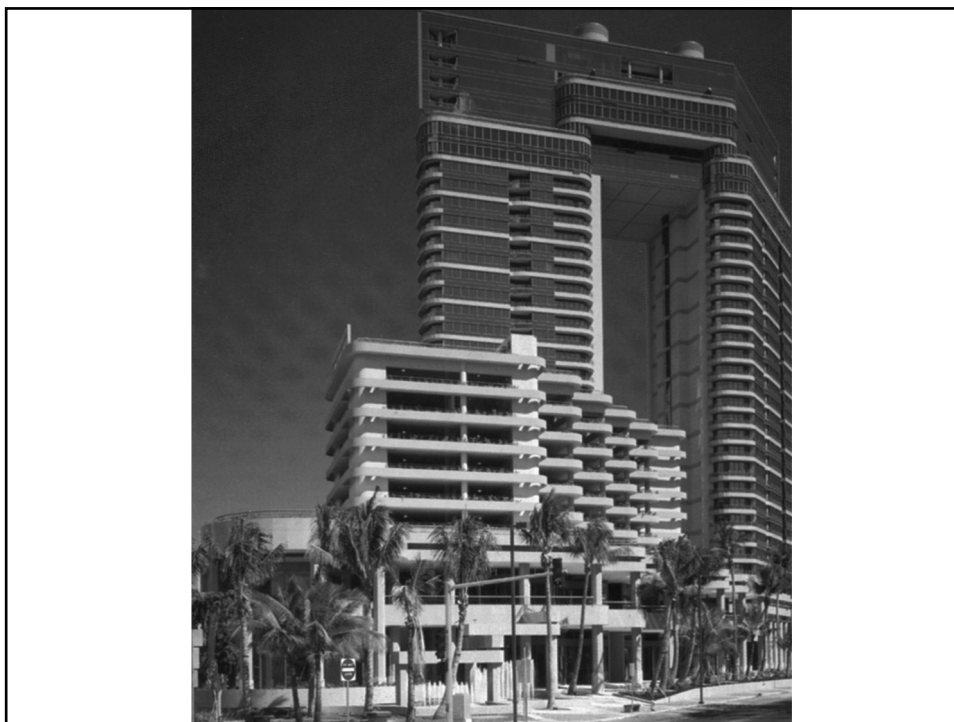
- mais resistente**
- mais durável**
- mais humano (< ruído e < esforço físico)**
- consumir menos recursos materiais não renováveis**
- consumir menos água**
- consumir menos energia**
- produzir menos resíduos e entulho**

94

**Sustentabilidade combina
em gênero, número e grau com**

Concreto Pré-Fabricado

95



96



97



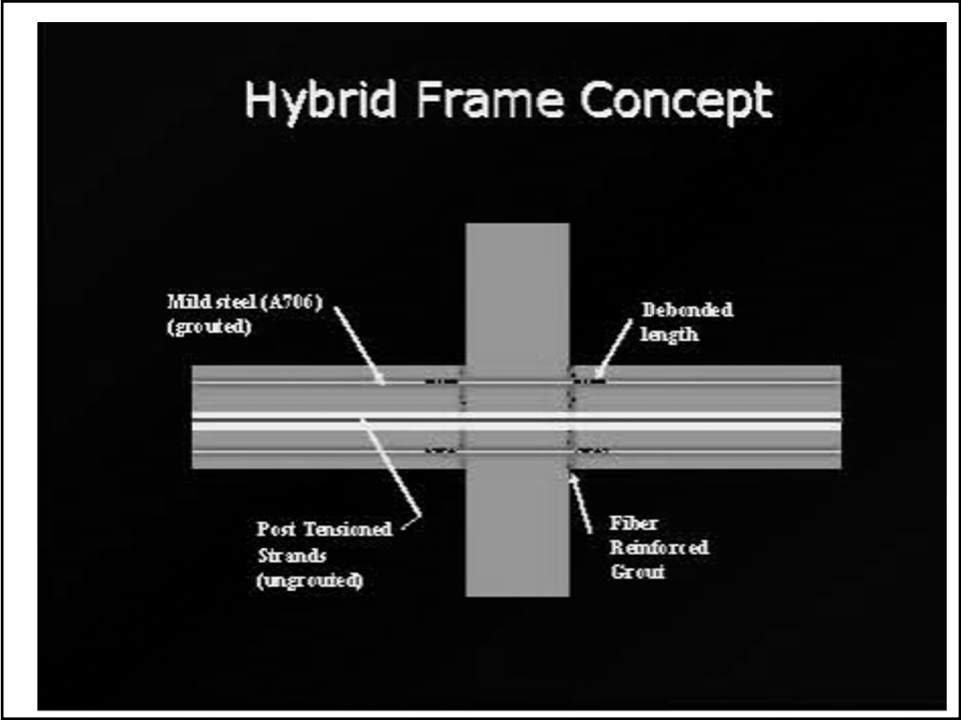
98



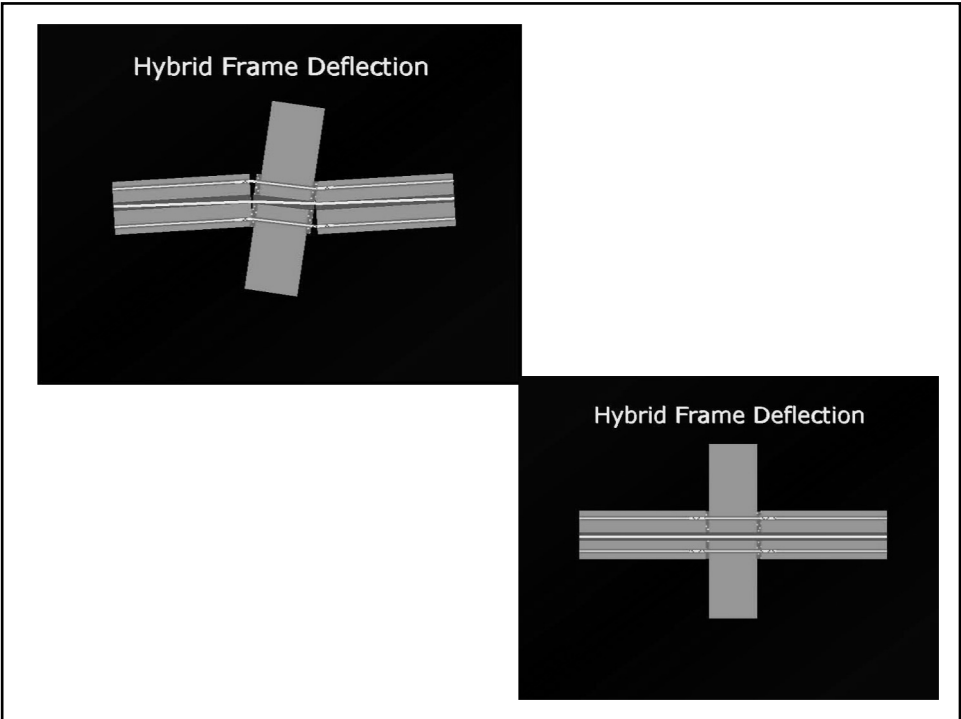
99



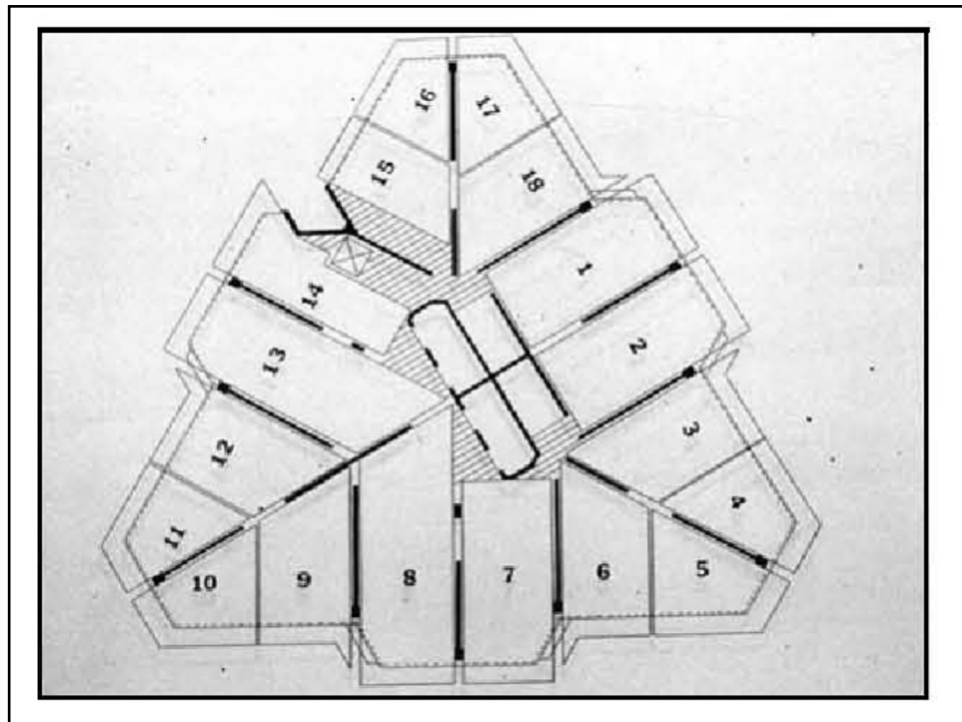
100



101



102



103



104

Desperdício

O desperdício no concreto pré-fabricado é de 1% enquanto na Construção Civil (alvenarias, pisos, etc.) pode ser de...



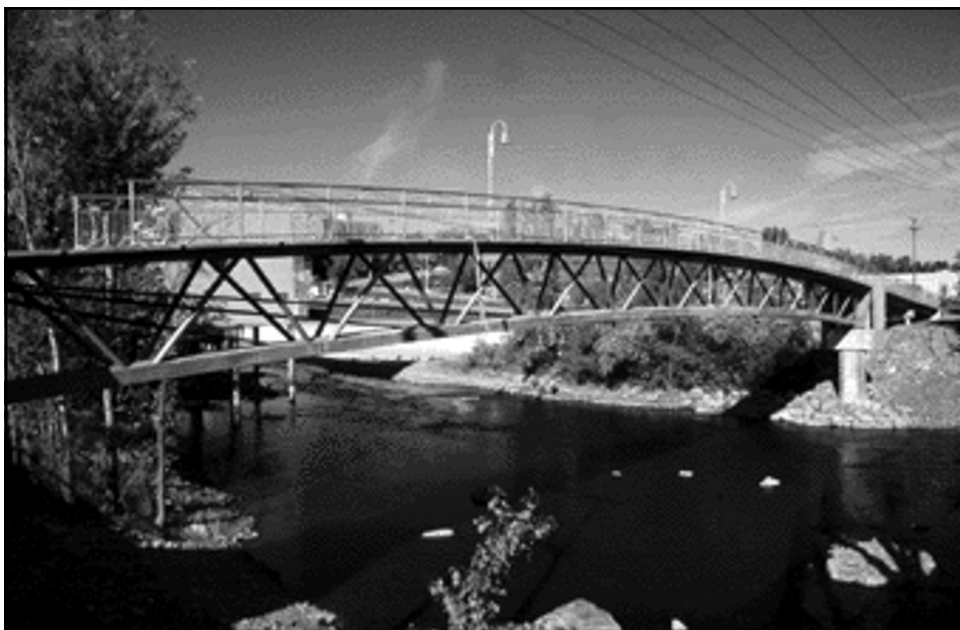
105



106



107



Protendido, Treliças, Laminas de alta resistência

108



109



110



Passarela em Seoul, Coréia

111

Considerações Finais

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

112

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

113

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

114

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 !

115

Desse total de 36

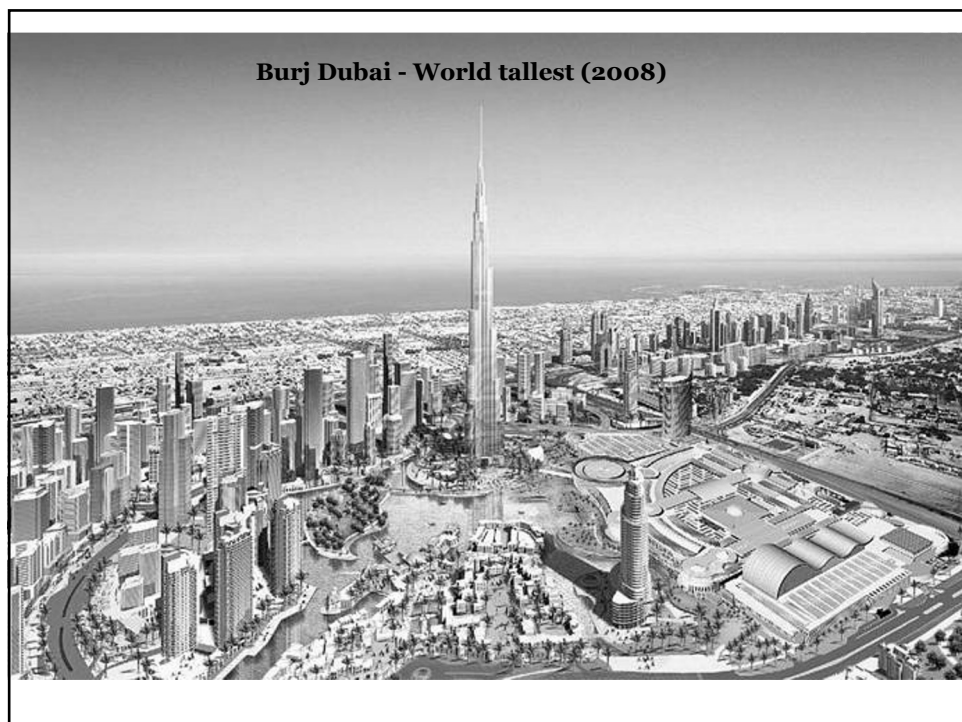
“arranha-céus”:

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

116

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

117



118



121