



CONCRETE SHOW

2010

SEMINÁRIOS



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

O CONCRETO DA PRÓXIMA DÉCADA: Investigações e Tendências

Transamérica Expo Center

Auditório 5

Av. Dr. Mário Villas Boas Rodrigues, 387
Santo Amaro - São Paulo/SP

26 de agosto de 2010 (MANHÃ: 8h00 às 13h00)

**A contribuição do concreto à evolução das
estruturas e ao desenvolvimento da humanidade:
*do Pantheon ao Século XXI***

**Paulo Helene
PhD Engenharia**

**Será que a
Engenharia de
Concreto tem
caminhado numa
direção certa?**

- ✓ **Qualidade de vida**
- ✓ **Economia de recursos**
- ✓ **Segurança / Robustez**
- ✓ **Compromisso Ambiental**

- ✓ **Adições**
- ✓ **Aditivos**
- ✓ **Coprocessoamento**
- ✓ **HSC / HPC**
- ✓ **Compósitos**

Desenvolvimento de uma Nação

**IMPORTÂNCIA
DO ESTUDO DE
CONCRETO**

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

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.

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

Engineering and Manufacturing

1989 a 1999

Concrete / Béton Canada

1995- 2009

Intelligent Sensing for Innovative Structures

ISIS Canada

University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba

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

Pesquisas em Concreto

Brasil

- 131 grupos de pesquisa cadastrados em concreto na CAPES
- 22% de excelência

Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

Banco de Teses e Dissertações

“Concreto Brasil”

50 Congressos → > 3.000 artigos → práticas recomendadas →
livros

**QUANDO FOI
RECONHECIDA A
PROFISSÃO DE
ARQUITETO POR
PRIMEIRA VEZ NA
HUMANIDADE ?**

Político, alquimista, primeiro Arquiteto → Imhotep



64m

2790 A C

Pirâmide escalonada de Djeser

Piramides de Giza

Faraó Khufu

Queóps

147 m

Egito

2.580 aC



Materiais Estruturais!

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

I Grande Revolução !

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

**Construir com
Materiais
Resistentes e
Duráveis**

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

razão áurea C/L = 1,618
número phi (Phidias)

Arquitetos Ictinos de Mileto
e Calícrates (escultor Fídias)



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



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

Panteão
de
Roma





Cúpula do Panteão de Roma

Século II dC → Diâmetro de 44m





Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

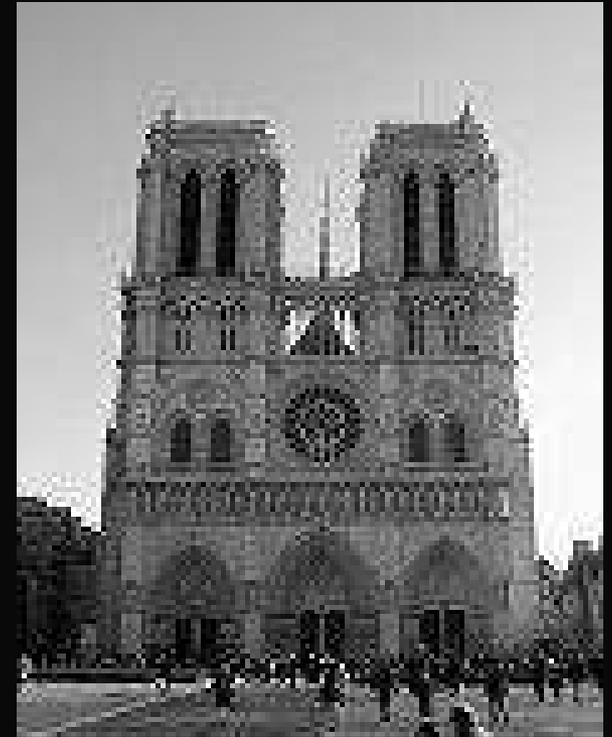
XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colonia

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVIII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

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

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.

Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra

still in use today carrying occasional light transport and pedestrians





Ponte do Brooklin, New York, USA → 1.883

John Augustus Roebling

ponte suspensa com cabos de aço galvanizados

II Grande Revolução !

A Arquitetura de Estruturas podia projetar obras antes inimagináveis, com muito mais velocidade, segurança para vencer grandes vãos e podia construir em altura como nunca dantes.



312m



2.008 → 6.930.000 visitantes

VALE DO ANHANGABAÚ, VIADUTO DO CHÁ, TEATRO MUNICIPAL E HOTEL ESPLANADA



VIADUTO DO CHÁ. Inaugurado em 1892



PASSEIO DOMINICAL NO TIETÊ - 1917



SÉCULO “XX”

1892

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

1903  Suíça

1903  Alemanha

1906  França

1907  Inglaterra



Brasserie

Café

Le Bon de Paris

FRANCE & TRUCKS SA
PARIS - FRANCE
TEL. 39.68.97.35

Boulevard de Paris



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

109 anos !

*edifício em concreto mais
antigo do mundo*



Palácio Salvo
Montevideú

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

85 anos !

world record



*Edifício
Martinelli*

1929

106m

81 anos

world record

São Paulo, Brasil



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 Maximillien 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.



Empire State Building
381m , New York, 1.931









The New York Times



Século XX

1.928

“novo material estrutural”

***Concreto
Protendido***

Eugene Freyssinet



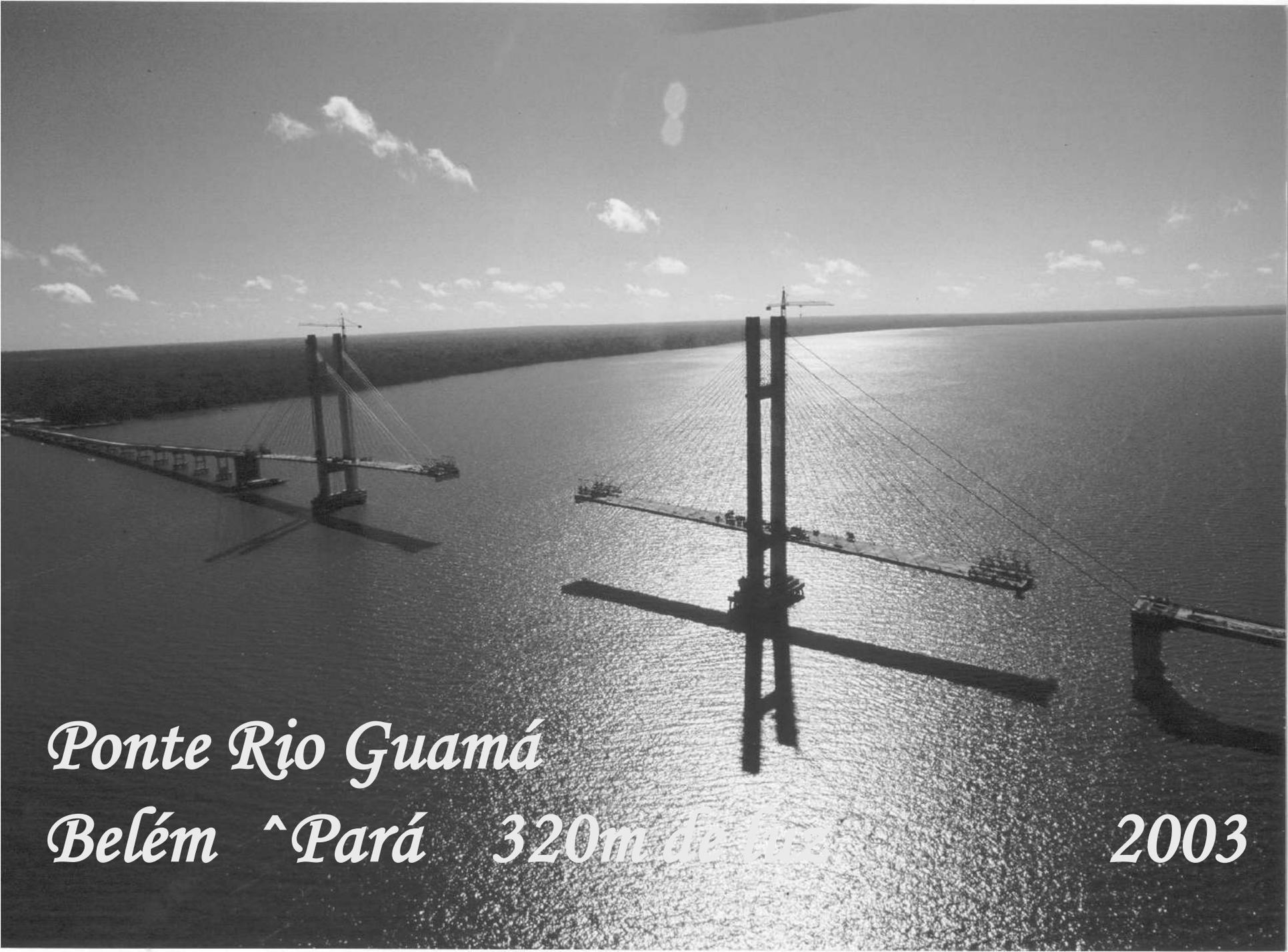




PONTE SOBRE O RIO GUAMÁ

“O COLOSSO DO PARÁ”





Ponte Rio Guamá

Belém ^ Pará 320m de luz

2003



2 8 2002

**Aduelas
prefabricadas**

$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$

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

**Vida Útil
100 anos!**

III Grande Revolução !

A Arquitetura de estruturas 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”



Petronas Towers
Cesar Pelli

Kuala Lumpur

Malasia 1.997

452m

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

before / after



TAIPEI 101

Shangai World Financial Centre

Taiwan, China

2005

509m

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

steel / concrete

Como será
o futuro?

P&D em Concreto

SCIENTIFIC AMERICAN

319 documentos nos últimos 10anos

Building Better Concrete

July 25, 2006

Paulo Monteiro, UC Berkeley

Inovação em Concreto

SCIENCE NEWS ON LINE (110)

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

SCIENCE NEWS ON LINE

- TiO_2 Titanium → Self-Cleaning Concrete
- **Conductive concrete** (*recognized by Popular Science Magazine as one of 1996's most innovative ideas in product development*)
- Solar Energy Concrete
- Composite materials → *lots of fibres*

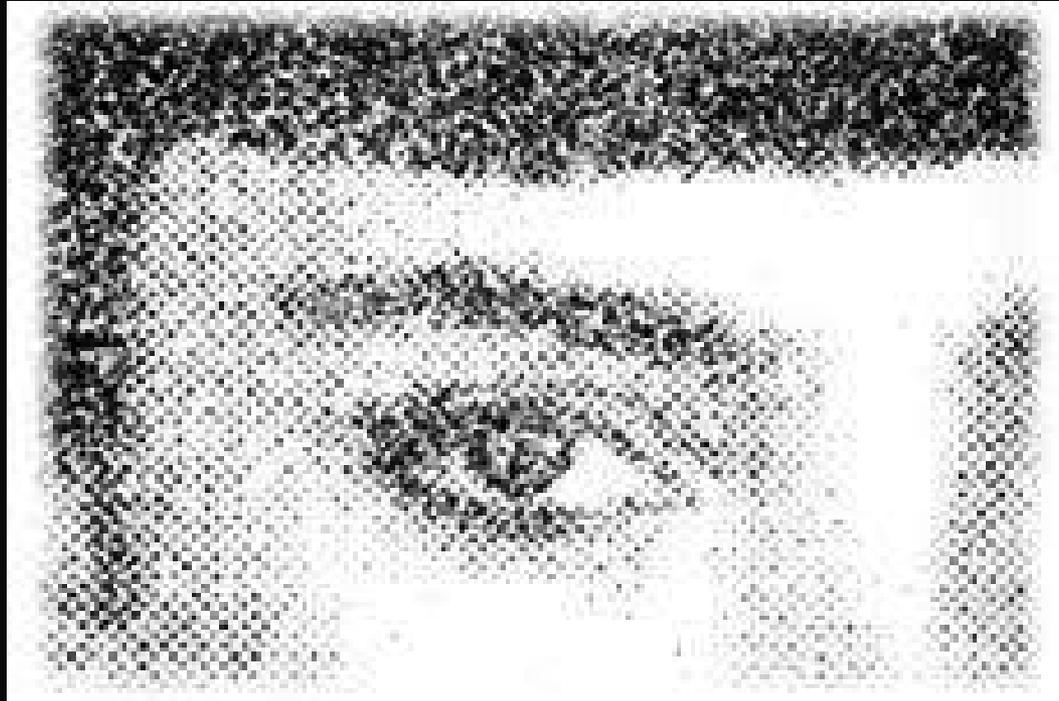
SCIENCE NEWS ON LINE

- **Nanotecnologia na engenharia
de materiais**
- **TiO₂ Titânio Self-Cleaning Concrete**
- **Partículas Fotocatalíticas
*absorver energia solar***

Concreto Estampado



Concreto Fotogravado



Concreto Fotogravado



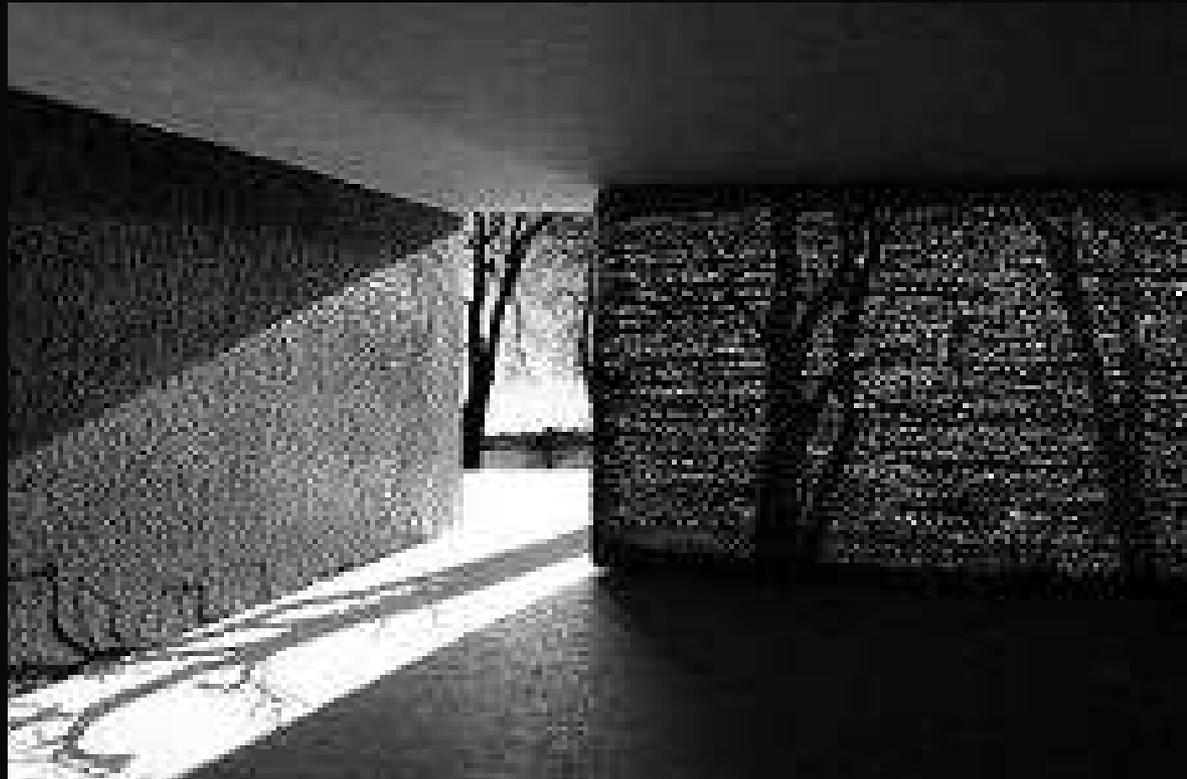
Concreto Translúcido

Arq. Aron Losonczi
(Hungaro)



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



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

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.



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.



Estação de trem, Calgary, Canadá

concreto fresco

concreto auto-adensável



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







Concreto Poroso



- **mono-capa de 2 a 10mm para pavimento**
- **aditivo redutor de fissuras**
- **fibras redutoras de fissuras**
- **fibras redutoras spalling por incêndio**
- **aditivos para cura interna**
- **sequestro de CO₂**
- **cimento a partir de CO₂**
- **coprocessamento**
- **aditivos inibidores de pega**
- **concreto bombeado, concreto projetado...**

Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

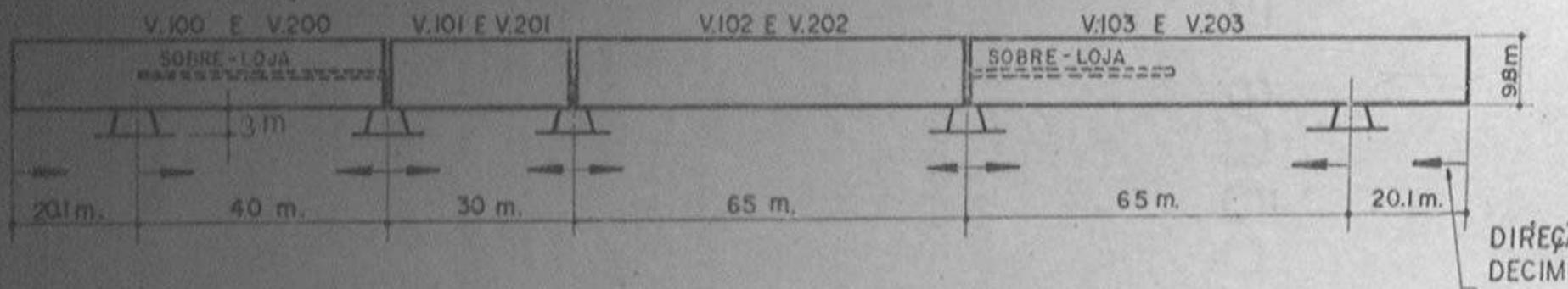


240m por 31m

Vigas 9,8m de altura
apoiadas em 5 pilares

Desabou na hora do almoço





CARGAS FORNECIDAS PELO CALCULISTA
(CENTRADAS NOS TUBULÕES)

P1 • P6 • 2.200 t.

P2 • P7 • 1.650 t.

P3 • P8 • 1.700 t.

P4 • P9 • 2.850 t.

P5 • P10 • 2.500 t.

PROFUNDIDADE TOTAL DOS TUBULÕES (EM m.)
(INCLUSIVE COMPRIMENTO DA BASE)

P1 • 12.9

P6 • 15.0

P2 • 19.2

P7 • 14.8

P3 • 15.8

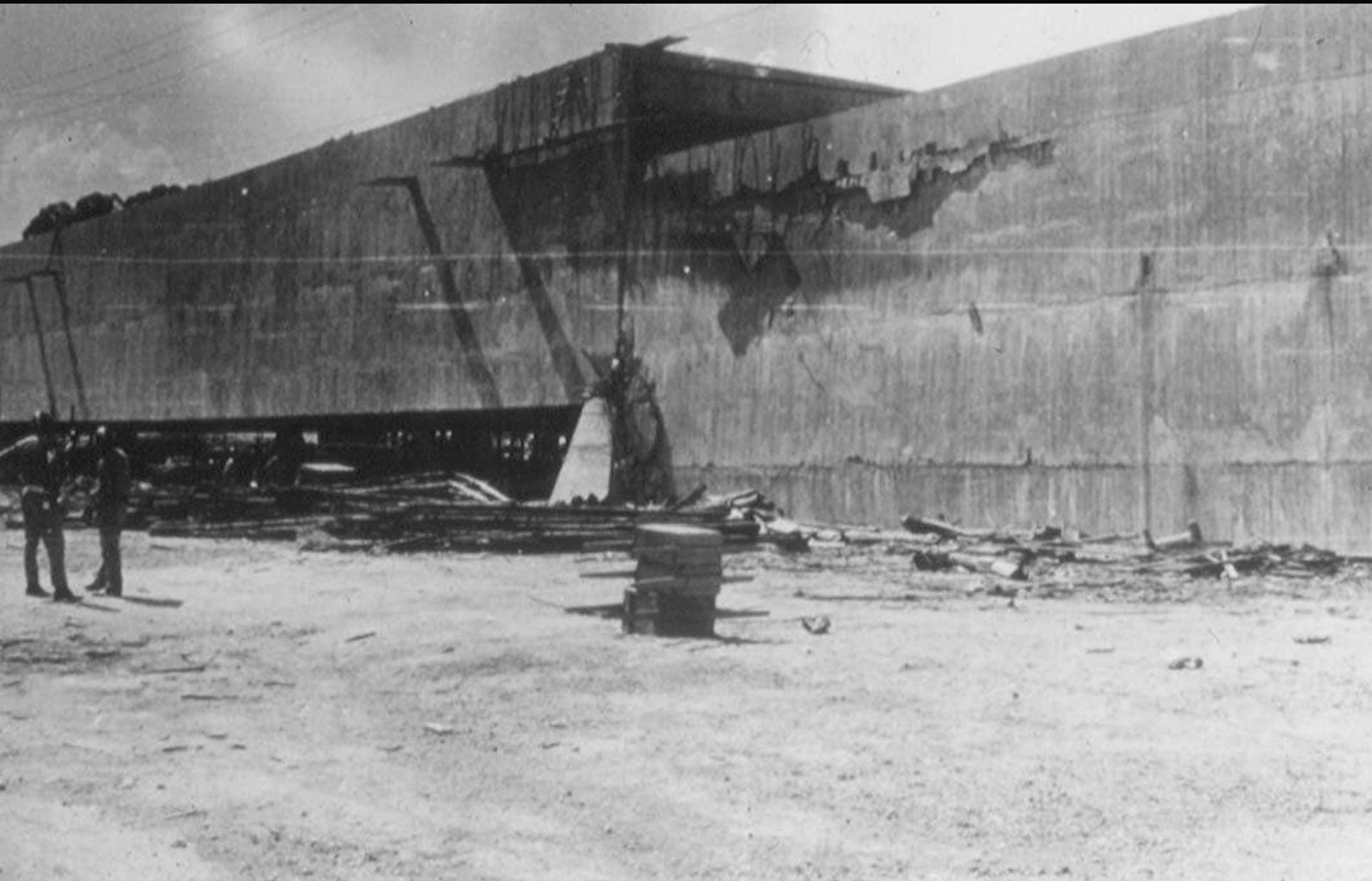
P8 • 15.6

P4 • 15.6

P9 • 16.6

P5 • 12.5

P10 • 13.0



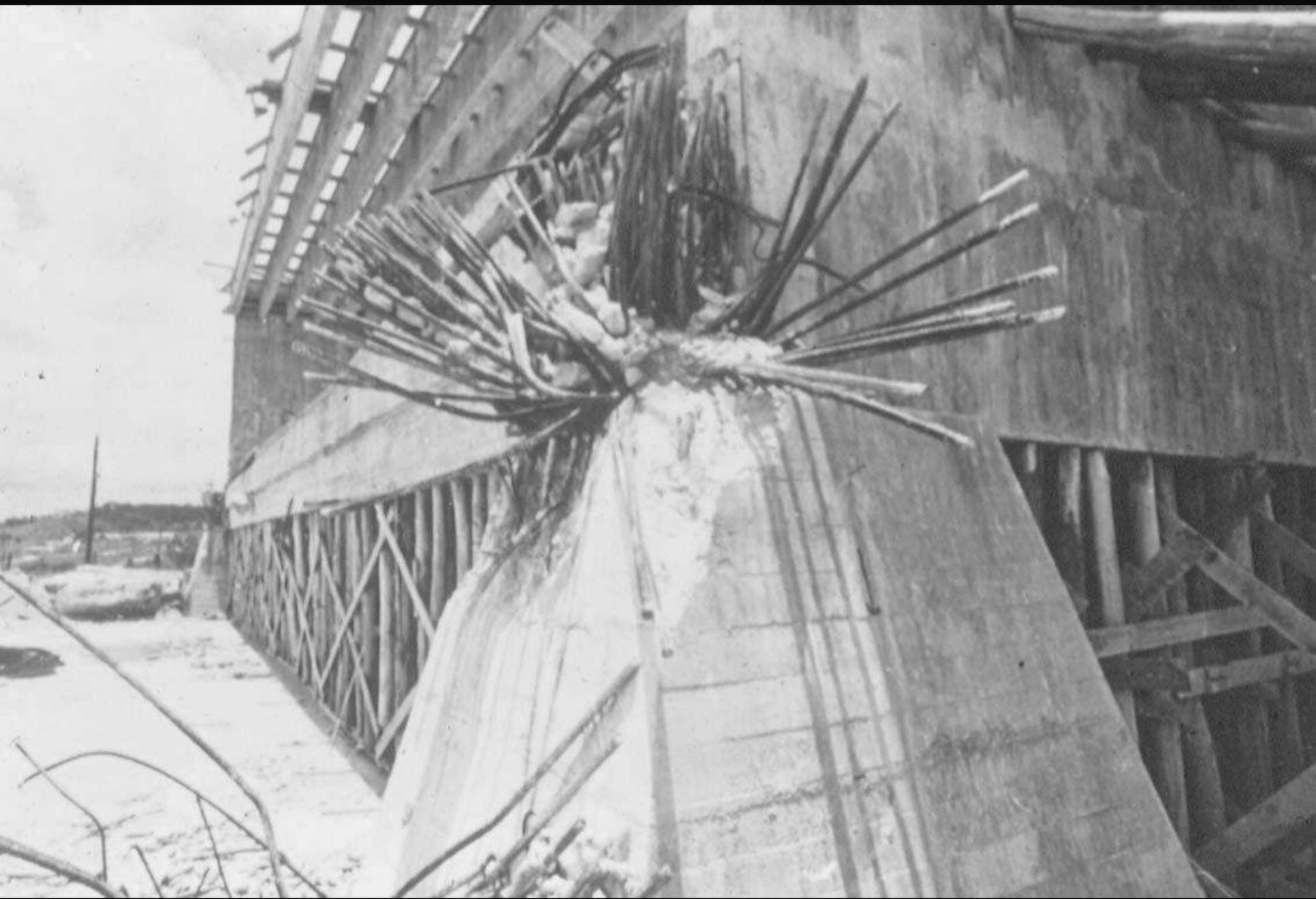
VIGA 202
VÃO: 65m

VIGA 203
VÃO: 65m

PILAR 9

ZONA
ESMAGADA





Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

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

Venustas

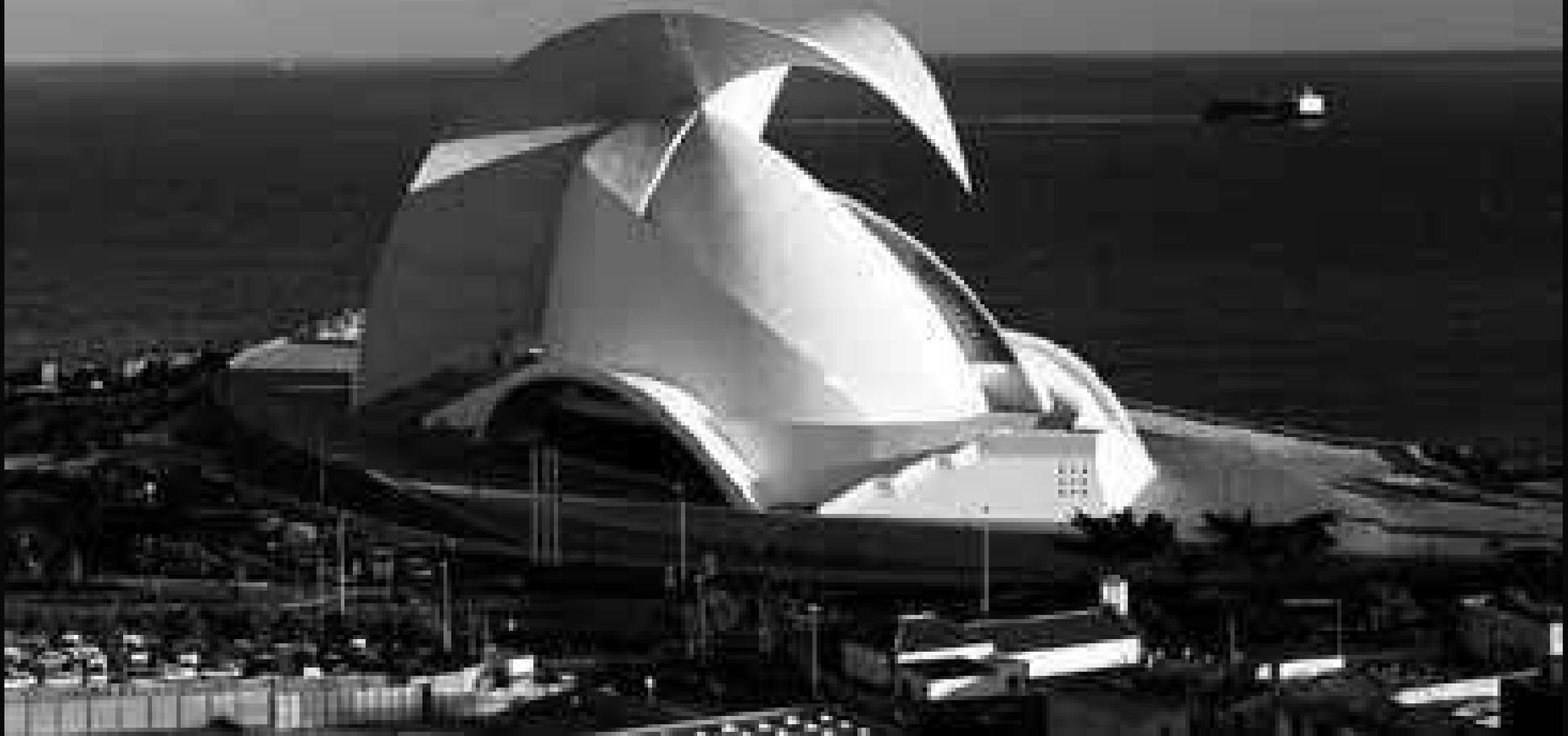
Bonita !

*Oscar Niemeyer
Bruno Contarini*

Museu de Arte, Niterói / RJ

A black and white photograph of the Museu de Arte in Niterói, RJ. The building is a prime example of modernist architecture, featuring a large, circular, cantilevered structure that appears to float above a rocky cliffside. The structure is supported by a thick, cylindrical column. The background shows a hazy sky and a distant mountain peak on the left.

Auditório de Tenerife
Espanha
2003
Santiago Calatrava







Firmitas

resistente

China
World Trade Center

Pequim, China

2009

330m

74 andares





**22.800m³ de concreto com
4,5m de altura
C45 $\rightarrow f_{ck} = 45\text{MPa}$
350m³/h
2,5 dias ininterruptos**



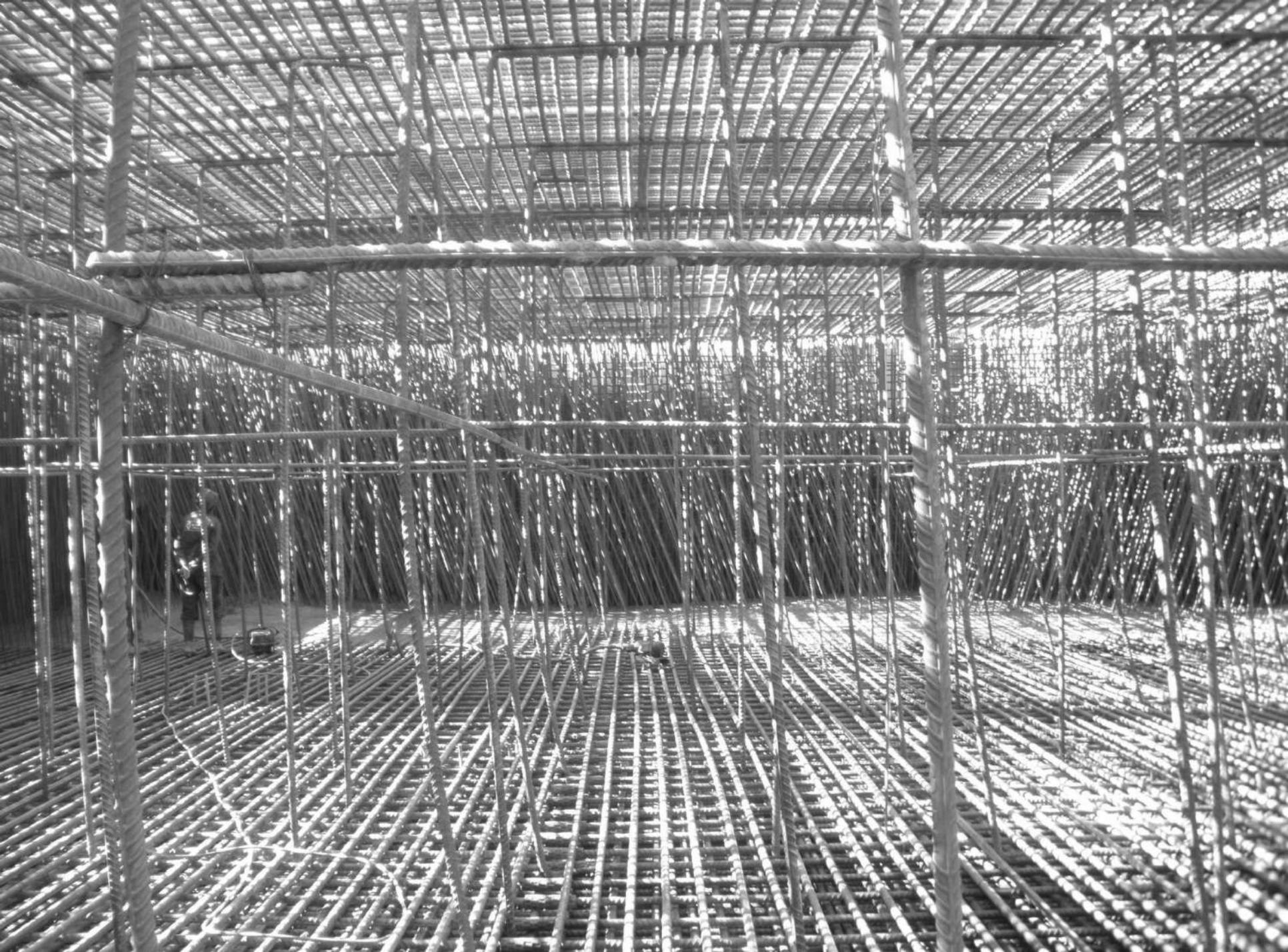


Direitos













**Centro
Empresarial
Nações
Unidas**

Torre Norte

**São Paulo
1997**

Altura 179 m

$f_{ck} = 50\text{MPa}$



250 anos de garantia.

Com 250 anos de experiência, a ENGEMIX desenvolve soluções em concreto para grandes obras. Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento) e a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos. O S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento) oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.



Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.

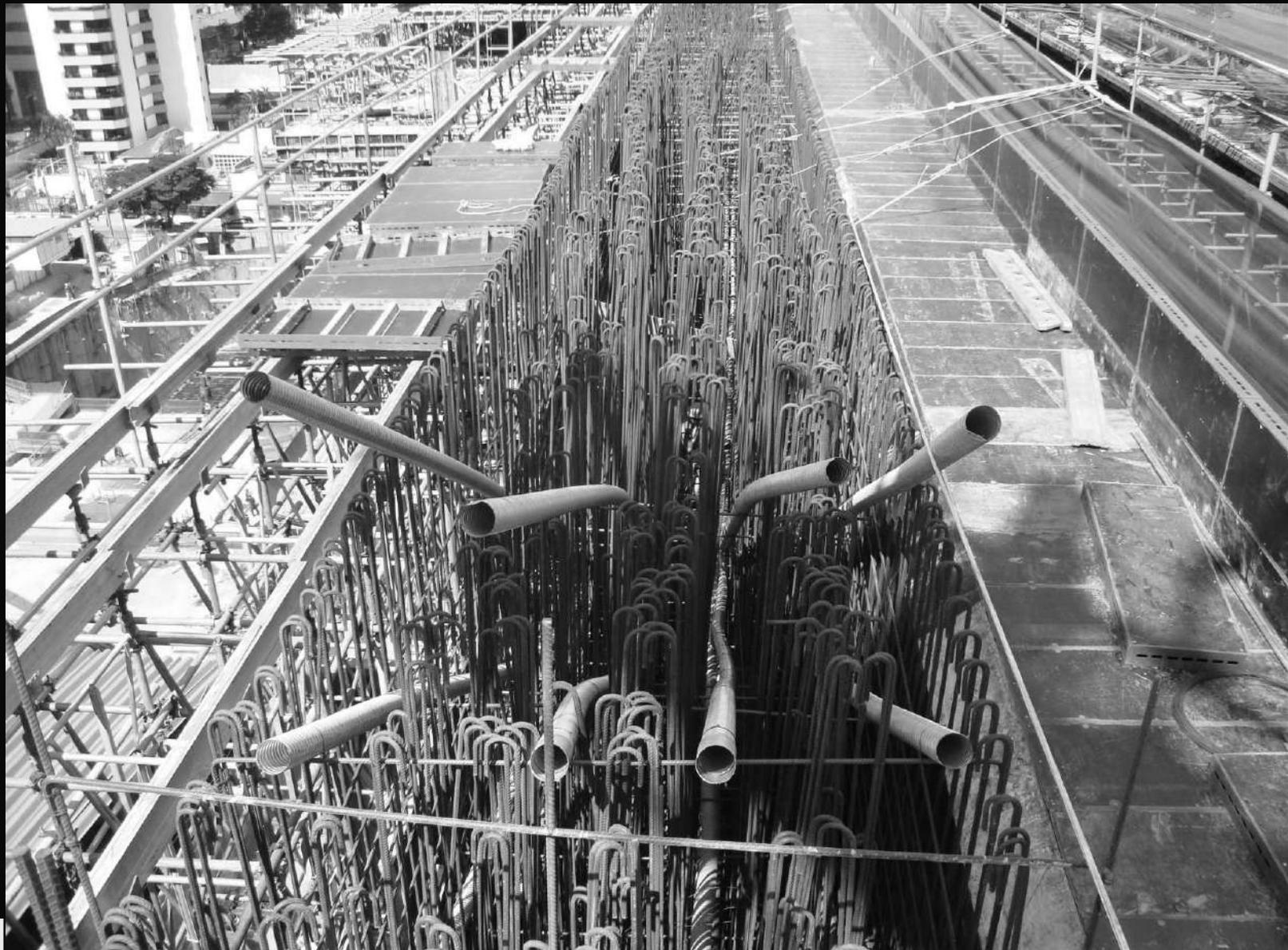
Com o S&B (Sistema de Bombeamento) desenvolvido em parceria com a T&E (Tubo e Escoramento), a ENGEMIX oferece soluções para grandes obras de infraestrutura, como pontes, viadutos e edifícios altos.



CONCRETO
ENGEMIX



concreto autoadensável



concreto autoadensável



concreto autoadensável

$$f_{ck} = 50\text{MPa}$$



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

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "De Architectura"

Sustentabilidade

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

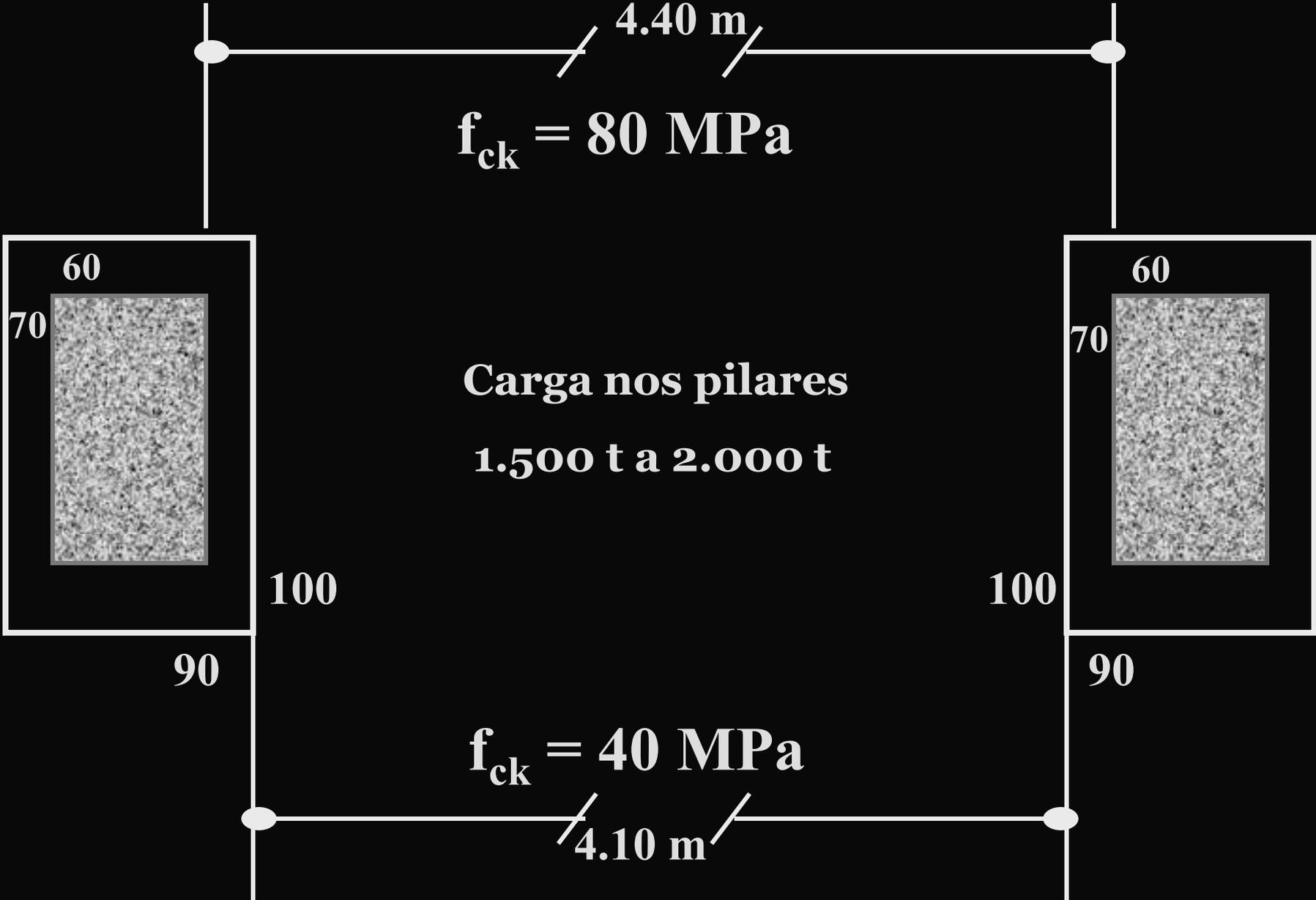
e-Tower



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



Projeto estrutural (*e-Tower*)





CONTROLE





Economia de recursos naturais

Original:

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

seção transversal \rightarrow 90cm x 100cm

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

HPC / HSC:

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

seção transversal \rightarrow 60cm x 70cm

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

Economia de recursos naturais

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

**Será que a
Engenharia de
Concreto tem
caminhado numa
direção certa?**

Considerações Finais

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

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

Passados somente
13 anos, 7 novos
edifícios mais altos
que o Petronas
foram construídos

**Hoje há 57 edifícios
em construção com
altura superior a
300m, para serem
inaugurados até
2013...**

Desse total de 57

“arranha-céus”:

- 37 são em concreto
- 19 são mistos concreto / aço
- apenas 1 é metálico

Inclusive o mais alto
edifício do mundo,
hoje, a Burj Khalifa,
em Dubai, tem
estrutura em concreto

Burj Dubai - World tallest (2008)



Em 100 anos, o concreto
superou todos os limites
e fronteiras do
conhecimento em
Arquitetura e
Engenharia de projeto e
de construção!

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

Obrigado

