

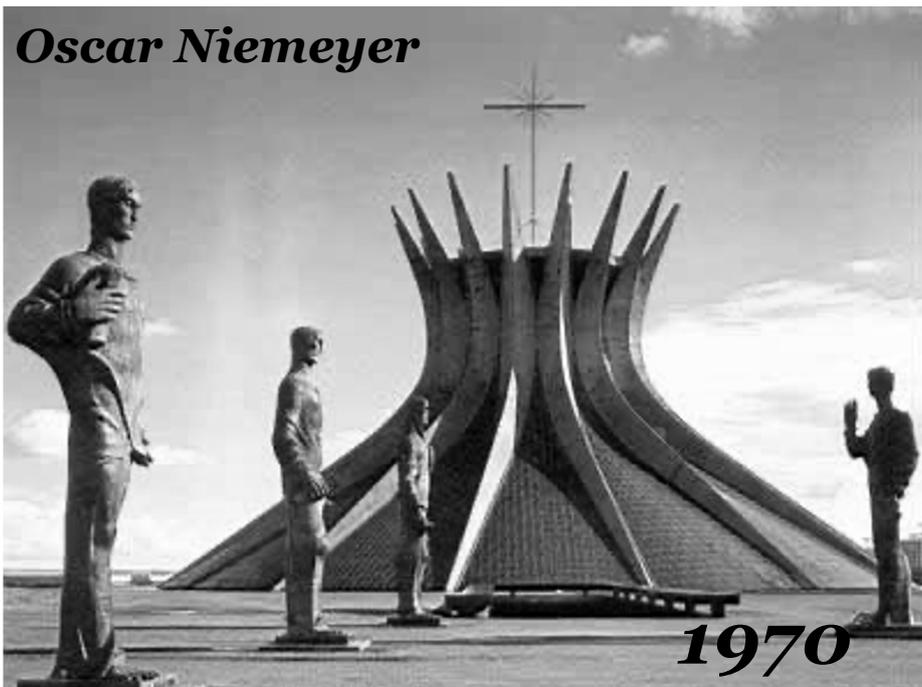
**Patologia das  
Estruturas de  
Concreto  
FAG  
Cascavel**

1

**Importância da  
Arquitetura e da  
Engenharia Civil  
para a  
Sociedade**

2

*Oscar Niemeyer*



**1970**

3

*José Carlos de Figueiredo Ferraz*



*Lina Bo Bardi*

**MASP Museu de Arte São Paulo 1968**

4

*Oscar Niemeyer  
Bruno Contarini*



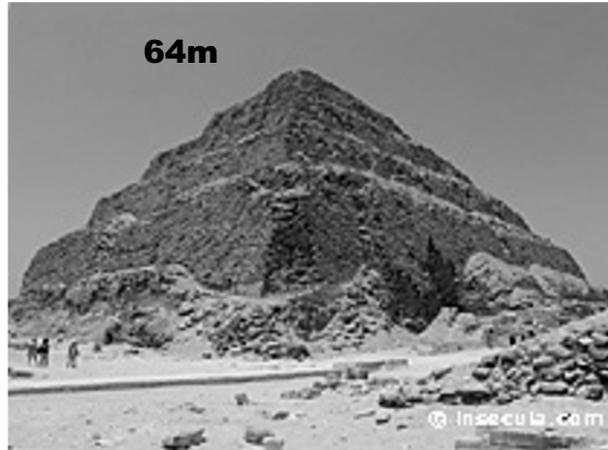
*Museu de Arte, Niemeyer / 1971*

5

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

6

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



**2790 A C**

**Pirâmide escalonada de Djeser**

7



*Piramides de Giza*

*Faraó Khufu*

*Queóps*

*Egito*

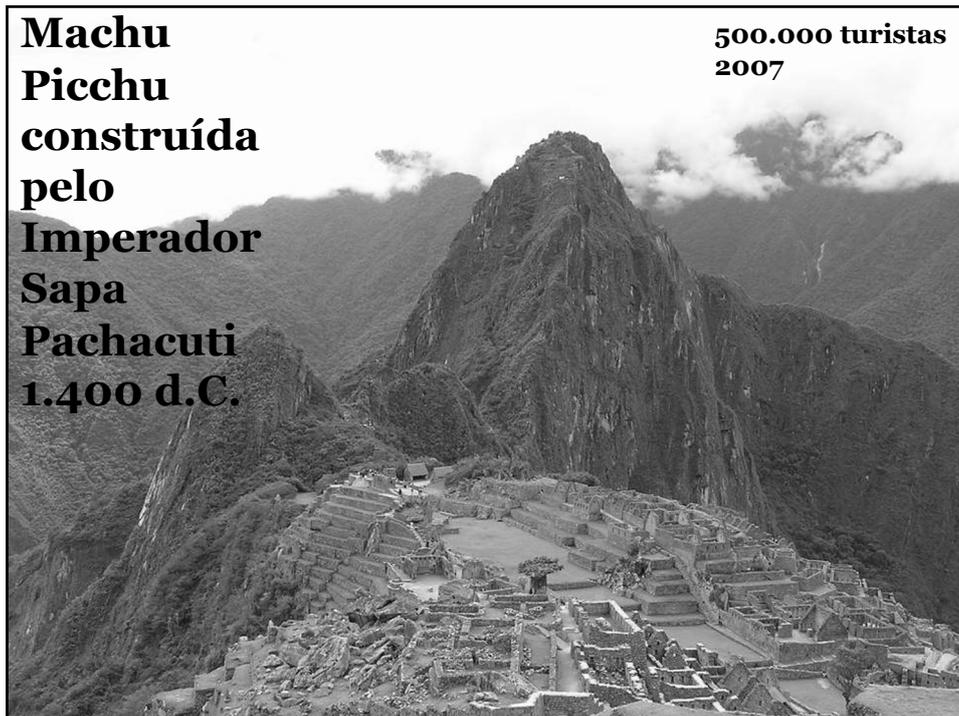
*2.580 aC*

8

## **Materiais Estruturais!**

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

9



10



11

**Construir com  
Materiais  
Resistentes e  
Duráveis**

12

## 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)

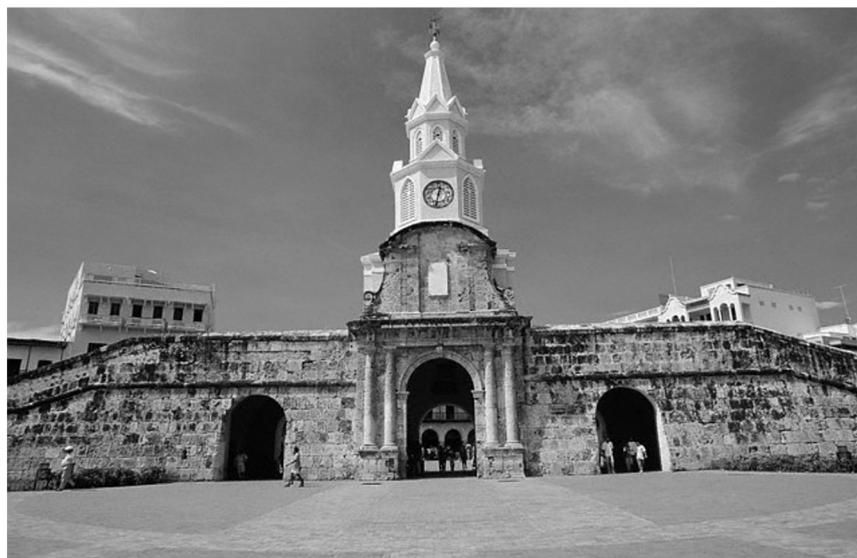


**Pártenon, 440 aC**  
**“século de Péricles”**



13

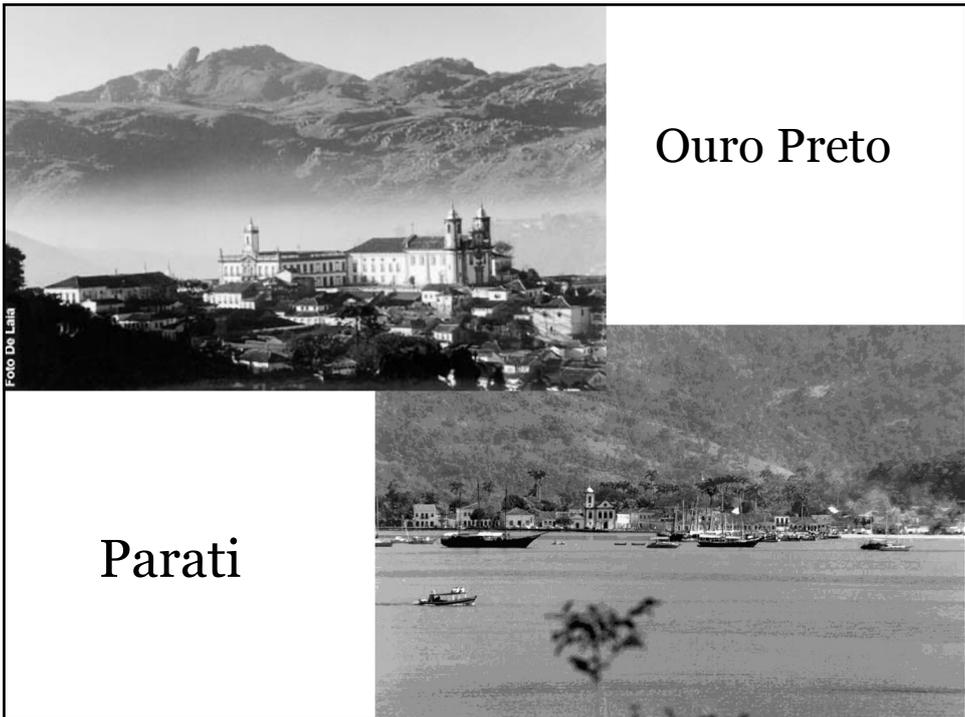
## Cartagena de Indias



14



15



Ouro Preto

Parati

16



17

# **Patologia**

**Acidentes**

**Danos**

**Falhas de projeto**

**Manifestações patológicas**

**Lesões**

**Má construção**

**Materiais inadequados**

18

Robert Stephenson no discurso de posse na presidência do Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha em 1856:

“...tenho esperança de que todos os acidentes e problemas que tem ocorrido nos últimos anos sejam registrados e divulgados. Nada é tão instrutivo para jovens engenheiros como o estudo dos acidentes e da sua correção. O diagnóstico desses acidentes, o entendimento dos mecanismos de ocorrência, é mais valioso que a descrição dos trabalhos bem sucedidos. Também os engenheiros experientes aprendem desses ensinamentos e lições dos acidentes que até podem ocorrer nas suas próprias obras. Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação desses problemas nos arquivos desta reconhecida Instituição”.

19

## **Corrosão de armaduras derruba Pedação da fachada Rio de Janeiro**

20

## Dona-de-casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio

Da Sucursal do Rio

A dona-de-casa Maria Borges Nascimento, 49, morreu ao ser atingida na cabeça por um pedaço de reboco do 12º andar de um prédio de apartamentos no centro da cidade, na av. Gomes Freire nº 740. A mulher morreu na hora, e teve a face desfigurada. O pedaço de reboco caiu, resvalou na marquise do prédio e acertou a dona-de-casa.

Maria estava voltando para casa com as compras feitas num supermercado da região. Ela morava sozinha com o filho, o estudante Nino André Borges Nascimento, 27. O síndico do prédio em que aconteceu o acidente, João Salvador, afirmou que a obra de recuperação da fachada já havia sido aprovada pelo condomínio, mas faltava orçar o serviço.

A Defesa Civil municipal interditou a área em torno do prédio, o que deve causar prejuízo aos estabelecimentos comerciais que funcionam no local. Segundo o diretor do Departamento de Engenharia do órgão municipal, Roberto Formiga Oberlaender, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que ofereçam risco de desabamento.

Na área térrea interditada funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área-também interditada, funcionam um pequeno hotel e um restaurante.



Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio

Oberlaender afirmou que será dado ao condomínio um prazo para recuperação da fachada. Caso o prazo não seja cumprido, o condomínio terá que pagar multa. Muito abalado, o filho da dona-de-casa não quis comentar que providências legais tomará em relação ao caso.

Oberlaender disse que um dos

problemas do centro são os prédios antigos em mau estado de conservação. Além da má conservação do reboco, as marquises velhas são problemas apontados pelo diretor da Defesa Civil.

Segundo ele, os proprietários são obrigados a realizar obras de recuperação, mas a fiscalização não cabe à Defesa Civil.

21

**Edifício Palace II  
Rio de Janeiro  
Carnaval de 1998  
martes por la tarde  
5 años**

22



23



PALACE II

22 de Fevereiro de 1998

24



**PALACE II**

22 de Fevereiro de 1998

25



26



27



28



29



30



31



32

**Edifício Areia Branca**  
**Recife, Pernambuco**  
**14 de outubro de 2004**  
**quinta-feira às 20:30h**  
**1977 → 1979**  
**25 anos**  
**12 andares + térreo + 1 garagem**

33



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

34



35



Escombros - manhã seguinte do desabamento

36



37



38



39



Edificações Vizinhas

40

## **Cronologia:**

- 10 → domingo → estrondo;**
- 12 → terça → síndico ao estacionar observa alagamento e fissuras na parede da cisterna**
- 13 → quarta → calculista inspeciona: fissuras vigas, esmagamento alvenaria. Recomenda reforçar**
- 13/14 → quarta/quinta → muitos ruídos de rupturas metálicas secas não deixam moradores dormir**
- 14 → quinta 1:30h da madrugada → Síndico registra ocorrência e chama defesa civil**
- 14 → quinta 2:40h → Defesa civil inspeciona e não encontra evidências.**

41



Vista geral do subsolo

42



Trinca na viga do teto do subsolo junto a cisterna

43



Vista geral do reservatório inferior (cisterna) e alagamento

44



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela Defesa Civil

45

## **Cronologia:**

**14 → quinta 8h → Síndico e moradores decidem deixar o prédio**

**14 → quinta de manhã → Síndico desliga elevadores e esvazia os reservatórios de água**

**14 → quinta 10:20h → Defesa civil inspeciona o prédio junto com moradores. Calculista e empresa de reforço aguardam no local autorização para iniciar trabalhos**

**14 → quinta 15h → início dos trabalhos com escavação dos pilares centrais junto à cisterna**

**14 → quinta 17h → fissura aparece na viga de contorno, escavação de 1,40m mostra armaduras flambadas no pilar**

**14 → quinta 19h → início do reforço do pilar com cintamento e graute. Escavação do segundo pilar que estava íntegro**

46



47

## **Cronologia:**

**14 → quinta 20:20h → segundo pilar apresenta estrondo e o concreto começa a destacar fissurar. Operários e uma moradora que acompanhava os trabalhos correm para a rua;**

**14 → quinta 20:25h → uma série de estrondos precede o desabamento do edifício que dá uma “paradinha” no 6 andar, gira uns poucos graus e segue desmoronando-se;**

**14 → quinta 20:30h → edifício totalmente desabado, 4 vítimas e inúmeros sonhos destruídos**

48

## Diagnóstico:

Projeto de acordo com NB 1 / 1960

30 pilares (6 x 5)

Sapatas diretas a -1,8m

Pescoços de pilares contraentados por cinta 10cm x 40cm

$\sigma_R = 135 \text{ kgf/cm}^2 = 13,5 \text{ MPa}$  média = 15MPa

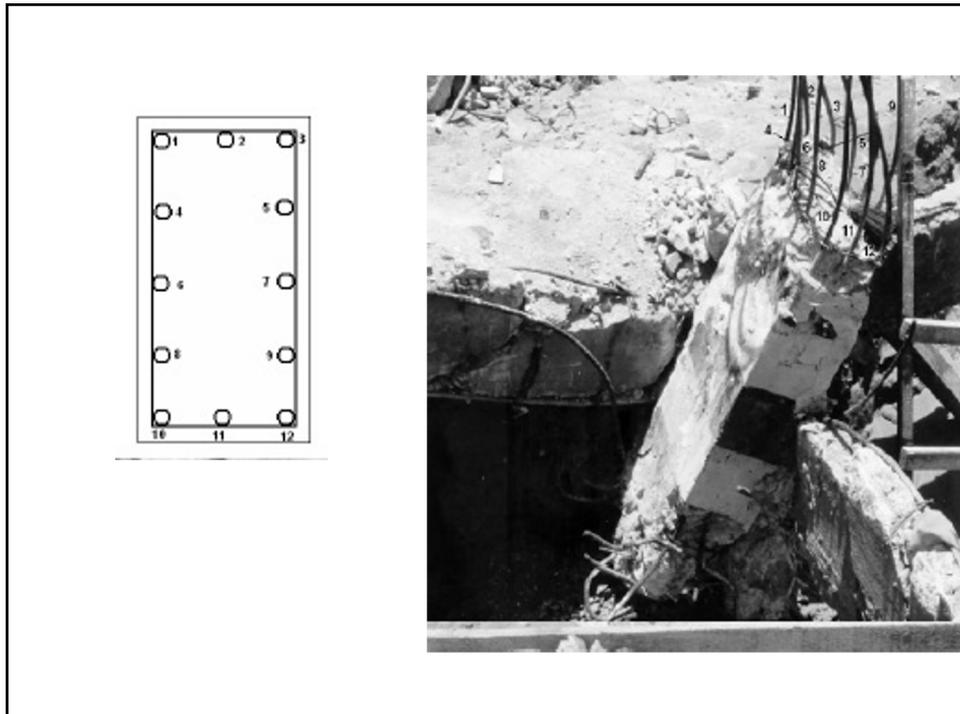
Cobrimentos de 1,5cm em pilares

Pilares 20cm x 50cm

12 barras de 16mm com estribos de 4,2mm cada 15cm

Corrosão dos estribos e flambagem da armadura

49



50



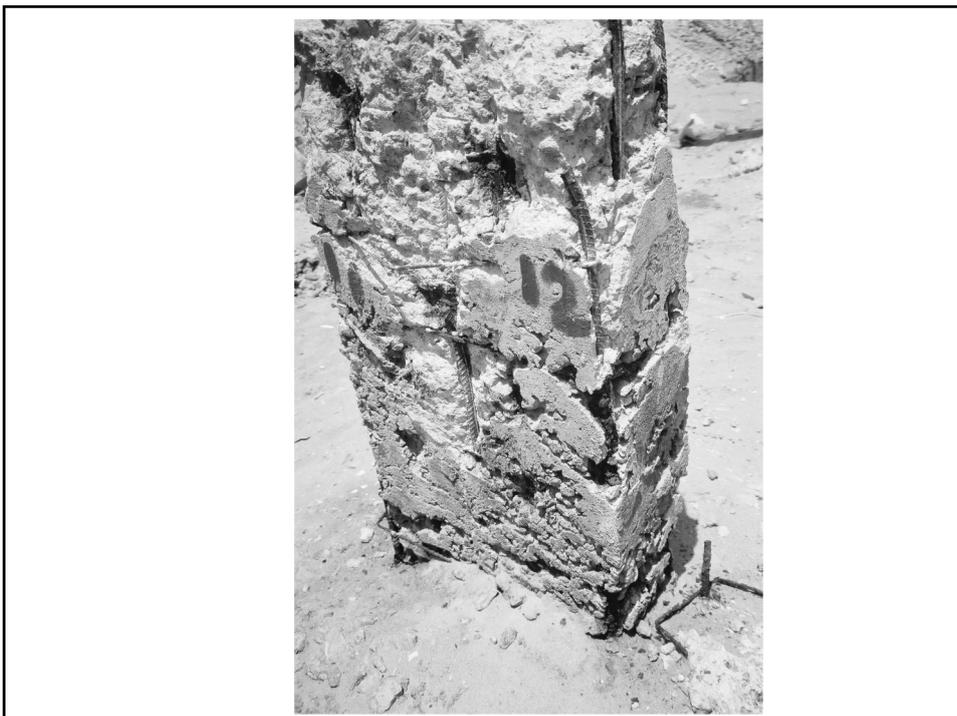
51



52



53



54



55



56



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

57



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar

58



59

**Edifício Solar da  
Piedade, vizinho ao  
Areia Branca  
Recife, Pernambuco  
novembro de 2004  
inspeção impede colapso**

60



**Edifício Solar da Piedade, Boa Viagem, Recife PE**

61



62



63



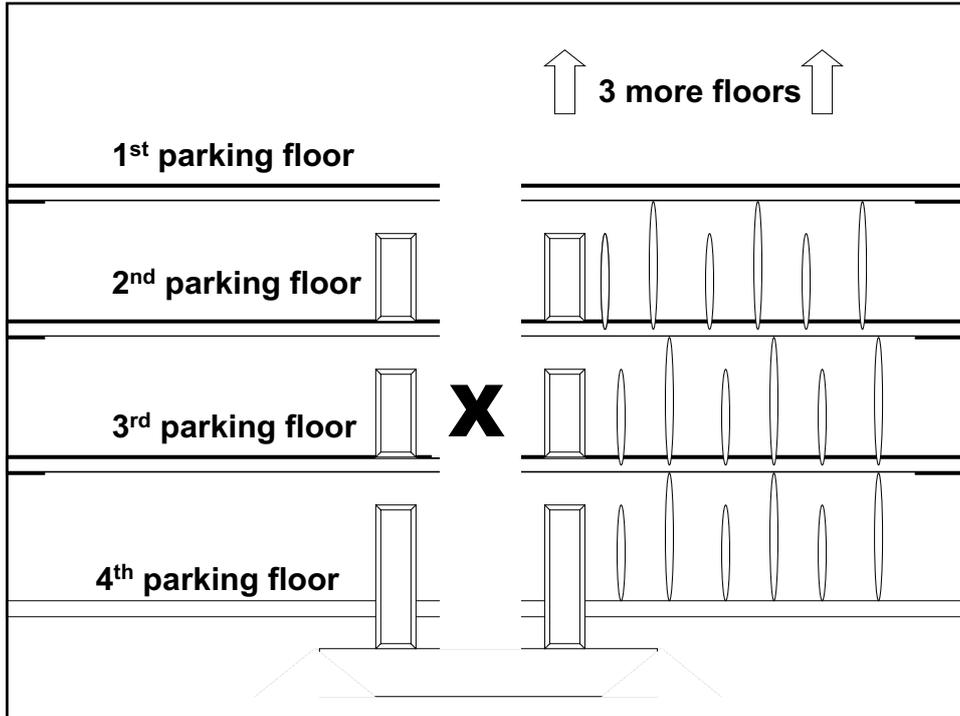
64

 **Problemas  
com resistência  
do concreto  
Hotel de Luxo  
em SP**

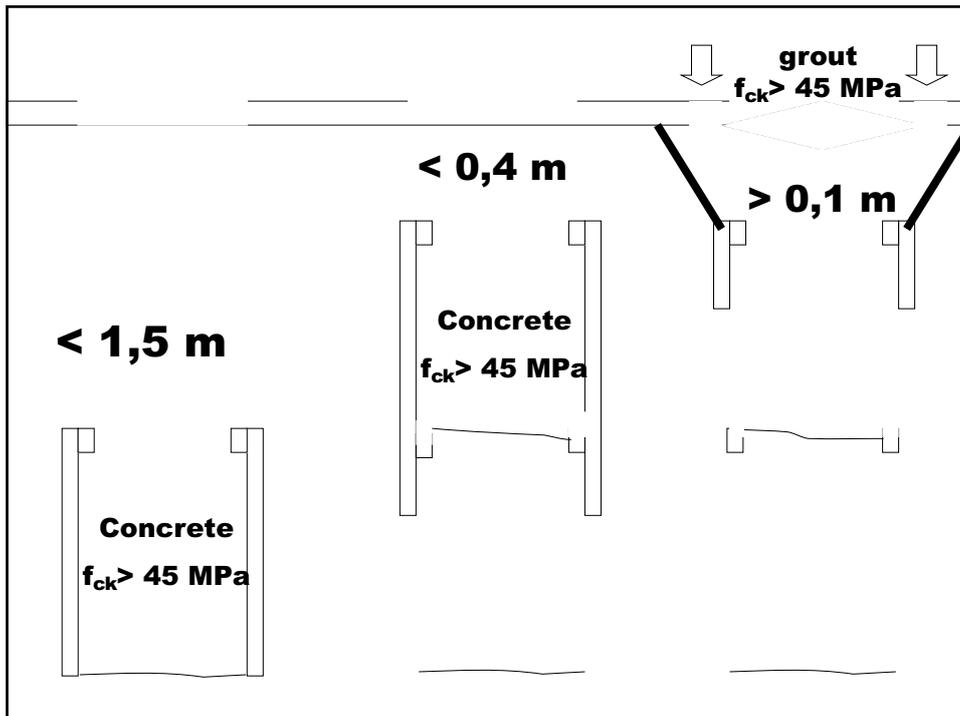
65

**São Paulo → 2002**  
**edifício em construção  $f_{ck} = 50$  MPa**  
 **$f_{ck}$  testemunhos = 21 MPa**  
**desafio → 4 andares acima prontos**  
**3<sup>rd</sup> piso de garagem**

66



67



68



69



70



71



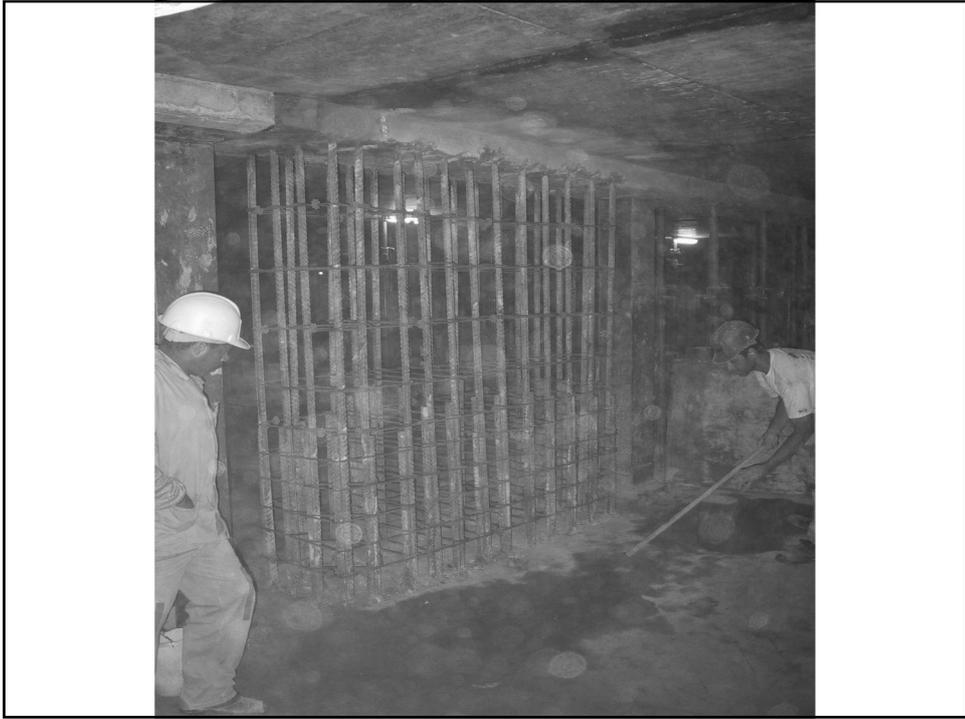
72



73



74



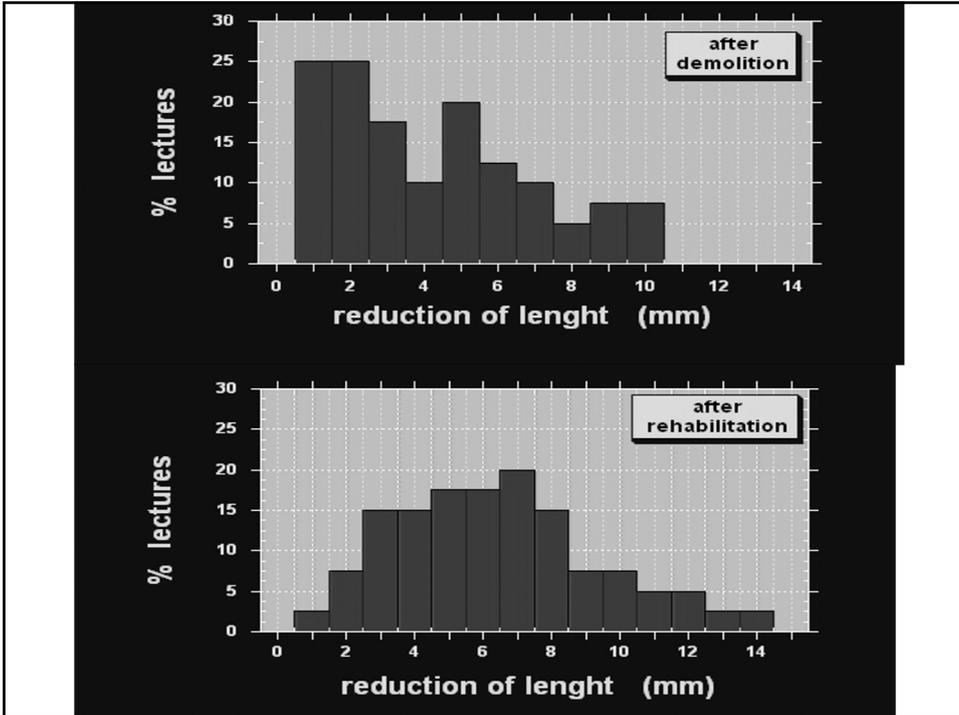
75



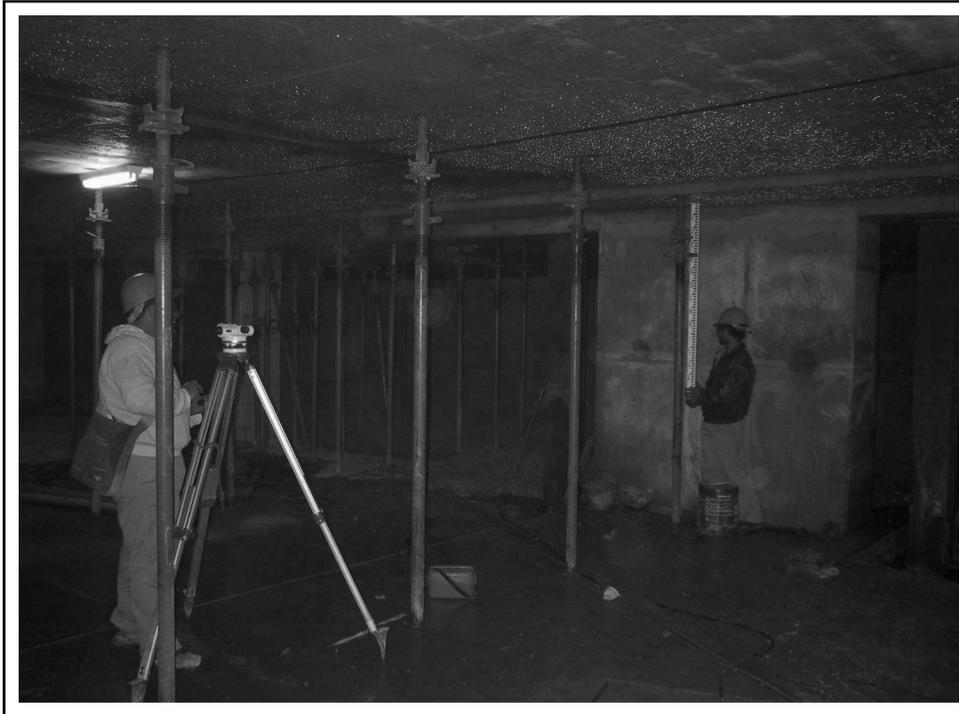
76



77



78



79



80



81

 **Edifício**  
**Comercial**  
*Alphaville SP*

82



83



84

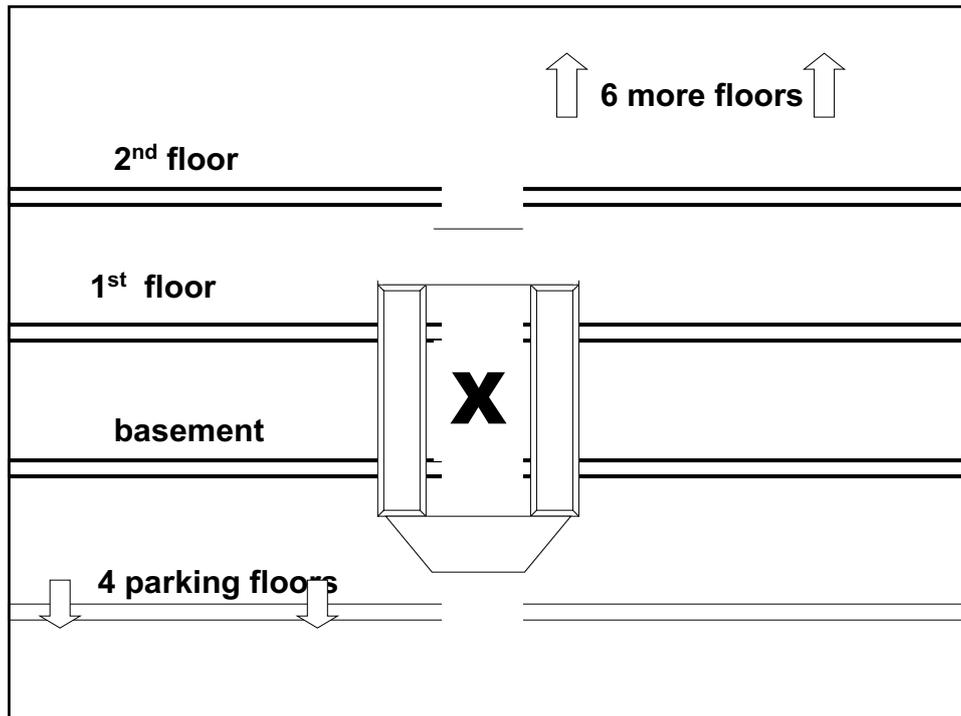
**Alphaville SP →2001**

**Edificio en construcción  $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$**

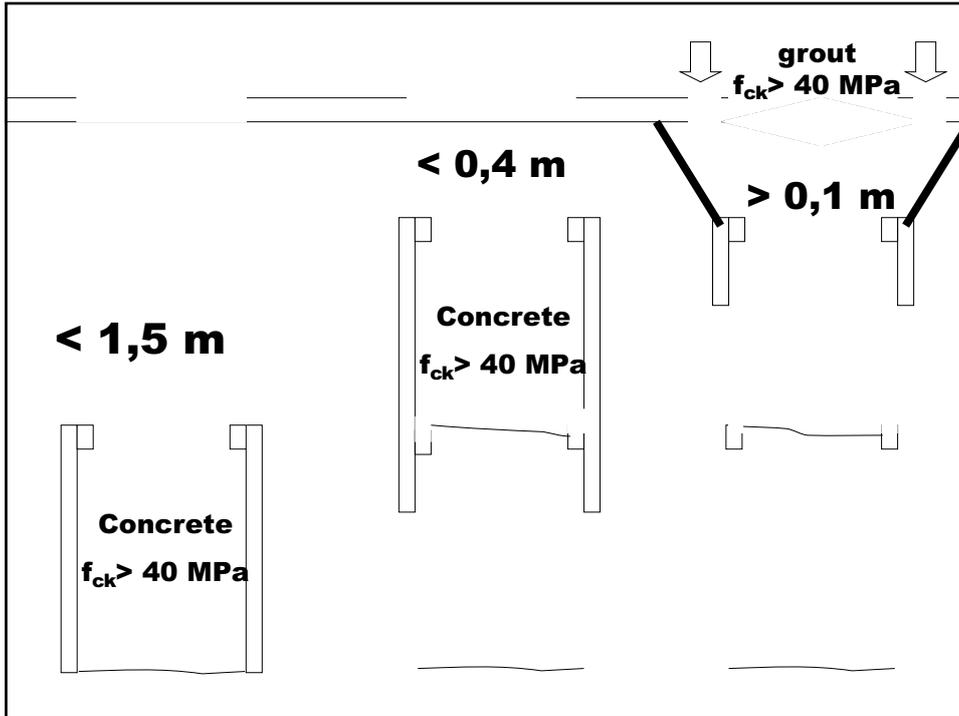
**efectivo  $f_{ck}$  (testigo analisis) = 19 MPa**

**desafio → 7 pisos en construcción sobre  
esta planta baja piso**

85



86



87



88



89



90



91



92



93



94



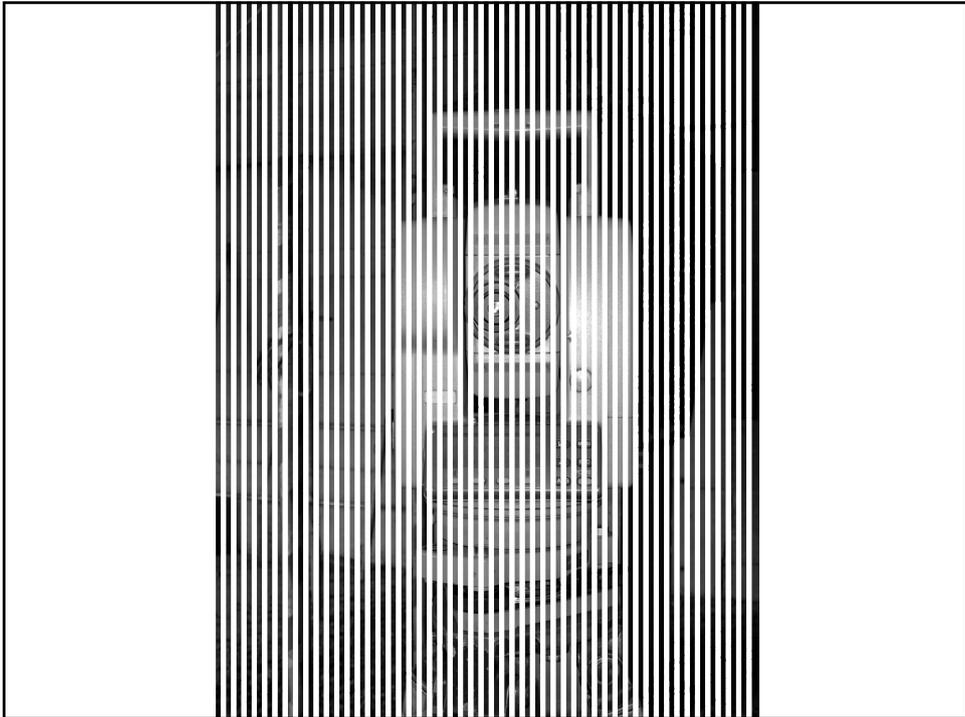
95



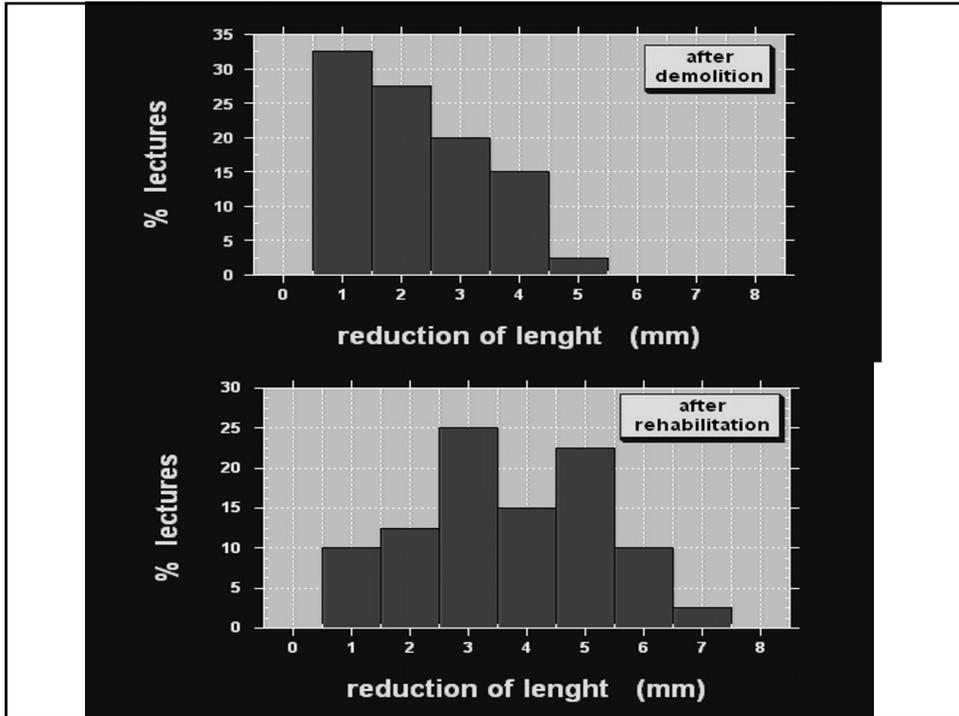
96



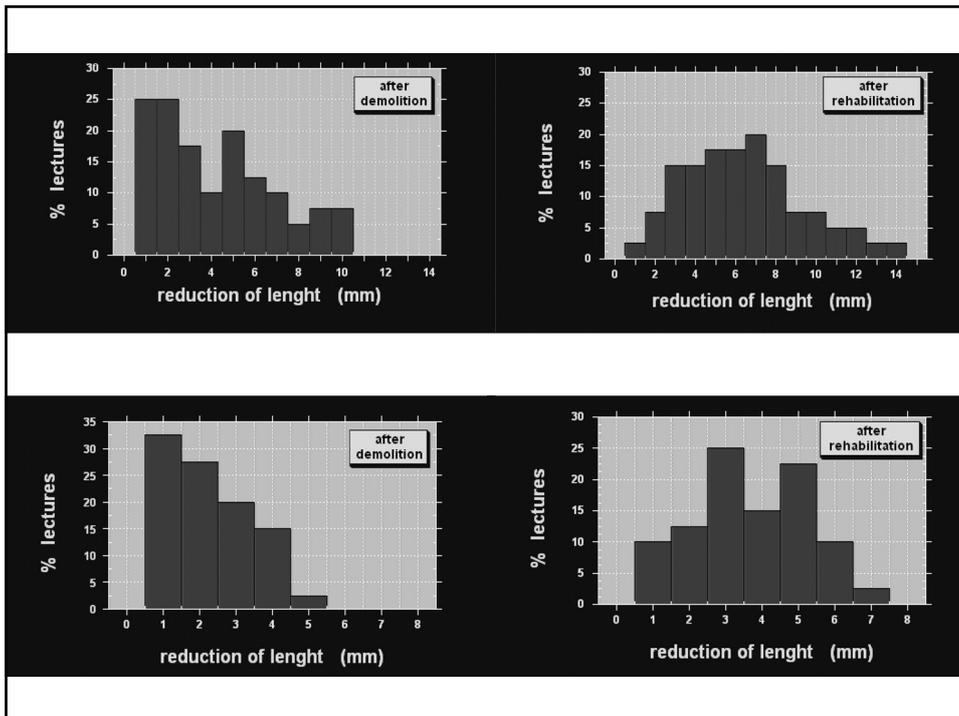
97



98



99



100



101



102



103



104



105

## Melhoria arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

*Bruno Contarini*



*Oscar Niemeyer*

**Superior Tribunal de Justiça**

106

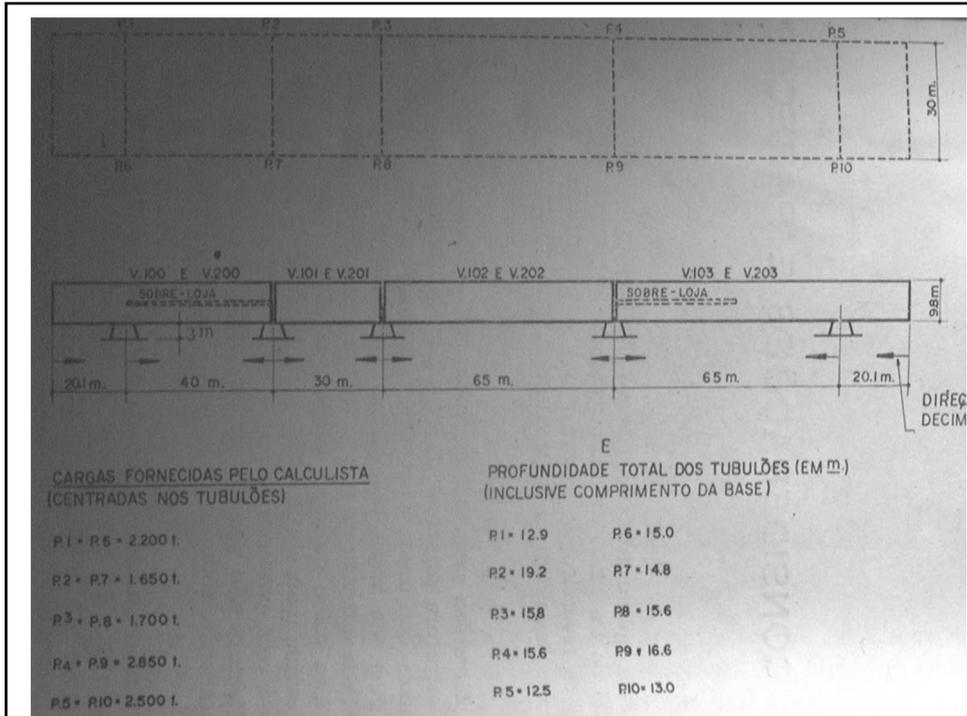


240m por 31m  
Vigas 9,8m de altura  
apoiadas em 5 pilares  
Desabou na hora do almoço

107



108



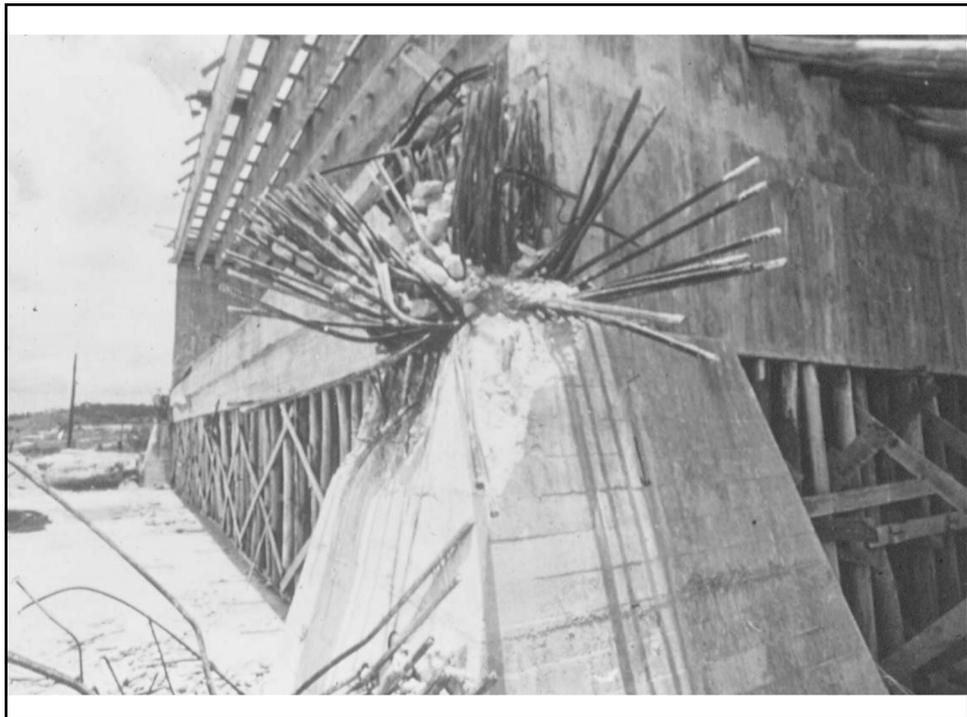
109



110



111



112

## **Melhoria arquitetônica**

**Concreto aparente, grandes vãos**

*Bruno Contarini*



*Oscar Niemeyer*

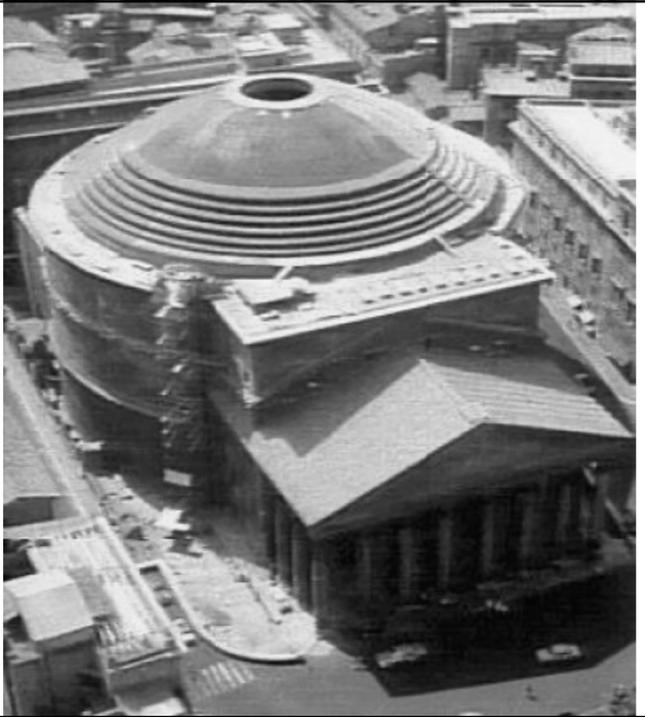
**Superior Tribunal de Justiça**

113

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

114

Panteão  
de  
Roma



115



116

## **Cúpula do Panteão de Roma**

**Século II dC → Diâmetro de 44m**



117

## **Séculos**

**IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul**

**IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France**

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

**XV → Estilo Renacentista**

**XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini**

**XVII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris**

118

# Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

119

## 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**

120

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



121



122



123



124

**SÉCULO “XX”  
1892**

**APARECE UM  
NOVO MATERIAL**

***Concreto Armado***

125

**Primeiras Normas sobre  
Estruturas de Concreto**

<b>1903</b>	<b>Suíça</b>
<b>1903</b>	<b>Alemanha</b>
<b>1906</b>	<b>França</b>
<b>1907</b>	<b>Inglaterra</b>

126



***Edifício  
Martinelli***

***1929***

***106m***

***81 anos***

***world record***

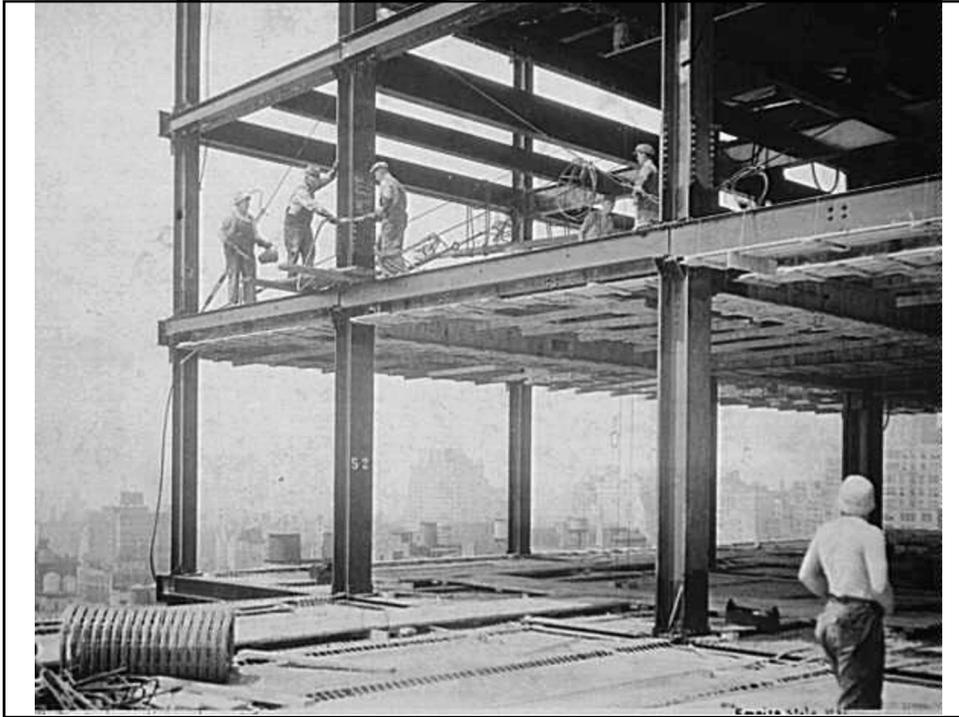
***São Paulo, Brasil***

127

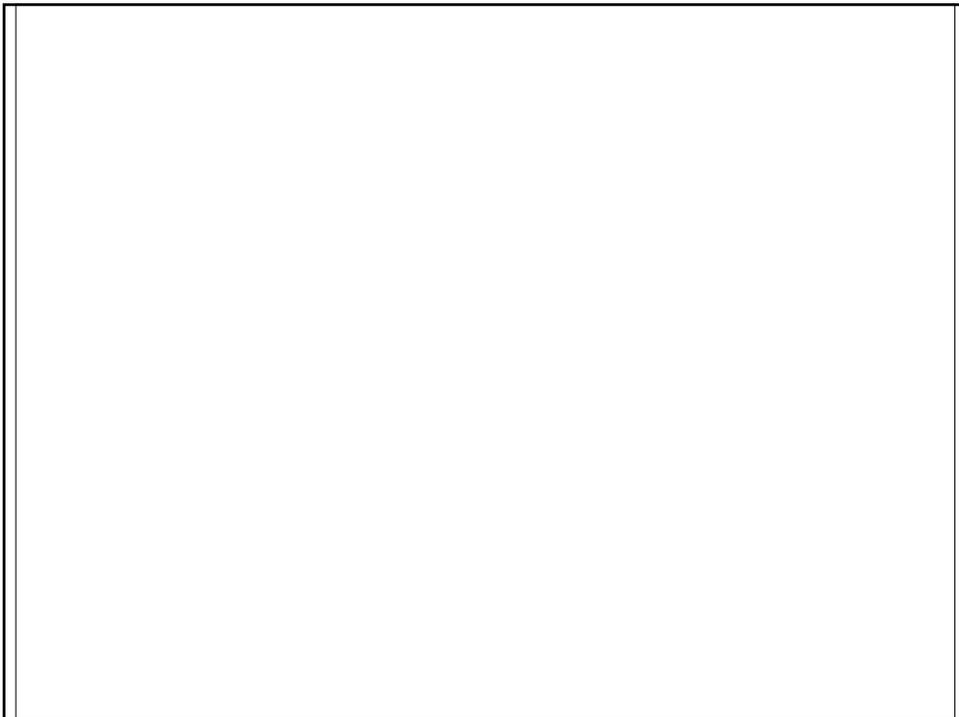


**Empire State Building  
381m , New York, 1.931**

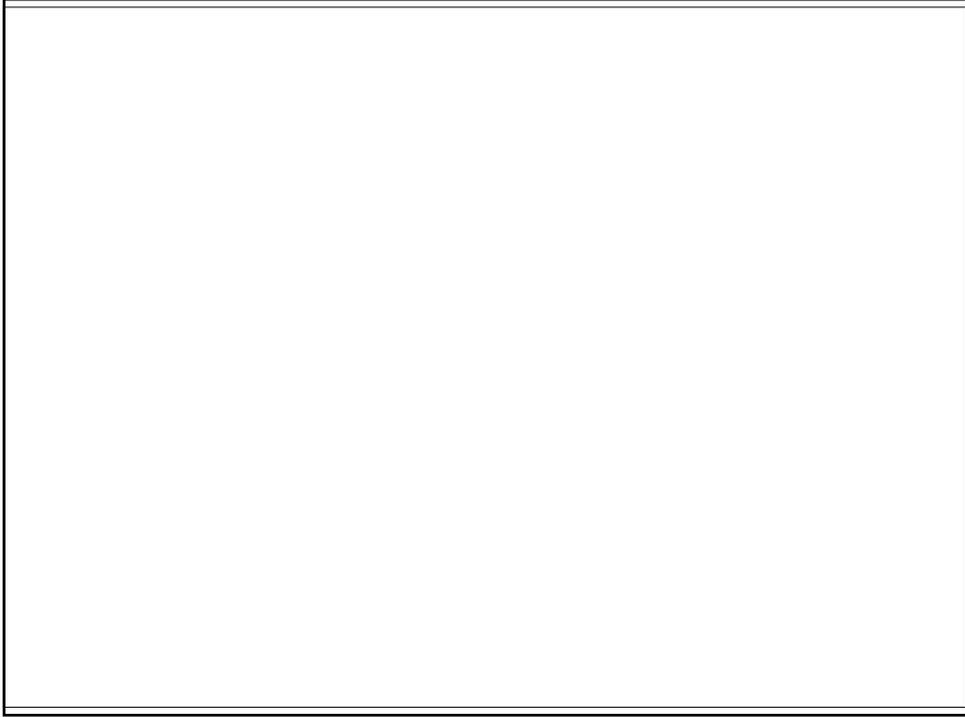
128



129



130



131



132



133

**Século XX**  
**1.928**

**“novo material estrutural”**

***Concreto***  
***Protendido***

Eugene Freyssinet

134



135



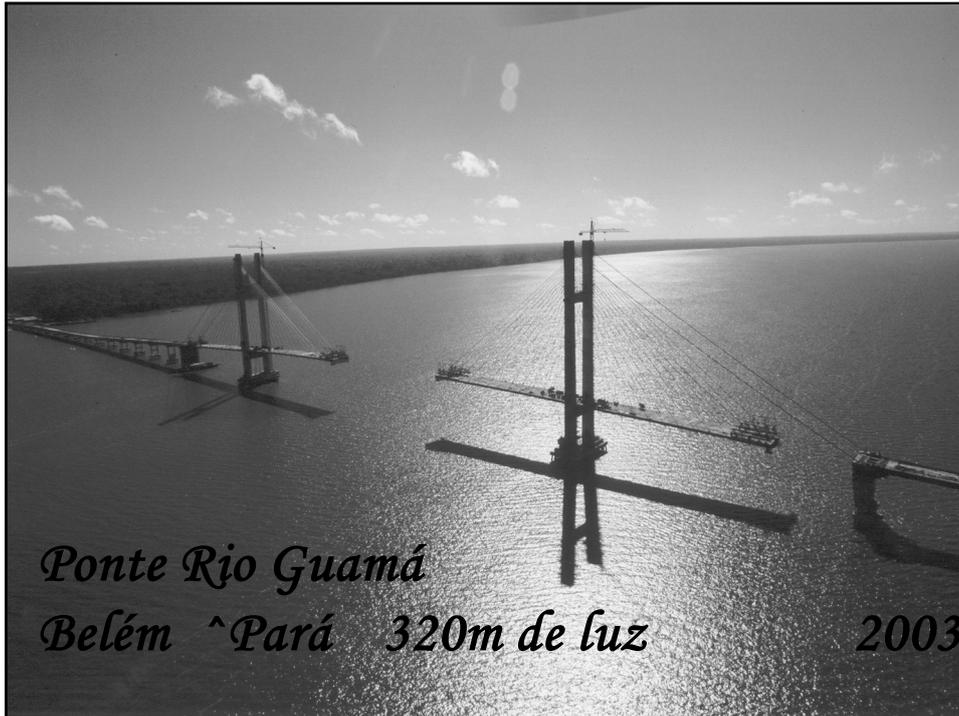
136



137



138



139

2 8 2002

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

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

**Vida Útil  
100 anos!**

140



## **Petronas Towers**

*Cesar Pelli*

**Kuala Lumpur**

**Malasia 1.997**

**452m**

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

*before / after*

141

# **Considerações Finais**

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

142

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

143

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

144

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

145

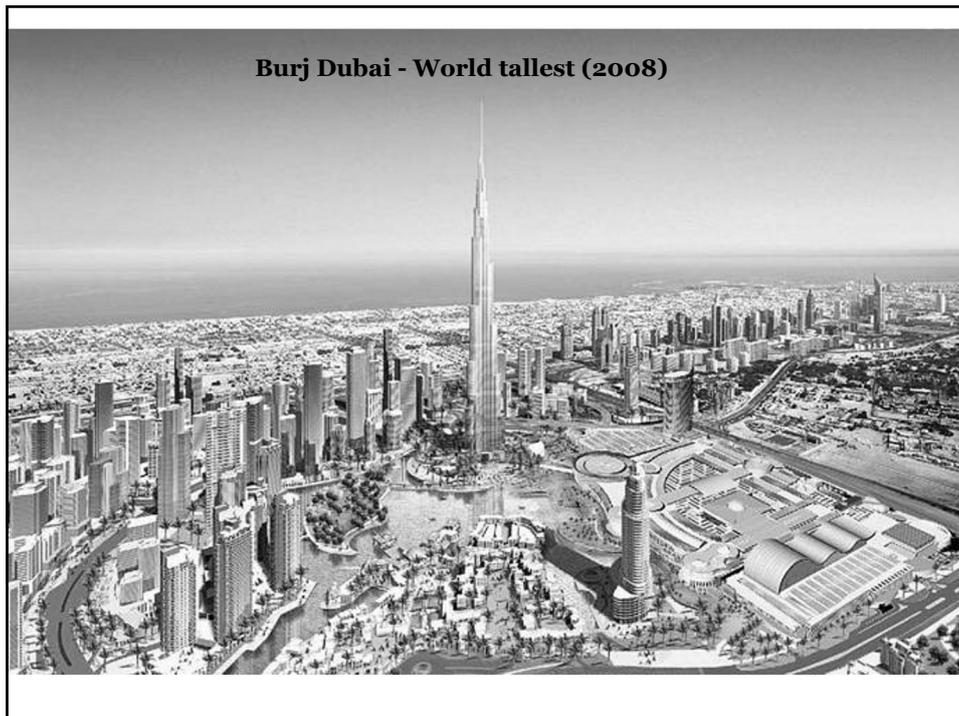
Desse total de 57  
“arranha-céus”:

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

146

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

147



148

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

149

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

150

**Não basta ser da FAG...**



**FACULDADE ASSIS GURGACZ**

151

**Tem de ser CIVIL !....**



**ENGENHARIA CIVIL**  
FAG

152



153