



ESCOLA POLITÉCNICA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO




DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
DE CONSTRUÇÃO CIVIL - PCC

WORKSHOP


# Especialização em Gestão de Projetos na Construção

10 de outubro de 2020  
9h às 11h

1



# Apresentação



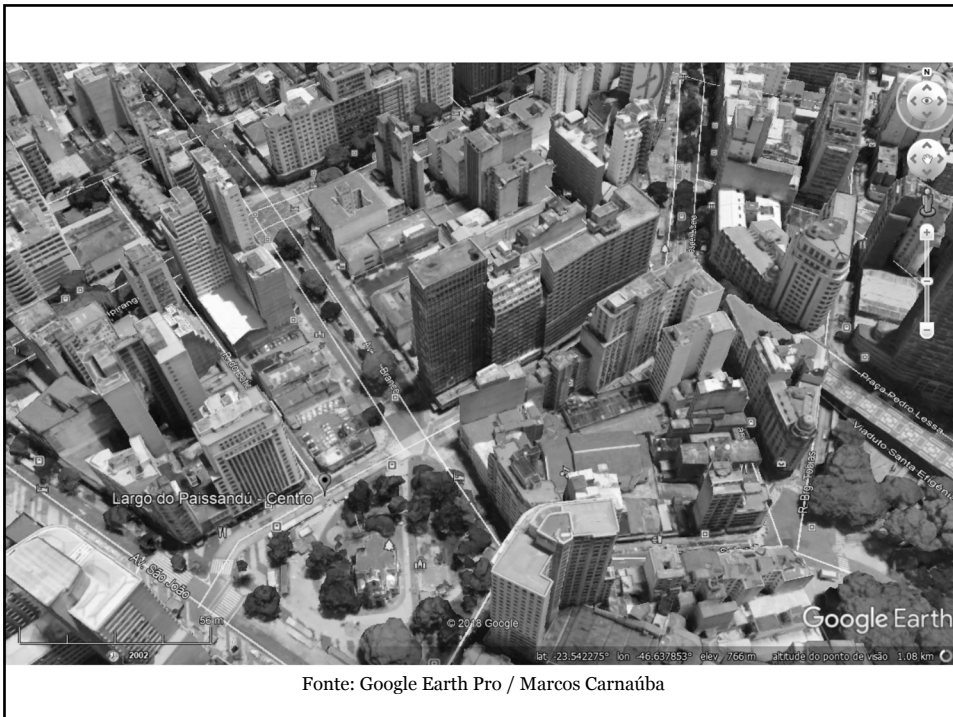
**Paulo Helene**  
*Diretor PhD Engenharia  
Diretor Presidente do IBRACON  
Prof. Titular Universidade de São Paulo  
Ex Presidente ALCONPAT Internacional  
Conselheiro Vitalício do IBRACON  
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design  
Conselheiro da CNTU e SEESP*

2

2



3



4



5

G1 MUNDO BUSCAR

## Incêndio atinge a Catedral de Notre-Dame, em Paris

Torre desmoronou em meio às chamas; estrutura foi salva após mais de quatro horas de trabalho dos bombeiros. Macron prometeu reconstruir catedral e diz que irá lançar campanha internacional.

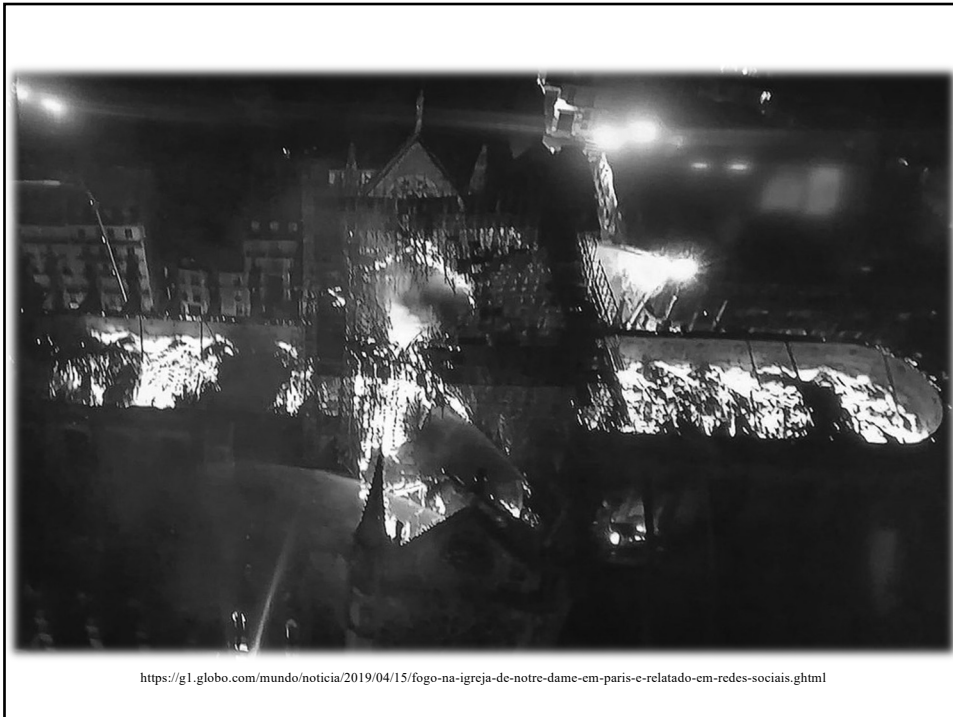
Por G1  
15/04/2019 14:04 - Atualizado há 2 horas

[f](#) [t](#) [i](#) [d](#)

<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2019/04/15/fogo-na-igreja-de-notre-dame-em-paris-e-rehabilitado-em-redes-sociais.ghtml>

Bombeiros tentam conter incêndio na Catedral de Notre Dame, em Paris, na segunda-feira (15) — Foto: AP Photo/Michel Euler

6



<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2019/04/15/fogo-na-igreja-de-notre-dame-em-paris-e-relatado-em-redes-sociais.ghtml>

7



<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2019/04/15/incendio-na-catedral-de-notre-dame-em-paris-fotos.ghtml>

8



9

## Paradoxo!

- O Edifício Wilton Paes de Almeida, era de concreto armado e tinha cerca de 50 anos de bons serviços prestados à comunidade.
- Edifícios projetados e construídos em concreto armado, não colapsam frente a incêndios.
- Mas....o Edifício Wilton Paes de Almeida colapsou em apenas 80 minutos após o início do incêndio !
  - Qual a lição a aprender?

10

## Análise dos escombros

Diretor-técnico do Instituto Brasileiro do Concreto, Helene diz ter obtido autorização da prefeitura para colher materiais nos escombros. Os itens serão analisados em laboratório para que se elabore um diagnóstico sobre as causas da queda. Ele estima que a análise possa levar até um mês.

"Estamos falando de uma estrutura da década de 60 sobre a qual se tem pouca informação até agora. Queremos medir, por exemplo, a resistência e a porosidade do concreto, características que são importantes para conhecermos melhor o projeto e podermos chegar a alguma conclusão".

## **Termo de Cooperação (técnica e científica) entre a Prefeitura do Município de São Paulo, SPObras, Secretaria de Infra estrutura Urbana e o IBRACON Maio 2018**

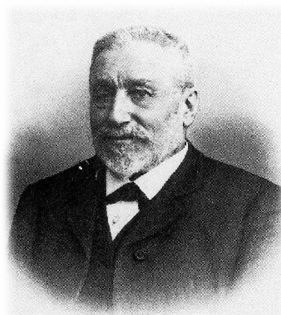
Secretário PMSP: Prof. Eng. Vitor Castex Aly

Presidente IBRACON: Eng. Julio Timerman

11

## **Concreto Armado: como começou?** *propaganda da época*

patente na Bélgica  
do concreto  
armado em  
8 agosto de 1892



**François  
Hennebique**  
1842-1921 (78 anos)

Il développe le *Système Hennebique*, qui vont constituer les précurseurs de béton armé. Installe son entreprise avec le slogan:

**« plus d'incendies désastreux »**

*nunca mais incêndios desastrosos*

12



**Système Hennebique**  
*Paris, Rue Danton1*

**7 andares**  
**França 1.900**  
**30m**

$f_{ck} = ?$   
**119 anos !**

*edifício em concreto  
armado mais antigo do  
mundo*

13



14



15



16





### Casa do Comendador Martinelli

Giuseppe Martinelli nasceu na Itália no dia 23 de julho de 1870, sua família era de pedreiros e empreiteiros, desembarcou no Porto de Santos.

Em 1893, começou trabalhando como açougueiro. O grande salto da empresa se deu em 1915, durante a primeira Guerra Mundial, quando formou uma frota própria de mais de 22 navios de transportes.

Em 1924 ele deu início ao seu empreendimento mais célebre, o Edifício Martinelli o primeiro arranha-céu de São Paulo. Originalmente projetado para ter 12 andares, ele acabou sendo finalizado com 30 pavimentos. Por alguns anos, foi o prédio, em concreto armado, mais alto do mundo com 105 m de altura.

17

## Mortes em situação de Incêndio

1. Asfixia / toxidez
2. Pânico / pisoteamento
3. Queimadura

**4. Colapso** (evacuação, rescaldo “bombeiros”)  
*proteção ao “patrimônio”*

18

## **Incêndio ou Fogo nas Estruturas**

1. Proteção ativa: extintores, sinalização, sprinklers, ...
2. Proteção passiva: argamassa, tinta intumescente,..
3. Resistência ao fogo (ensaios em Laboratório);
- 4. Estrutura resistente ao fogo (projeto e construção);**
5. Inspeção e diagnóstico;
6. Reabilitação

19



### **Edifício ANDRAUS**

**São Paulo, Brasil  
1972**

**Estrutura de Concreto  
Armado**

**32 andares de escritórios  
115 m**

**Construção: 1957-1962**

**Incêndio: 24 Fev. 1972**

***duração: 4h  
240min***

***em uso  
nada colapsou***

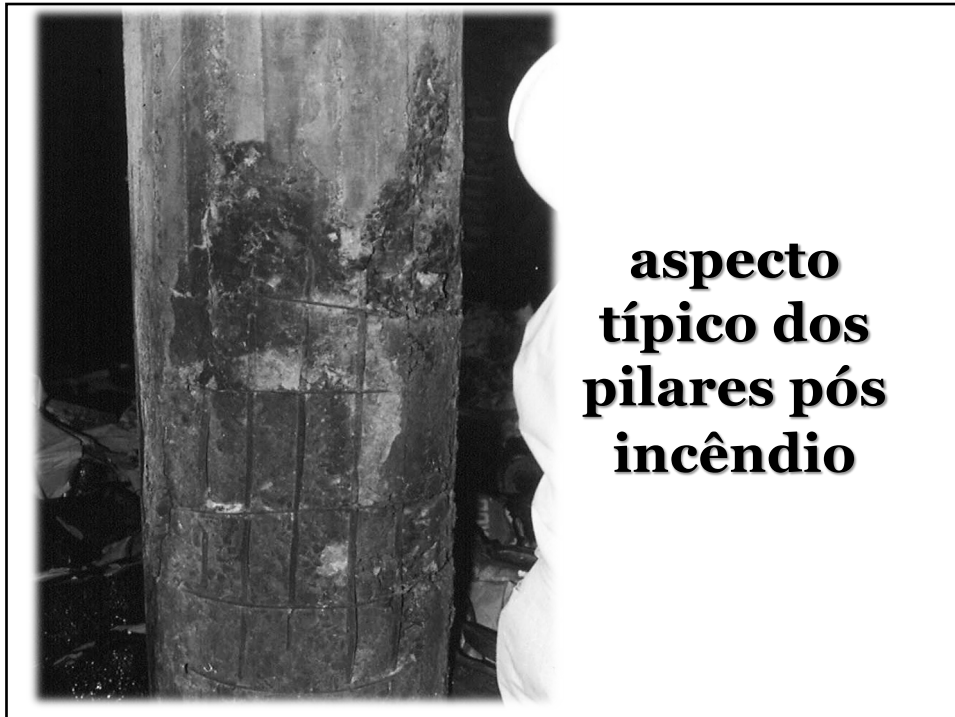
20



21



22



23



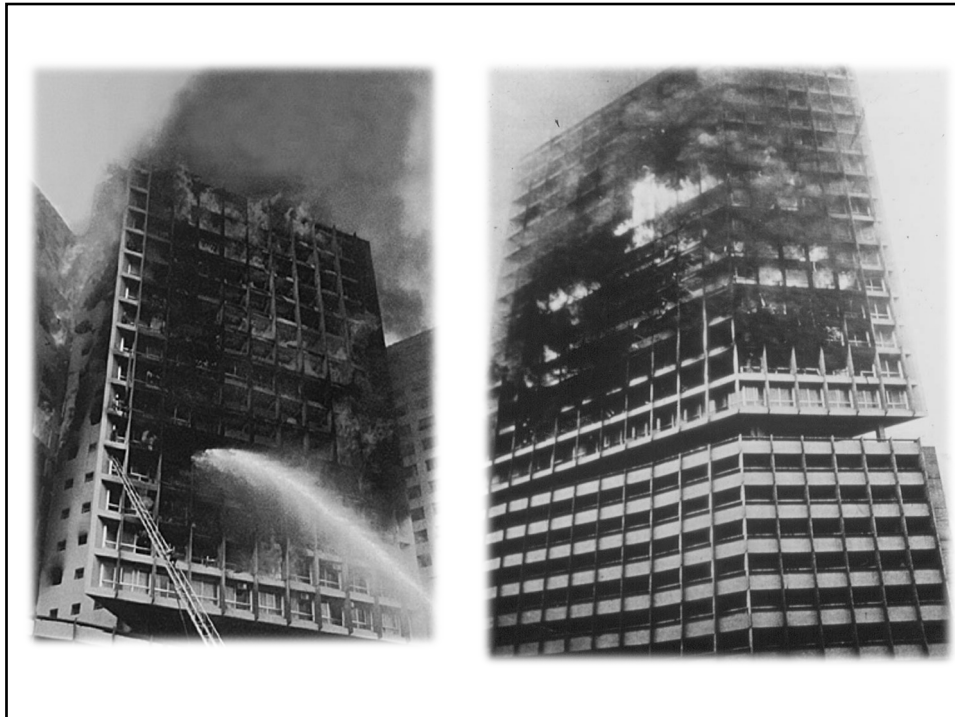
24



25



26



27



**Edifício Grande Avenida**

**São Paulo, Brasil**  
**1969 e 1981**  
**Estrutura de Concreto Armado**

**22 andares**  
**+ mezanino**

**Construção: 1962-1966**

**1º Incêndio: 13 Jan. 1969**  
**2º Incêndio: 14 Fev. 1981**

**duração: 4h40min**  
**280min**

**em uso**  
**nada colapsou**

[http://f5.folha.uol.com.br/saiunonp/2015/01/1574606-incendio-no-grande-avenida-deixa-17-mortos.shtml#\\_=\\_](http://f5.folha.uol.com.br/saiunonp/2015/01/1574606-incendio-no-grande-avenida-deixa-17-mortos.shtml#_=_)

28

Incêndio de 1981



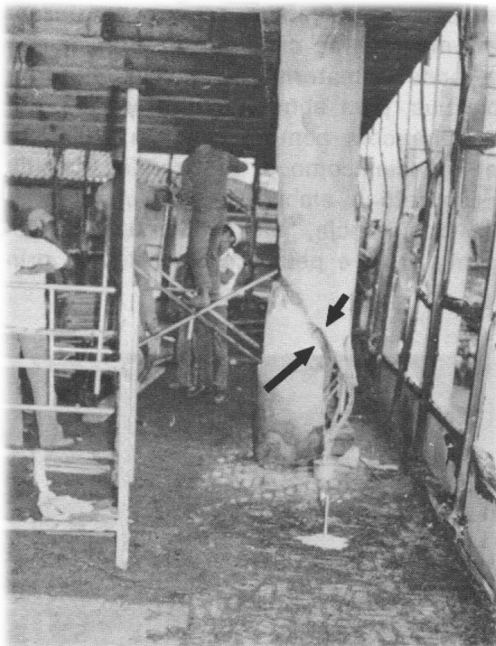
29

Incêndio de 1981



30

Incêndio de 1981



31



### **Edifícios da CESP**

**São Paulo, Brasil  
1987  
Estruturas de concreto  
armado**

**Sede I: 19 pavimentos  
Sede II: 21 pavimentos**

**Inaugurada 1956**

**Incêndio: 21 mai. 1987**

***duração: 7h00  
420min***

***em uso  
colapso parcial  
implosão***

32

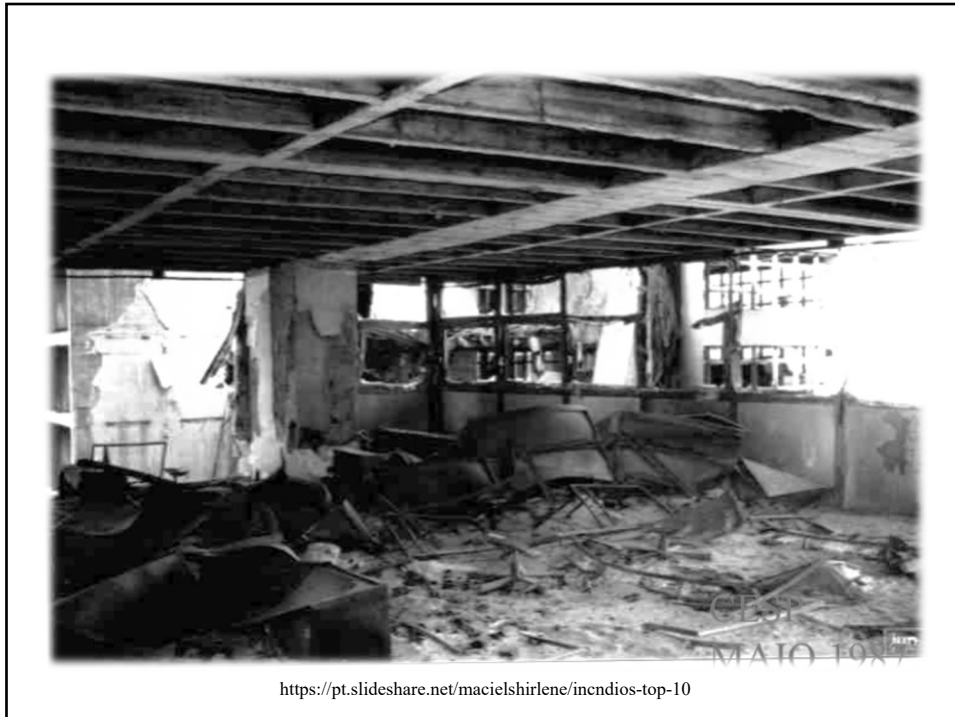




33



34



35

**Edifício WINDSOR**

**Madri, Espanha**  
**2005**  
**Estrutura mista aço-concreto**

**37 andares**  
**5 andares de garagem**  
**+ 31 andares de escritórios**

**Construção: 1991**

**Incêndio: 12 Fev. 2005**

**Duração: 16h**  
**960min**

**colapso parcial (aço)**  
**implosão**

WINDSOR

A HISTÓRIA

36



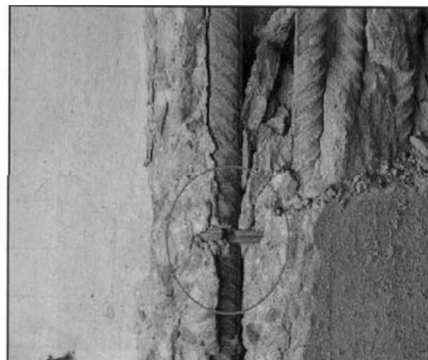
37



38



39



*“ the reinforced concrete structure, columns, beams and slabs under 16h severe fire condition , could perform well and no collapse”*

*... “the penetration of the damaged, is heterogeneous and vary from 1.5cm in 19 floor to 3 cm in 12 floor...”*

**Dra. Cruz Alonso. IET.**

40



41

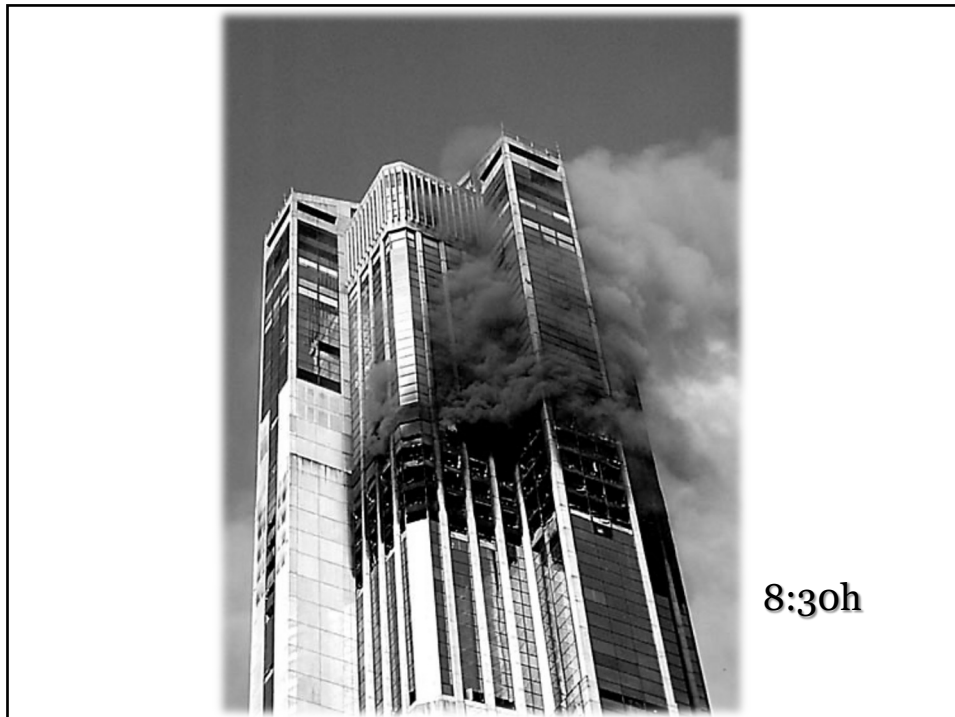


42

No domingo, 17 de outubro de 2004 às 00:05 da manhã, o incêndio iniciou no 34º andar da Torre "Este" do Parque Central, Caracas, Venezuela. O incêndio se extinguiu por si mesmo no final do domingo, cerca de 8 h da noite.

O incêndio transpassou uma macro laje de enrijecimento construída em concreto no 39º andar e permaneceu descontrolado até o 56º andar, até que se esgotou o material combustível.

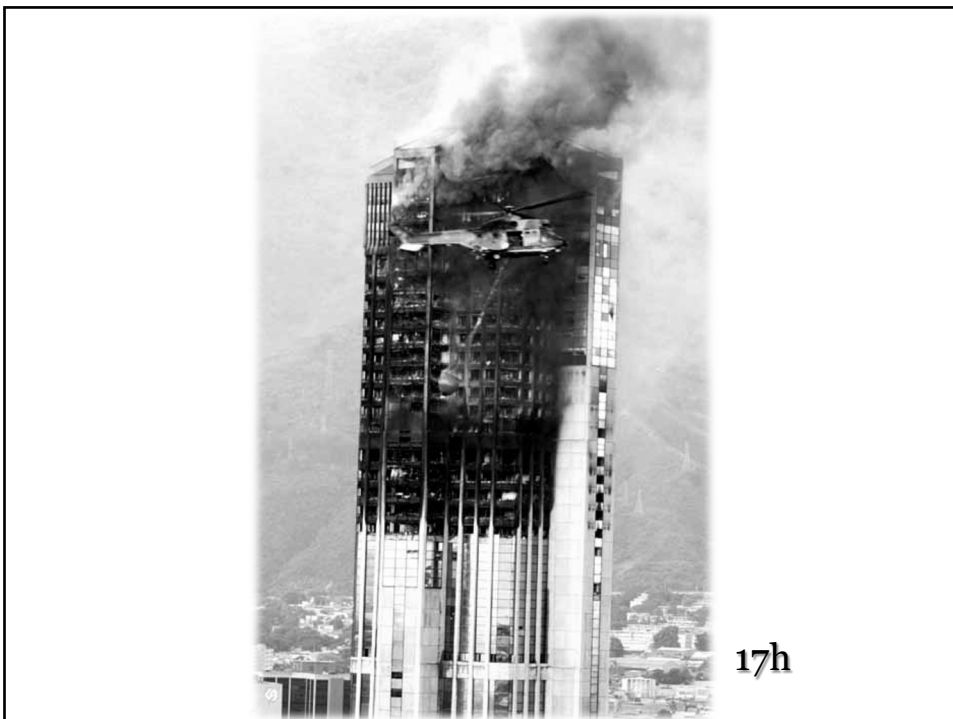
43



44



45



46

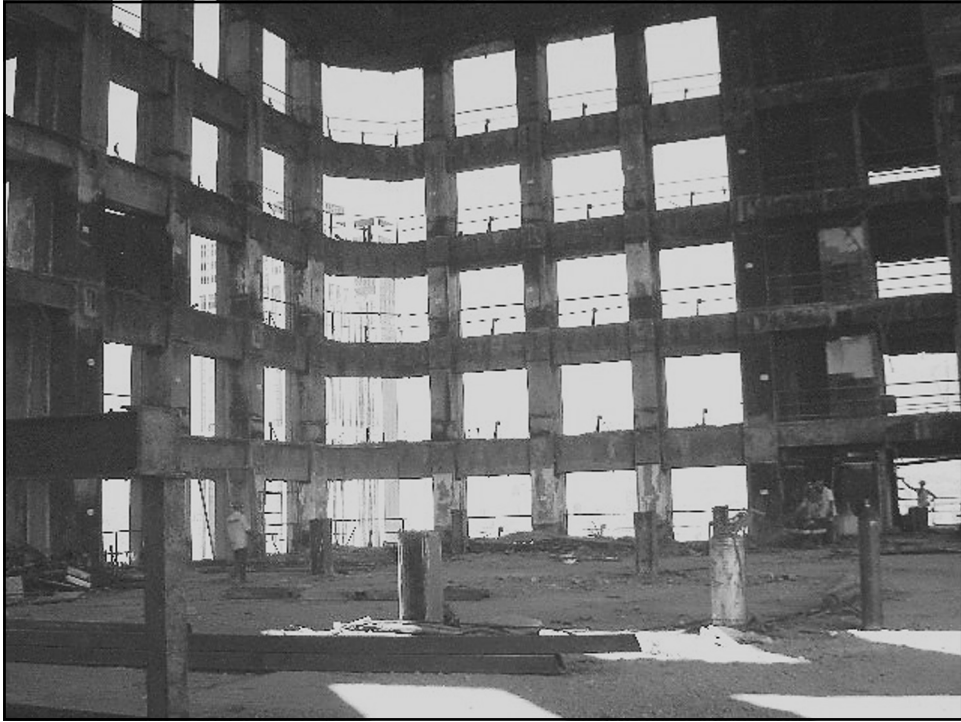


47

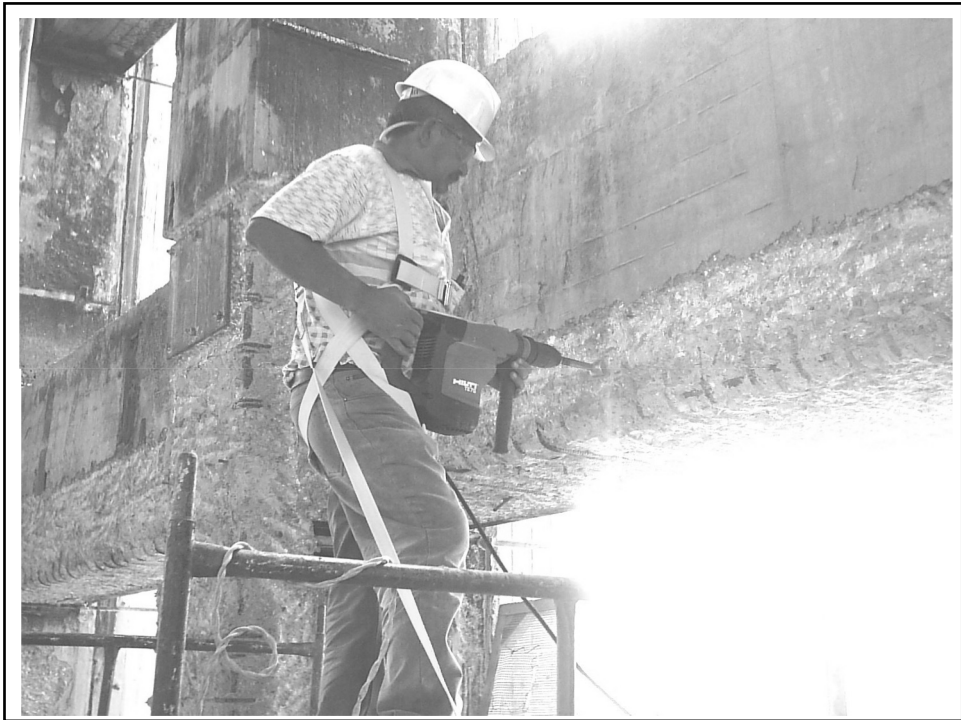


48






49



50



**World Trade Center**

**Nova Iorque, EUA  
2001**

**Estrutura Metálica  
110 andares  
6 subsolos**

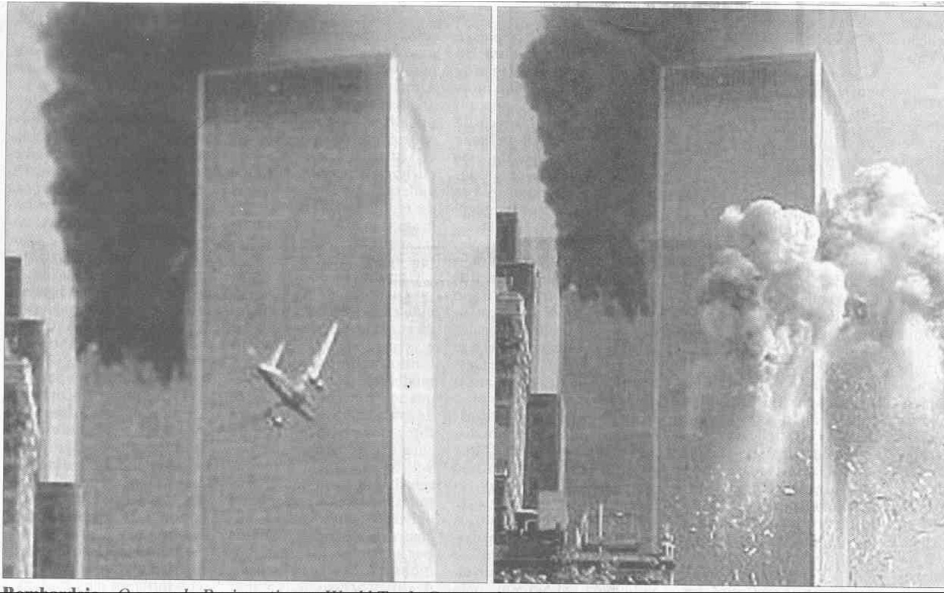
**Construção: 1966 a 1973**

**Incêndio: 11 Set. 2001**

***Duração do incêndio***  
***Torre NorteWTC1: 102min***  
***Torre SulWTC2: 56min***  
***TorreWTC 7: 8h***

***colapsaram***

51



**11 de Setembro de 2001**

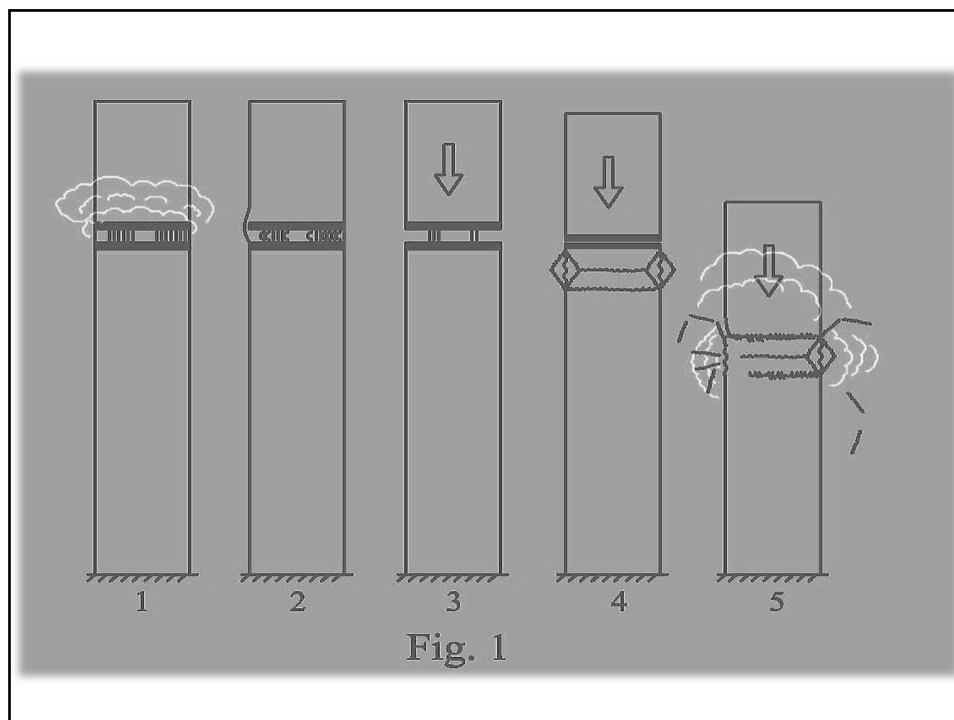
52

## Resistência e Estabilidade

Medidas indicaram que o impacto do Boeing 767-200 submeteu o edifício a vibrações semelhantes às de um sismo de índice 2,4 escala Richter

Essa vibração induzida teve uma amplitude da ordem da metade da máxima considerada pelo efeito do vento

53



54

## Normalização nacional

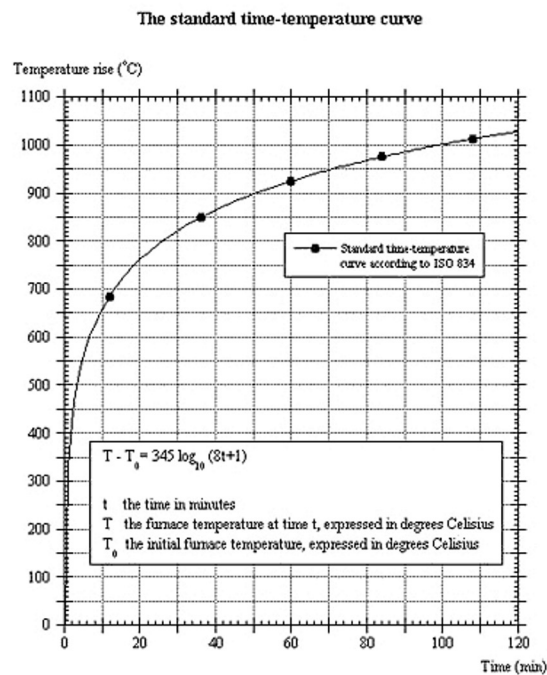
- **ABNT NBR 5628:2001**  
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**  
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**  
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
- **INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 08/2011**  
Resistência ao fogo dos elementos de construção

55

## Incêndio padrão

Crescimento da temperatura

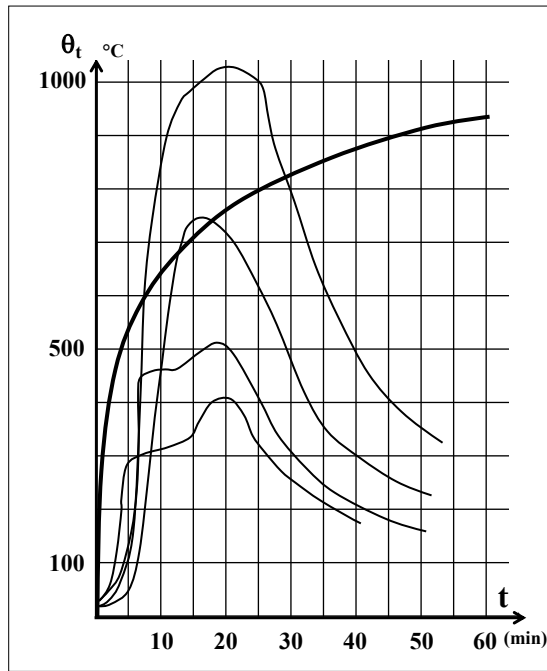
Curva ISO 834



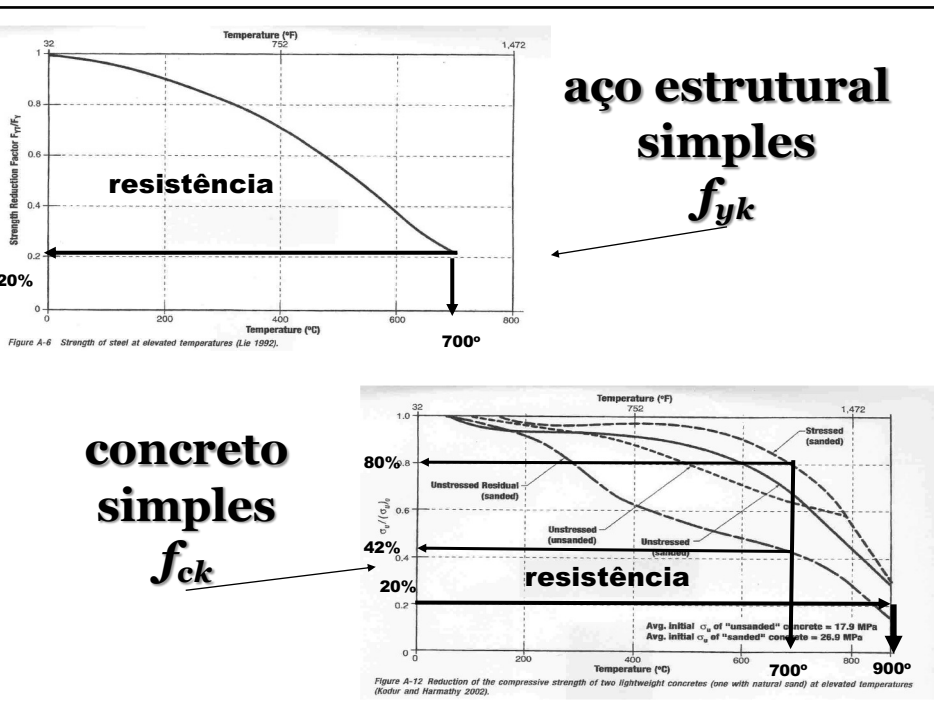
56

# Incêndio real

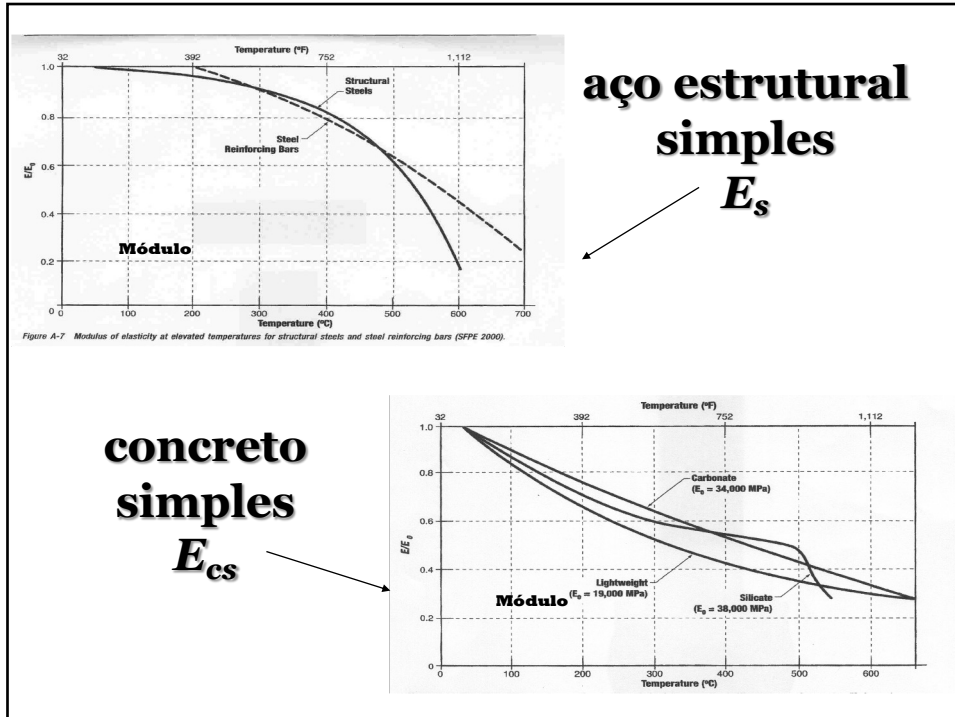
depende das dimensões, forma, natureza e volume da carga térmica, e da ventilação, janelas, porta, aberturas



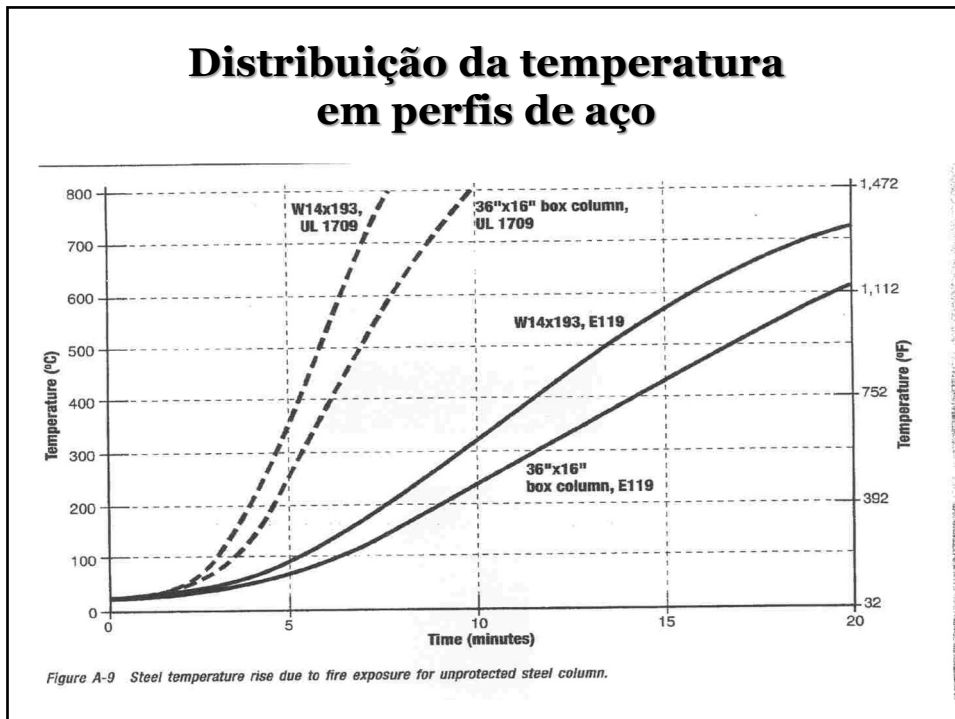
57



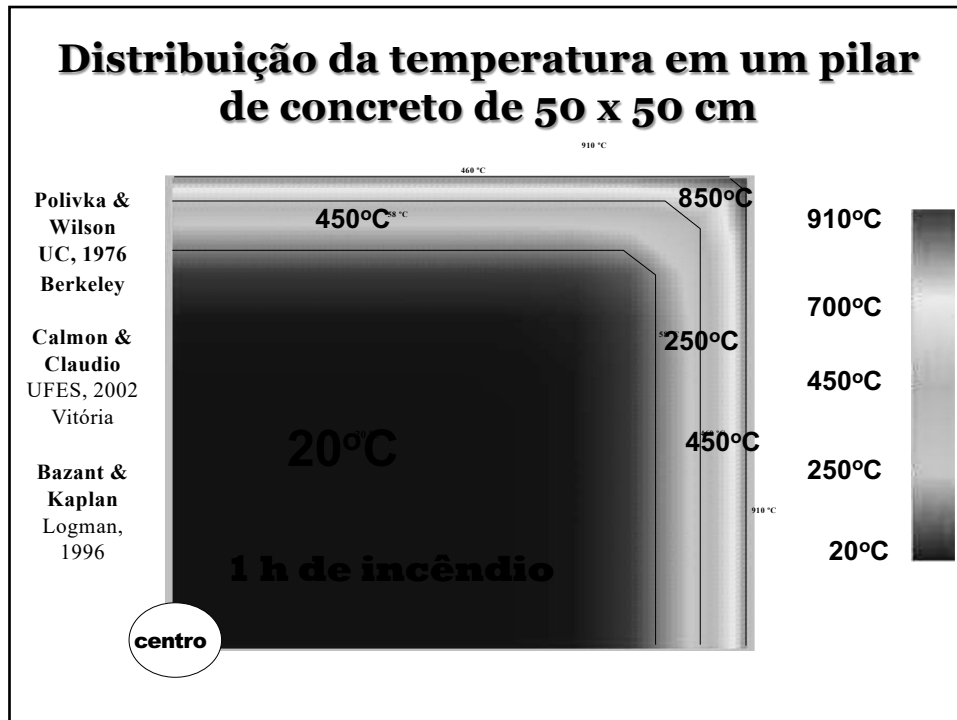
58



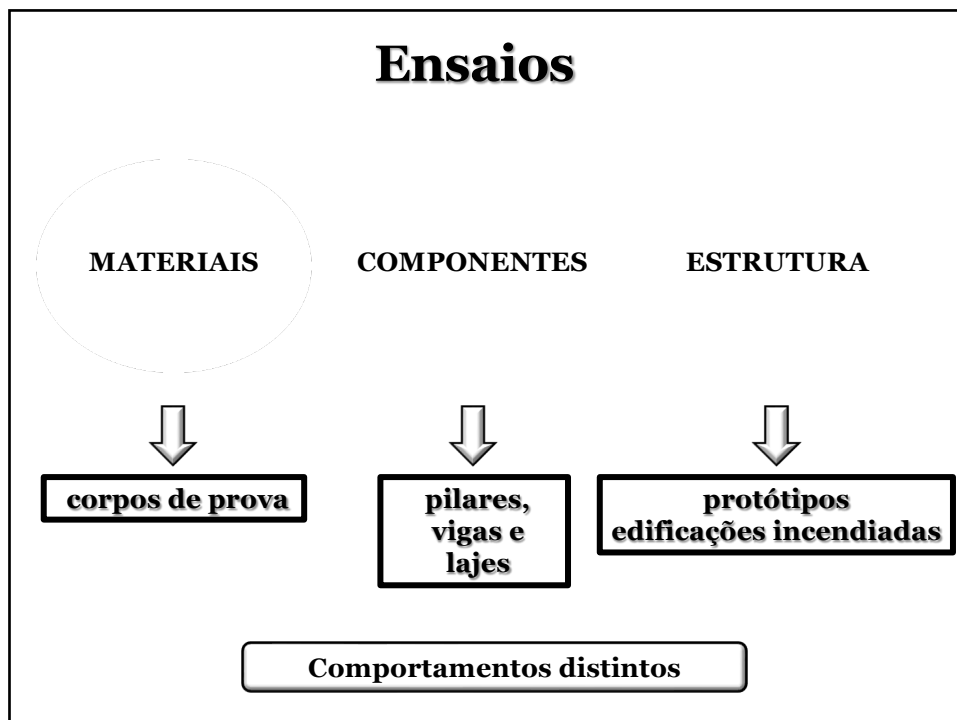
59



60



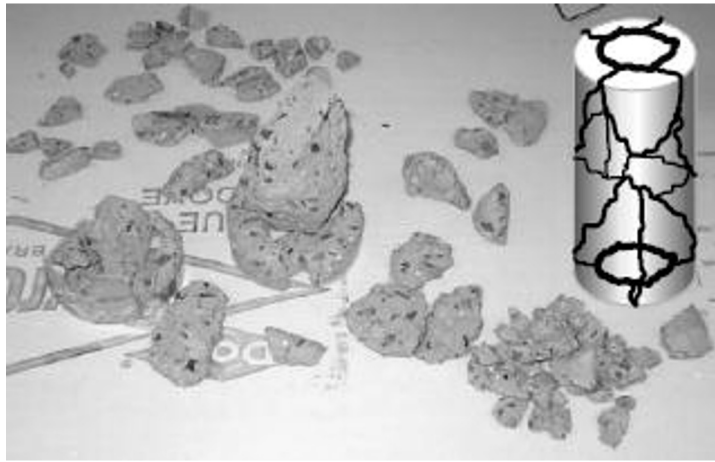
61



62

## Constatações

ensaios  
em  
corpos  
de  
prova !



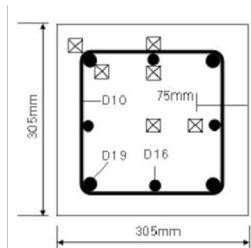
(Phan, 2002)

ensaios < 91 dias

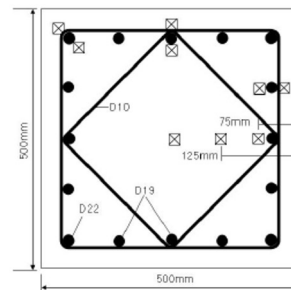
63

## Constatações

dimensões/seção transversal



30,5 cm x 30,5 cm x 3,4 m



50 cm x 50 cm x 3,4 m

**pilares de 120 MPa  
(mesmos concreto, taxa de aço  
e intensidade de  
carregamento)**

(Park et al., 2007)

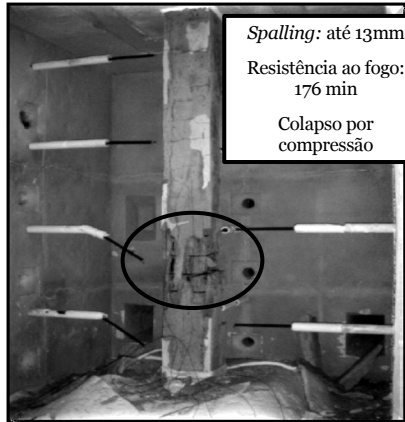
ensaios < 91 dias

64



## Constatações

dimensões / seção transversal  
 $f_{ck}$  120 MPa



Spalling: até 13mm  
Resistência ao fogo:  
176 min  
Colapso por  
compressão

30,5 cm x 30,5 cm x 3,4 m



Spalling: de 0mm  
até 5mm  
Resistência ao fogo:  
240 min  
Não houve colapso

50 cm x 50 cm x 3,4 m

(Park et al., 2007)

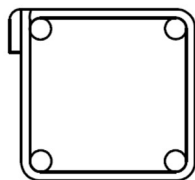
ensaios < 91 dias

65

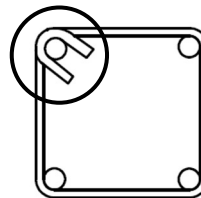
## Constatações

detalhes / armadura

Elemento de concreto armado (pilar)



(a) Configuração convencional de estribos



(b) Configuração modificada de estribos

**espaçamento de estribos:  
0,75 vezes do convencional**

(Kodur, 2005)

ensaios < 91 dias

66

## Constatações

detalhes / **armadura**



Configuração Convencional de Estribos

(Kodur, 2005)

**$f_{ck}$  83 MPa**



Configuração Modificada de Estribos

*ensaios < 91 dias*

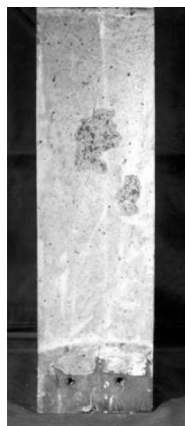
67

## Constatações

**fibras de polipropileno**



*Sem fibras*



*Com fibras*

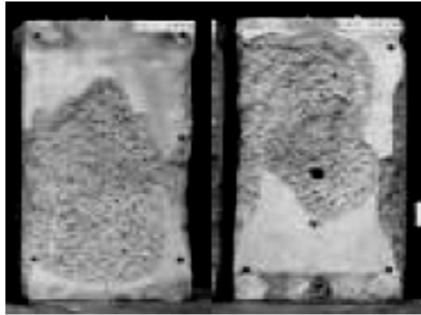
**maiores  
quantidades com  
menores  
diâmetros e  
maiores  
comprimentos,  
diminuem o  
*spalling***

(Kawai, 2005)

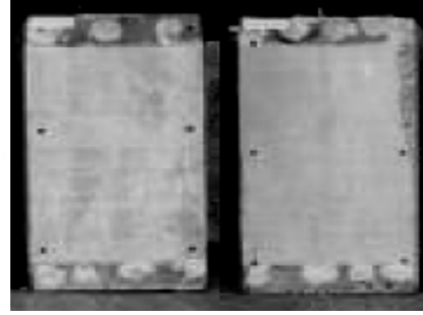
*ensaios < 91 dias*

68

## *constatações experimentais*



63 dias



1 ano

(Morita et al, 2002)

*influência da idade, do grau de hidratação e da umidade*

69

## **BETTER BUILT WITH CONCRETE**

Last Updated: Aug 31st, 2004 - 18:25:55

### **The Cardington Fire Test**

By Pal Chana and Bill Price, British Cement Association  
Jul 15, 2003, 09:00

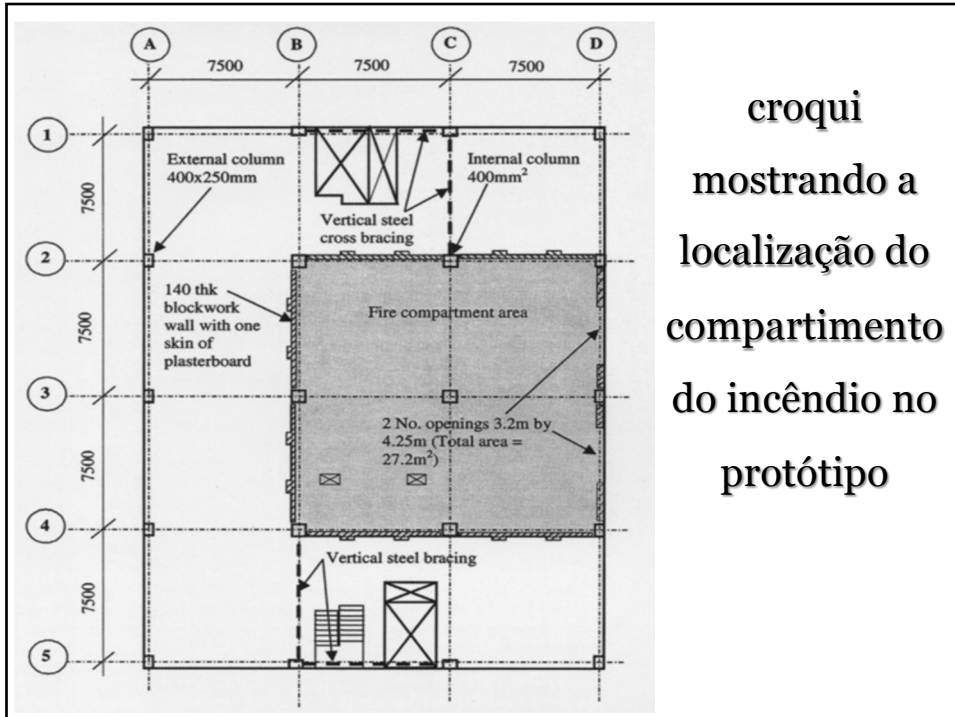
[Email this article](#)  
[Printer friendly page](#)

- ✓ 7 pisos
- ✓ 25m de altura
- ✓ 3 x 4 de 7,5 m por 7,5 m
- ✓ Laje → espessura 15 cm
- ✓ Laje →  $f_{ck} = 37$  MPa
- ✓ Vigas →  $f_{ck} = 74$  MPa
- ✓ Cobrimento → 2 cm
- ✓ Pilares →  $f_{ck} = 100$  MPa
- ✓ Cobrimento → 4 cm
- ✓ Agregados calcita e granito
- ✓ 2,7% fibras propileno
- ✓ umidade alta



Cardington Concrete Building Frame

70



croqui  
mostrando a  
localização do  
compartimento  
do incêndio no  
protótipo

71



**120 minutos de incêndio**

72

1. estrutura de concreto suportou sem colapsar;
2. satisfaz a critérios de desempenho, estabilidade, isolamento/compartimentação e integridade;
3. *spalling* na laje do piso e teto;
4. pilares HPC (103 MPa) tiveram excelente desempenho;
6. laje conseguiu suportou cargas de projeto com flechas residuais da ordem de 70mm

73

# **INVESTIGAÇÃO**

## **Universidade de São Paulo**

**Brasil**  
**2002 → 2010**

*PhD student:* Carlos Britez  
*Supervisor:* Paulo Helene

74

## *História*



**Edifício e-Tower**  
**São Paulo, Brasil**  
**2002**  
 **$f_{cm} = 125\text{MPa}$**   
***world record***  
**6 pilares em 7 pisos**  
**2 meses jan/fev 2002**

75



76

## “ HPCC in Brazilian Office Tower”

Concrete International.  
ACI, American Concrete  
Institute, v. 25, n. 12, p.  
64-68, 2003

HELENE, Paulo &  
HARTMANN, Carine



77

## HPCC in Brazilian Office Tower

High-performance colored concrete offers strength, thinner columns, more usable space, and aesthetics

BY PAULO HELENE AND CARINE HARTMANN



Fig. 1: Architectural rendering of the e-Tower

Currently nearing completion, the e-Tower in São Paulo, Brazil, employs high-performance (high-strength) colored concrete (HPCC) having an  $f'_c = 125$  MPa. Employed within five columns for the first seven floors of the structure, the HPCC was batched in a normal commercial concrete plant, mixed by truck on the way to the site through heavy urban traffic, and placed 40 to 60 min after leaving the plant.

The experience represents a first-time use in Brazil of such a special concrete straight out of the research laboratory, with the objective of maximizing occupancy space, easing concrete placement, and thereby increasing productivity. At the same time, the coloring of the concrete columns achieves desired architectural effects in occupied portions of the structure and in its parking garage area.

At completion, e-Tower will be a modern office building (Fig. 1) offering 800 parking garage spaces, two excellent restaurants, a convention and business center, a

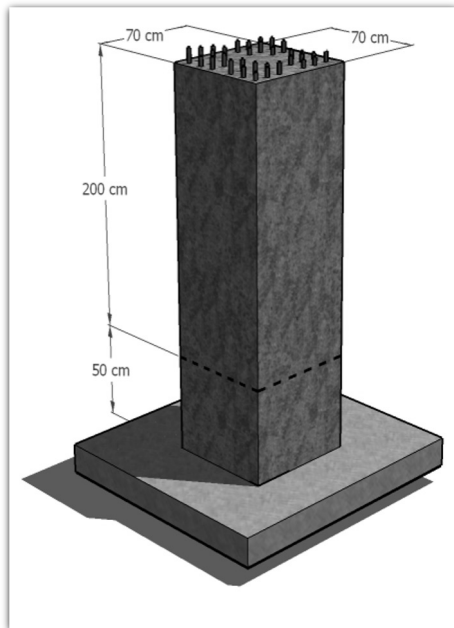
semi-Olympic-sized swimming pool and fitness center, and a rooftop helicopter landing pad. It will also have an “intelligent” air conditioning system and provisions for energy and water system savings. Floor area for the completed 162-m-high, 42-story tower will be 52,000 m<sup>2</sup>. Among the five tallest buildings in Brazil, the e-Tower can be considered a high-rise structure, or “skyscraper,” under the international classification adopted by the Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

### BRAZILIAN CONCRETE BACKGROUND

Brazil is one of the most advanced nations in concrete technology in South America, having a tradition of constructing tall buildings over 100 m high. It is a long tradition. Seventy-four years ago, in 1929, Brazilian engineers designed the Martirelli Building, reputed to be the highest concrete tower in the world at the time with its height of 106 m above the streets of São Paulo. In 1960, they inaugurated the Patácio Zarzur Kogan concrete tower, the

78

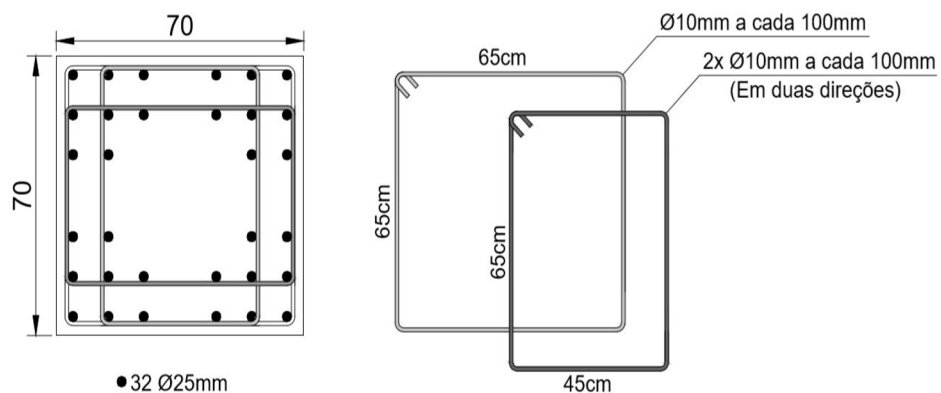
## ***Pilar***



- ✓ **70 cm x 70 cm**
- ✓ **altura: 2 m**
- ✓ **massa: 2.500kg**
- ✓ **idade: 8 anos**
- ✓  **$f_{ck,est} = 112$  MPa**
- ✓  **$f_{cm} = 125$  MPa**
- ✓ **cobrimento: 25 mm**
- ✓ **relação a/c = 0,19**

79

## ***Seção transversal***



**geometria e configuração da  
armadura**

80



**Condições similares às reais**  
*Pilar mantido em ambiente externo*



81

***Pilar: corte, içamento e transporte***



**fio diamantado**



82

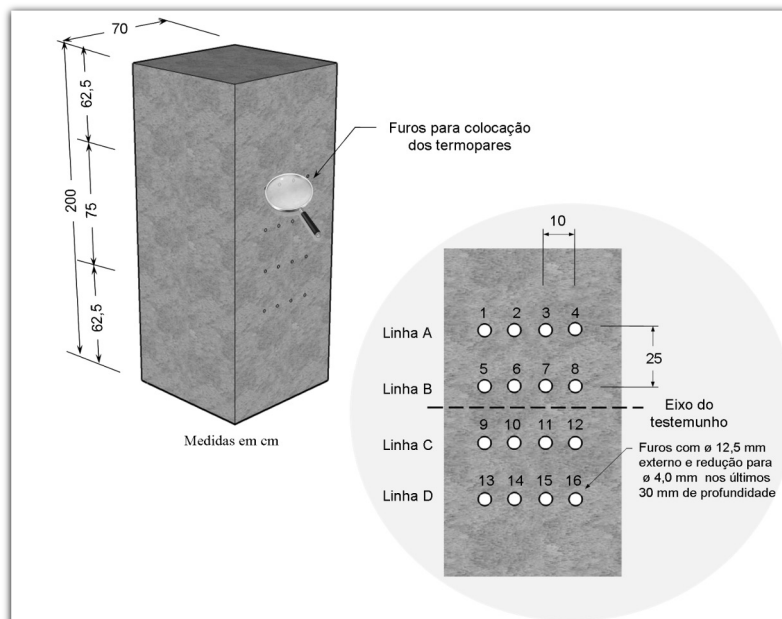
## Testemunhos extraídos



Após 8 anos  
**140 MPa**

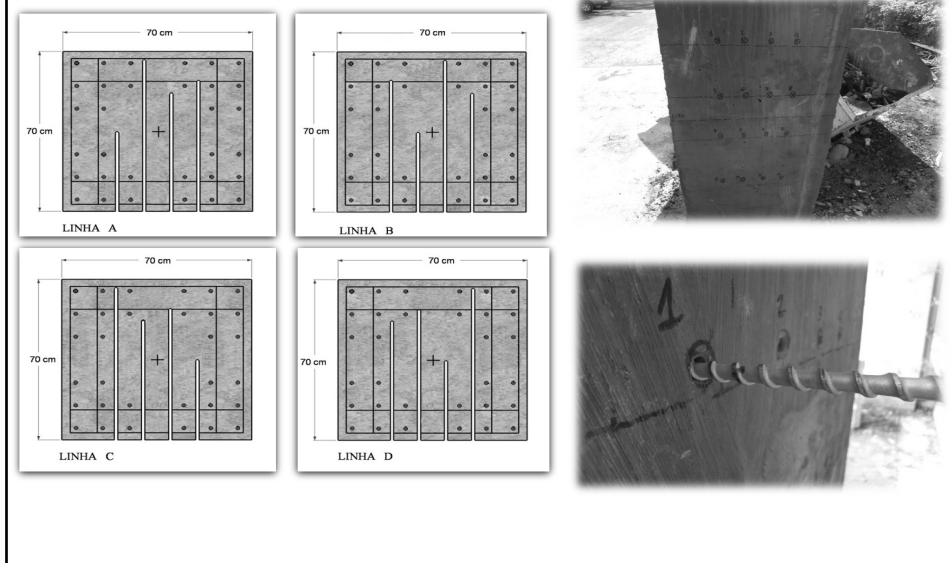
83

## Esquema dos termopares



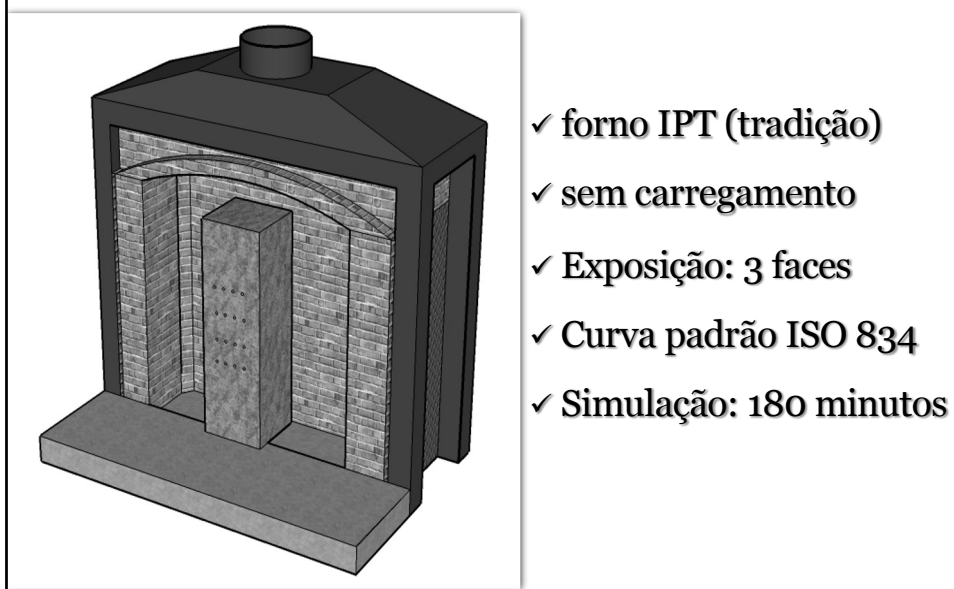
84

## *posição dos termopares*



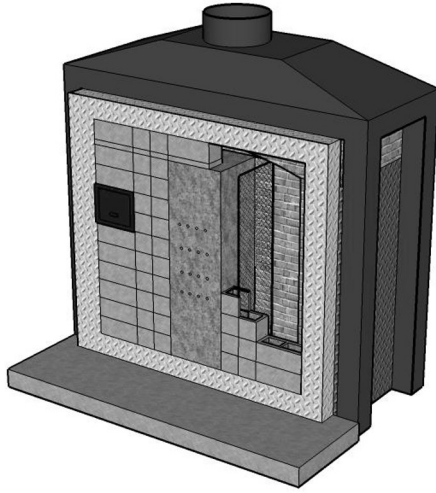
85

## *posicionamento no forno*



86

## *forno de labareda a gás*



- ✓ alvenaria fechamento refratário
- ✓ gaiola de segurança
- ✓ fibra cerâmica interna
- ✓ grauteamento
- ✓ preenchimento com areia
- ✓ janelas de alívio

87



*laboratório*

88

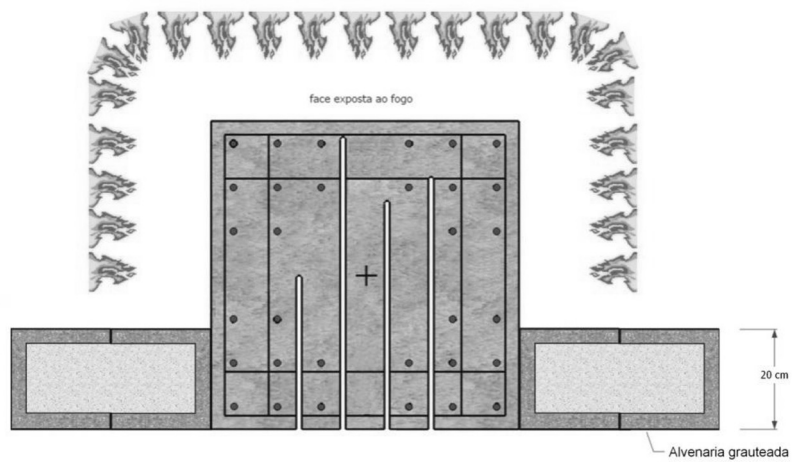
IPT  
2010



Pedro Bilesky, Paulo Helene, Francisco Graziano, Ricardo França & Carlos Brites

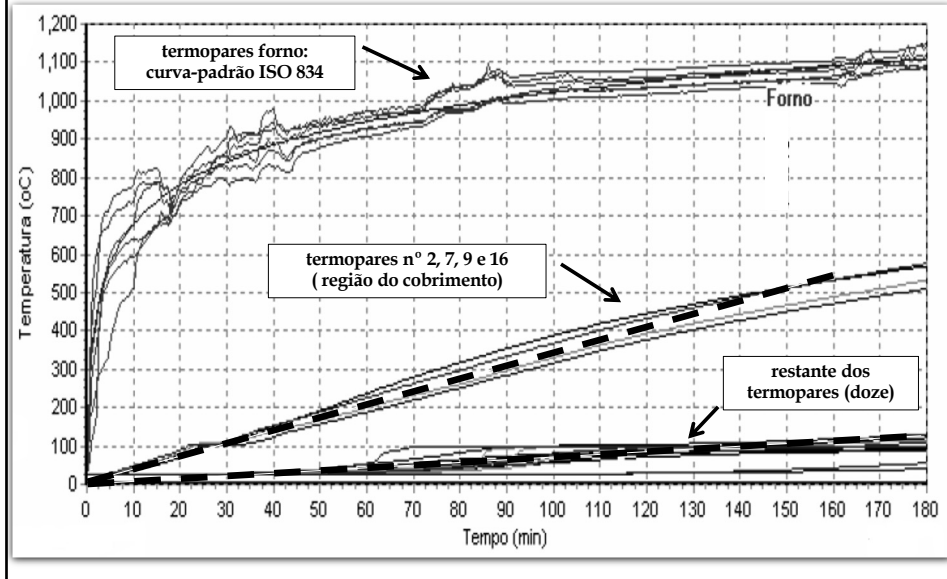
89

## *esquema da simulação (planta)*



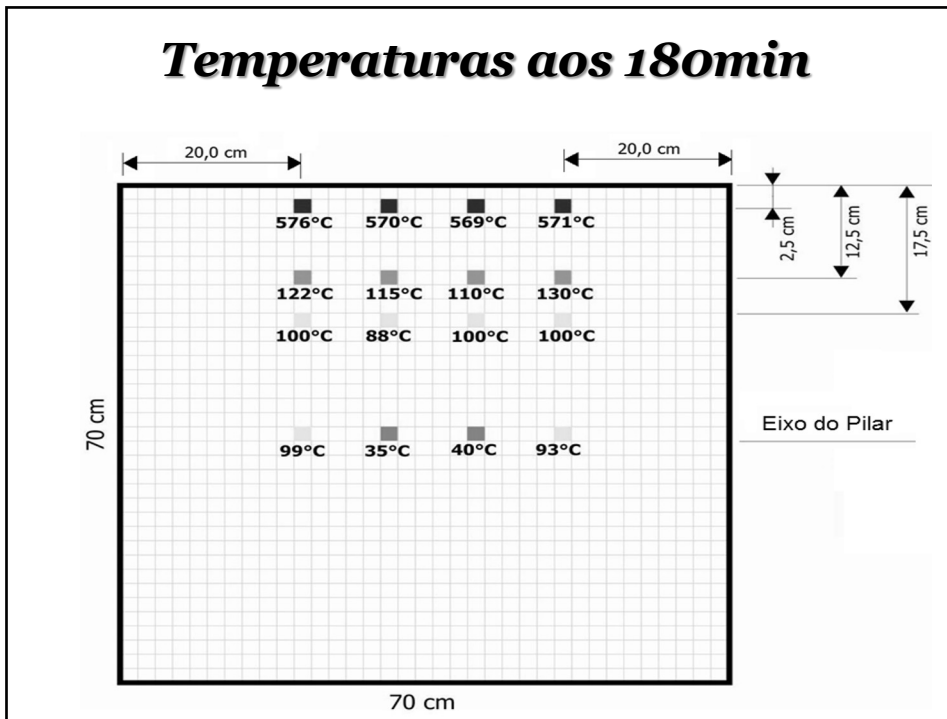
90

## Evolução das temperaturas



91

## Temperaturas aos 180min



92

## ***Integridade***



***arestas perfeitas***

93

## ***Integridade depois de 180min***



- ✓ spalling muito superficial
- ✓ ocorrência: 36 min (inicial)
- ✓ som “pipocamento”, depois parou
- ✓ arestas intactas
- ✓ profundidade: de 0 a 48 mm
- ✓ média do deslocamento superficial 9,3 mm

94



95

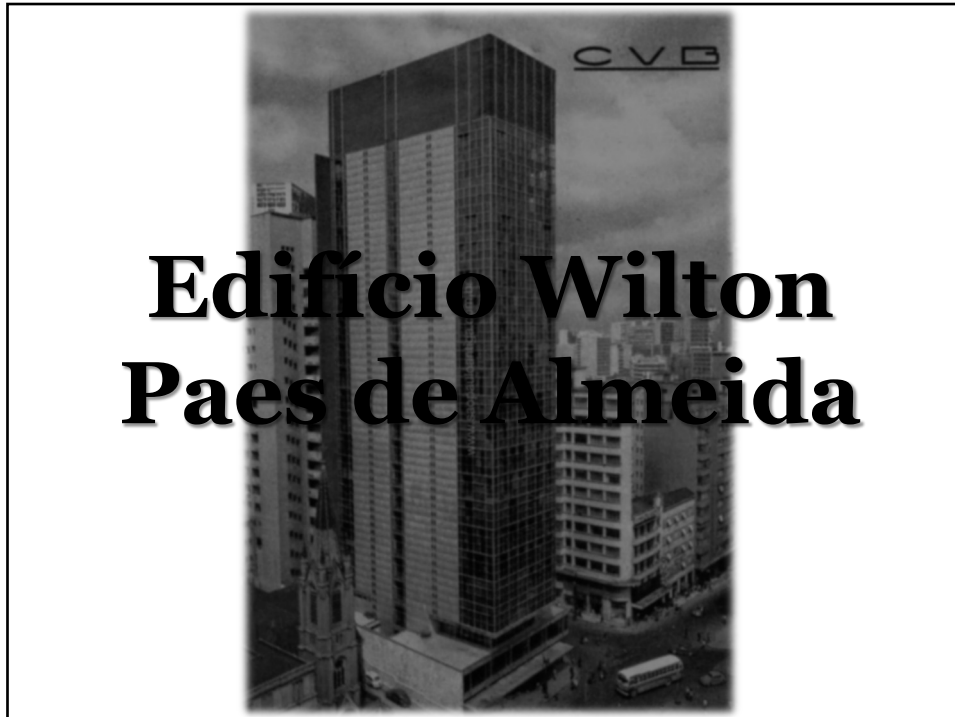
## Conclusões

Investigação baseada somente no comportamento dos materiais não é suficiente para explicar o efetivo comportamento das estruturas sob incêndio

Pilares de concreto de alta resistência (140MPa), com 8 anos de idade, bem armados, e cobertura nominal  $c = 25mm$  e com  $c_1 = 47mm$  resistem bem ao incêndio padrão por até 3h (180 minutos)

96





97

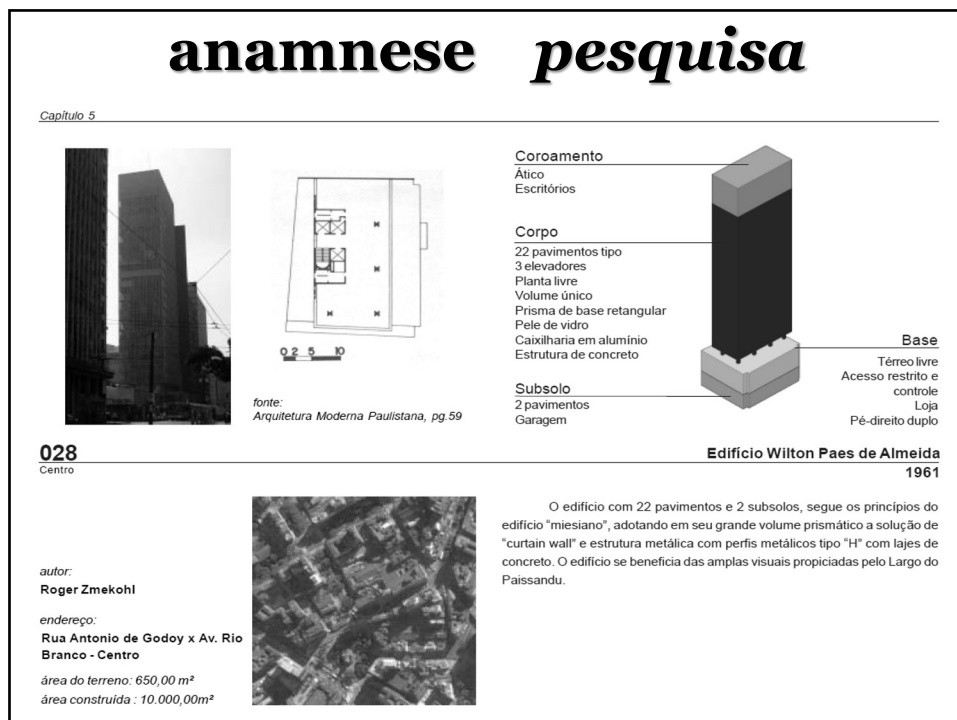
## **Ficha Técnica**

- Projeto arquitetônico: Roger Zmekhol
- Construção: Morse & Bierrenbach
- **Projeto estrutural: ????**
- Execução: 1961 - 1965
- Andares: 24
- Área do terreno: 650 m<sup>2</sup>
- Área construída: 12.000 m<sup>2</sup>
- Tombamento: 1992
- Desabamento: 01.05.2018

98



99



100

# anamnese pesquisa

**Edifício Wilton Paes de Almeida** (1961): projeto de Roger Zmekohl localizado na Rua Antonio de Godoy esquina com Avenida Rio Branco. O edifício com 22 pavimentos e 2 subsolos, segue os princípios do edifício "miesiano", adotando em seu grande volume prismático a solução de "curtain wall" e estrutura metálica com perfis metálicos tipo "H" com lajes de concreto.




Edifício Wilton Paes de Almeida (fig.80)

ARQUIVO

HOME PROJETO S ARQUITETOS SOBRE CONTATO

<http://www.arquivo.arq.br/edificio-wilton-paes-de-almeida>



### Edifício Wilton Paes de Almeida

ARQUITETO: Roger Zmekohl  
ANO: 1961  
ÁREA DO TERRENO: 650 m<sup>2</sup>  
ÁREA CONSTRUÍDA: 12.000 m<sup>2</sup>  
Nº DE PAVIMENTOS: 2  
USO: Serviços  
PAISAGISMO: Não possui  
ARTE:  
CONSTRUÇÃO: Morse & Bierrenbach  
LOCAL: Rua Antonio de Godói (esq. Av. Rio Branco) - nº 22 - República - São Paulo - SP - Brasil  
ESTRUTURA: Metálica com lajes em concreto  
PROJETO ESTRUTURAL:  
PERÍODO DE CONSTRUÇÃO: 1961 - 1968  
ESTADO DE CONSERVAÇÃO: Péssimo  
DESCARACTERIZAÇÃO: Baixa  
CONCURSO:  
PUBLICAÇÕES:  
- Acrópole, nº 323, p 34-37, nov 1965.  
- FIALHO, Roberto Novelli. Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo. Tese (Doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo, 2007.

## anamnese pesquisa

Aleteia

CURIOSIDADES

### A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018



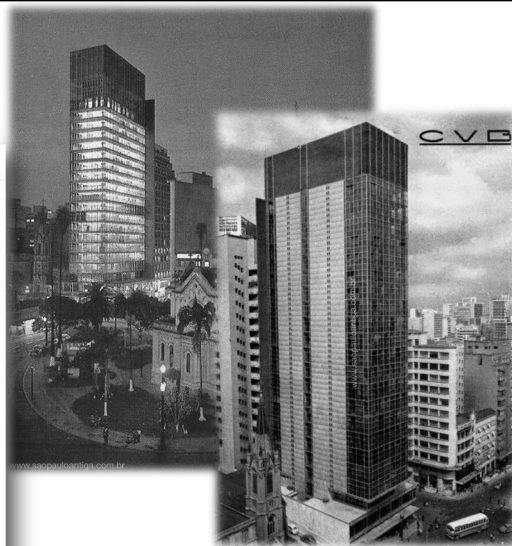
Edifício Wilton Paes de Almeida - Instagram

Compartilhar 511

Comentar 1

Conheça a história e veja fotos inéditas do Edifício Wilton Paes de Almeida

<https://pt.aleteia.org/2018/05/02/a-trajetoria-do-predio-que-desabou-no-centro-de-sao-paulo/>



### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

- O Estado de S. Paulo – 28/02/1961
- O Estado de S. Paulo – 03/07/1965
- O Estado de S. Paulo – 12/05/1979

103

We use cookies to improve our website and your experience when using it. By continuing to navigate this site, you agree to the cookie policy. To find out more about the cookies we use and how to delete them, see our [cookie policy](#).

CURIOSIDADES

### A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018

Conheça a história e veja fotos inéditas do Edifício Wilton Paes de Almeida

Quando pensamos em edifícios modernos e arrojados logo vislumbramos regiões como a Avenida Paulista, Berrini e Faria Lima. Entretanto o centro de São Paulo também possui exemplos notórios de arquitetura de vanguarda.

São construções que debutaram principalmente na década de 1960, época em que São Paulo ainda crescia a passos largos e ainda carregava o apelido de "Paliteiro da América Latina".

Curiosamente das 5<sup>1</sup> principais construções desta época, três foram palco de tragédias: Os Edifícios Joelma, Andraus e, em 2018, o Wilton Paes de Almeida. E é este último que iremos abordar neste artigo:

Ousado projeto arquiteto Roger Zmekhol, o Wilton Paes de Almeida partiu de uma obra onde foi aproveitado o máximo do pequeno espaço disponível para se erguer um arranha-céu, em uma área da cidade já densa e com poucos terrenos ainda disponíveis para a construção de edifícios.

**Zmekhol projetou em um terreno de 650 m<sup>2</sup>, um gigante de estrutura metálica com lajes de concreto.**

Sua construção foi iniciada em 1961 e concluída em 1968, já no final da década, sendo realizada pela Morse & Bierrenbach. O prédio leva o nome do banqueiro Wilton Paes de Almeida, um de seus idealizadores e investidores que faleceu em 1965, antes da inauguração do edifício.

104

**Estrutura mista de concreto e aço contribuiu para que prédio caísse mais rápido, diz especialista**

Renata Moura  
Da BBC Brasil em Londres

Há 1 hora



O incêndio e o subsequente desabamento de um prédio de 24 andares no centro de São Paulo nesta terça-feira foram uma "tragédia anunciada" pela falta de sistemas de proteção antifogo, por falta de ação do poder público e pela estrutura mista de concreto e aço do edifício, menos resistente ao fogo.

A análise é do professor de engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e especialista na área há 30 anos, Paulo Helene.

Projetado nos anos 1960 para uso comercial, o edifício Wilton Paes de Almeida já funcionou como sede da Polícia Federal e do INSS. Abandonado há pelo menos 17 anos, ele foi

**BBC**

**1º  
maio  
2018  
14:30h**

105

**16h do dia 1 de maio de 2018  
metálicos !?!**



106

**BRASIL**

**Especialistas ainda tentam decifrar por que prédio em SP desabou em tão pouco tempo**

Renata Moura e João Fellet  
Da BBC Brasil em Londres e São Paulo

4 maio 2018



*O texto e o título da reportagem foram alterados após o professor Paulo Helene, ex-presidente da Associação Latino-Americana de Patologias das Construções, ter revisado sua avaliação anterior e afirmado não ter encontrado vestígios das estruturas de metal que poderiam ter levado à queda do edifício em tão pouco tempo. Após ser alertada pelo professor sobre a mudança em sua avaliação, a BBC Brasil fez alterações no texto original.*

Conforme os bombeiros avançam nas buscas por desaparecidos do incêndio no edifício Wilton Paes de Almeida, na última terça-feira - na manhã dessa sexta, o corpo da primeira vítima foi encontrado.

107

**anamnese pesquisa**

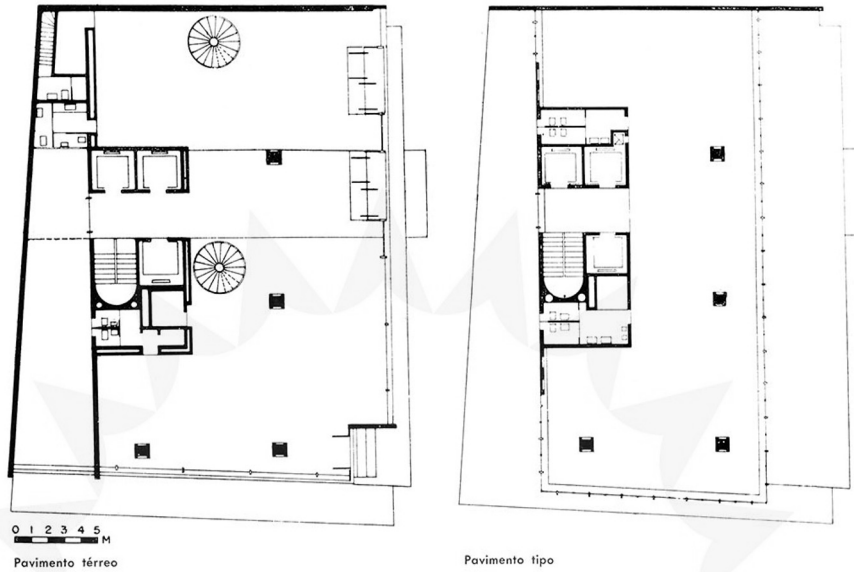
**acrópole**



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

108

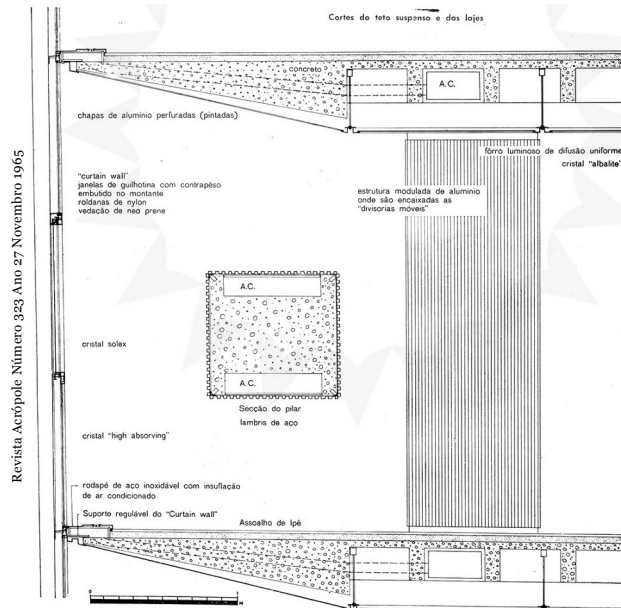
# anamnese pesquisa



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

109

# anamnese pesquisa



110



111



112





113



114

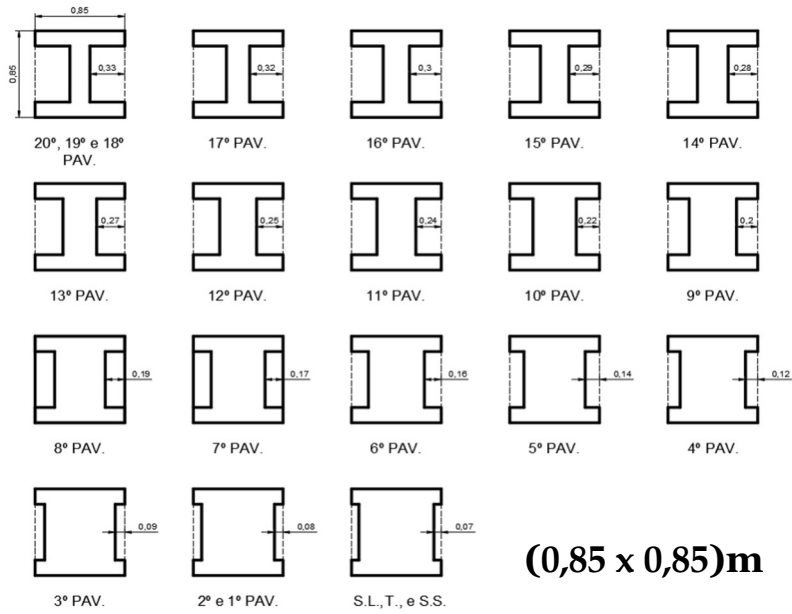


115

# ***Geometria dos pilares***

116

## Variação da Seção do Pilar



117

## Histórico



118

## **Histórico de Usuários**

Cronologia:

- 1968 – 1977: Companhia Comercial de Vidros do Brasil (ou CVB), Socomin, Banco Nacional do Comércio de São Paulo, Banco Mineiro do Oeste S/A e a Oleogazas
- 1980 – 2000: Caixa Econômica Federal
- 2000 – 2003: fechado SPU
- 2003 – 2006: Polícia Federal
- 2007 – 2013 : fechado (SPU)
- 2013 – 2018: invadido pelo MLSM

119

## **Invasão**



120

# Invasão



121

# Invasão



122

## Invasão



123

## O Incêndio

Madrugada de 01/05/2018, 01:30h: incêndio que iniciou-se no 5º andar do prédio e alastrou-se pelos demais andares (subsolo ao 10º andar + penúltimo)



124

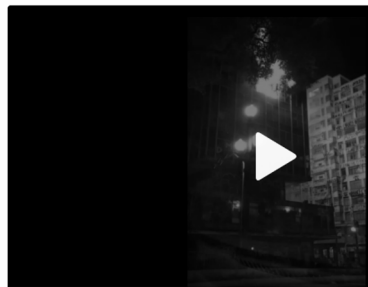
## Incêndio em prédio de SP foi causado por curto-circuito em tomada no 5º andar, diz secretário

Em depoimento, moradora disse que fogo começou em tomada onde estavam ligados TV, micro-ondas e geladeira.



Edifício Wilton Paes de Almeida

Por César Galvão, TV Globo, São Paulo  
03/05/2018 16h27 - Atualizado 03/05/2018 21h33



125

## Início às 1h30 (vídeo)



126

## Desabamento às 2h50 (vídeo)



127



128





129



130

## Após o desabamento...



131

## coleta de amostras para ensaios



IBRACON



132

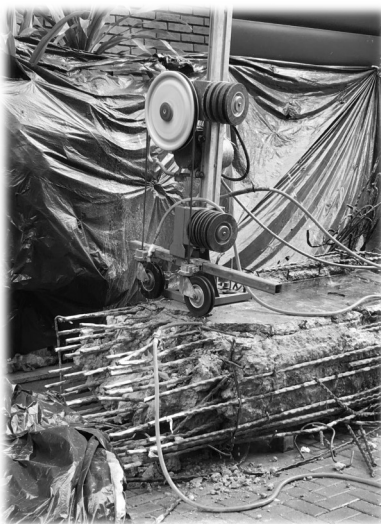
## Plano de ensaios e investigação

- Levantamento geométrico laje, viga e pilar
- Conhecimento da armadura: ensaio de tração, dobramento, alongamento e ductilidade, composição química e metalografias
- Caracterização mineralógica do agregado
- Extração e ensaio de resistência à compressão, à tração e módulo de elasticidade
- Pacometria
- Ultrassom e módulo dinâmico
- Absorção de água, índice de vazios permeáveis e massas específicas
- Caracterização mineralógica por difratometria de raios X e análises térmicas por ATD-TG
- Reconstituição de traço e consumo de cimento
- Profundidade de carbonatação
- Análise do material granular
- Verificação (“especulação”) estrutural



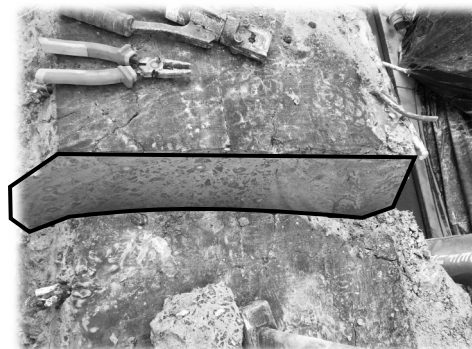
133

## preparação da amostra



- ✓ Corte das barras com maçarico de acetileno
- ✓ Corte do concreto com fio diamantado

UPM Universidade  
Presbiteriana Mackenzie



134

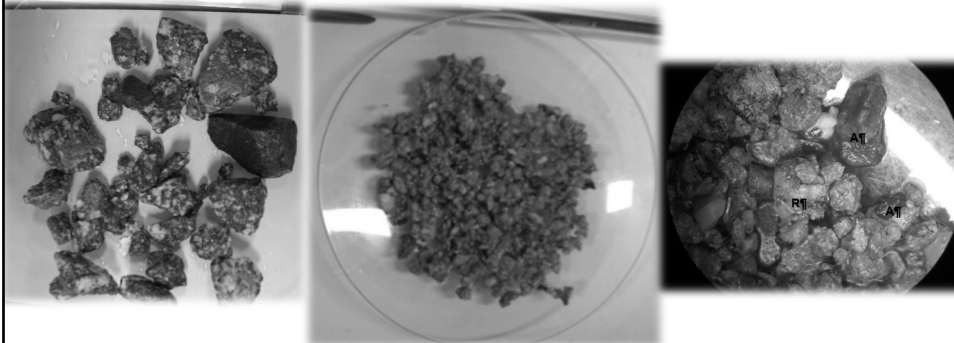
## extração de testemunhos



**Universidade  
Presbiteriana  
Mackenzie  
UPM**

135

## análise petrográfica *Cláudio Sbrighi Neto*



- granito britado: rocha ígnea,  $D_{max} = 25\text{mm}$
- areia grossa lavada de rio
- quartzo preservado: o concreto deve ter experimentado temperaturas inferiores a  $573^{\circ}\text{C}$ ;
- agregados não estavam fissurados ou lascados

136

## reconstituição de traço

As amostras de concreto foram submetidas ao tratamento térmico e químico, seguindo procedimento da ABCP (POT-GT 3016).

TABELA 1- Reconstituição do traço em partes de massa

Identificação da amostra	Composição	
	Cimento	Agregados
Pilar	1	5,9
Estrutura	1	6,2

137

## consumo de cimento e propriedades do concreto

TABELA 2 – Determinação da absorção, índice de vazios e massa específica – NBR 9778

Ensaio	Amostra		
	Pilar	Estrutura	Concreto Carlos Brites
Absorção após imersão e fervura (%)	6,52	6,68	
Índice de vazios após saturação e fervura (%)	14,75	15,21	17,75
Massa específica da amostra seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,26	2,28	2,21

considerando água de hidratação igual a 0,3

→ consumo de **309 kg/m<sup>3</sup>**

138

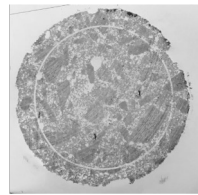
## compressão



- ✓ ABNT NBR 7680 e NBR 5739
- ✓ Resistência média de 21,8MPa

$$f_{ck} = 15\text{MPa}$$

ABCP Associação Brasileira de  
Cimento Portland



139

## tração



- ✓ ABNT NBR 7222
- ✓ Resistência média de 2,1MPa

ABCP Associação Brasileira de  
Cimento Portland



140

## ultrassom e módulo de elasticidade

Laboratório da PhD Engenharia, ensaio de ultrassom e calculado o módulo de elasticidade dinâmico, que em média foi de **27GPa** (equivalente a  $E_{ci\ 0,3\ fc} = 24\text{GPa}$ )

CP	Elongitudinal (GPa)	±	Eflexional (GPa)	±	Ultrassom (m/s)
08	19,8	0,13	12,31	0,13	3663
09	-	-	-	-	3788
10	-	-	-	-	3669

$$Vp = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1-2\nu)(1+\nu)}}$$

Onde:

- ✓  $Vp$  é a velocidade de onda longitudinal,
- ✓  $E$  é o módulo de elasticidade,
- ✓  $\nu$  é o coeficiente de Poisson, e
- ✓  $\rho$  é a massa específica do concreto.

141

## espessura de carbonatação



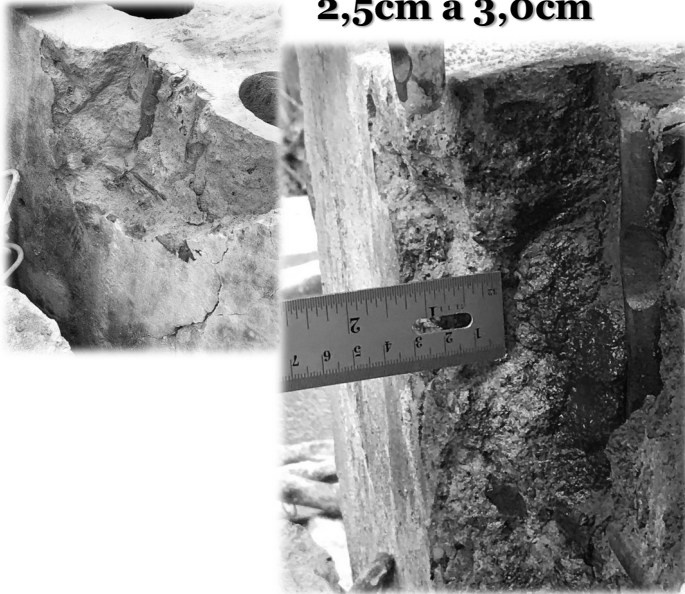
**2,5cm a 3,0cm**

Universidade  
Presbiteriana  
Mackenzie  
UPM

142

## espessura de carbonatação

2,5cm a 3,0cm



Universidade  
Presbiteriana  
Mackenzie  
UPM

143

## armadura

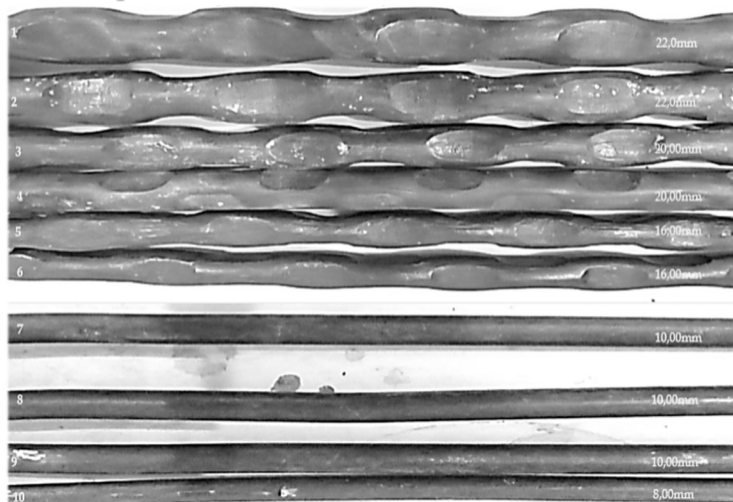
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 50B

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32 A

Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32 A



Laboratórios  
da  
ArcelorMittal

144



**EB-3**  
**1965**

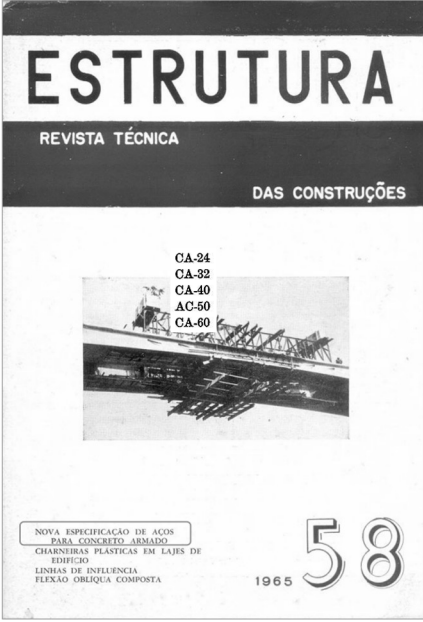
**CA-24**  
**CA-32**  
**CA-40**  
**CA-50**  
**CA-60**

**armadura**

**ESTRUTURA**

REVISTA TÉCNICA

DAS CONSTRUÇÕES



NOVA ESPECIFICAÇÃO DE AÇOS  
— PARA CONCRETO ARMADO —  
CHARNEIRAS PLÁSTICAS EM LAJES DE  
EDIFÍCIO  
LINHAS DE INFLUÊNCIA  
FLEXÃO OBLÍQUA COMPOSTA

1965 **58**

*Prof. Eduardo Thomaz*

145

<b>armadura</b>					
CATEGORIA	COEF. DE ADE-RENCIA	MARCA	FABRICANTE	DENOMINAÇÃO ANTIGA DA CATEGORIA	OBSERVAÇÕES
CA - 50 B	$\eta = 1,8$	Nervator 50	Aço Torsima S. A.	CA - T 50	barras torcidas com 2 saliências helicoidais e cristais transversais
CA - 50 B	$\eta = 1,8$	Peristal 50	Peristal S. A. Laminação e Comércio	—	barras com mósas formadas por compressão transversal
"	"	Resistahl 50	Aços de Alta Resistência Ltda.	—	"
CA - 60 B	$\eta = 1,8$	Nervator 60 ou Rippen-Tor	Aço Torsima S. A.	CA - T 58 (1)	barras torcidas com 2 saliências helicoidais e cristais transversais
Fios					
CA - 60 B	$\eta = 1$	Cleide 6.000 T 60	Cleide S. A. Siderúrgica Barra Mansa S. A.	—	fios (arames) trefilados lisos
CA - 60 B	$\eta = 1,5$	Bema 60	Companhia Siderúrgica Belgo Mineira	—	fios (arames) trefilados com entalhes ou sulcos
"	"	Sima 60	Aço Torsima S. A.	—	"
MALHAS SOLDADAS					
CA - 60 B	—	Malhas Sima Telas Telcon	Aço Torsima S. A. Telcon Indústria e Comércio	—	malhas com nós soldados
"	—			—	"

146

# armadura

## PEÇAS DE CONCRETO ARMADO COM AÇO PERISTAHL

(Interpretação dos resultados de ensaios realizados no Instituto Tecnológico da Aeronáutica)

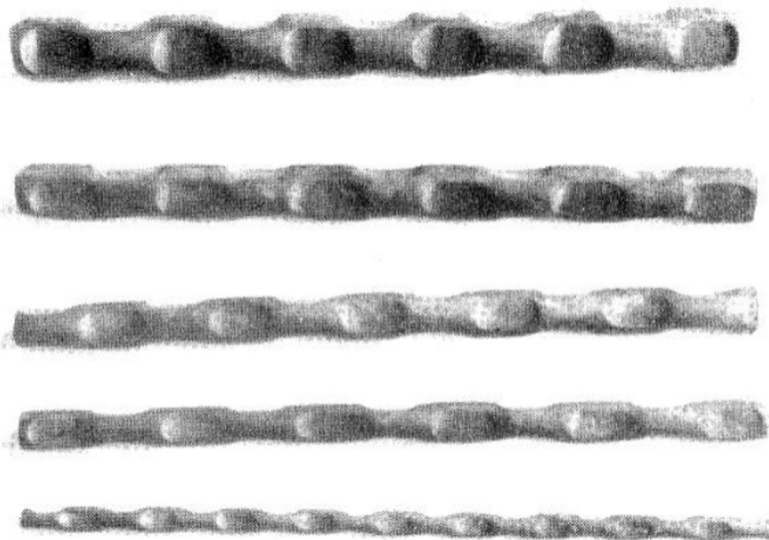
TELEMACO VAN LANGENDONCK

### SUMARIO

- I — Finalidade dos ensaios
- II — Corpos de prova.
- III — Propriedades dos materiais.
- IV — Compressão.
- V — Ruptura por flexão.
- VI — Tensões na flexão.
- VII — Fissuração.
- VIII — Deformabilidade.
- IX — Conclusões.

147

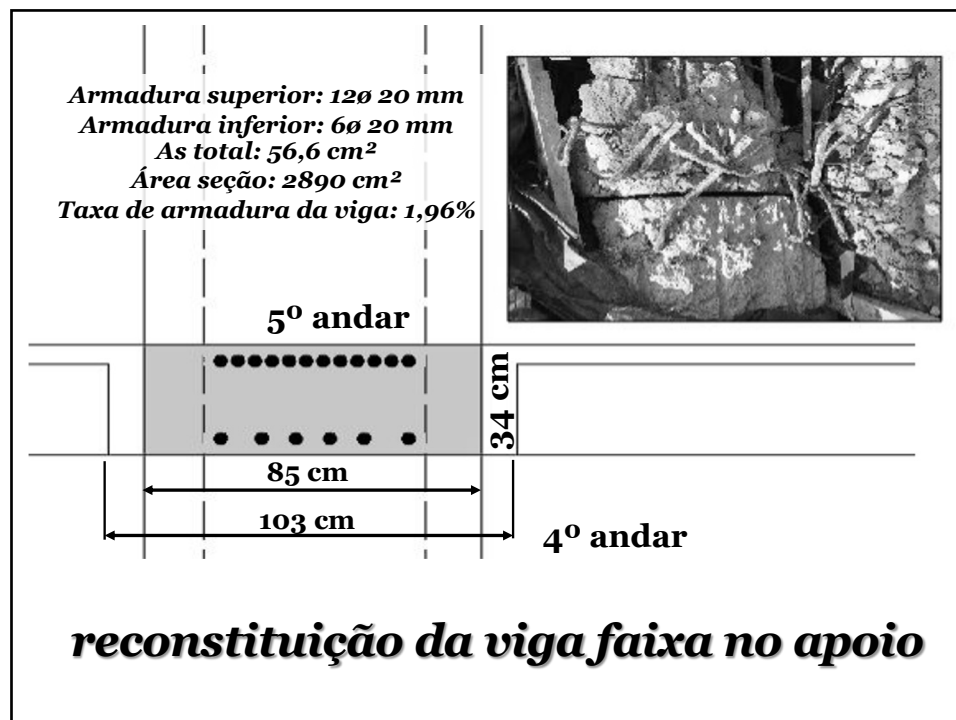
# armadura



148

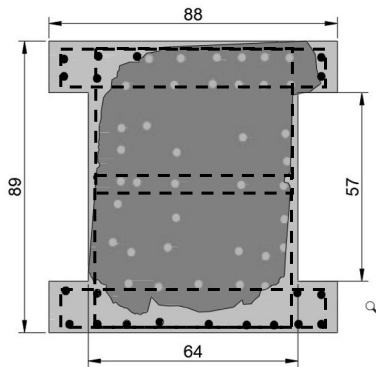
# *reconstituição da seção da viga faixa e do pilar*

149



150

## reconstituição da seção transversal



- Seção da amostra
- Possível seção original
- Barras presentes na amostra
- Possível posição das barras faltantes

$A_c \sim 6464 \text{ cm}^2$   
 $A_s \sim 216,7 \text{ cm}^2$  (CA-60 57  $\phi$  22 mm)

$c = 0,5\text{cm a } 4,0\text{cm}$

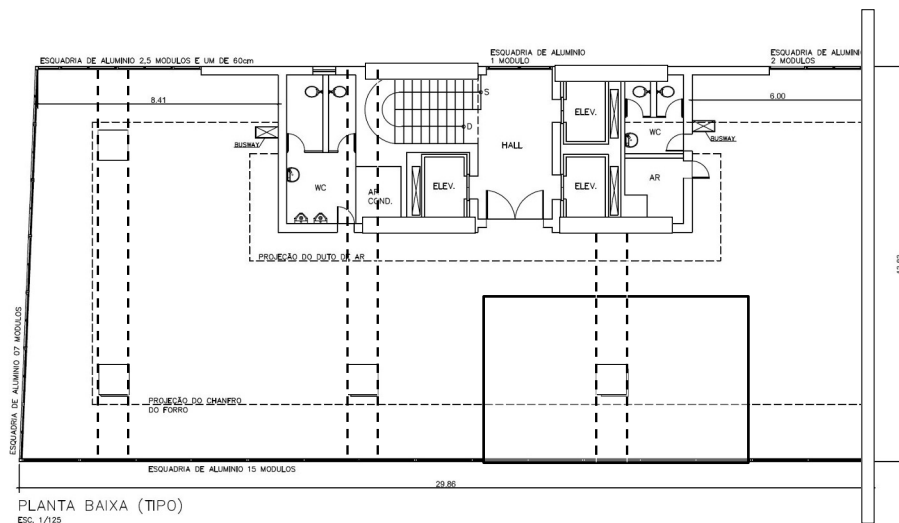
tramo de pilar do 5º andar

espessura calcinada  
 obtida por análise  
 termodiferencial,  
 termogravimétrica e  
 difratometria de raios X

$< 1,0\text{cm}$

151

## verificação estrutural

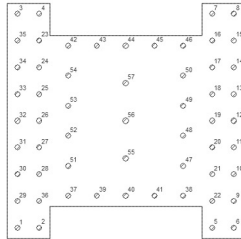


PLANTA BAIXA (TIPO)  
 ESC. 1/125

área de influência (CAD) =  $\sim 47,4\text{m}^2$

152

## ***verificação estrutural***



$$N_d = A_c \times \sigma_{cd} + A_s \times \sigma_{sd}$$

$$\sigma_{sd} = E_s \times \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_{sd} = 21.000 \times 2\text{‰}$$

$$\sigma_{sd} = 42 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_d = 6464 \times 0,85 \times \frac{1,5}{1,4} + 216,7 \times 42$$

$$N_d = 13.800 \text{ kN ou } 1.380 \text{ tf}$$

$$N_k = 9.857 \text{ kN ou } 986 \text{ tf}$$

153

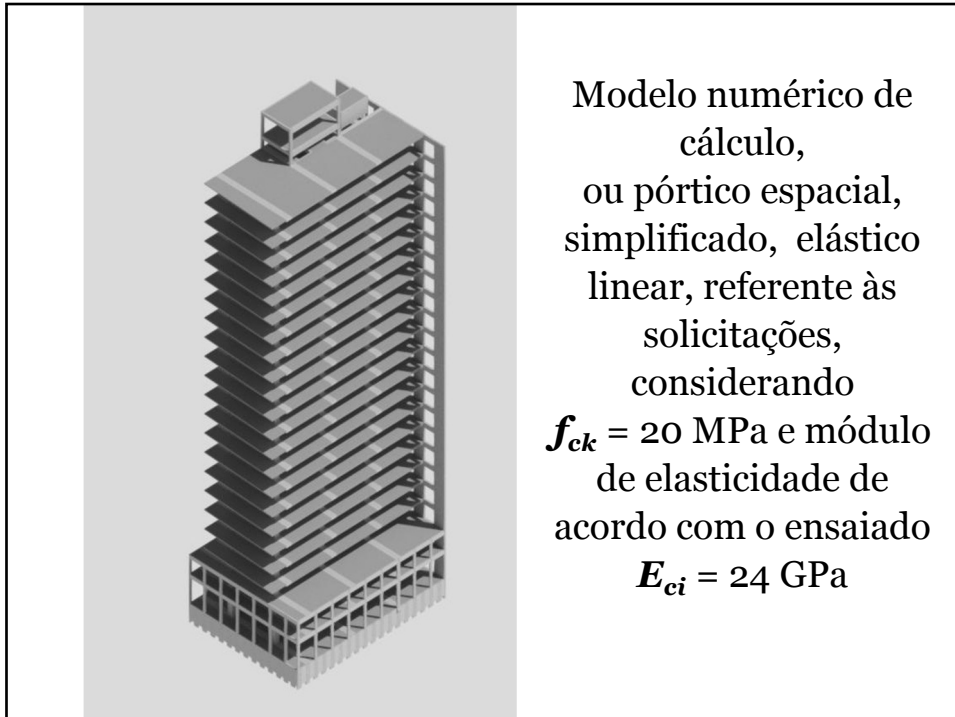
## ***verificação estrutural***

***capacidade do pilar sem momentos:***

$$N_k \approx 986 \text{ tf}$$

***correspondente a cerca de 25  
pavimentos → geometria condiz  
com tramo entre 4º e 5º Pav.***

154



155



156



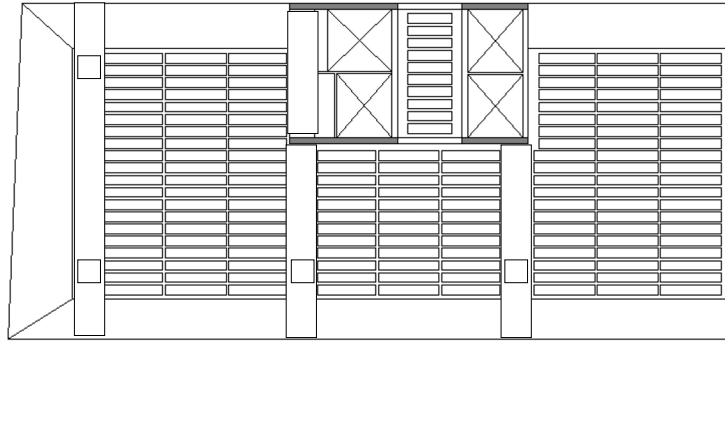
157



158

## ***Vigas Faixa***

**Av. Rio Branco**

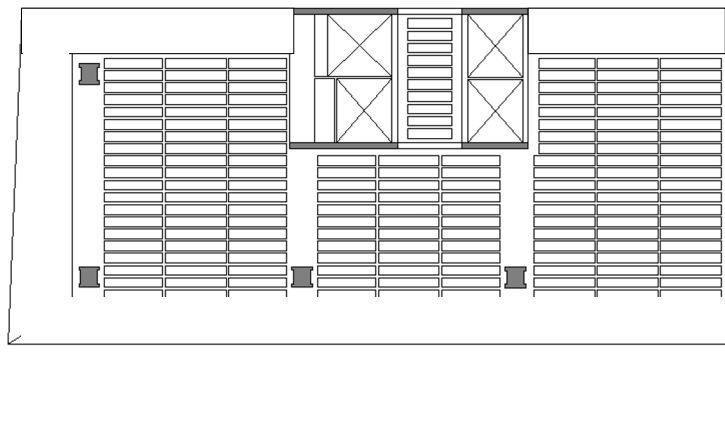


**Av. Antônio de Godói**

159

## ***Laje maciça em balanço***

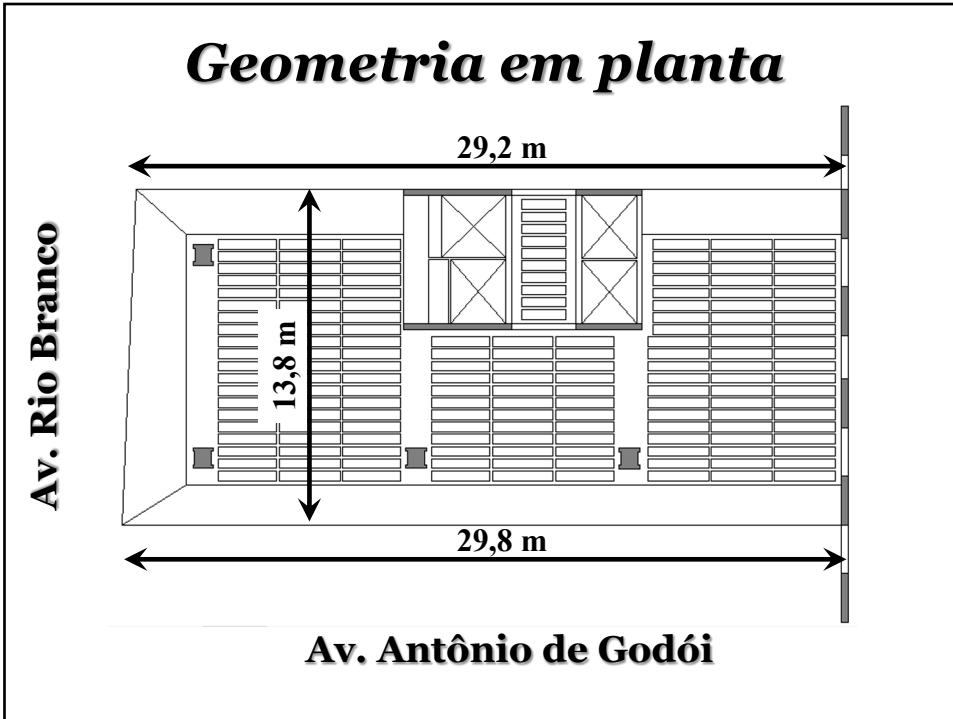
**Av. Rio Branco**



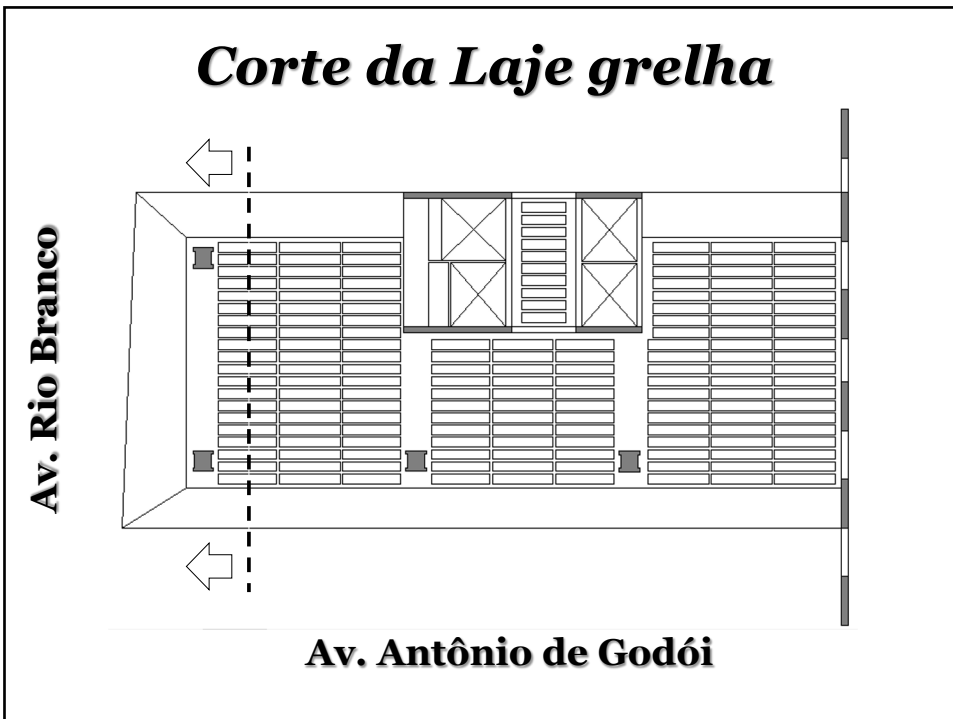
**Av. Antônio de Godói**

160



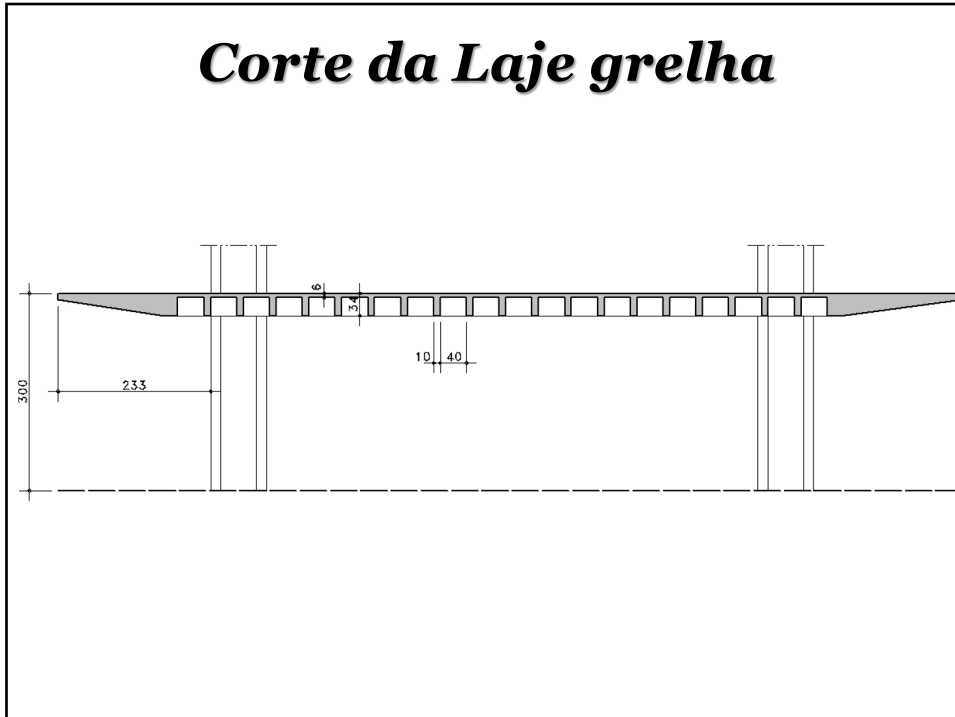


161



162

## ***Corte da Laje grelha***



163

## ***DESLOCAMENTOS ÚLTIMOS***

***modelo ELU ( $\gamma_F = 1,4$ )  
com variação térmica e  
com vento do dia  
01.05.2018***

164

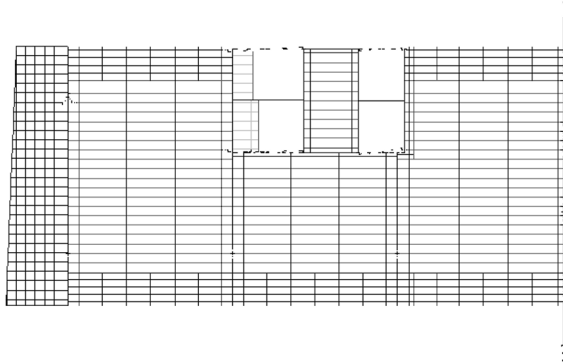


165



166

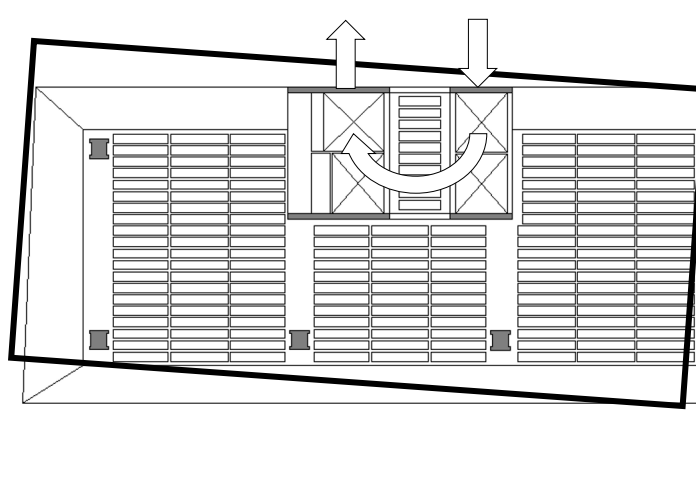
## ***Restrição do edifício vizinho justaposto***



***Ed.  
Caracu***

167

## ***Hipótese da mecânica do colapso***



168

**Variação de 200° C:**

ELU -> 28 cm

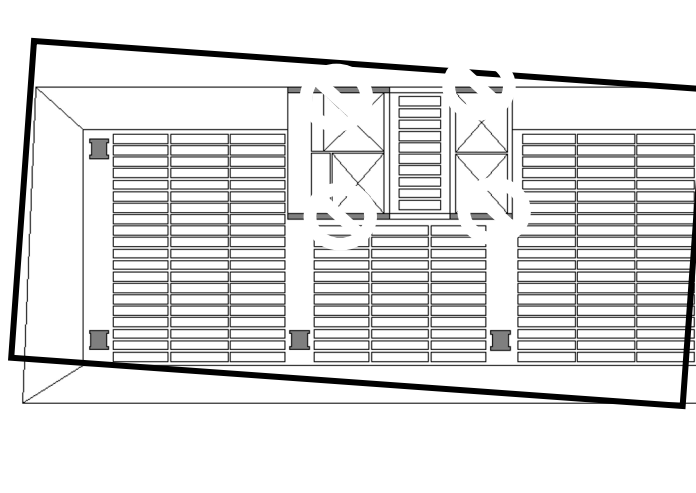
**Variação de 500° C:**

ELU -> 58 cm

temperatura → acarreta aumento de  
10 vezes no momento dos pilares da  
caixa de elevador, quando  
comparado com o momento apenas  
devido a carga vertical.

169

***Hipótese da mecânica do colapso***



170



171



172

# FOLHA DE S. PAULO

DESDE 1921 \*\*\* UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

DIRETOR DE REDAÇÃO: OTAVIO FRASS FILLAD

SEXTA-FEIRA, 11 DE MAIO DE 2018

EDIÇÃO SP/DF • CONCLUÍDA ÀS 04h 45m

## Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974 liberalizou governo autoritário que, segundo análise da CEA, o ex-presidente Erasmio foi 'luz verde' para a continuidade de uma política de repressão no âmbito do subterfúgio da Lei de Segurança Nacional.

## Sócio da Dolly é preso sob suspeita de fraude fiscal

Um dos sócios da empresa de entretenimento Dolly, Luiz Carlos de Almeida, foi preso preventivamente em São Paulo. Ele é acusado de liderar esquema de fraude em impostos não pagos. Sua defesa contestou a prisão preventiva e afirmou que necessita trabalhar.

## Governador de SP acelera medidas visando eleições

Em meio às eleições municipais de 2017, o governador de São Paulo, Geraldo Alckmin, anunciou a criação de uma comissão para avaliar o desempenho dos prefeitos. A medida é considerada uma tentativa de acelerar o processo eleitoral.

## Cidade para comer com os seus filhos ou levar a sua mãe

Com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, o governo de São Paulo anunciou a criação de uma rede de restaurantes comunitários. A iniciativa visa proporcionar refeições saudáveis e acessíveis para todos.

## Avião de 87 Criado por brasileiro, medido para medir pressão no cérebro chega à hospital

Um novo modelo de avião, desenvolvido por um brasileiro, foi usado para medir a pressão no cérebro de um paciente. O dispositivo, chamado de 'Avião de 87', é considerado uma inovação tecnológica.



Luiz Carlos de Almeida, sócio da Dolly, segura cartaz durante manifestação em frente ao prédio da empresa. (Foto: G. M. / Agência Brasil)



Donald Trump e Kim Jong-un em uma reunião em Seul, Coreia do Sul, em 2017. (Foto: AP)

## SP tem 25 mil edifícios fora de regra mais dura antifogo

47% dos prédios da capital paulista foram construídos antes de um decreto de 1974, que levou a mudanças nas normas de segurança contra incêndios. A maioria dos edifícios não atende às regras atuais, o que representa um risco à segurança pública.

# cotidiano

## Quase metade dos prédios de SP são de antes das regras duras contra incêndio

Dos 53 mil edifícios da cidade, 24,7 mil foram construídos em período anterior à tragédia do Joazeiro, em 1974.



## ***Lições aprendidas***

1. Estrutura de Concreto mal projetada pode colapsar em pouco tempo;
2. Nunca desprezar ou minimizar ação do fogo – “ser precavido”;
3. Cuidado com pele de vidro sem barreiras;
4. Muitos prédios em situação similar, apesar de “legalmente habitados / abandonados”;
5. Cabe ao proprietário a responsabilidade, mas a quem cabe fiscalizar?

175

## **Lições aprendidas (medidas)**

1. **Revisar o projeto estrutural sob temperaturas elevadas (250° C);**
2. **Arquivar Projeto Executivo Estrutural ou projeto “as built” no (*Habite-se*);**
3. *Inspeção Periódica; Proteção Passiva e Ativa obrigatória; Redundância & Robustez no projeto*

176



# Obrigado !

Prof. Alfonso Pappalardo Júnior  
Eng. Alio Ernesto Kimura  
Geol<sup>a</sup>. MSc. Ana Livia Silveira  
Dr. Antonio Fernando Berto  
Sr. Antonio Paulo Pereira  
Geol. Arnaldo Forti Battagin  
Prof. Bernardo Tutikian  
Eng. Carlos Augusto Nonato da Silva  
Dr. Carlos Britez  
Sr. Cesar Augusto dos Santos  
Dr. Claudio Sbrighi  
Eng. M.Sc. Douglas Couto  
Perito Edgar Rezende Marques  
Sr. Eduardo Antônio Franca  
Prof. Eduardo Thomaz  
Prof. Enio Pazini Figueiredo  
Sr. Francisco Pereira Souza  
Sr. Gustavo de Andrade Silva  
Sra. Heloisa Penteado Proença  
Eng. Jefferson Dias de Souza Junior  
Eng<sup>a</sup>. Jéssika Pacheco  
Sr. José Luiz de Moraes Andrade  
Eng. José Luiz Varela  
Eng. Júlio Timerman  
Sr. Lázaro de Castro

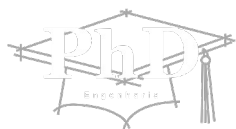
Eng. Leandro Coelho  
Sr. Luiz Adauto Moraes Mazarin  
Eng. Luiz Aurélio Fortes da Silva  
Prof<sup>a</sup>. Magda Salgueiro Duro  
Sr. Marcelo Cherubim  
Sr. Marcos Penido  
Sr. Matheus Moreira  
Sr. Mauricio Brun Bucker  
Sr. Maurício da Silva Lazzarin  
Perita Mônica Bernardi Urias  
Sr. Nelson Candido Rosa  
Sr. Odair Secco  
Major Oscar Samuel Crespo  
Prof. Oswaldo Cascudo  
Eng. Me. Pedro Bilecky  
Sr. Ricardo Luis Lopes  
Dr. Rogério Cattelan de Lima  
Sr. Ronald M. Nascimento  
Prof. Sérgio Lex  
Prof. Simão Priszkulnik  
Sra. Thamyris Torsani Pimentel  
Prof. Valdir Pignatta e Silva  
Prof. Vitor Levy Castex Aly  
Sr. Waldir Aparecido dos Santos  
Sr. Waldir Aparecido dos Santos Filho

177



178

# OBRIGADO!



*"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"*

[paulo.helene@concretophd.com.br](mailto:paulo.helene@concretophd.com.br)

[www.concretophd.com.br](http://www.concretophd.com.br)

[www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)

55.11.2501.4822

55.11.9.5045.4940