



Controle Tecnológico do Concreto e do Aço: *Práticas Atuais no Brasil e no Mundo*

Paulo Helene

SindusCon  **SP**
o Sindicato da Construção

 **FUNDAÇÃO
GETULIO VARGAS**
FGV PROJETOS

1

Referências

- Controle da resistência do concreto em conformidade com NBR 6118:2003 Projeto de Estruturas de Concreto
- Controle da resistência do concreto em conformidade com NBR 12655:2006 Preparo, Controle e Recebimento

- Auto-controle de produção do concreto em conformidade com NBR 12655:2003 Preparo, Controle e Recebimento
- Auto-controle de produção do concreto em conformidade com NBR 7212:1984 Execução de Concreto Dosado em Central

Direitos Reservados 2009

2

2

Dúvidas

- ❖ **a coleta de concreto é feita na entrada da obra;**
- ❖ os cps são transportados no mesmo dia;
- ❖ os cps ficam no sol;
- ❖ os cps são mal transportados;
- ❖ os resultados não crescem
- ❖ os resultados de irmãos são díspares

Direitos Reservados 2009

3

3



4

Transporte!



Direitos Reservados 2007

5

Transporte!



Direitos Re

6

Emenda de pilar Inexistente (fluência!)



Direitos Reservados 2009

7

7

Concreto molé!



Direitos Reservados 2009

8

8



9



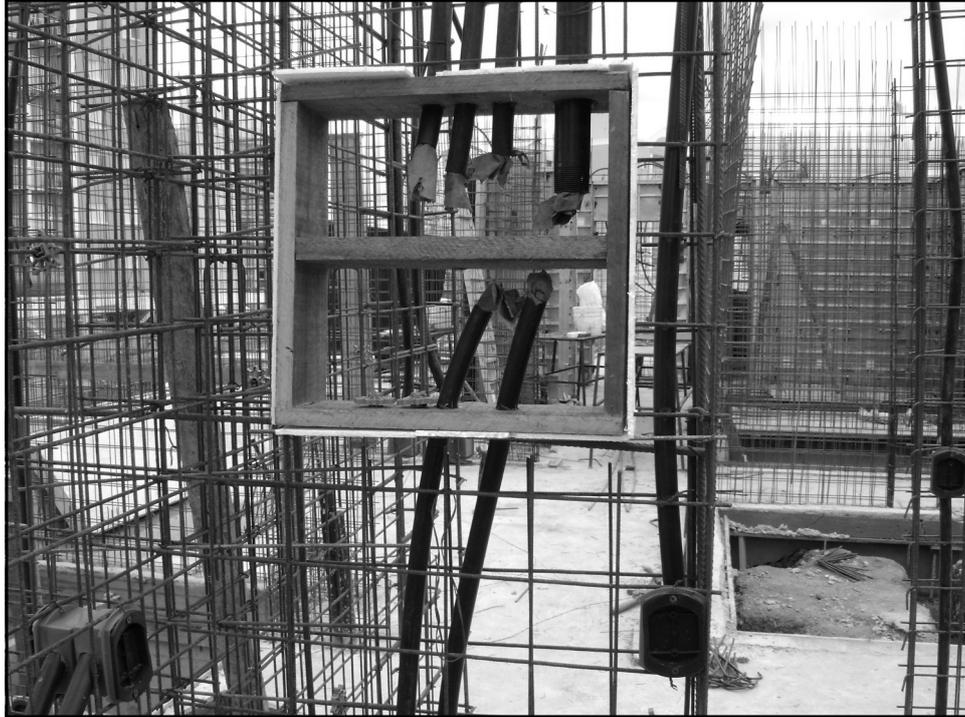
10



11



12



13

espalhamento
espalhamento t50cm

IBRACON

14

IBRACON

caixa - I

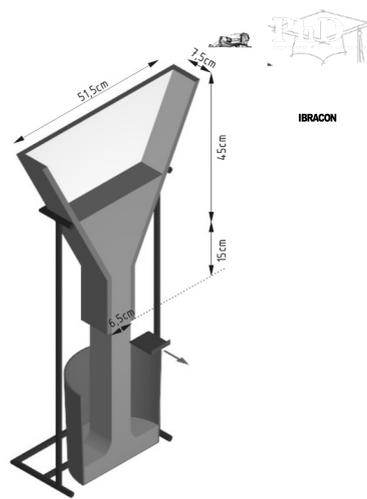
15

IBRACON

caixa - u

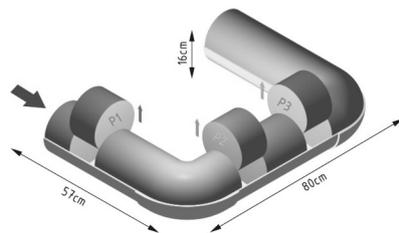
16

funil - v
funil - v t5min



17

tubo - u



18

Reômetros Rotacionais Portáteis



19

19

Reômetros Rotacionais Portáteis



20

20



21



22



23



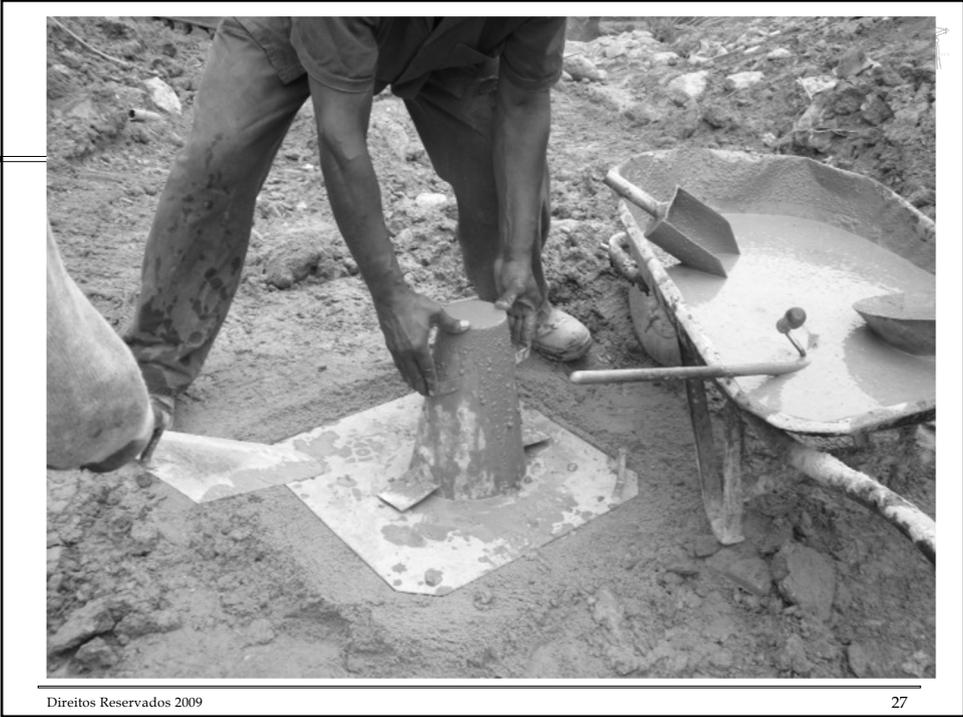
24



25



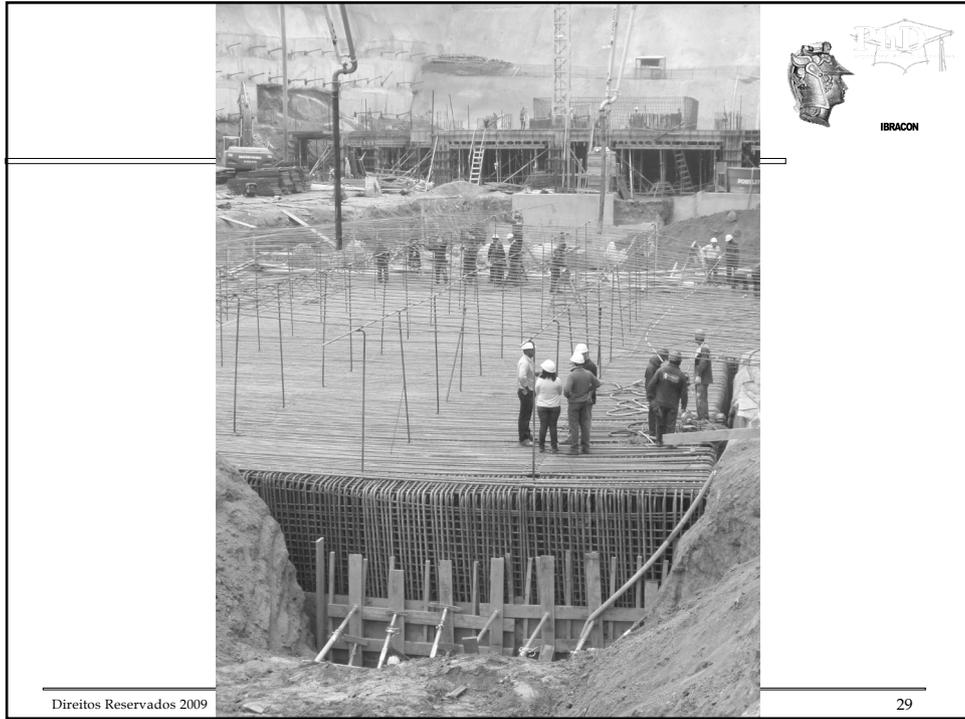
26



27



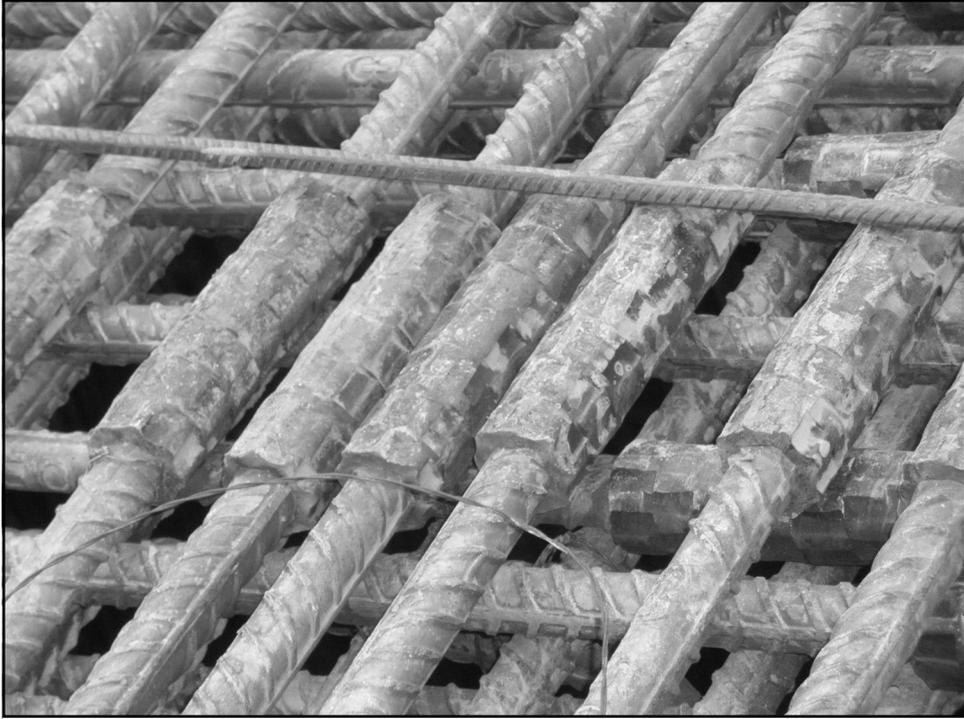
28



29



30



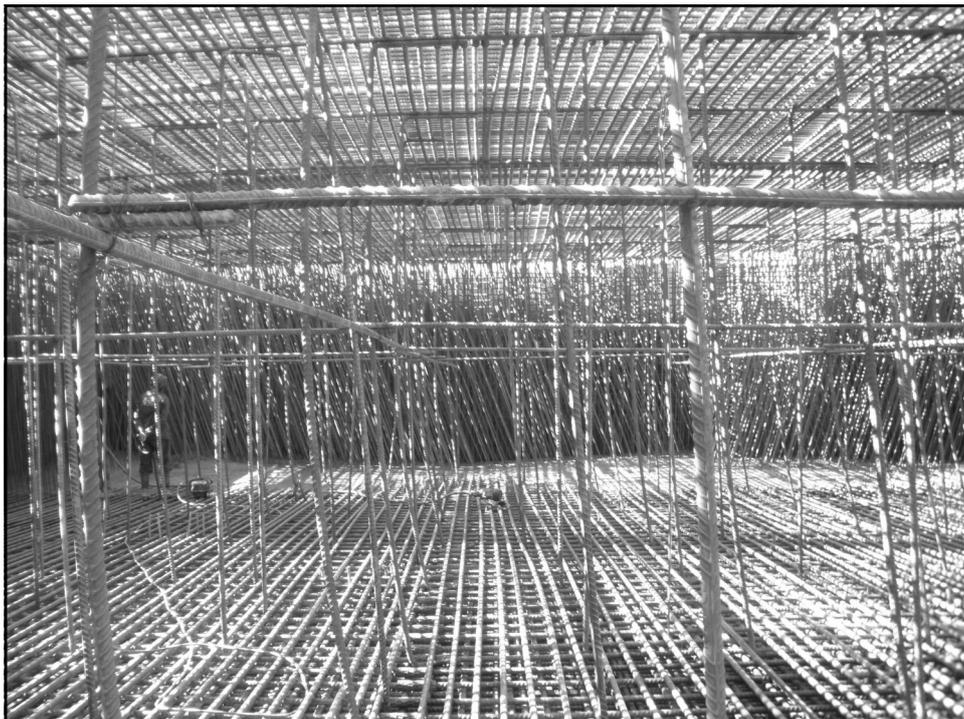
31



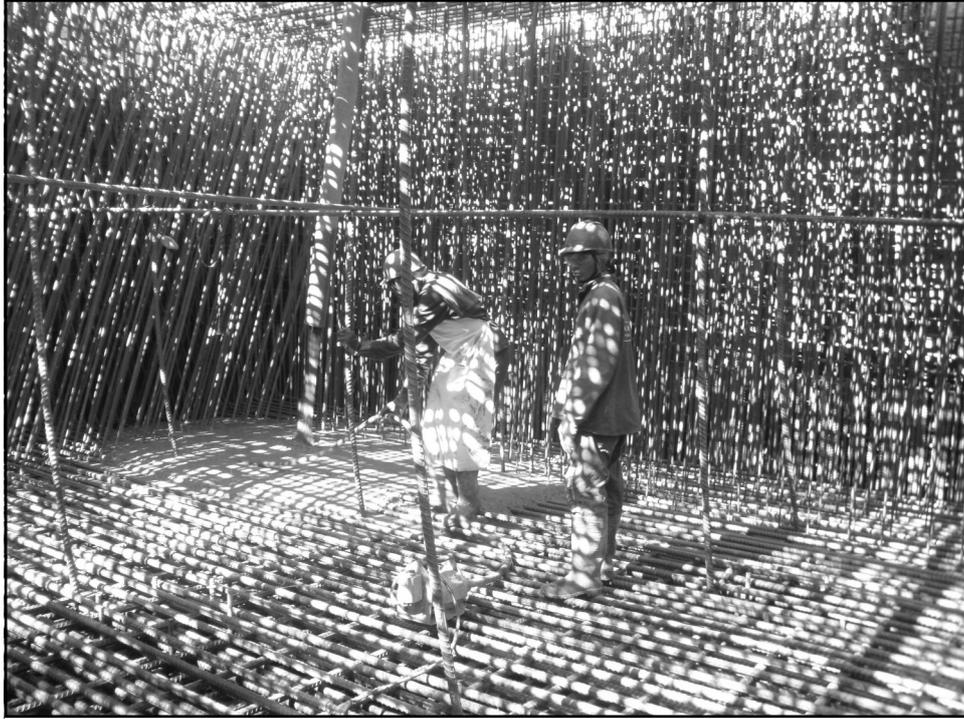
32



33



34



35



36



Sobre a Arte de Projetar e Construir Estruturas *passado, presente e futuro*

Paulo Helene

SindusCon  **SP**
o Sindicato da Construção

 **FUNDAÇÃO
GETULIO VARGAS**
FGV PROJETOS

37



Importância da “tecnologia, da arquitetura & da engenharia civil” para o desenvolvimento de uma Nação

38

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

39

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.

40

Pesquisas em Concreto



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

41

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

42

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

43

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.

44

ACBM

Center for Advanced Cement-Based Materials



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

45

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

46

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

47

Pesquisas em Concreto



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, Microssistemas 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

48

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

49

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



50

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



2.790 aC

Pirâmide escalonada de Djeser

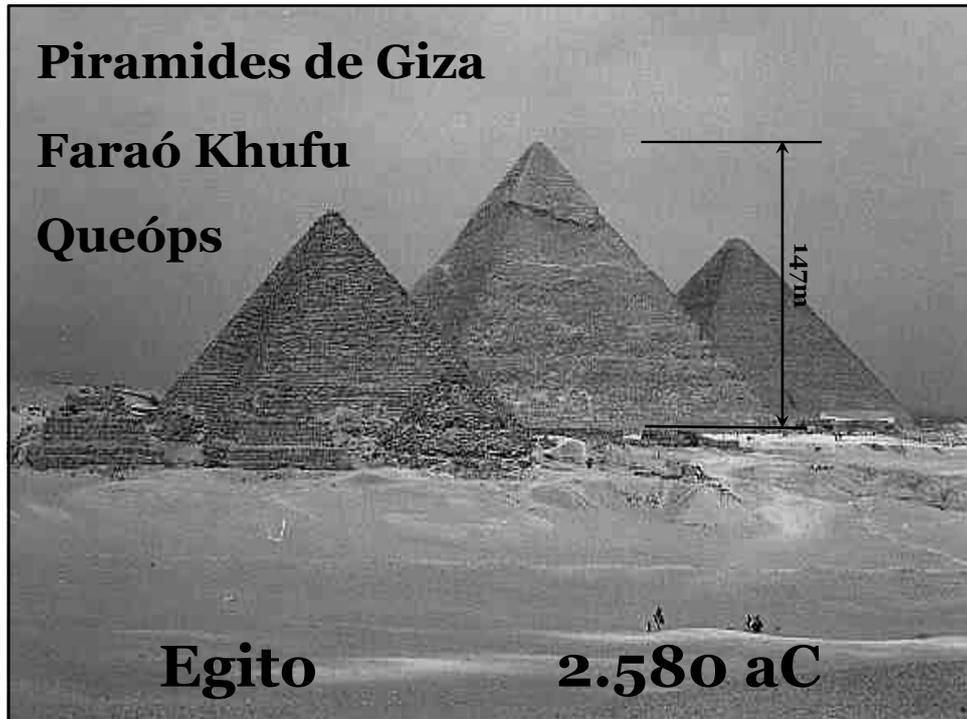
51

I Grande Revolução !



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

52



53



54



55



56



57



**CONSTRUIR COM
MATERIAIS
RESISTENTES E
DURÁVEIS**

58

**O conceito de construir com durabilidade
existe nas obras desde a antiguidade**

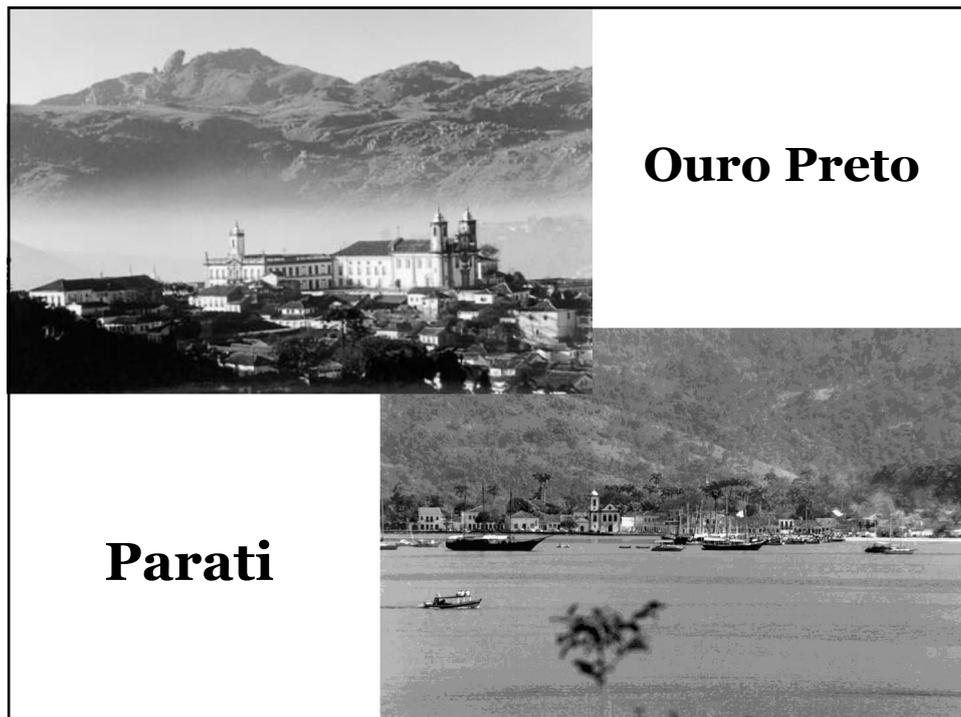


Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



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

59



Ouro Preto

Parati

60



61



QUANDO APARECEU O CONCRETO POR PRIMEIRA VEZ NA HISTÓRIA?

62

Panteão de Roma



63



Cúpula do Panteão de Roma

Século II dC → Diâmetro de 43m

64



Cúpula do Panteão de Roma
Século II d.C. → Diâmetro de 43m

65

Século



IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Românico → Abadia Cluny, France

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

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Michelangelo

XVII → Estilo Neoclássico → Arco do Triunfo, Paris

66

Catedral de Notre Dame



Abóbada da nave central → 35 m de altura
1163-1330

67

Século



IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

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

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Michelangelo

XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo, Paris

XIX → Estruturas metálicas

68

Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.

Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra
still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



69

Ponte do Brooklyn, New York, USA → 1.883

John Augustus Roebling
ponte suspensa com cabos de aço galvanizados



70

Fundações em rocha e alvenaria



71

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.

72



73

“Gustave Eiffel”

1.889 →

Torre Eiffel

6.30.050 visitantes
2008



74



ONDE ESTÃO OS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS E APARTAMENTOS?

O QUE HOUVE?

75

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



76



- 1.888 → Leroy Buffington USA, esqueleto reticular
- 1.853 → Otis, elevador seguro, 1889 → 1º elevador elétrico em NY

77



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**

78

Século XX 1.900



**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

79

***Primeiras Normas sobre
Estruturas de Concreto***



1903	Suiça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

80



81



82

**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton 1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$
107 years !

**Oldest Building in
world**



Palácio Salvo

Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

83 anos !

world record

83



Edifício

Martinelli

São Paulo, Brasil

30 andares

Brasil 1.929

106m

78 anos

world record

84



**Cristo
Redentor**
Rio de Janeiro, Brasil

1931

**Concreto
armado**

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

(pedra sabão)
39,6m

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.

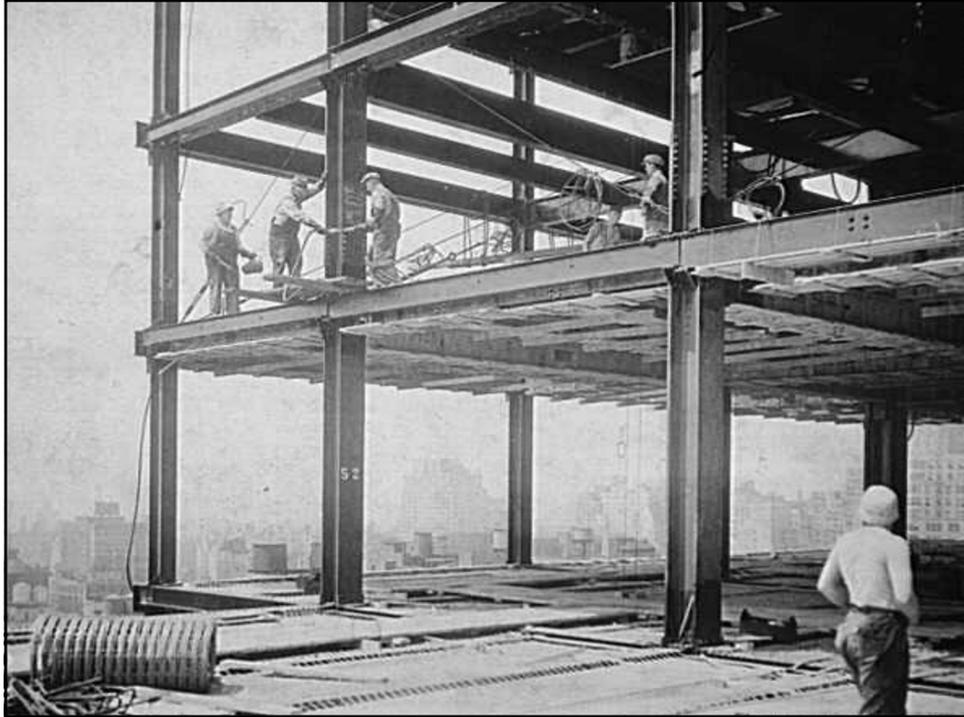
Corcovado, RJ 750m

85



Empire State Building
381m , New York, 1.931

86



87

Século XX 1.928



“novo material estrutural”

Concreto Protendido

Eugene Freyssinet

88

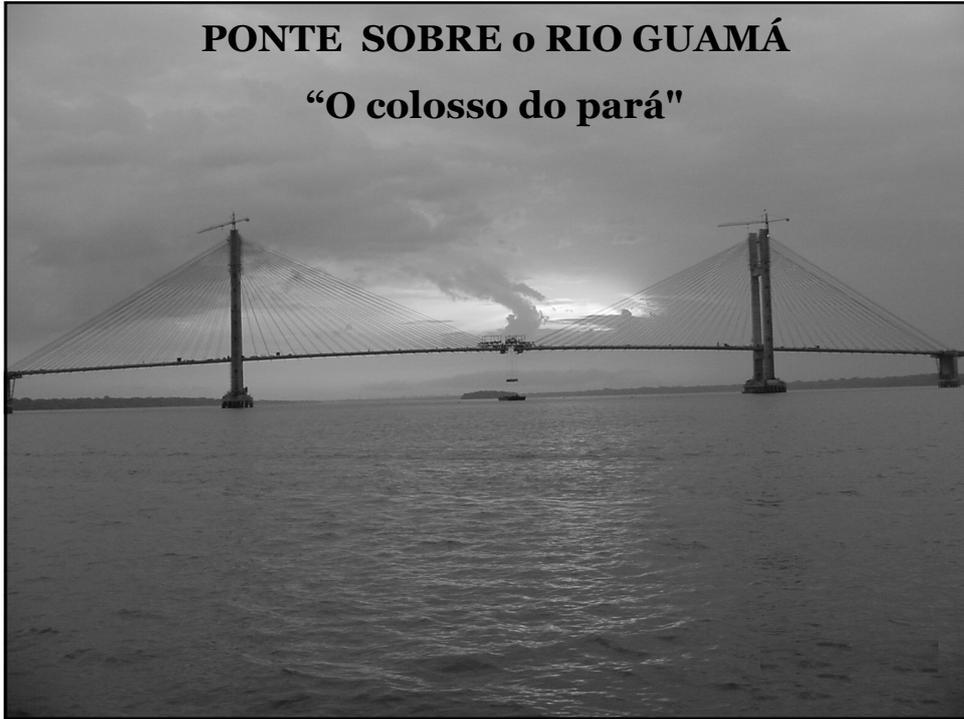


89



90

PONTE SOBRE o RIO GUAMÁ
“O colosso do pará”



91

PONTE RIO GUAMÁ
Belém Pará 320m de luz 2003



92



Aduelas prefabricadas

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

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

**Vida Útil
100 anos!**

93

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”

94



Petronas Towers

Malasia

Cesar Pelli

Kuala Lumpur

Malasia 1.997

452m

fck = 80 MPa

before / after

95



Como será o futuro?

96

Arte e Ciência da Construção



Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “De Architectura”

10 volumes → 800 anos como best - seller

Utilitas

(funcional)

Firmitas

(estável e durável)

Venustas

(bonita)

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

97

Venustas

Bonita !

98

*Oscar Niemeyer
Bruno Contarini*



Art Museum, Rio de Janeiro

99



***Firmitas
estável e durável***

100



101

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa da Engemix. Com a Máxima Engenharia, a pioneira, quando se resolve a complexidade da Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 10m x 30m x 4m, correspondente a 2.000 m³ de concreto, lançado em 22 horas consecutivas. Com a utilização de 300 toneladas de gel para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um colômbio de 4m x 4m x 20m. Ou ainda a utilização de 400 toneladas para a execução da estrutura da mesma dos 190 metros do mais alto de São Paulo, com 25.000 m³ de CAD, o concreto de alto desempenho. Estruturas que não são mais reconhecidas por especialistas e técnicos com um dos grandes avanços de aplicação do CAD, a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo na 1ª edição. É a maior estrutura do CAD do Brasil, e não deve apresentar qualquer tipo de problema pelo próximo 250 anos, ou até 2500, segundo pesquisas e estudos realizados por especialistas e técnicas inovadoras para o desenvolvimento e aplicação de ativos inteligentes.

É na construção, o respeito ao meio ambiente, o recorde brasileiro de bombeamento de concreto em altura 190 metros.

Em, menos de 4 horas, foram bombeados 1000 m³ de concreto para 30 metros de altura, em um tempo de execução que representa o equivalente a 250 conexões.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas é considerado uma verdadeira obra de tecnologia e concretagem inovadora. É a solução proposta para construir o centro mais alto do Brasil, possível graças à experiência e à competência da Engemix. Que garante ao empreendimento não apenas redução de custos, mas também eliminação do tempo de concretagem, potencialização das propriedades dos agregados, redução da fissuração do concreto na aplicação, eliminação de resacas e da necessidade de concreto na obra.

Quem precisa de solução segura em concretagem não pode ficar. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

102

Arte e Ciência da Construção



Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “De Architectura”

10 volumes → 800 anos como best - seller

Utilitas

(funcional)

Firmitas

(estável e durável)

Venustas

(bonita)

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

103

Arte e Ciência da Construção



Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “De Architectura”

10 volumes → 800 anos como best - seller

SUSTENTÁVEL

(funcional)

(estável e durável)

(bonita)

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

104

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

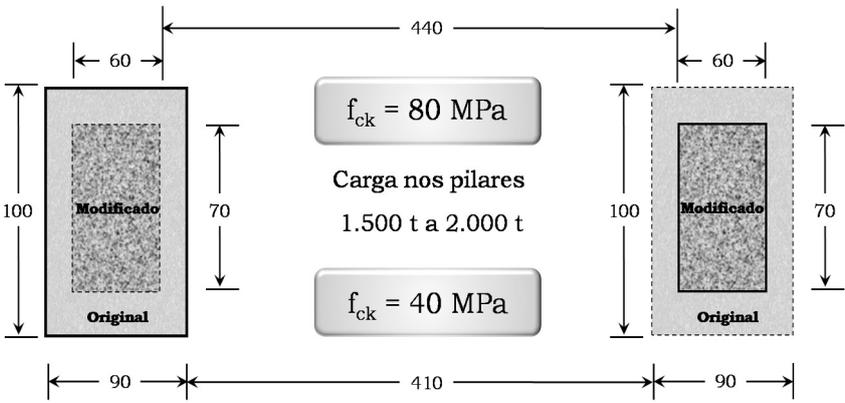



105

Projeto estrutural (e-Tower)



IBRACON



Medidas em cm

Direitos Reservados 2009
106

106

Controle



107



108

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

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

109

Economia de recursos naturais



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

110



Considerações Finais

baseadas no CTBUH → Council on Tall Buildings and Urban Habitat

111



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

112



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

113



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 !

114



Desse total de 36 “arranha-céus”:

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

115



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

116



117



IBRACON

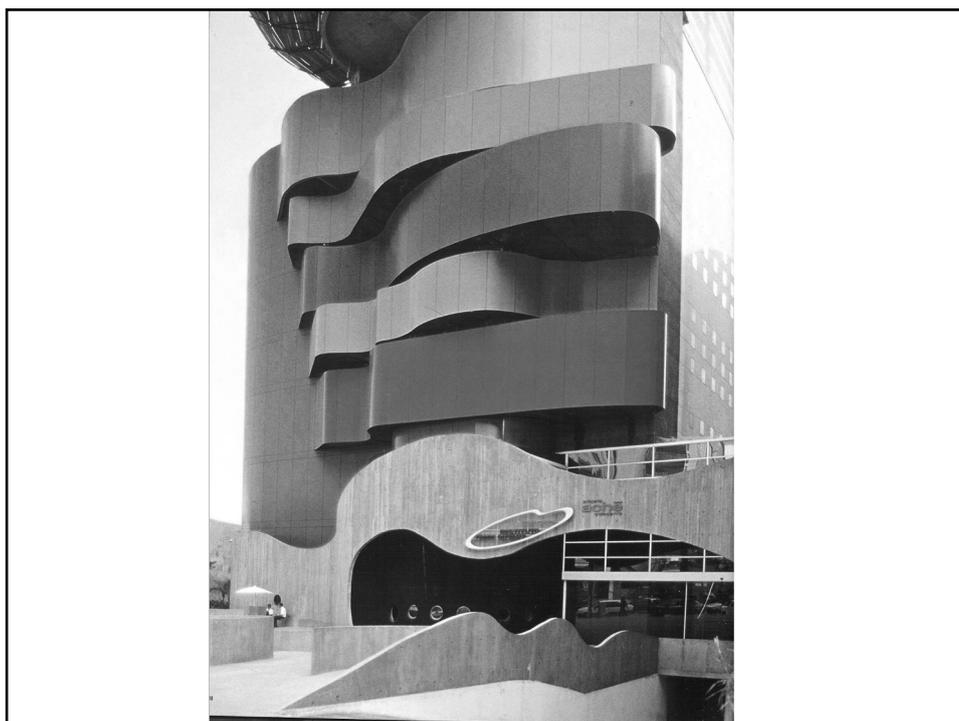
Em 100 anos, o concreto (*vital construction material*) superou todos os limites e fronteiras do conhecimento em Engenharia de projeto e de construção!

118



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

119



120



121