



**A Arte de Projetar e Construir
Estruturas**
dos egípcios aos tempos atuais



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Conselheiro IBRACON
Diretor PhD Engenharia
Miembro Red PREVENIR CYTED
Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
fīb (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life Design
Presidente honorífico Asociación Latino Americana de Control de Calidad,
Patología y Recuperación de la Construcción ALCONPAT Int.
Conselheiro da CNTU e SEESP*

28 de março de 201 **Rio de Janeiro/RJ**

1

**Ser Engenheiro
é bom... mas
cuidado com os
riscos!**

2

Edifício
residencial/comercial
Guarulhos/SP.
Acidente: 02/12/2013,
segunda-feira às 19:20h.
Construção: 2012 a atual
Idade: 1 ano
5 andares + 2 subsolos

3

Uma semana antes do acidente...



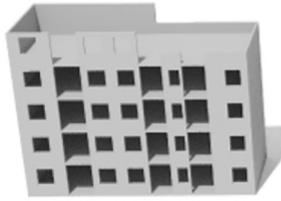
<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/12/sc-deus-quiser-elic-vai-ser-resgatado-com-vida-diz-tio-de-soterrado-em-sp.html>

4

COMO FOI O DESABAMENTO

Vizinha que observava o prédio conta como teria ocorrido o acidente

1 Por volta das **19h15**, os vizinhos ouviram um forte estalo e, na sequência, viram o edifício de cinco andares desabar na avenida Presidente Humberto de Alencar Castelo Branco



2 Segundo uma moradora da região, os **dois primeiros andares** do edifício ruíram. Um andaime caiu na rede elétrica e afetou o fornecimento de energia



3 Após o início do desabamento, os andares superiores caíram **ligeiramente para a frente** e uma grande nuvem de poeira tomou conta das ruas da Vila Leonor



<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/12/1379964-bombeiros-continuam-buscas-apos-desabamento-de-predio-em-guarulhos.shtml>

5

ESCOMBROS

19h20 foi o horário do desabamento

Onde foi
Av. Pres. Humberto Castelo Branco
LOCAL DO DESABAMENTO
GUARULHOS
SHOPPING INTERNACIONAL DE GUARULHOS
Rod. Pres. Dutra
Av. Antonieta
Av. Presidente Humberto Castelo Branco

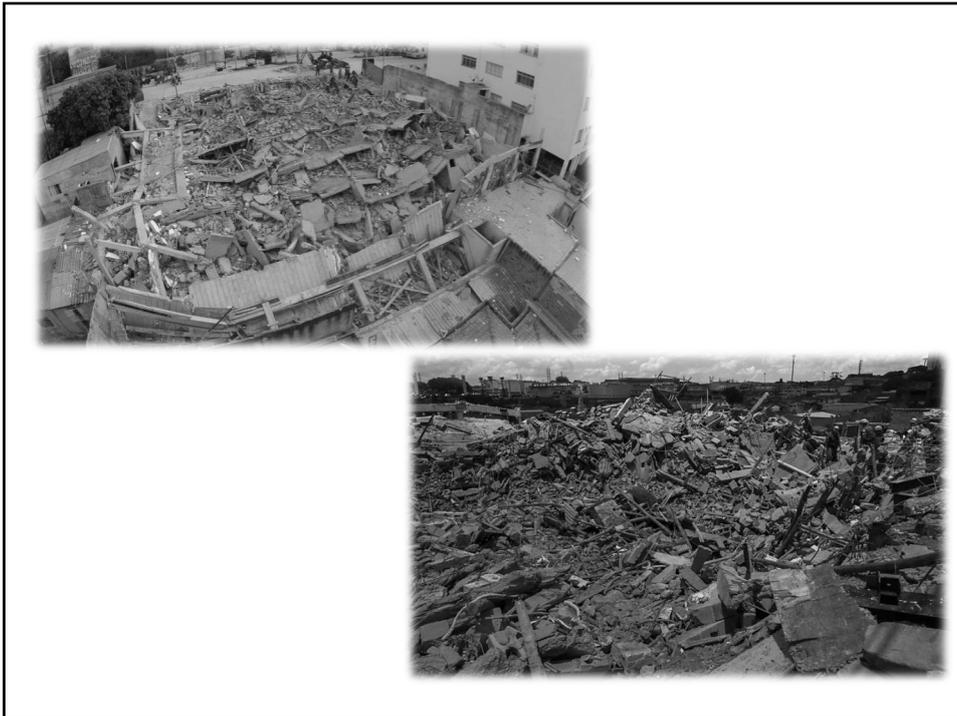
Casas atingidas
Oito imóveis no entorno foram esvaziados pela Defesa Civil

Buscas
Cães farejadores procuravam vítimas nos escombros

INFOGRÁFICO/ESTADÃO

<http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,bombeiros-buscam-desaparecido-em-predio-que-desabou-em-guarulhos,1103421,0.htm>

6



7



8



9

Evidências

- Irmão do vigia Edvaldo Jesus Santos, que também trabalha na obra há 7 meses, diz que via rachaduras na estrutura do prédio. "A gente consertava num dia no outro dia ela estava de volta". Ele também relatou a falta de equipamentos de segurança na obra;
- O presidente do Sindicato dos Trabalhadores da Indústria da Construção de Guarulhos e Arujá, Edmílson Girão da Silva, afirmou que, aparentemente, a obra estava em situação regular, mas ressaltou que a qualidade do material que vinha sendo utilizada na construção precisa ser analisada.

10

Exercício Profissional

Não basta a existência de normas, regras e leis, como por exemplo a ABNT NBR 9077:1999 que regula saídas de emergência em edificações, se estas não forem praticadas pela Engenharia !



<http://entreterraocuu.blogspot.com.br/2013/01/boate-kiss-e-o-carma-coletivo.html>



<http://www.tribunadabahia.com.br/2013/03/22/policia-aponta-35-culpados-pelas-241-mortes-da-boate-kiss-em-santa-maria>

11

Relatório do CREA-RS


CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL - ÓRGÃO DE FISCALIZAÇÃO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA
Rua São Luís nº177 - Fone: (51) 3353.1100 - 96003-170 - www.crea.rs.org.br

na sua área física, esta alteração deverá ser previamente avaliada por esta Secretária, através de solicitação de Licença Prévia*.

A Licença de Operação deveria ser renovada anualmente. Foram obtidos boletins de vistoria para esse fim, datados de 11/02/2011 e 19/04/2012. O último consta uma checagem do Alvará de Permissão de Incêndio, baseado no PPCI 3106/1, vigente até 31 de agosto de 2012. No entanto, o CREA-RS, não consta Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) em processo, como obrigatoriedade prevista na legislação vigente. A licença de operação que estava vigente no dia do acidente, em 12 de Janeiro de 2012, a Prefeitura Municipal solicitou um Laudo Acústico atualizado para obtenção da Licença de Operação.

Encontra-se nos registros do CREA-RS, uma ART (no. 6266037) de Projeto e Execução de uma reforma na edificação, realizada de acordo com o registro entre 20/02/2012 e 12/03/2012, sob responsabilidade técnica de um Engenheiro Civil.

Segundo relatos, em torno do período da reforma foi efetuada a instalação do material de revestimento acústico, que teve papel determinante na ocorrência do incêndio e asfixia das vítimas. Não há registro de quem especificou o emprego ou o tipo do mesmo e se o mesmo estava contemplado na reforma. Deduz-se que isso teria sido feito para atender as condições acústicas, talvez porque se tivesse registros de reclamações sobre o isolamento acústico², o que pode ter motivado o pedido da Prefeitura. O fato é que com a incorporação do material inflamável de revestimento acústico se plantou uma importante semente da tragédia.

Um novo Laudo Técnico de Medições de Níveis de Pressão Sonora foi realizado por um Engenheiro Civil, em 22/03/2012, registrada no CREA-RS sob no. 6266944. Esse Laudo não registra a presença do revestimento acústico de espuma no entorno do palco, repetindo que o estabelecimento "possui duas camadas de forro de gesso

² Em certa documentação se faz referência a um inquérito civil do Ministério Público sobre Poluição Sonora.

Segundo relatos, em torno do período da reforma foi efetuada a instalação do material de revestimento acústico, que teve papel determinante na ocorrência do incêndio e asfixia das vítimas. Não há registro de quem especificou o emprego ou o tipo do mesmo e se o mesmo estava contemplado na reforma.

12

CASO ARENA PALMEIRAS

esportes

15/04/2013 14:06

Operário morre em acidente na Arena Palestra

Uma pessoa morre e outras três ficam feridas após desabamento de vigas de sustentação de arquibancada

DIÁRIO SP ONLINE

Na manhã desta segunda-feira (15), uma pessoa morreu e outras três ficaram feridas após desabamento de vigas de sustentação das arquibancadas da Arena Palestra, futuro estádio do Palmeiras que deve ficar pronto no segundo semestre deste ano.

Em comunicado, a construtora WTorre "se colocou à disposição dos familiares das vítimas todo a assistência necessária". "As causas do acidente estão sob investigação, e ainda não é possível apontar os motivos da ocorrência".

De acordo com o Corpo de Bombeiros, cinco operários estavam no setor em que houve o desabamento, mas apenas quatro conseguiram escapar. Três ficaram feridos levemente.

O corpo do operário morto continua no local aguardando a perícia. As obras da Arena foram suspensas hoje.



O desabamento no estádio do Palmeiras ocorreu na manhã de hoje



<http://veja.abril.com.br/multimedia/galeria-fotos/slideshow/desabamento-na-arena-palmeiras>

13



14

Ser Engenheiro é bom... mas cuidado com a imagem!

15

05/04/2008, do Estado de S. Paulo

Expresso Tiradentes: TCU teria apontado sobrepreço

Técnicos do Tribunal de Contas da União (TCU) teriam aponta suspeitas de superfaturamento nas obras de prolongamento do Expresso Tiradentes (antigo Fura-Fila), em São Paulo. O processo foi encaminhado no dia 11 ao ministro Benjamin Zymler, de acordo com informações do jornal O Estado de S. Paulo.

25/12/2008, da Folha Online

TCU vê superfaturamento de R\$ 5,58 milhões em obra feita pelo Exército

Auditoria do TCU (Tribunal de Contas da União) apontou indício de superfaturamento de R\$ 5,58 milhões em uma obra realizada no Mato Grosso pelo 9º Batalhão de Engenharia de Construção do Exército, informa nesta quinta-feira reportagem de Elvira Lobato publicada pela Folha .

16

Folha de São Paulo

Tribunal Regional do Trabalho (TRT/SP)

Nicolau dos Santos Neto → conhecido por “Juiz Lalau”

A construção da nova sede do TRT/SP, só começa em meados do ano de 1997 e de imediato os fiscais e auditores descobrem irregularidades, e delas logo dão conhecimento ao Tribunal de Contas da União (TCU).

O tamanho da fraude, porém, só viria a público em 1999, quando foi criada a CPI do Judiciário.

Nesse ano o TCU leva ao Congresso o resultado da auditoria, segundo a qual foram repassados 223,9 milhões de reais para a construção do edifício do TRT/SP e desse total foram desviados 169,5 milhões de reais, e a obra ainda está inacabada.

17

The image shows a screenshot of the 'ISTOÉ' newspaper website. At the top, the logo 'ISTOÉ' is prominent on the left, and 'EDIÇÃO Nº 2486 04.08' is on the right. Below the logo, a navigation bar lists categories: GERAL, ECONOMIA, COMPORTAMENTO, CULTURA, MUNDO, ESPORTES, and TECNOLOGIA. A search icon is visible on the right. The main headline is 'MUNDO' followed by 'Odebrecht: o escândalo de corrupção que atinge países da América Latina'. Below the headline is a photograph of a large sign for 'ODEBRECHT Realizações Imobiliárias' in front of modern high-rise buildings. At the bottom of the photo, a small caption reads: 'Logo da Odebrecht na Vila Olímpica do Rio de Janeiro, 23 de junho de 2016 - AFP/Arquivos'.

18

O GLOBO MENU BRASIL COMENTAR COMPARTILHAR

Senac GRADUAÇÃO SENAC RJ Convênio Senac Harvard

Rodoanel: OAS fez repasse a empresa suspeita

Segundo delator, propina ocorreu no governo Serra, que diz desconhecer investigação

POR THIAGO HERDY
17/08/2016 4:30 / atualizado 17/08/2016 18:27

f t g+ in



19

Jusbrasil PESQUISAR PUBLICAR CADASTRE-SE ENTRAR

Home Artigos Notícias Jurisprudência Diários Oficiais Modelos e Peças Legislação Diretório de Advogados Alerta

Adicione tópicos

Construtoras envolvidas em escândalo da Petrobras doam R\$ 36 mi à campanha de Dilma

RECOMENDAR COMENTAR

f t g+ in

Publicado por Folha Política há 3 anos 221 visualizações

Três construtoras envolvidas em escândalo de corrupção da Petrobras doaram R\$ 36 milhões à campanha de Dilma Rousseff à reeleição, segundo informações divulgadas no TSE (Tribunal Superior Eleitoral). As doações foram feitas pela OAS, Andrade Gutierrez e UTC, citadas pelo ex-diretor de Abastecimento da Petrobras Paulo Roberto Costa como algumas das empreiteiras que teriam fechado contrato com a estatal mediante pagamento de propina a políticos.

20

OE
O EMPREITEIRO

Ano 11 - Julho 2013 - Nº 321 - R\$ 20,00
www.revistaempreiteiro.com.br

RANKING DA ENGENHARIA BRASILEIRA

500 GRANDES DA CONSTRUÇÃO

BRASIL INTERIOR
A força das fronteiras regionais

Estados investem em obras mais do que o dobro de recursos da União

Hidrelétricas, estradas, metrô
Obras para o País não parar

O duro aprendizado e o juramento dos engenheiros

Paulo Helene*

Resposta à 1ª questão. – Sem dúvida a engenharia brasileira está aprendendo a duas penas, pois a demanda tem sido intensa e a penetração de empresas estrangeiras fornecedoras de equipamentos, materiais e sistemas, e até mesmo construção de projetos mais sofisticados tem ocorrido com frequência. É comum o estabelecimento de parcerias entre projetistas brasileiros e estrangeiros, entre construtores, enfim. Está havendo uma transferência de tecnologia, mas o gap de conhecimento tem gerado uma certa incerteza quanto ao futuro de algumas empresas nacionais por causa da agressividade e competência das empresas estrangeiras.

Resposta à 2ª questão. – Considerando que a engenharia civil compreende as etapas de projeto, materiais, construção e uso, sem dúvida a engenharia brasileira se destaca nas etapas de materiais e de construção de grandes obras. A indústria de cimentos e de siderurgia brasileiras (fez-se grupo Votorantim e grupo Gerdau), têm padrão internacional e são capazes de competir em igualdade de competência, produtividade, atualidade e qualidade com os melhores grupos internacionais. As construtoras brasileiras de estádios, tanques, pontes, túneis e metrô também são respeitadas e consagradas no País e no exterior como de primeira linha, orgulhando qualquer engenheiro por mais rigoroso que seja. Nessas áreas o Brasil é páreo para qualquer outro país industrializado. Infelizmente, não se pode dizer o mesmo quando o tema é edificações residenciais e comerciais. Nesse campo o atraso é evidente, da arquitetura à construção e operação passando significativamente pelo projeto estrutural e de instalações. Para a construção de estádios, grande parte de nossa engenharia de projeto, de materiais, de execução e até de arquitetura teve de buscar tecnologia externa. Se amanhã um investidor decidir construir um edifício de 300 m de altura (como a Torre Costanera de Santiago do Chile), a engenharia brasileira vai possivelmente agir da mesma forma, buscando desde elevadores e o projeto de arquitetura, até materiais e execução. Os dois setores importantes em construção no País, o MIS e o Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro, são projetos de escritórios estrangeiros. A engenharia de construção brasileira tem dificuldade para vencer os "desafios" especificados nesses projetos, a exemplo do que ocorreu com a Casa da Música, o Museu Becht Cernigoi e outras obras consideradas emblemáticas. É por isso que estão penetrando facilmente no País os escritórios de projeto de arquitetura e estrutural, os softwares estruturais e de gerenciamento e os fornecedores de materiais e sistemas de obras sofisticadas. Infelizmente, ainda há grande atraso no domínio de estruturas mistas, de estruturas compostas, de estruturas de pré-moldado. O resultado tem sido, lamentavelmente, uma série de acidentes, colapsos, interdições inesperadas e reformas precoces.

Respostas às duas questões expostas na 3ª pergunta. – A norma-



lização de um país é o retrato de seu grau de desenvolvimento. Novamente é necessário separar as especialidades. Na área, por exemplo, de cimentos, agregados e concreto, o Brasil tem um lugar de destaque e tem sido reconhecido como líder e um dos referências para a normalização mundial. Foi um dos primeiros a bem introduzir adições, critérios de desempenho, coprocessamento, substituição de combustíveis, enfrentar o problema de reação álcali-agregado com medidas profiláticas inteligentes e sustentáveis, aceitar maiores teores de MgO, limitar cloratos, e hoje é considerado o país de melhor índice de sustentabilidade na fabricação de cimentos, o material de construção mais consumido pela humanidade. Infelizmente não se pode dizer o mesmo dos materiais tipo aditivos, adesivos, elastômeros, impermeabilizantes, hidrofugantes, revestimentos, nos quais a carência de normas e o atraso é sentido duramente pelo setor. Há poucos anos, a ABNT chegou a ter mais de 15 mil normas no seu acervo. Hoje talvez não chegue a 10 mil, porque muitas delas caducaram, os produtos inovam e novas não foram geradas. Por outro lado hoje há maior interação do meio técnico nacional com o estrangeiro e da ABNT com os organismos similares de caráter internacional tipo ISO, e eu gosto de pensar que em poucos anos seremos capazes de reverter essa tendência e ajustar melhor e mais rapidamente nosso acervo aderido e aproximando-o à normalização internacional.

Resposta à 4ª questão. Esse é um tema complexo e controverso. Particularmente sou favorável ao exercício profissional com responsabilidade e com penalidade aos corruptos, incompetentes e irresponsáveis. A ninguém é dado o direito de desconhecer as leis e da mesma maneira a nenhum engenheiro é dado o direito de desconhecer as normas técnicas e a arte de bem projetar e bem construir. A profissão do engenheiro é igual a de um médico. É uma profissão de "confiança pública" e confiança não se impõe; ao contrário, deve ser conquistada dia a dia ao longo dos tempos com atos, obras e posturas. Assim como para os advogados as leis são os grandes referenciais balizadores do exercício profissional, para nós, engenheiros, o referencial são as normas de projeto, de execução e controle, de produto e mais recentemente de desempenho. Não há como aceitar passivamente que colegas contornem essas regras. No juramento de engenheiro praticado por todos ao formar-se, juramos algo assim: "Prometo sob juramento observar os postulados da ética profissional, concorrer para o desenvolvimento da técnica, da ciência e da arte e bem servir aos interesses da sociedade e da nação". Em definitivo vê-se claramente que nosso compromisso profissional é com a sociedade e não com a engenharia mal praticada.

*Paulo Helene, professor e diretor da PhD Engenharia

A profissão do Engenheiro Civil é uma profissão de

“confiança pública”

...e confiança não se impõem, deve ser conquistada...

Juramento do Engenheiro

“ Prometo sob juramento observar os postulados da ética profissional, concorrer para o desenvolvimento da técnica, da ciência e da arte e bem servir aos interesses da sociedade e da nação ”.

“este é o juramento dos engenheiros utilizado na colação de grau da POLI.USP”

23

A origem da palavra ENGENHARIA foi devida ao Engenheiro Civil. Vem da Roma antiga da expressão “*Ingenium Civitas*”, ou seja, engenharia das cidades ou engenharia da civilização.

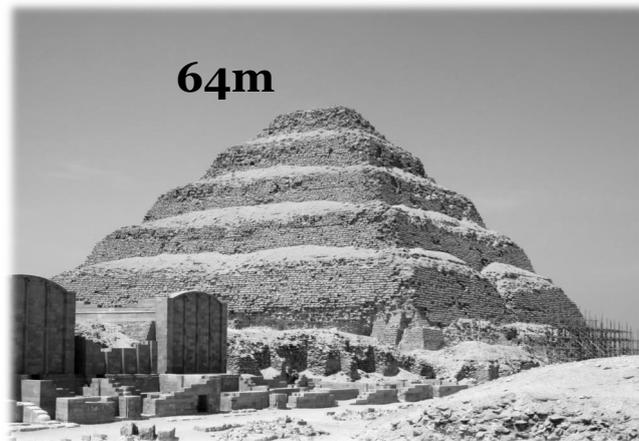


24

**Quando a profissão de
arquiteto (engenheiro)
foi reconhecida pela
primeira vez na história
da humanidade?**

25

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



64m

2790 A C

Pirâmide escalonada de Sakkara (Faraó Djeser)

26



Stonehenge , Wiltshire, Inglaterra, perto de Salisbury.
Blocos montados em um campo circular. Considerado obra pré-histórica !!
2.800 a 2.200 aC

27



28



A pirâmide de Meidum, a primeira pirâmide projetada para o faraó Sneferu. Contudo, complicações na construção levaram ao desabamento de parte da estrutura. O revestimento da pirâmide caiu a vários séculos.

29



A segunda pirâmide de Sneferu, chamada de pirâmide romboidal. Um erro de cálculo levou a pirâmide ceder ao próprio peso, encurvando suas arestas.

30

Materiais Estruturais

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

31

A 1ª Grande Revolução *rocha*

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

32



33

Genesis, 11.4

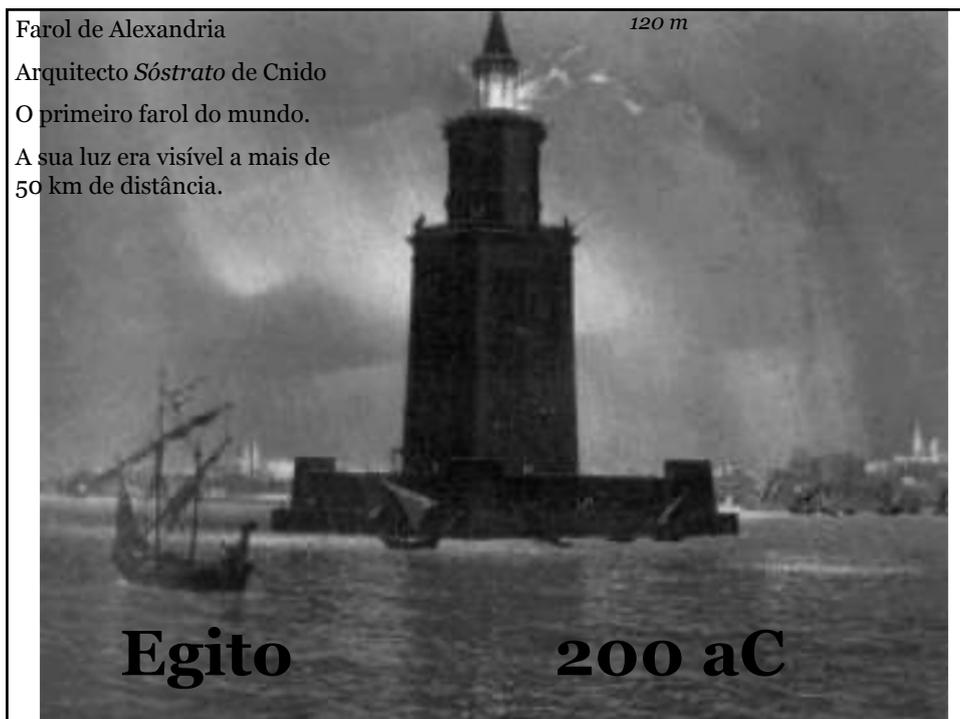
O Povo de Deus disse:

“ 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”

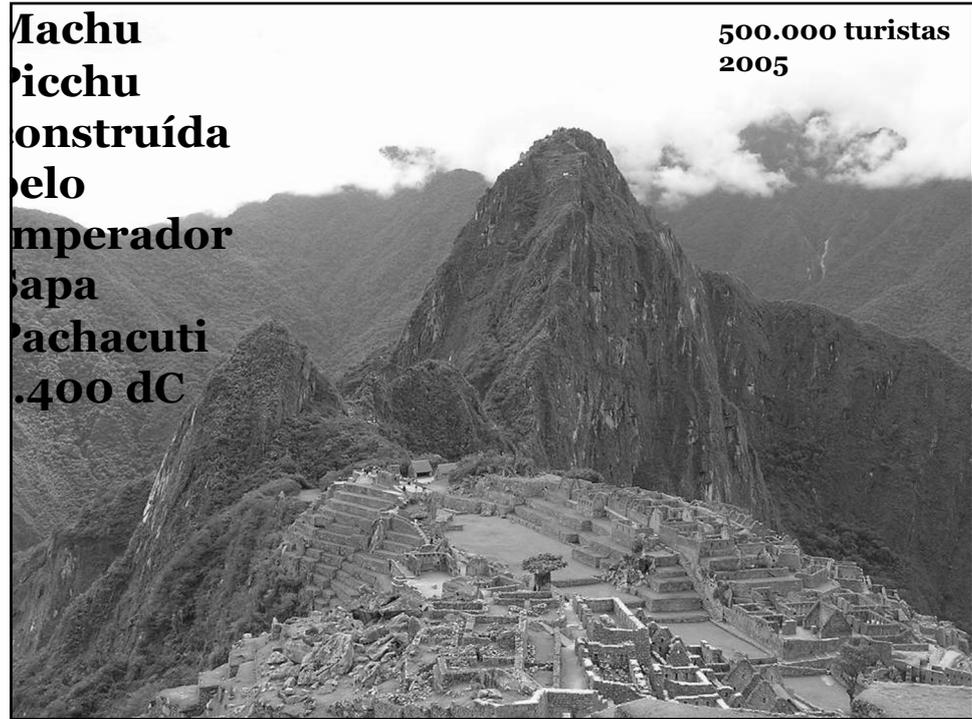
34



35



36



37



38



**Pirâmide de
Chichen Itza
Kukulcán
Imperador
Maya**

*1.050.000
turistas 2016*

México 1.100 – 1.300 d.C.

39

O conceito de construir com durabilidade existe desde a antiguidade

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

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

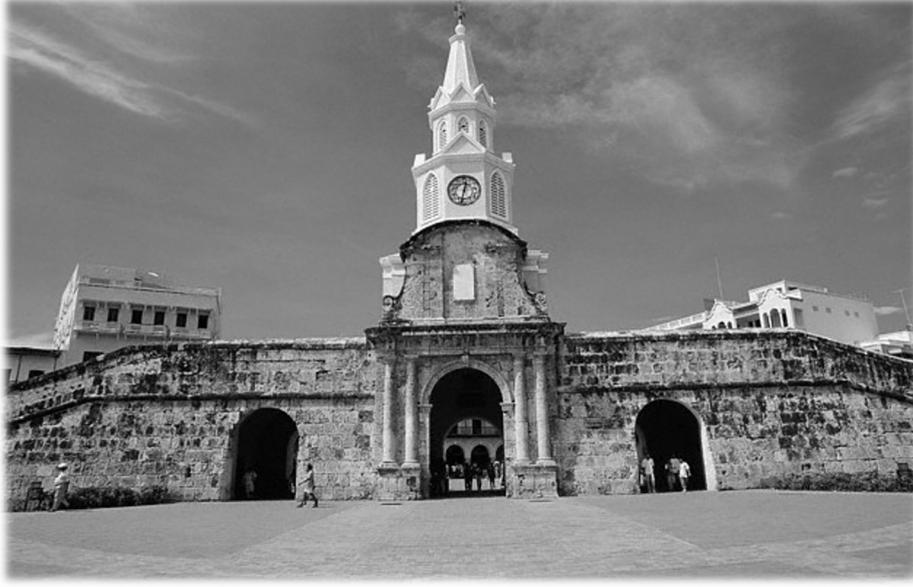


**Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”**



40

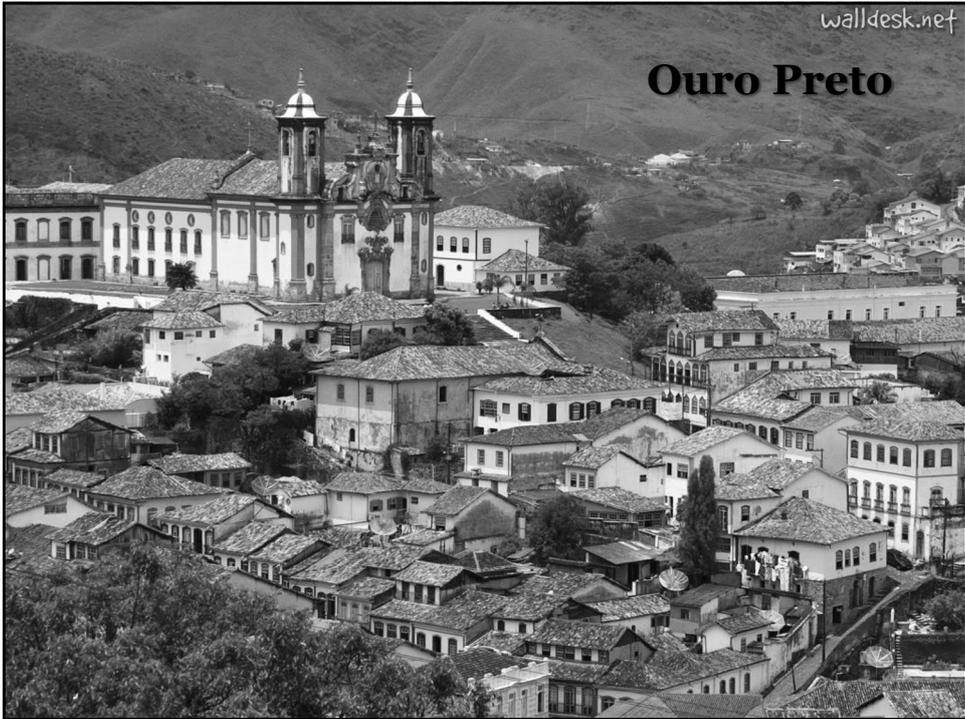
Cartagena de Índias



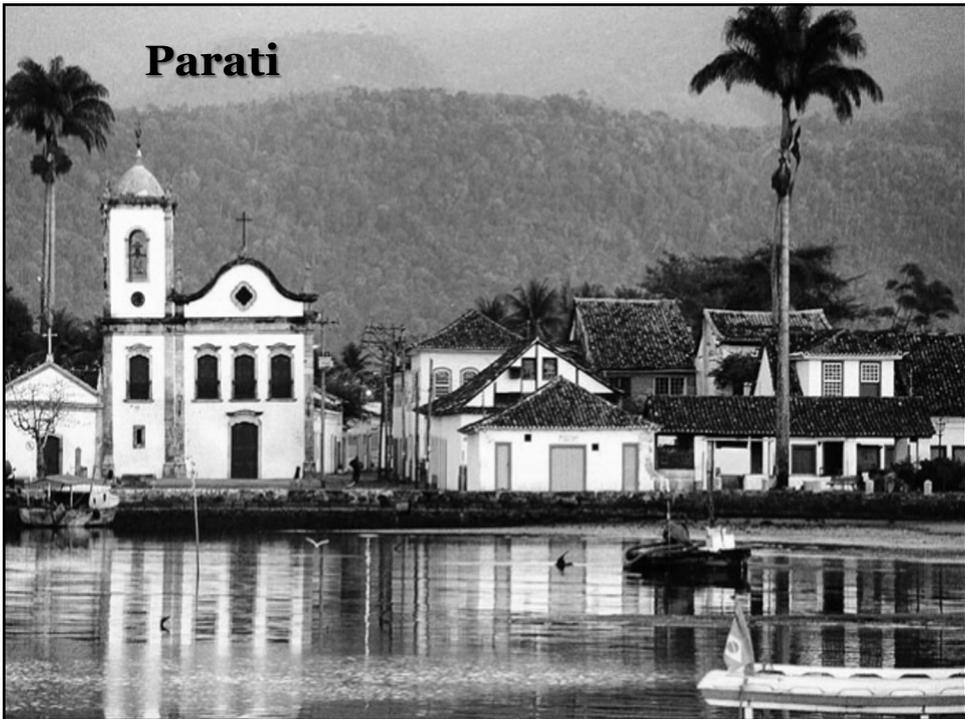
41



42



43



44



45

**Quando o concreto
(estrutural) APARECEU
PELA PRIMEIRA VEZ NA
HISTÓRIA?**

46

**Panteão
de
Roma**



47

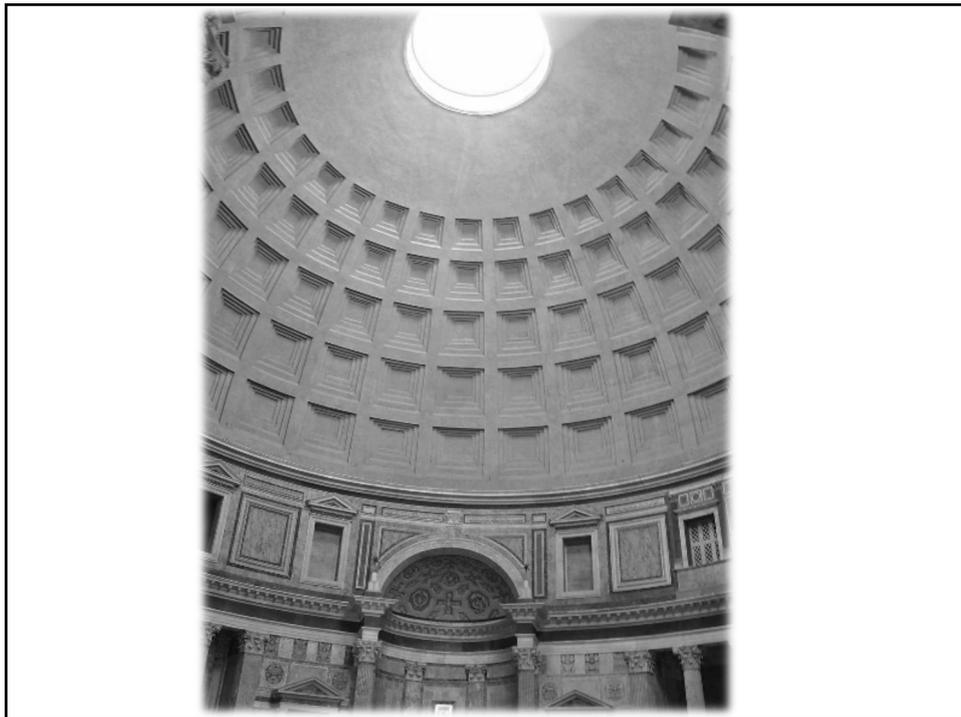


48

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



49



50



51



52

Séculos históricos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Românico → Abadia Cluny, França

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

XV → Estilo Renascentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclássico → Arco do Triunfo , Paris

53

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

54

Séculos históricos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Românico → Abadia Cluny, France

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

XV → Estilo Renascentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

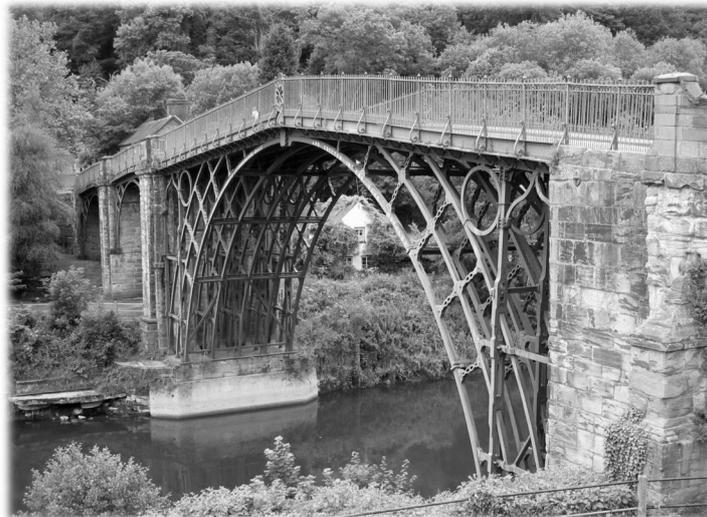
XVII → Estilo Neoclássico → Arco do Triunfo , Paris

XIX → Estruturas metálicas

55

**Primeira Ponte Metálica → 1.779 d.C.
Coalbrookdale Bridge em Telford, Inglaterra**

Ainda hoje em uso suportando tráfego leve e de pedestres



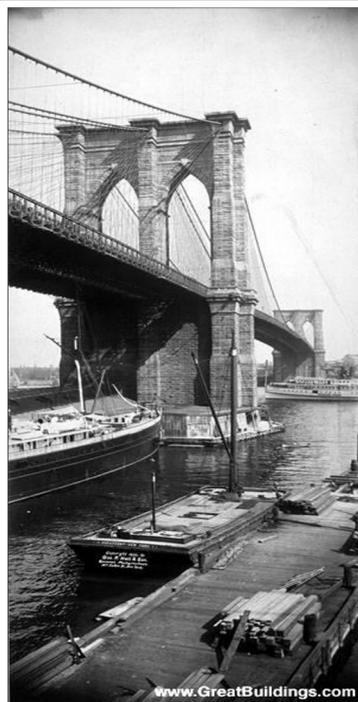
56



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

57

**Fundação
em rocha e
alvenaria de
blocos de
rocha**



58



Ponte Golden Gate, São Francisco, USA → 1.933

Joseph Strauss

ponte suspensa com cabos de aço galvanizados

59

2ª Grande Revolução aço

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

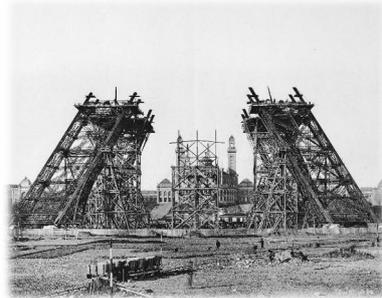
60



61



18 de julio 1887: comienzo de montaje del pilar 3



07 de diciembre 1887: montaje parte inferior

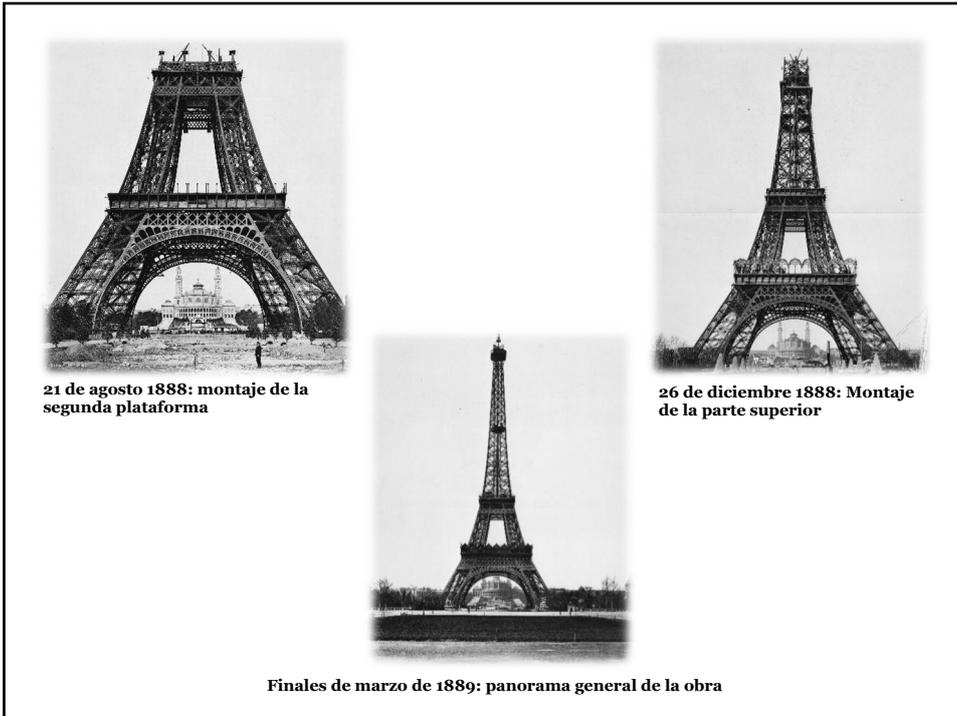


20 de marzo 1888: instalación de plataformas horizontales



15 de mayo 1888: montaje de los pilares en el primer piso

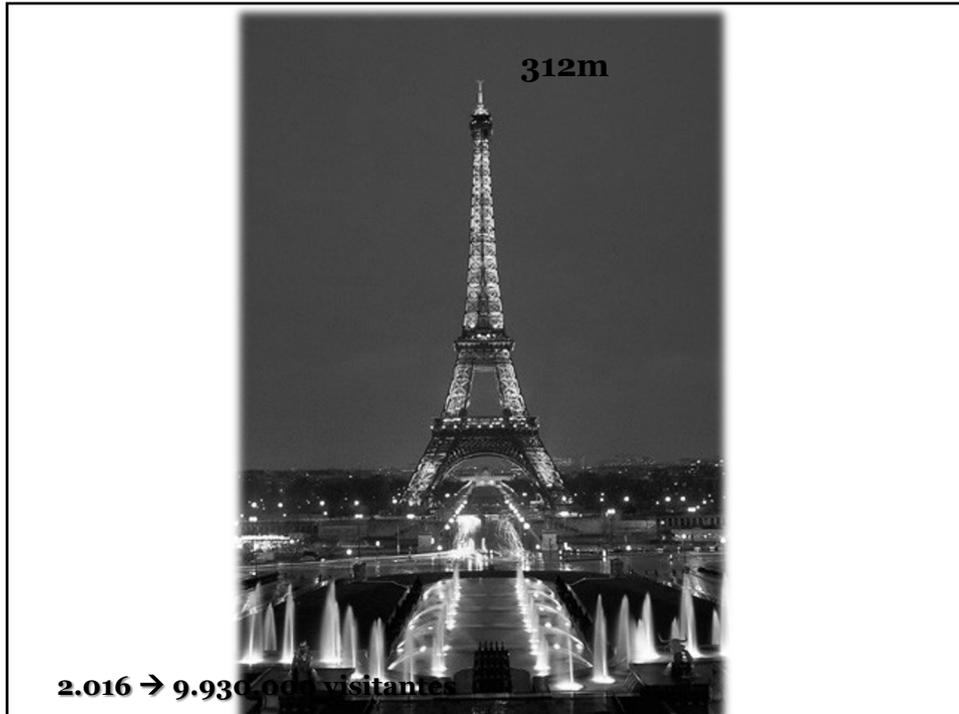
62



63



64



65

**Onde estão os
edifícios
comerciais e
habitacionais?**

O que aconteceu?

66

Grande incêndio de Londres - 1666



duração de 3 dias

67



Palácio de Westminster → Houses of Parliament
1.868 dC Big Ben

68

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

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

➤ *(no Brasil, 1873 Elevador Lacerda,
hidráulico, 1906 Palácio das Laranjeiras RJ,
1910 Light SP)*

69



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

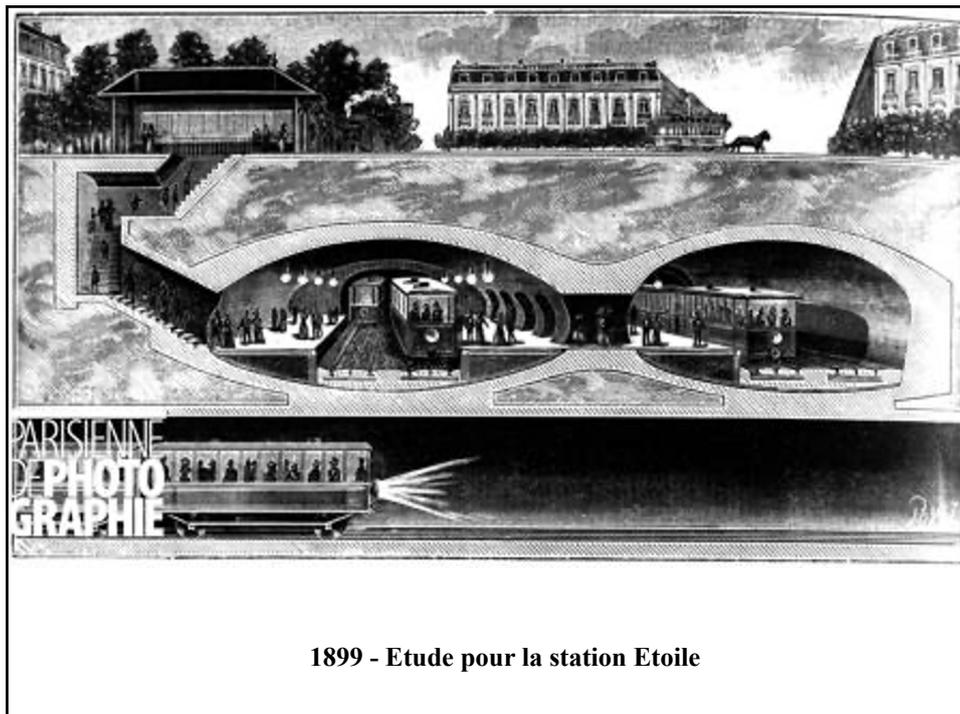
Conhecido Escola de Chicago

Projetista
Arquiteto Louis Henry
Sullivan

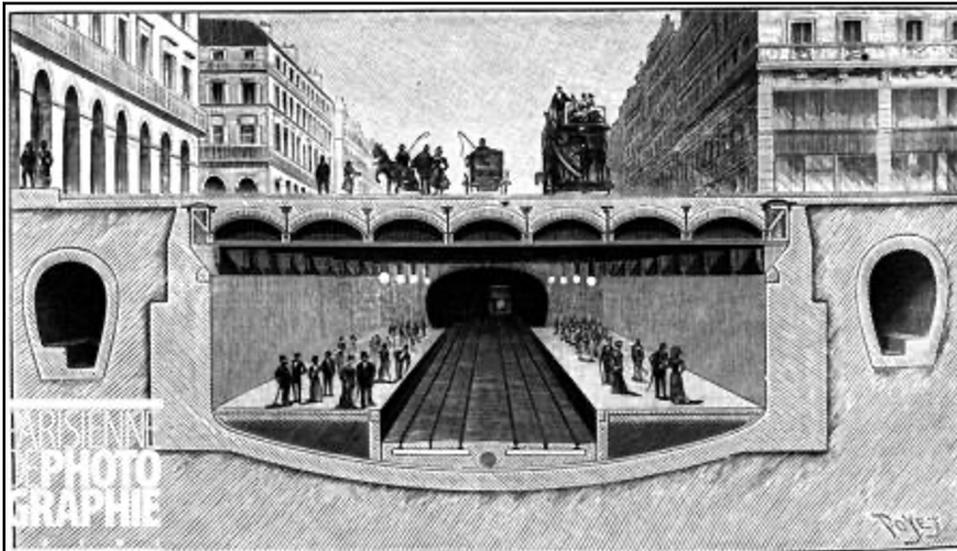
70



71



72



1899 – Etude pour le passage sous la rue de Rivoli

73



1900 Construction de la voûte nord-sud sous la place de la Concorde

74



1900 Visite de chantier par Fulgence Bienvenue (le concepteur du métro parisien)

75



76

**Século “XX”
1892**

**aparece um
novo material**

Concreto Armado

77

**Primeiras Normas sobre
Estruturas de Concreto**

1903	Suíça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

78



79



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$
116 anos !

*edificio em concreto
armado mais antigo do
mundo*

80



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

92 anos !

world record

81



Edifício
Martinelli

1929

106m

88 anos

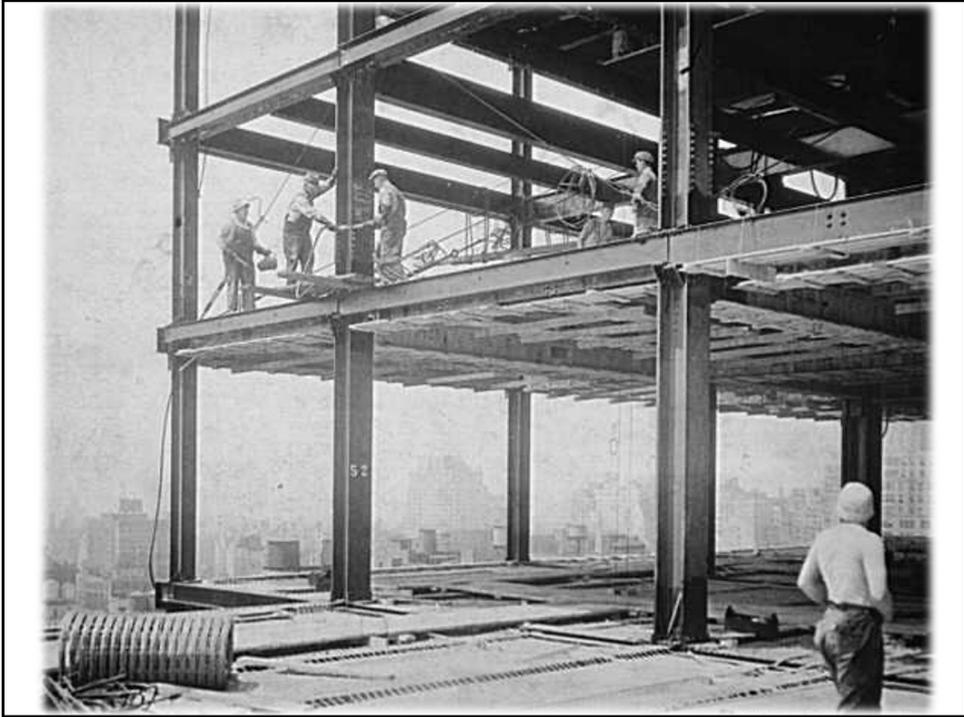
world record

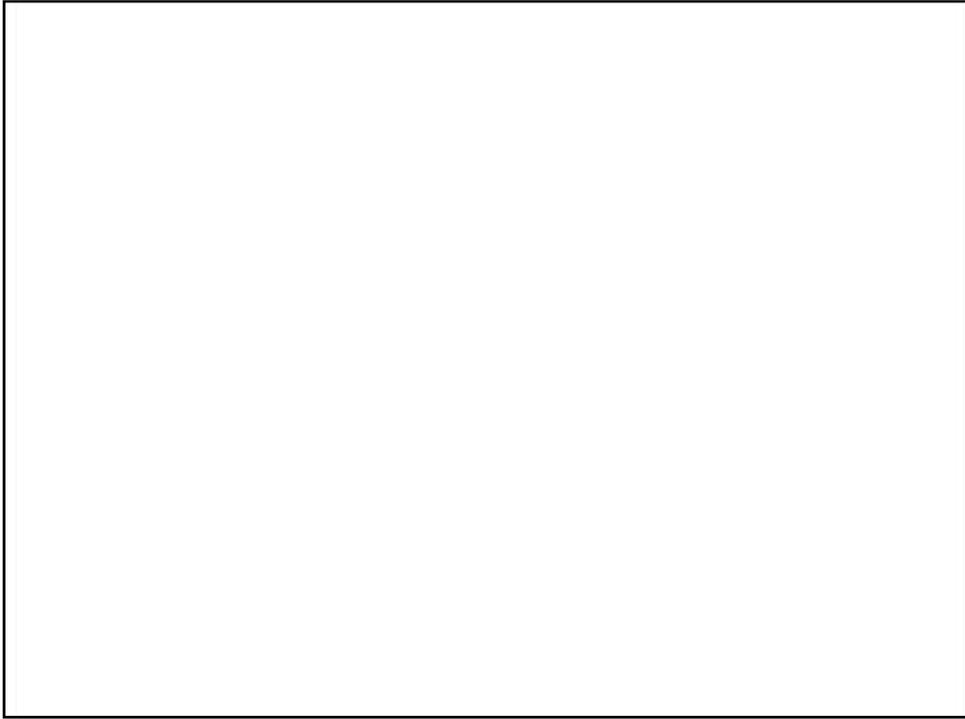
São Paulo, Brasil

82

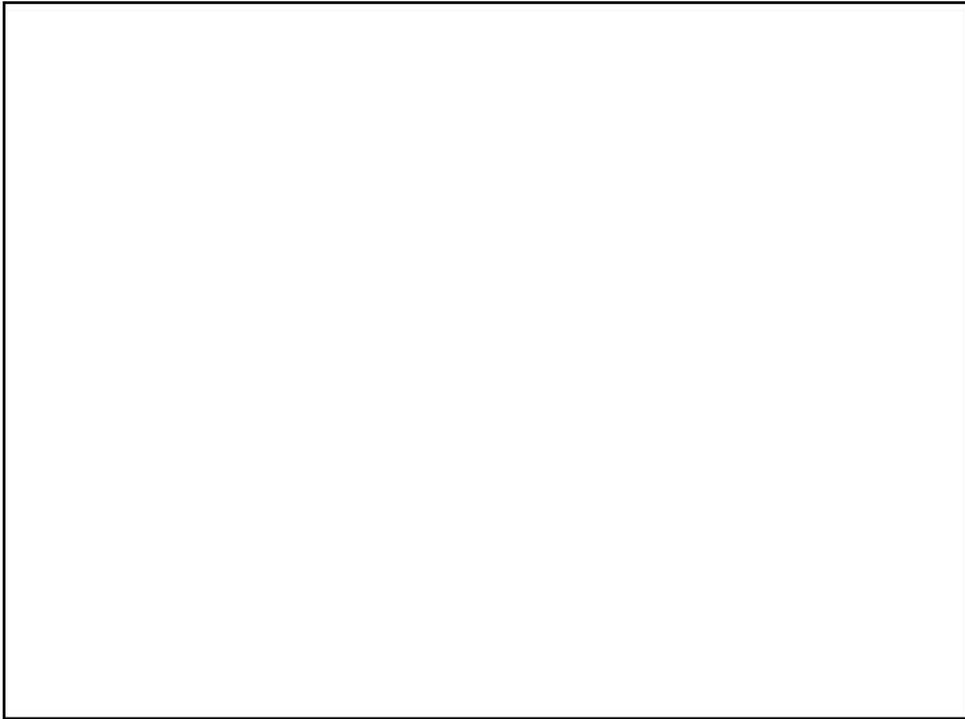


83





85



86



87

Século XX

1.928

“novo material estrutural”

Concreto Protendido

Eugene Freyssinet

88



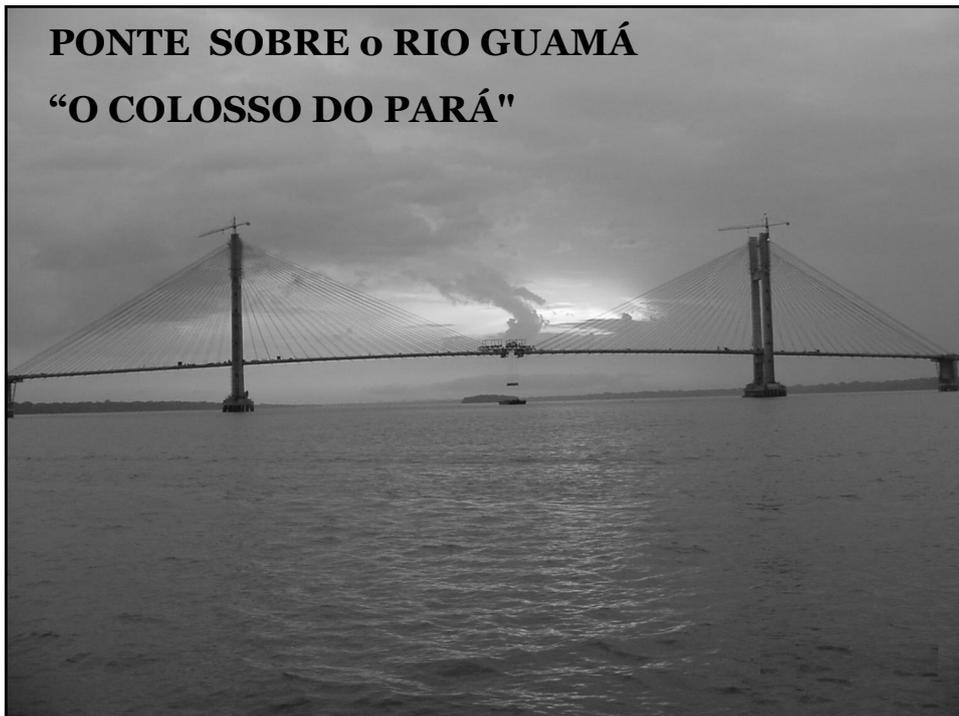
89



90



91



92

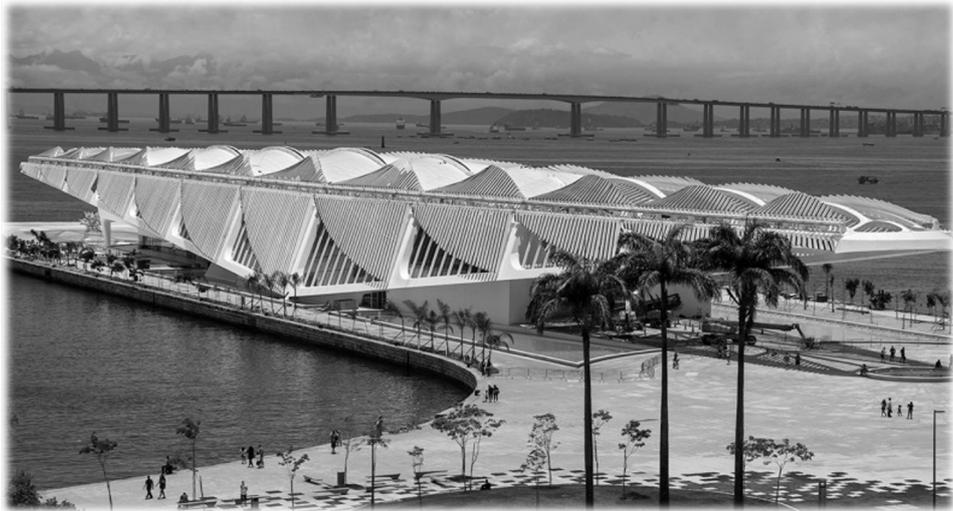


93



94

Santiago Calatrava



Engeti Consultoria e Engenharia

MIS Museu da Imagem e do Som RJ
Museu de Arte Moderna RJ

2017

97

Diller + Scofidio



JKMF

MIS Museu da Imagem e do Som RJ

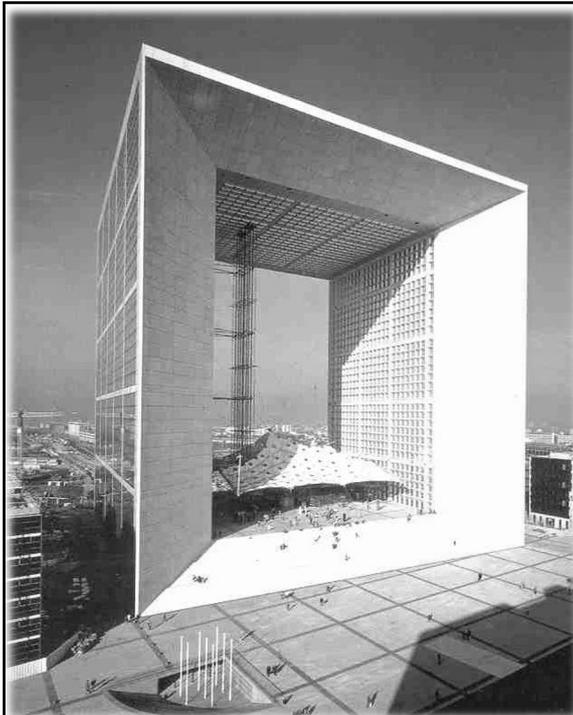
2017

98

3ª Grande Revolução concreto

A Arquitetura de estruturas podia ousar muito mais pois se descobriu como combinar dois materiais fantásticos. O concreto teria a durabilidade da rocha, era compatível com o aço e ainda o protegia “eternamente”

99



Grand Arch La Defense

Paris

França 1990

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

“high-tech style”

100



Petronas Towers
Cesar Pelli

Kuala Lumpur

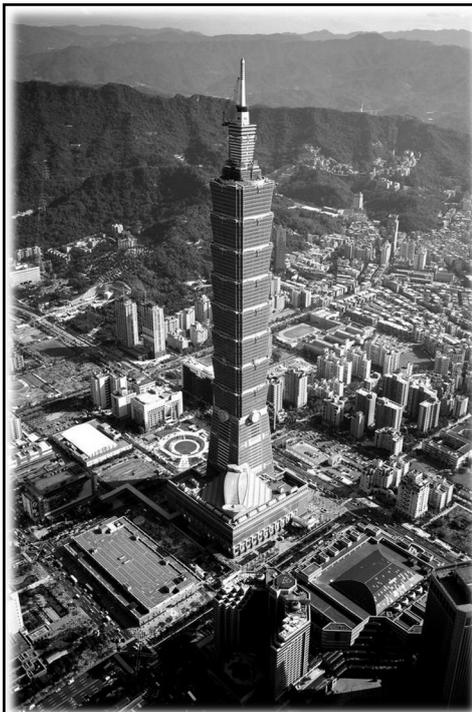
Malasia 1.997

452m

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

before/after

101



TAIPEI 101

Shangai World Financial Centre

Taiwan, China

2005

509m

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

steel / concrete

102

Como pode ser o futuro?

103

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “De Architectura”

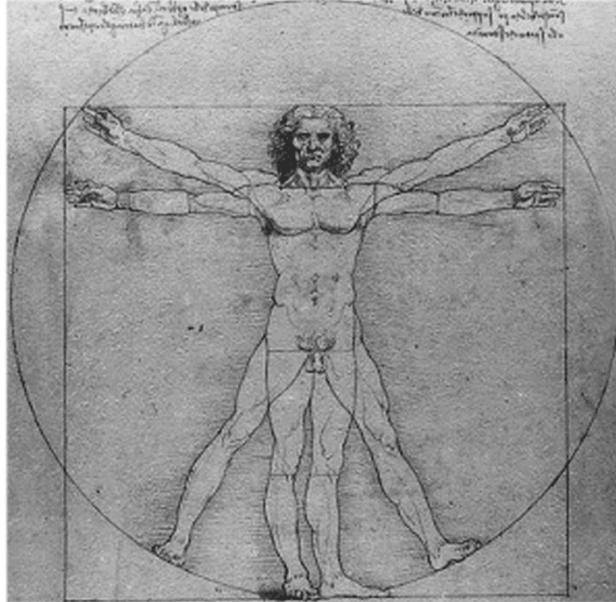
10 volumes → 800 anos como best - seller

<i>Utilitas</i>	<i>(funcional)</i>
<i>Firmitas</i>	<i>(estável e durável)</i>
<i>Venustas</i>	<i>(bonita)</i>

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

104

Arte e Ciência da Construção



Leonardo da Vinci
Homem Vitruviano
1.490 DC

105

Venustas
Bonita !

106

***Oscar Niemeyer
Bruno Contarini***



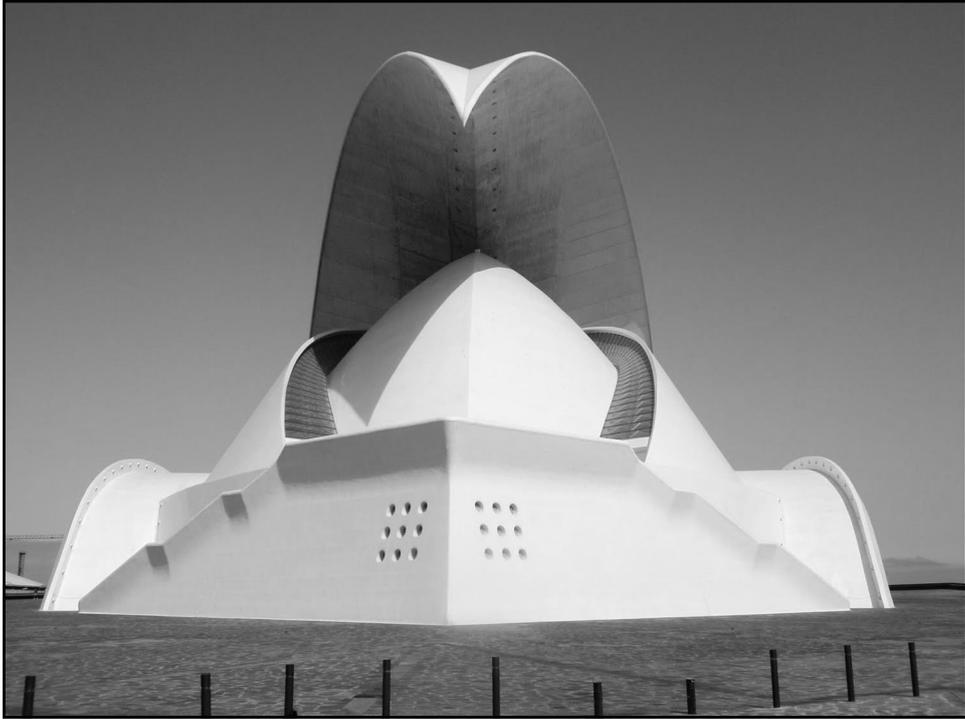
Museu de Arte, Niterói / RJ

107

**Auditório de Tenerife
Espanha
2003
Santiago Calatrava**



108



109



110

Firmitas

estável e durável

111



**Centro
Empresarial
Nações
Unidas**

Torre Norte

São Paulo
1997

Altura 179 m

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

112

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → “De Architectura”

10 volumes → 800 anos com o mesmo nome

Utilitas

firmitas

venustas

function

stability

and durability

(bonita)

Sustentável

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

115



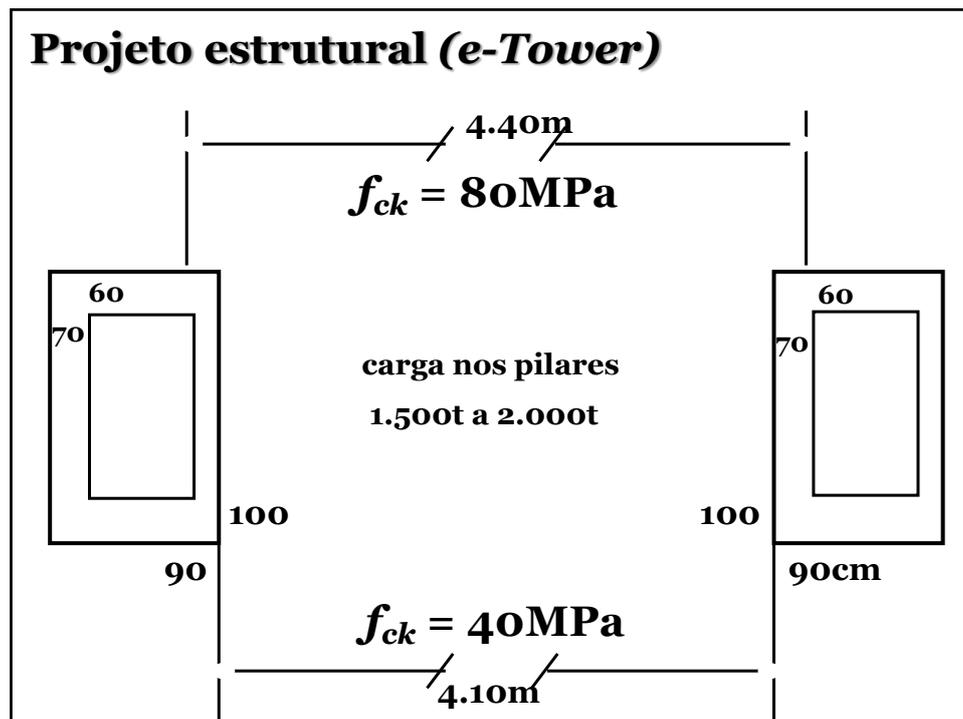
116



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



117



118



119



120

Economia de recursos naturais

Original:

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

**seção transversal → 90cm x 100cm
0,90m²**

HPC / HSC:

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

**seção transversal → 60cm x 70cm
0,42m²**

121

Economia de recursos naturais

- 70% menos areia**
- 70% menos brita**
- 53% menos concreto**
- 53% menos água**
- 20% menos cimento**

122

Considerações Finais

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

123

Edifícios Altos

**Segundo o Council on Tall
Buildings and Urban Habitat
- CTBUH, um edifício é
considerado arranha-céu
quando sua altura supera os
300m (>75 andares)**

124



Em 1.997 as torres gêmeas Petronas, em Kuala Lumpur, construídas em concreto, superaram em altura a torre metálica Sears (Willis Tower) em Chicago

125

Passados poucos anos e até 2028, haverá 128 novos edifícios com altura superior a 300m

126

Desse total de 128

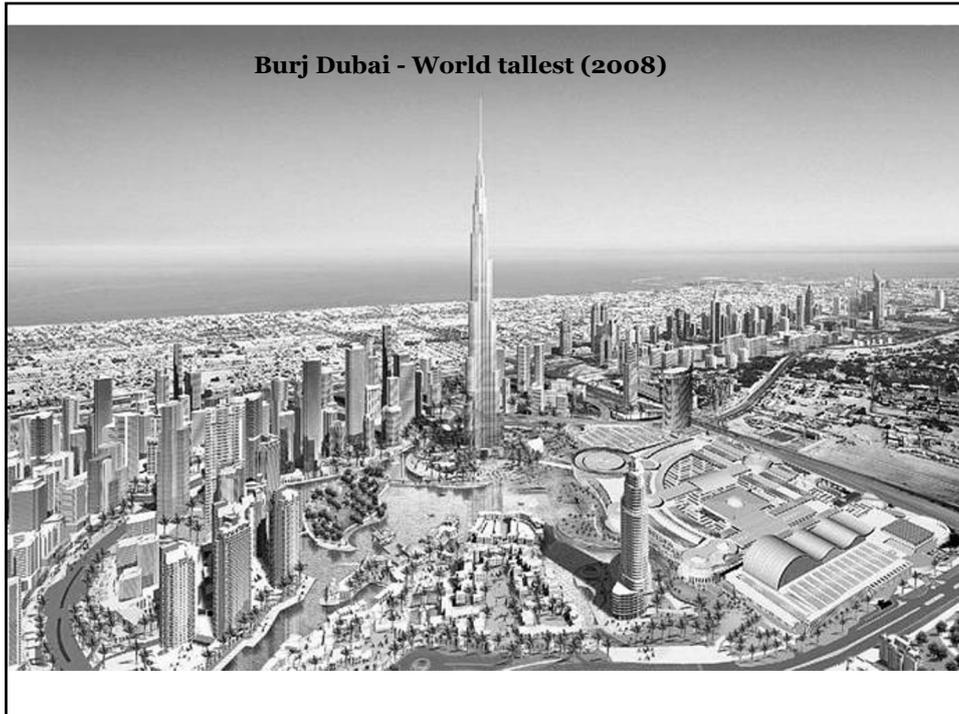
“arranha-céus”:

- 33 são em concreto
- 91 são compostos
- apenas 4 são de aço

127

Um dos mais altos edifícios do mundo, o Burj Khalifa, em Dubai, com 820 m, foi construído com concreto

128



129

O Maior Edifício do Mundo



Jeddah Tower

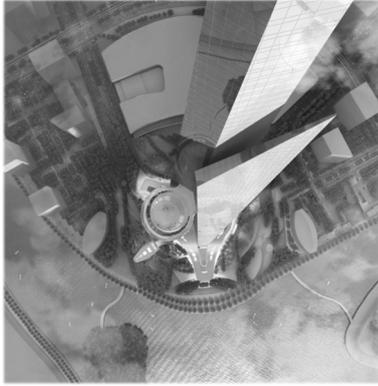
- O edifício terá mais de 1km de altura
- Localização: Jeddah, Arábia Saudita

Fonte: www.nbmcw.com

A vertical architectural rendering of the Jeddah Tower, a proposed skyscraper in Jeddah, Saudi Arabia. The tower is depicted as a very tall, thin, cylindrical structure with a slight taper towards the top. It stands out significantly above the surrounding city skyline, which includes several other high-rise buildings. The sky is a clear, light grey.

130

Jeddah Tower



**Custo
estimado:
\$20 bi**

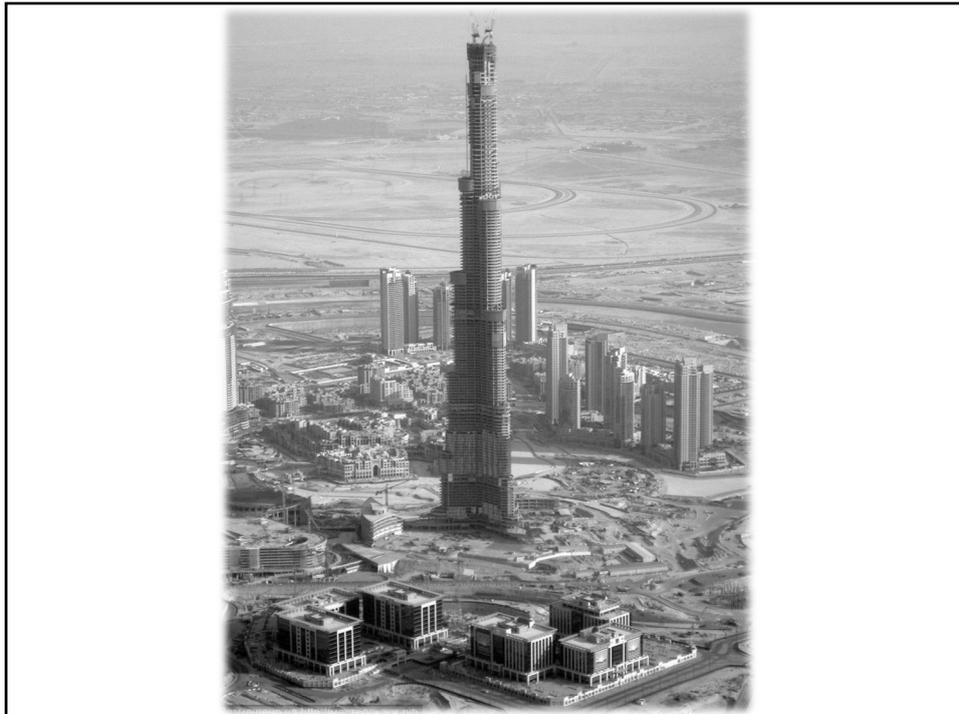
**Em
construção**

Fonte: www.nbmcw.com

131



132



133

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

134

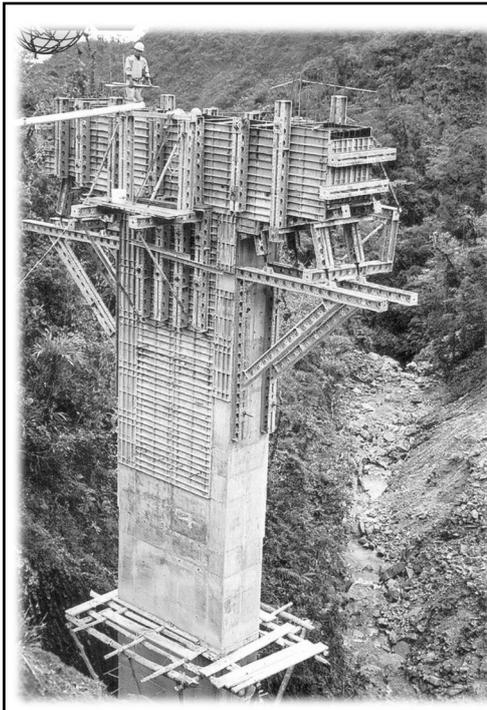
e... continua em
franca evolução, sem
previsão de limites ou
de substituição!

135

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

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

136



***A Educação
Continuada, a
responsabilidade e o
comprometimento no
exercício profissional,
a pesquisa e o bem
projetar, controlar e
construir, com ética e
qualidade, é a chave
para manter essa
importância e vocação
da arquitetura e
engenharia civil
brasileiras.***

137



138

OBRIGADO !



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23

11-95045-4940