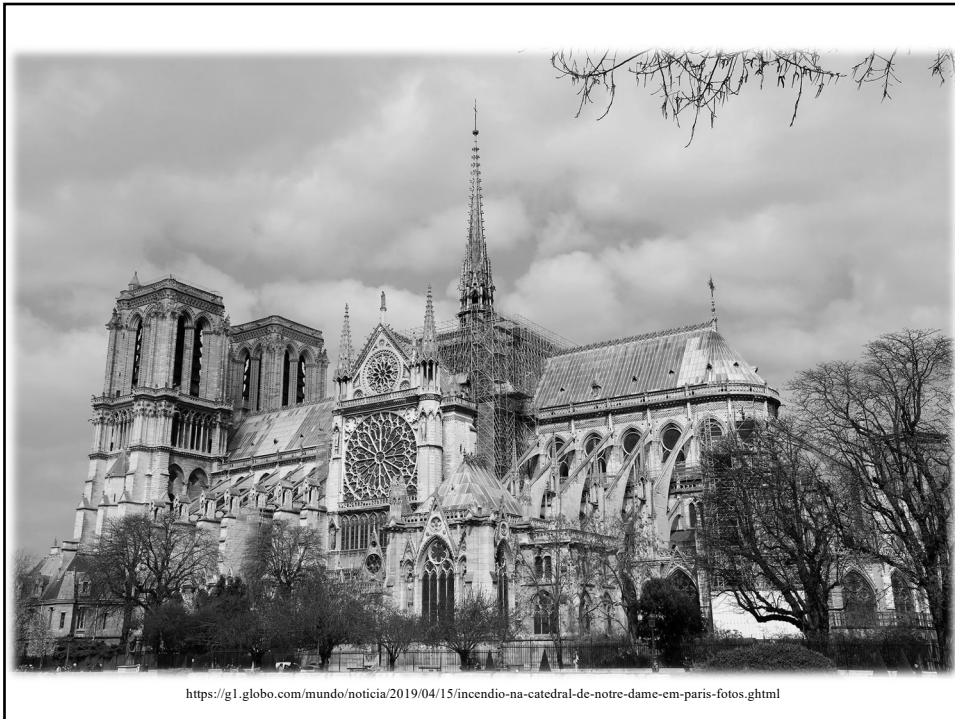


1

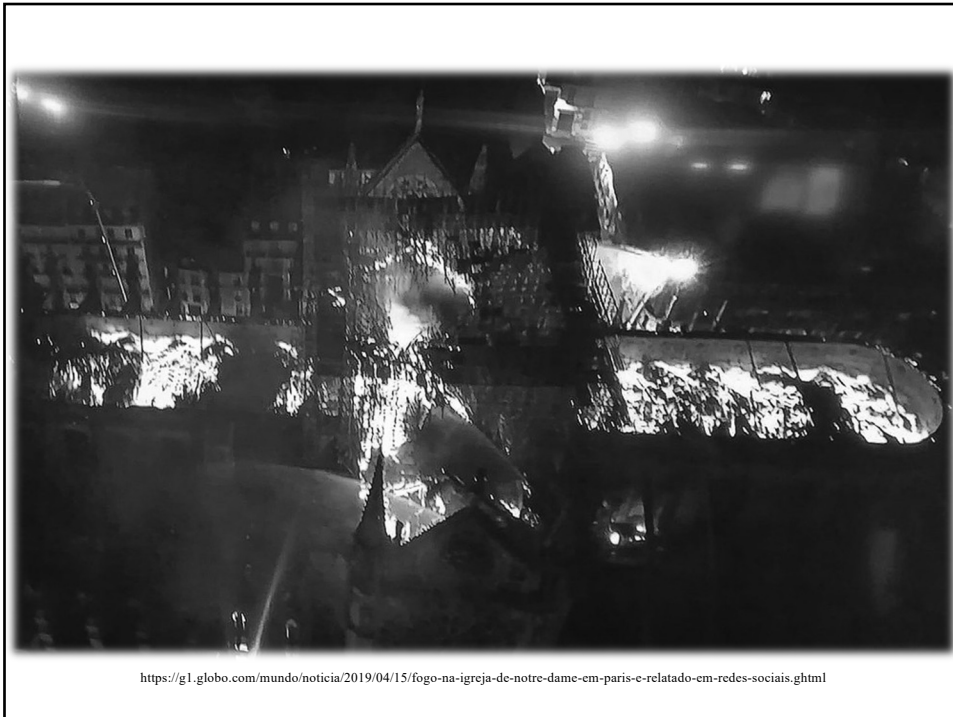
2



3




4



5

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

6



Système Hennebique
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.900
30m

$f_{ck} = ?$
119 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

7



8



9



10

Mortes em situação de Incêndio

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

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

12

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

14



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*

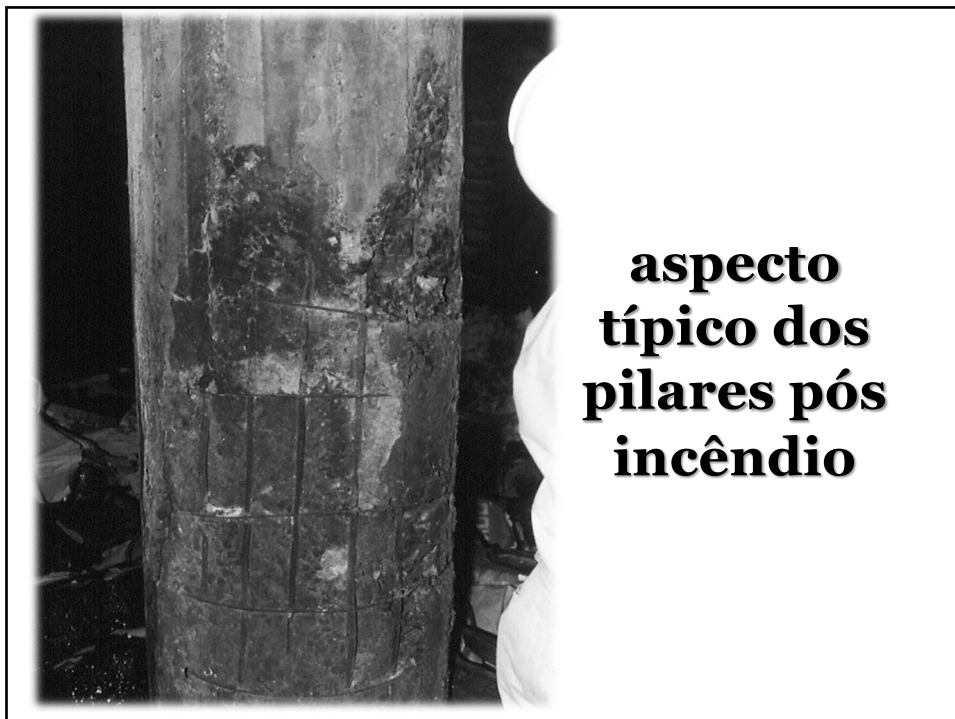
15



16



17



18



19



20



Edifício JOELMA

**São Paulo, Brasil
1974
Estrutura de Concreto Armado**

**26 andares
10 andares de garagem
+ 15 andares de escritórios**

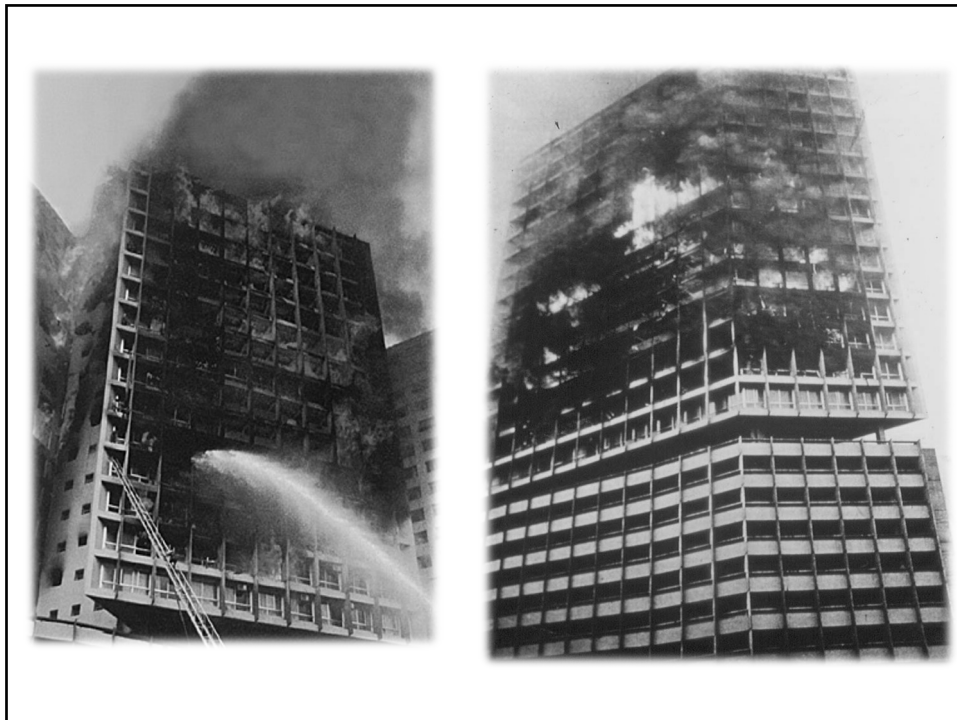
Construção: 1969-1971

Incêndio: 1 Fev. 1974

***duração: 6h30min
390min***

***em uso
nada colapsou***

21



22



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#_=_

23

Incêndio de 1981



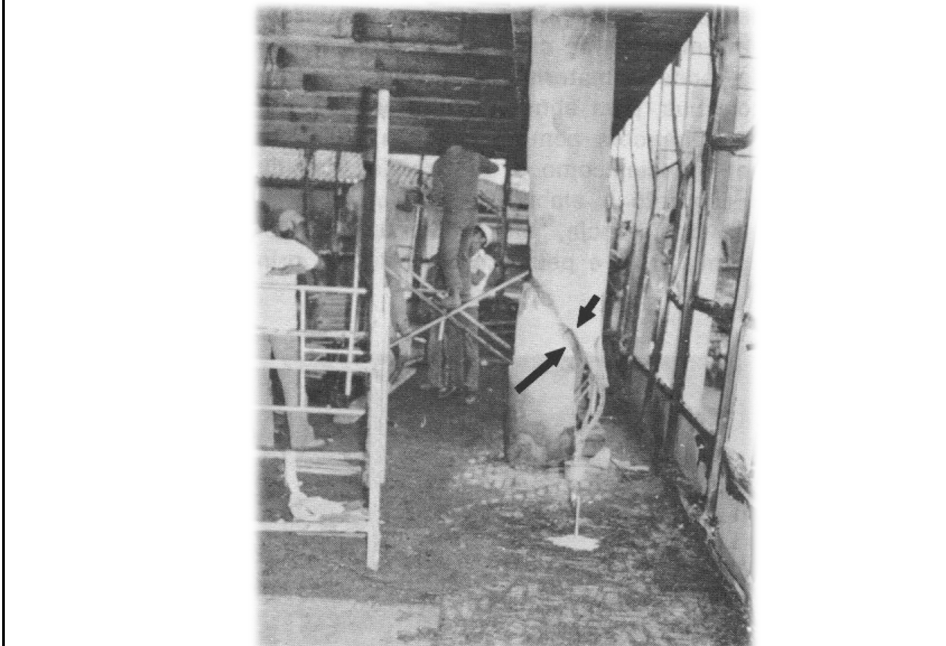
24

Incêndio de 1981

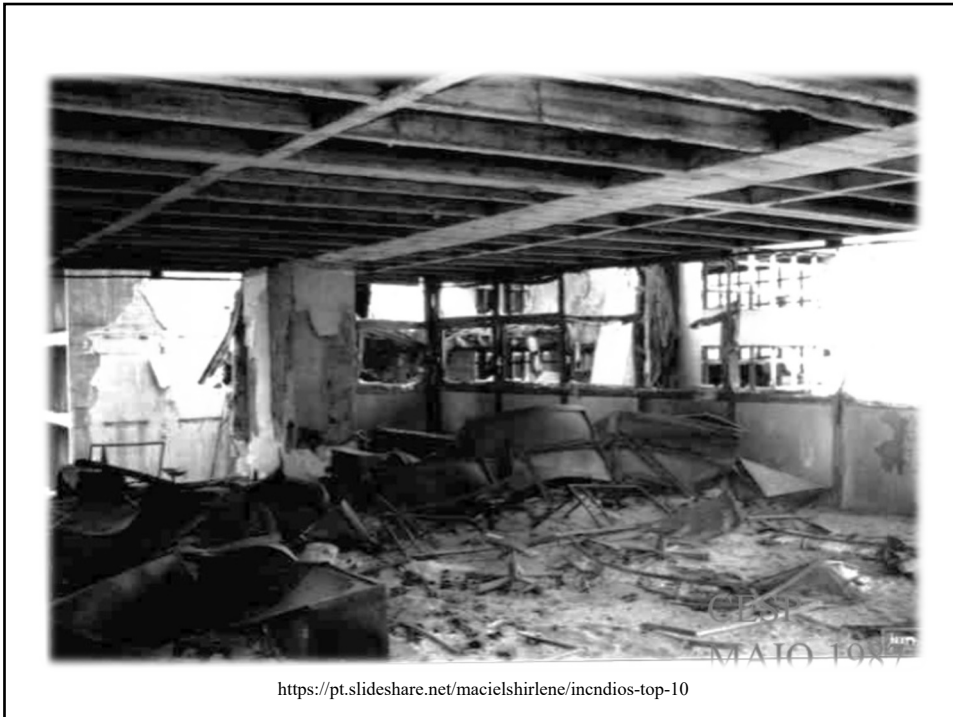


25

Incêndio de 1981



26



30

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

35



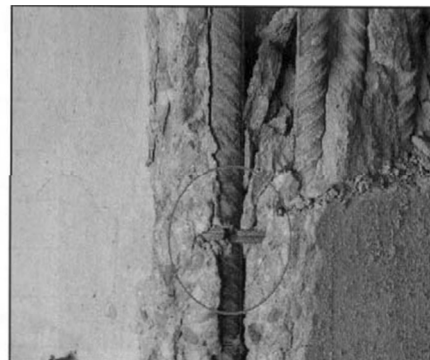
36



37



38



“ 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.

39



40



41

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.

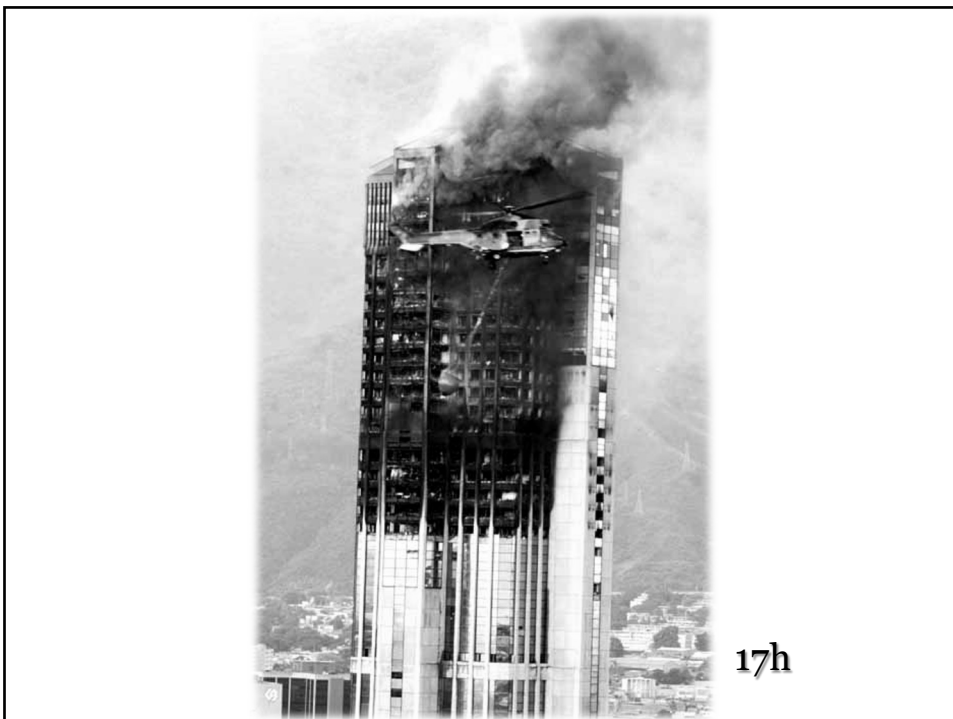
42



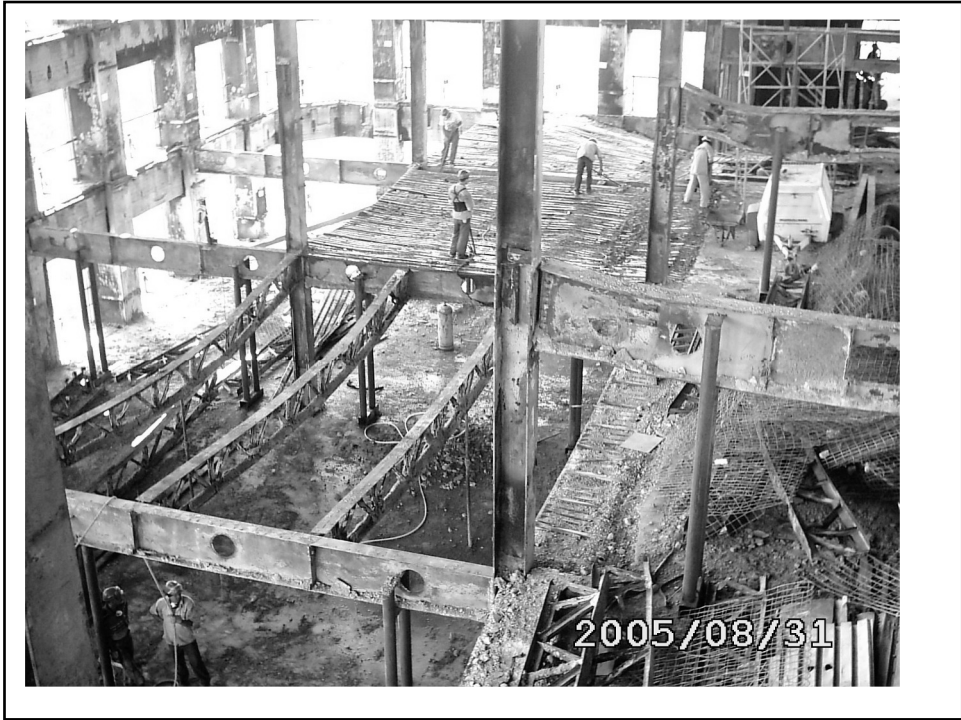
43



44



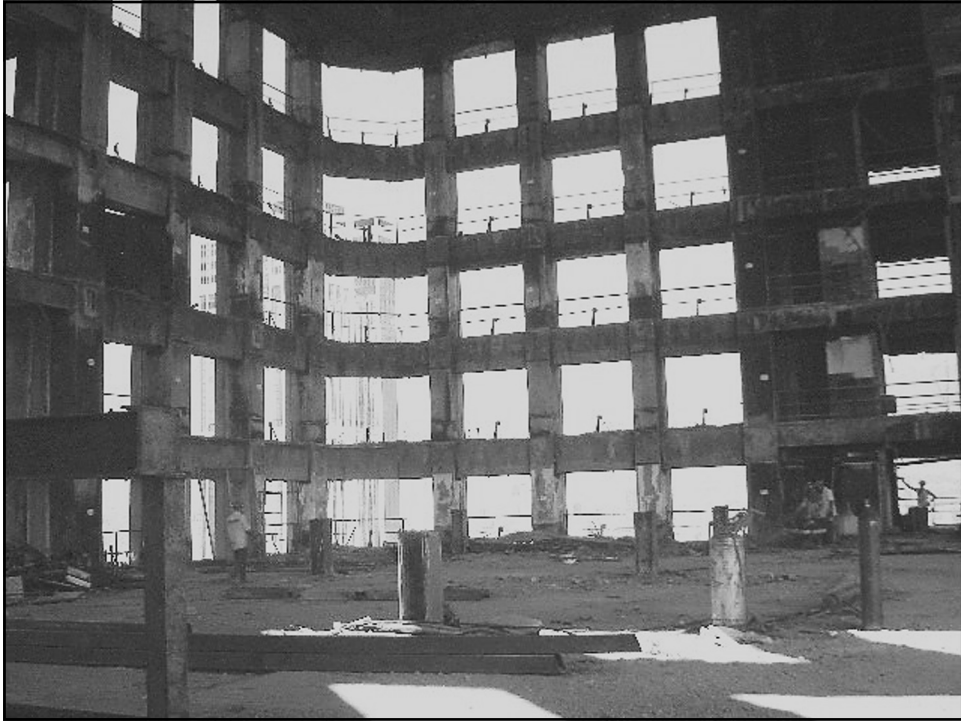
45



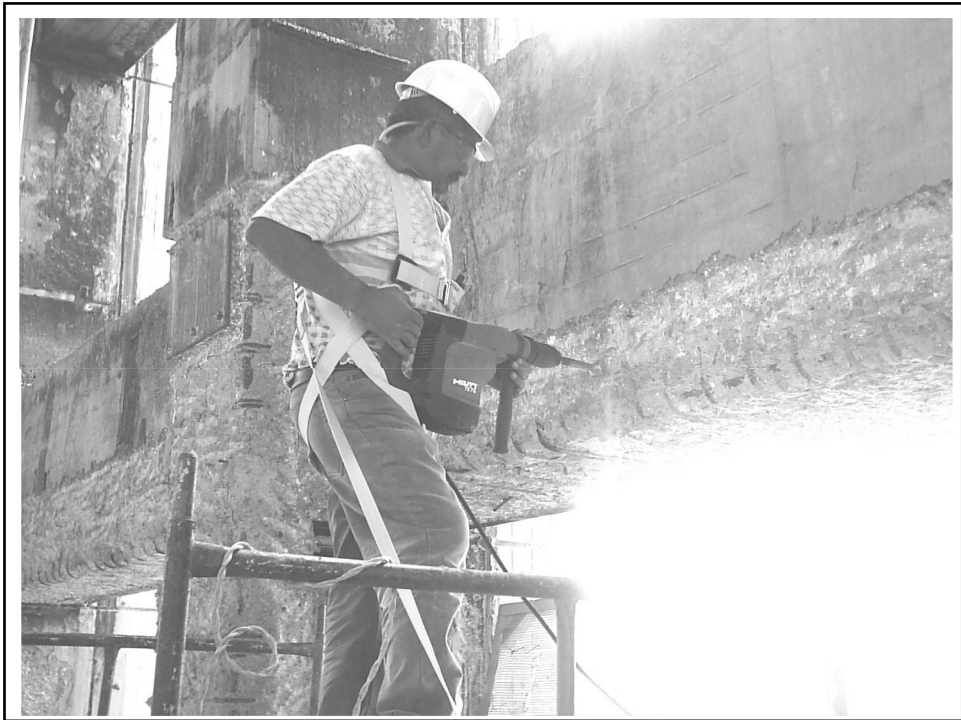
46



47



48



49



World Trade Center

**Nova Iorque, EUA
2001**

**Estrutura Metálica
110 andares
6 subsolos**

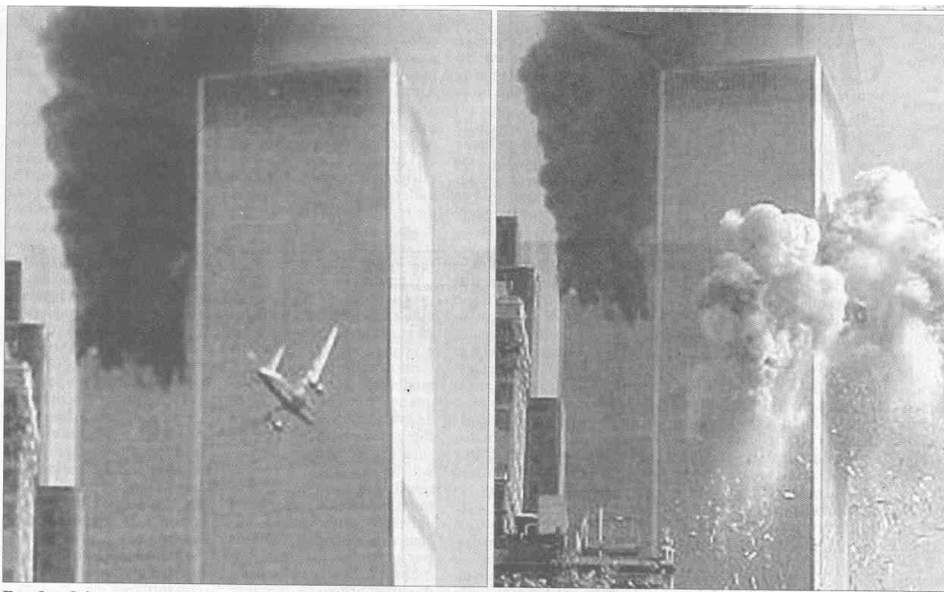
Construção: 1966 a 1973

Incêndio: 11 Set. 2001

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

colapsaram

50



11 de Setembro de 2001

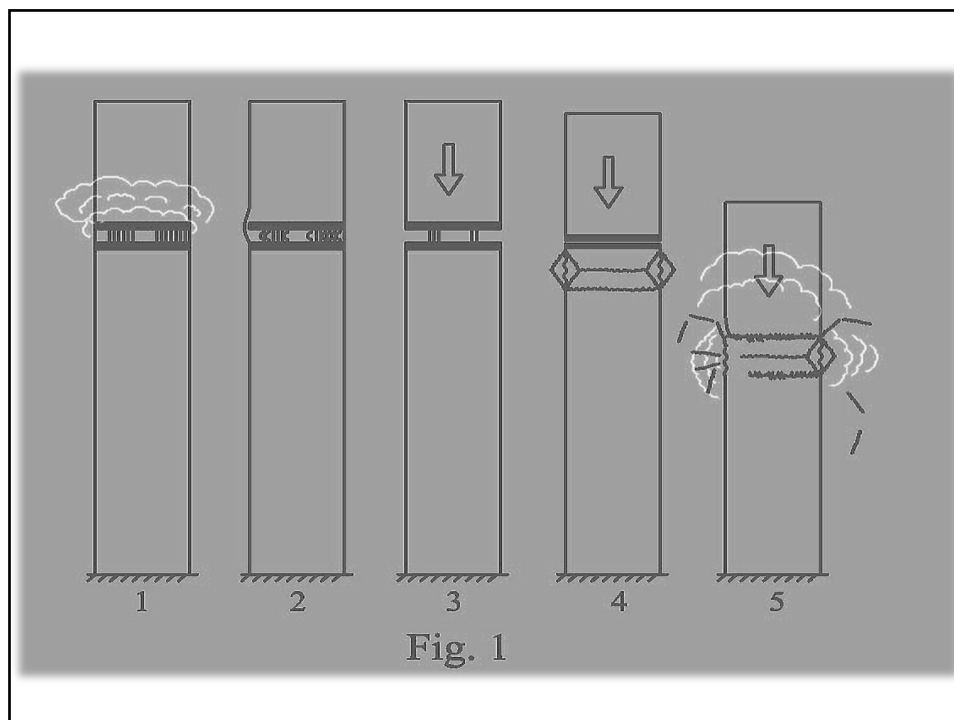
51

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

52



53

Normalização nacional

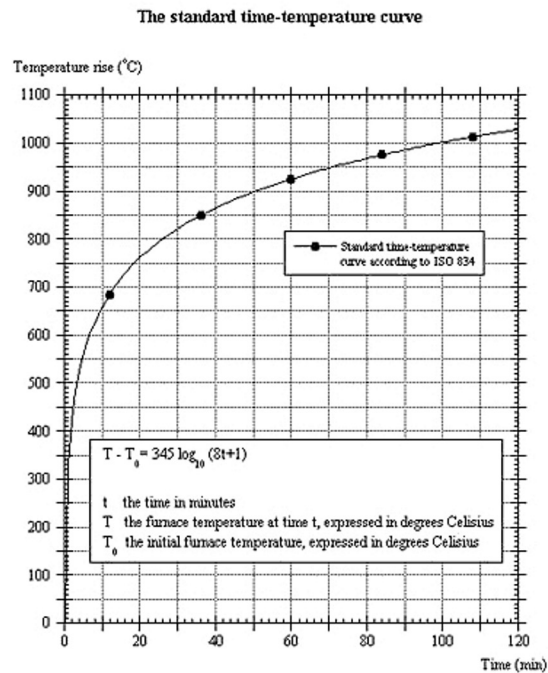
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
-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

54

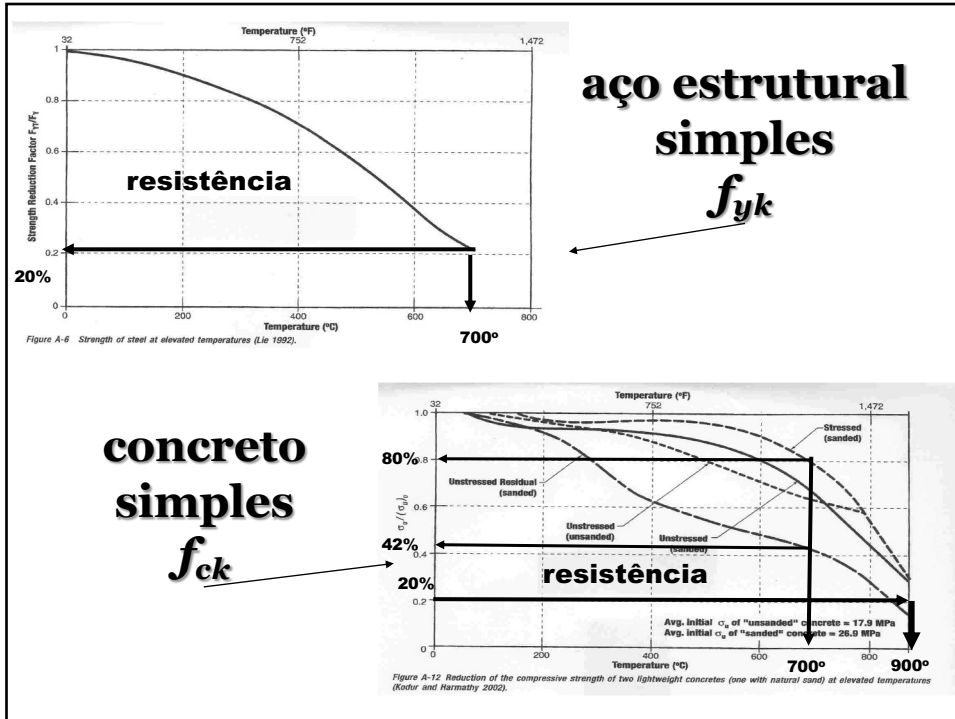
Incêndio padrão

Crescimento da temperatura

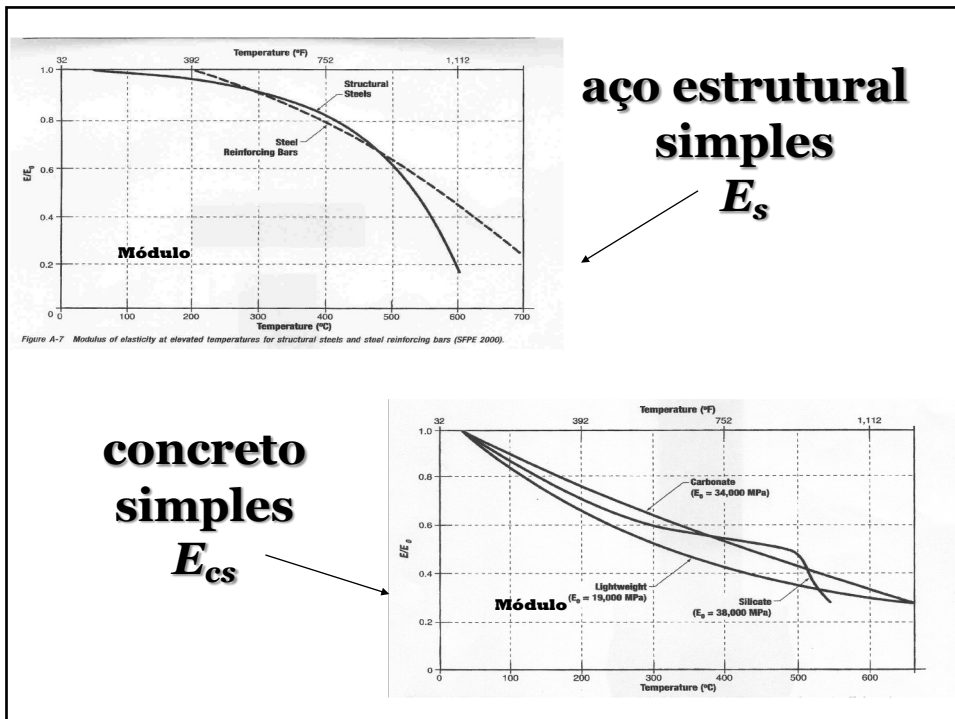
Curva ISO 834



55



57



58

Distribuição da temperatura em perfis de aço

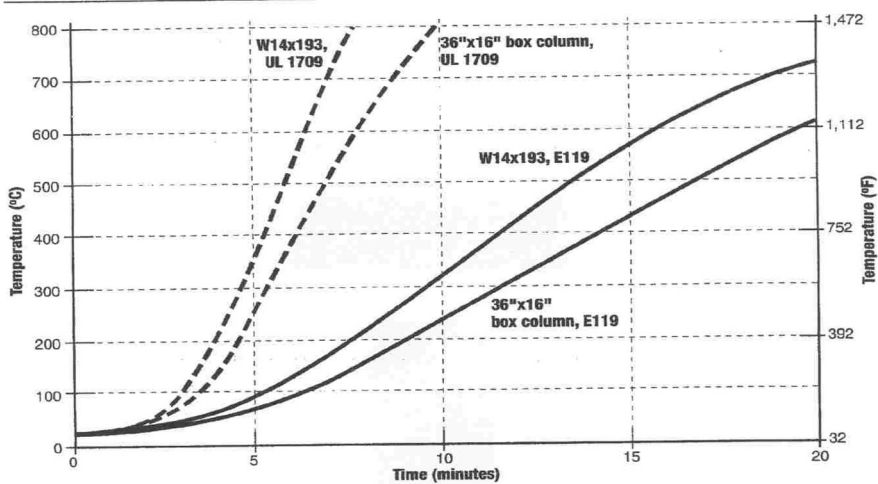


Figure A-9 Steel temperature rise due to fire exposure for unprotected steel column.

59

Distribuição da temperatura em um pilar de concreto de 50 x 50 cm



60

The Cardington Fire Test

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

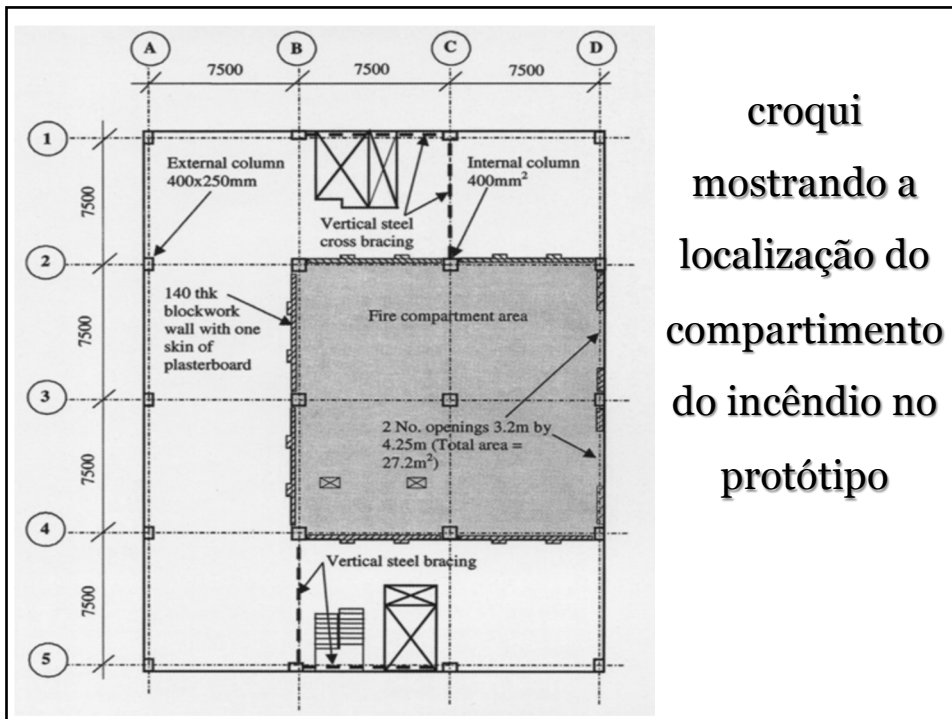
Email this article
Printer friendly page

- ✓ 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 m². 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.

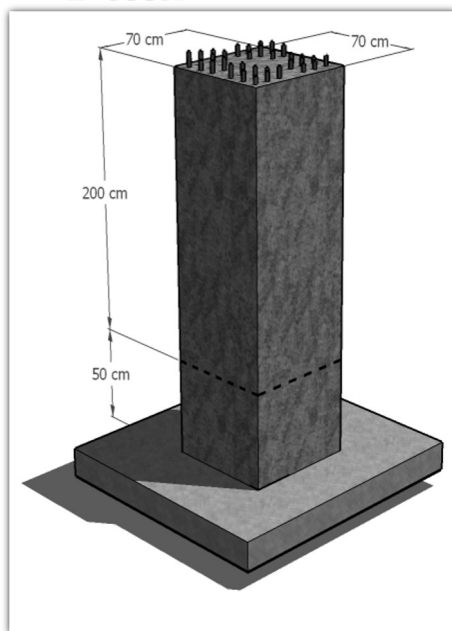
BRAZILIAN CONCRETE BACKGROUND

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 Martinelli 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 Palácio Zazuza Kogan concrete tower, the

64 DECEMBER 2003 / Concrete International

78

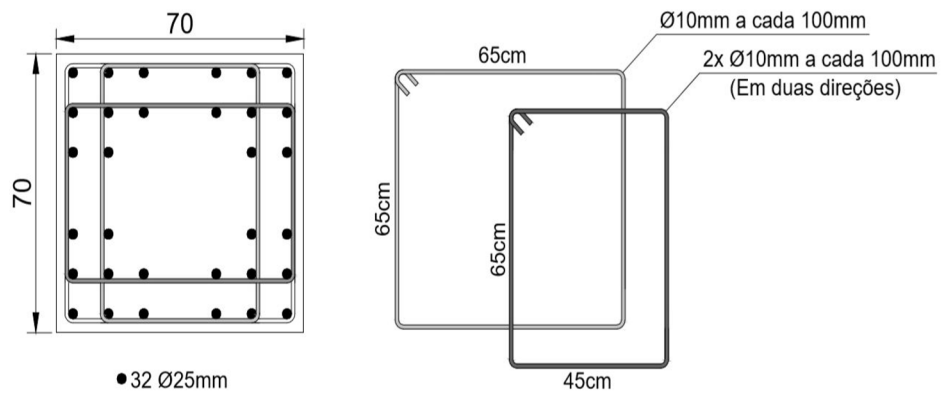
Pilar



- ✓ **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

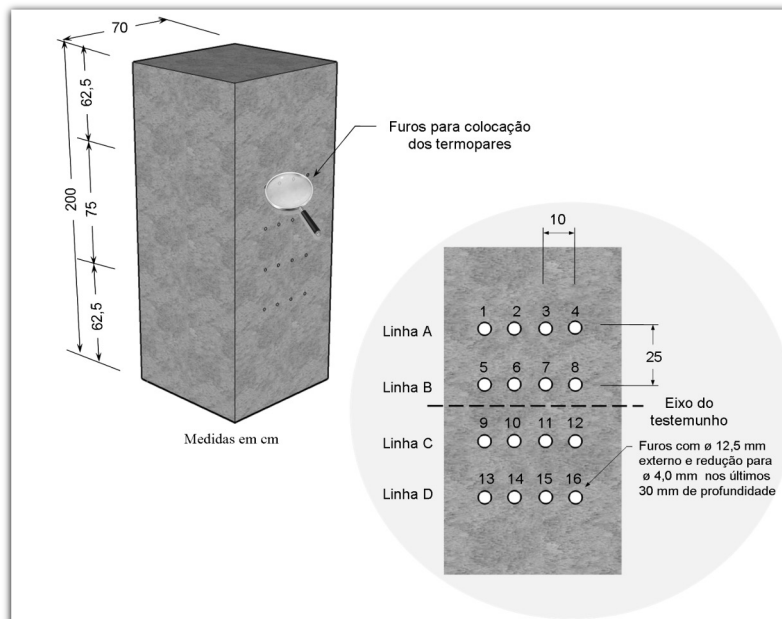


**Após 8 anos
140 MPa**



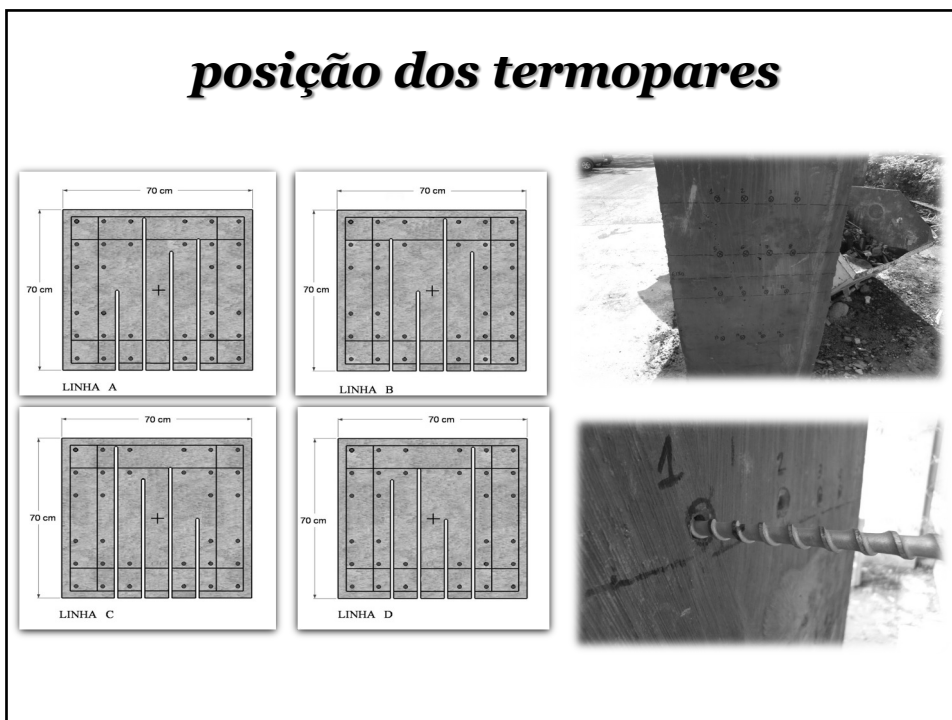
83

Esquema dos termopares



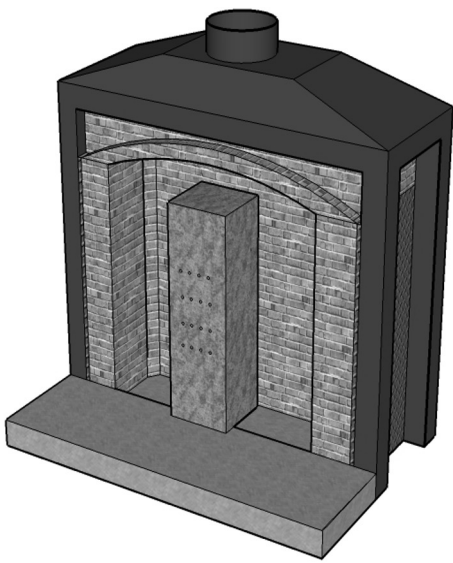
84

posição dos termopares



85

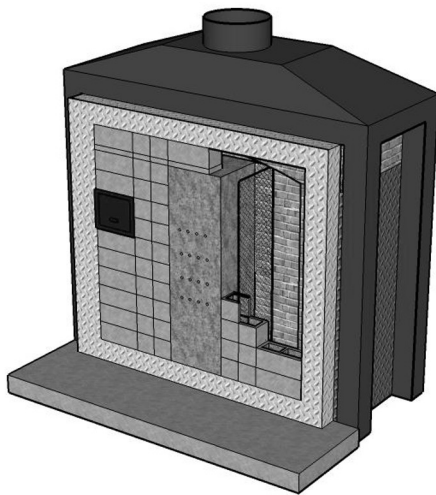
posicionamento no forno



- ✓ forno IPT (tradição)
- ✓ sem carregamento
- ✓ Exposição: 3 faces
- ✓ Curva padrão ISO 834
- ✓ Simulação: 180 minutos

86

forno de labareda a gás

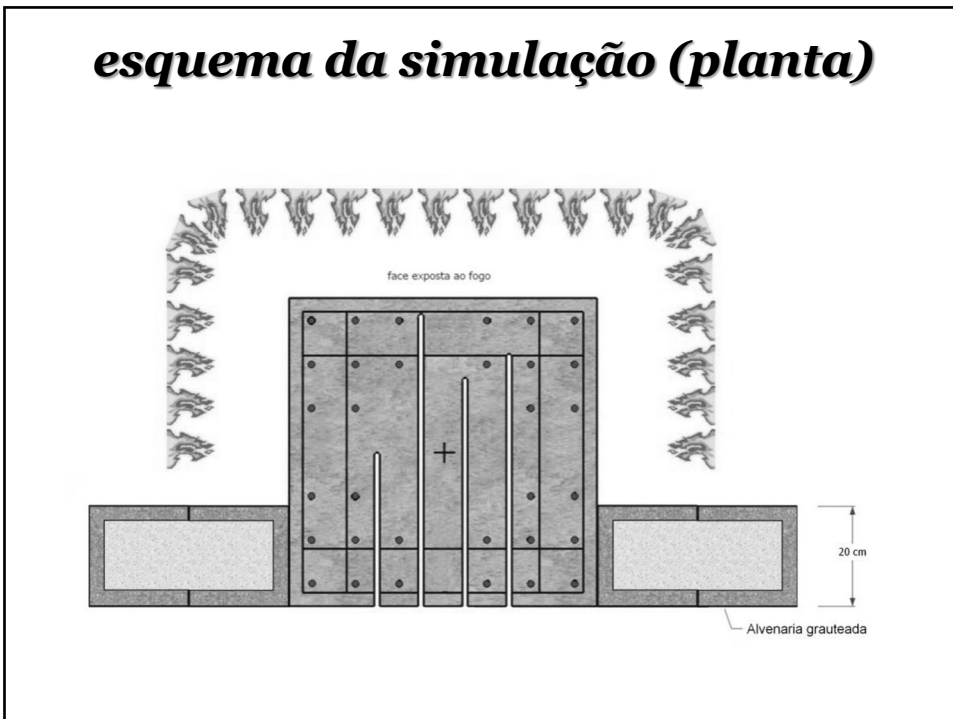


- ✓ alvenaria fechamento refratário
- ✓ gaiola de segurança
- ✓ fibra cerâmica interna
- ✓ grauteamento
- ✓ preenchimento com areia
- ✓ janelas de alívio

87

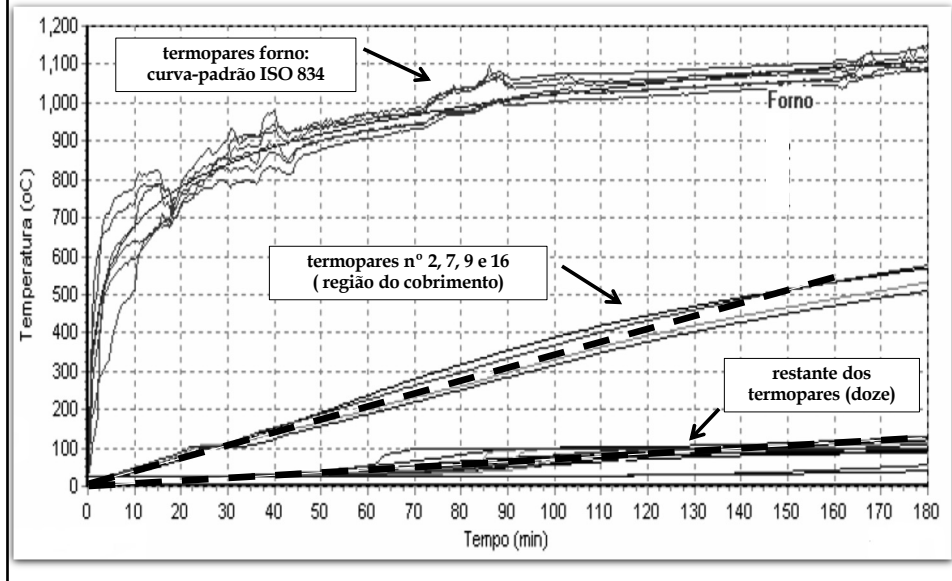


88



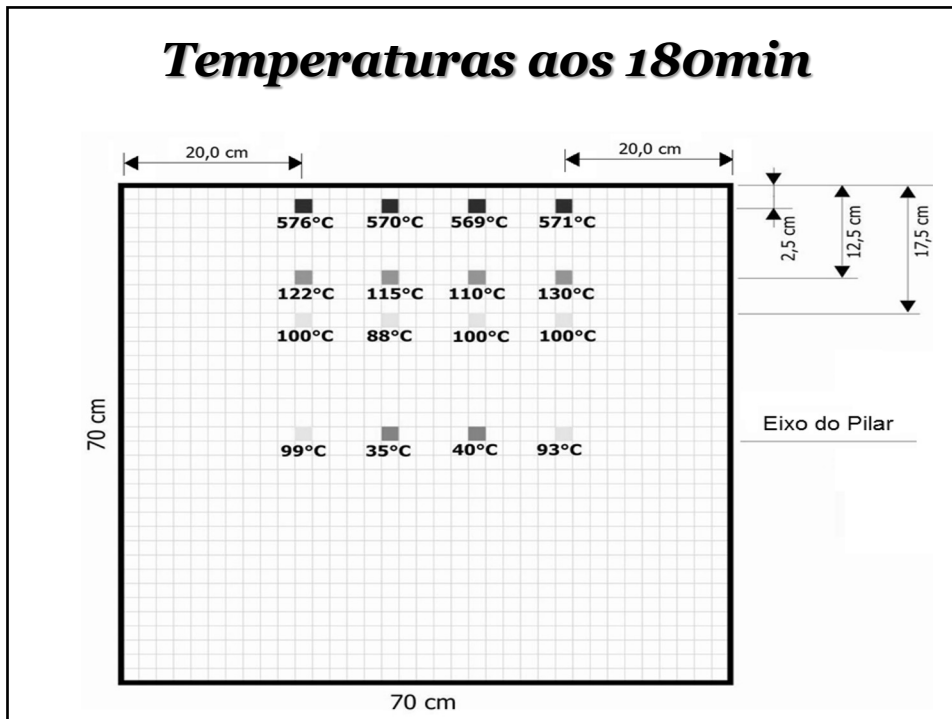
90

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



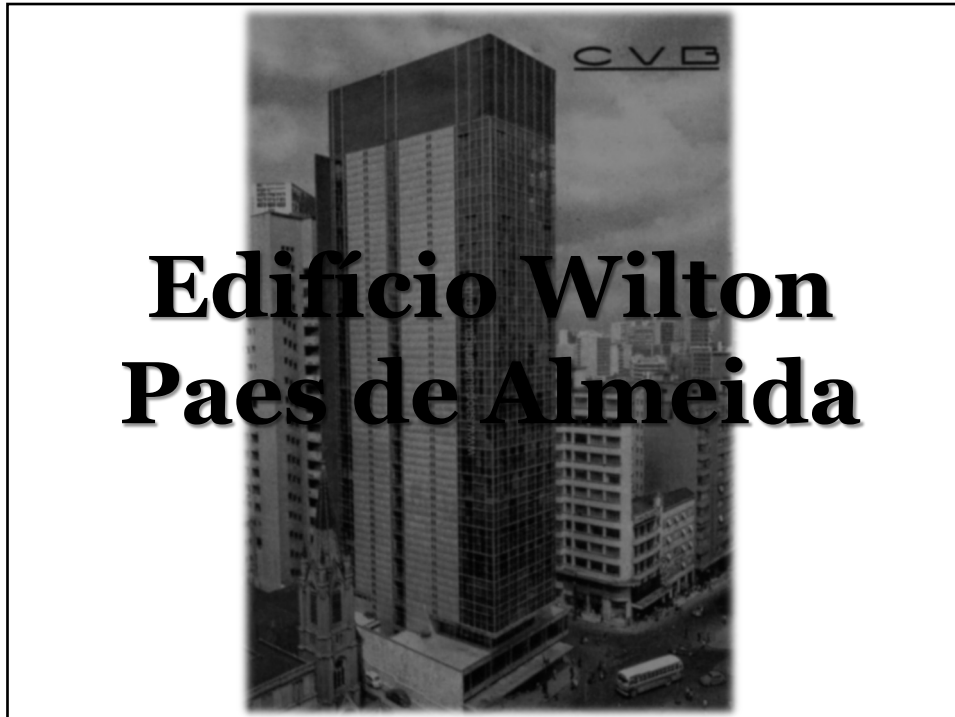
96

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)

97

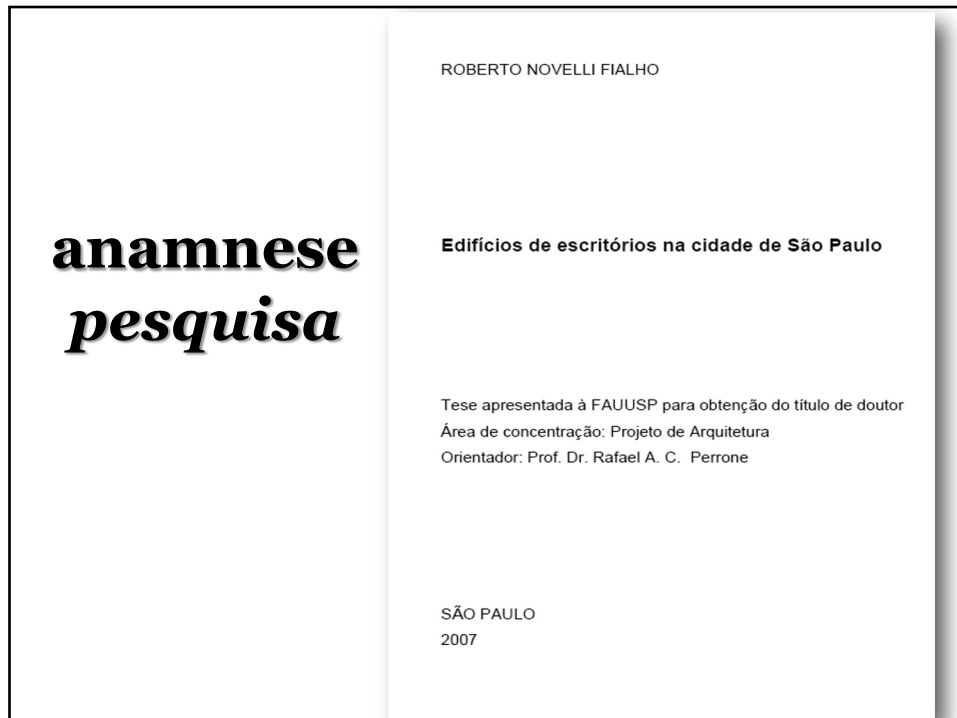


98

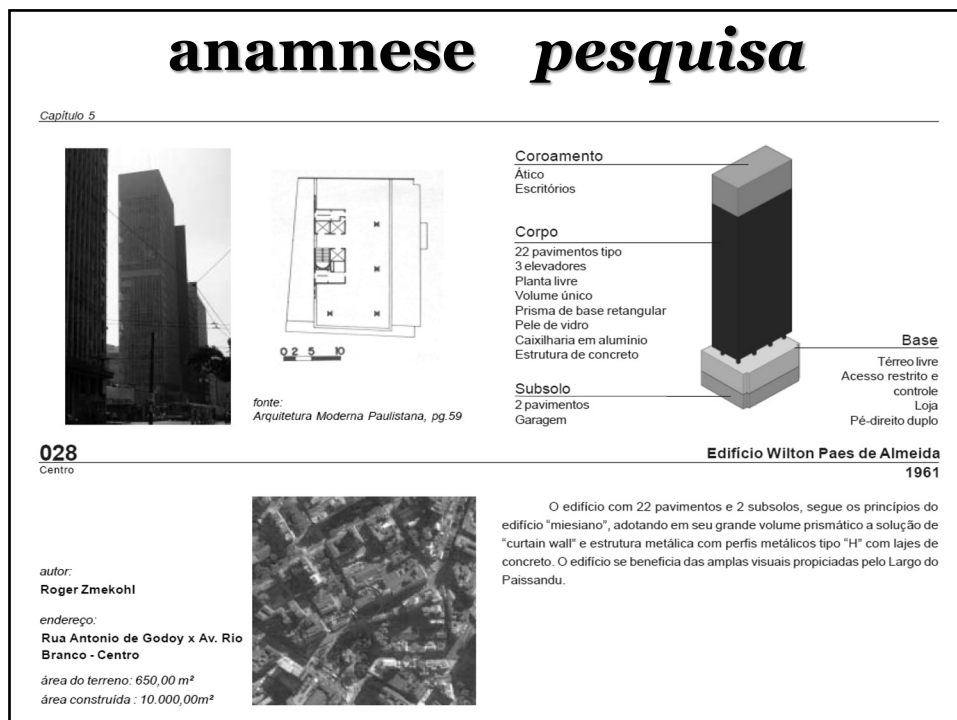
Ficha Técnica

- Projeto arquitetônico: Roger Zmekhol
- Construção: Morse & Bierrenbach
- **Projeto estrutural: ????**
- Execução: 1961 - 1965
- Andares: 24
- Área do terreno: 650 m²
- Área construída: 12.000 m²
- Tombamento: 1992
- Desabamento: 01.05.2018

99



100



101

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)

102

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

ARQUIVO

HOME PROJETO ARQUITET_S SOBRE CONTATO

Edifício Wilton Paes de Almeida

ARQUITETO: Roger Zmekohl
ANO: 1961
ÁREA DO TERRENO: 650 m²
ÁREA CONSTRUÍDA: 12.000 m²
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.

103

anamnese pesquisa



Aleiteia

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018



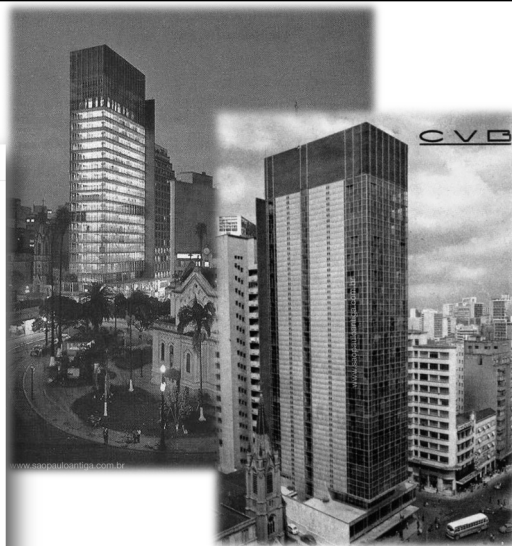
Edifício Wilton Paes de Almeida - Arquitetura

Compartilhar 511

Comentar 1

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

<https://pt.aleiteia.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

104

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 5¹ 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 m², 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.

105

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**

106

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



107

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



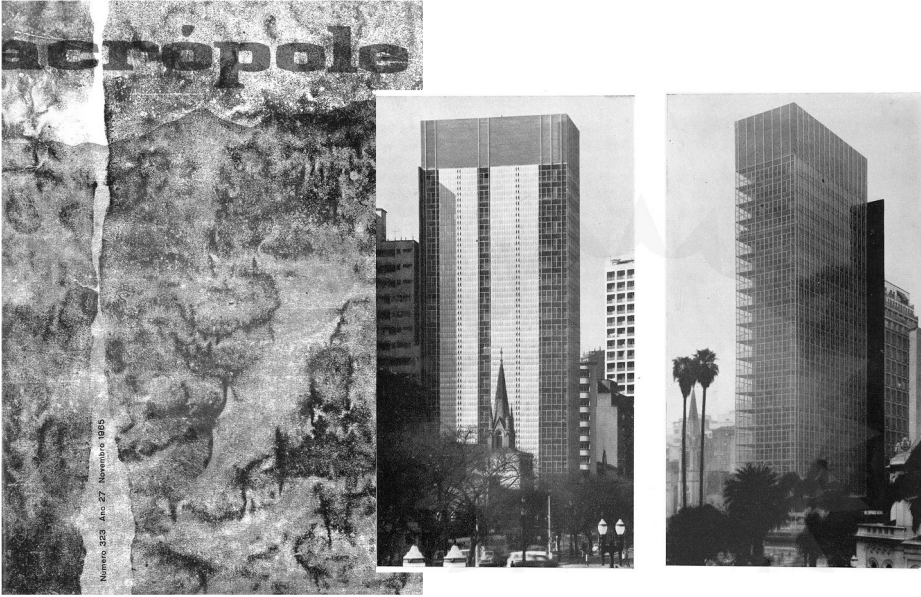
O texto e o título da reportagem foram alterados após o professor Paulo Helene, ex-presidente da Associação Latino-Americana de Patologias das Construções, ter revisado sua avaliação anterior e afirmado não ter encontrado vestígios das estruturas de metal que poderiam ter levado à queda do edifício em 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.

108

anamnese pesquisa

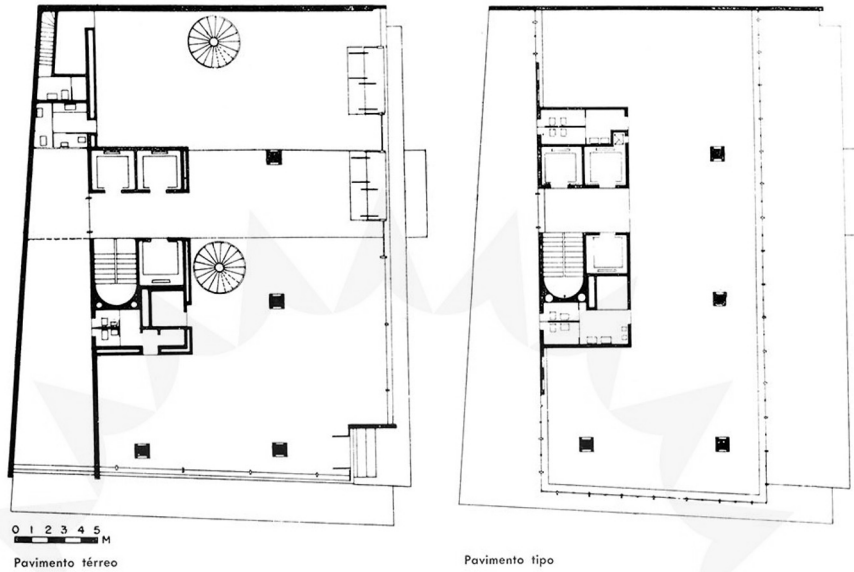
acrópole



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

109

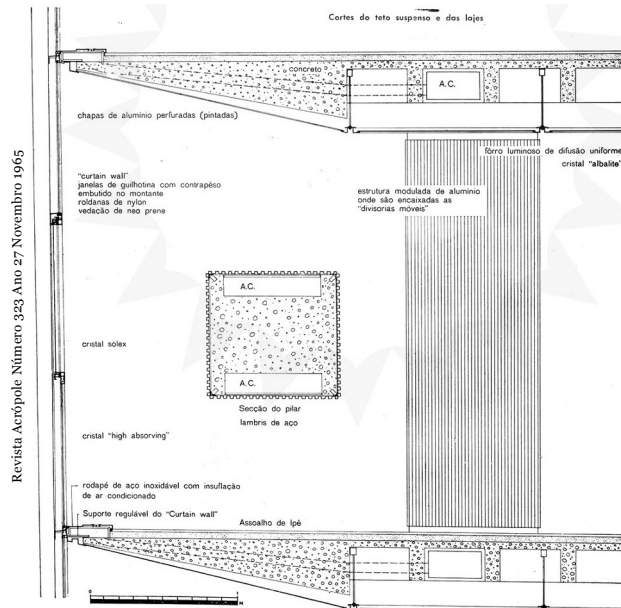
anamnese pesquisa



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

110

anamnese pesquisa



111



112



113



114



115



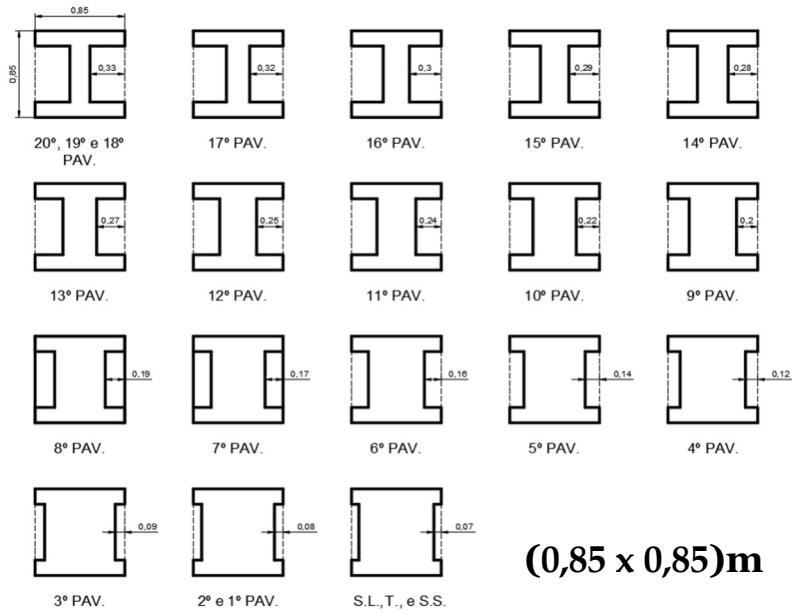
**Estruturas de madeira na casa de
máquinas**

116

***Geometria
dos pilares***

117

Variação da Seção do Pilar



118

Histórico



119

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

120

Invasão



121

Invasão



122

Invasão



123

Invasão



124

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)



125

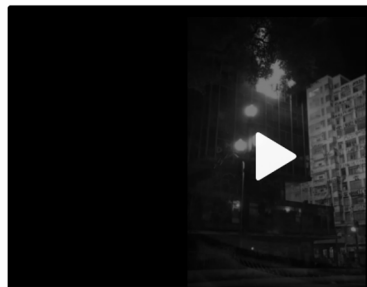
Incêndio em prédio de SP foi causado por curto-circuito em tomada no 5º andar, diz secretário

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



126

Início às 1h30 (vídeo)



127

Desabamento às 2h50 (vídeo)



128



129



130



131

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 Municipal
de São Paulo,
SPObras, Secretaria
de Infra estrutura
Urbana e IBRACON
Maio 2018**

135

coleta de amostras para ensaios



IBRACON



137

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



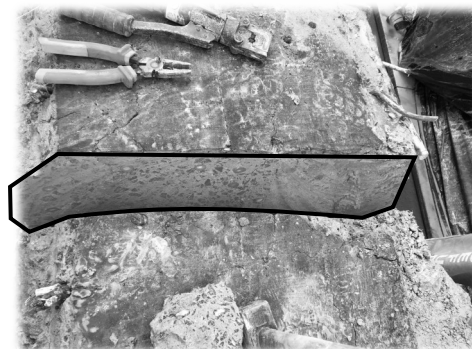
138

preparação da amostra



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

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



139

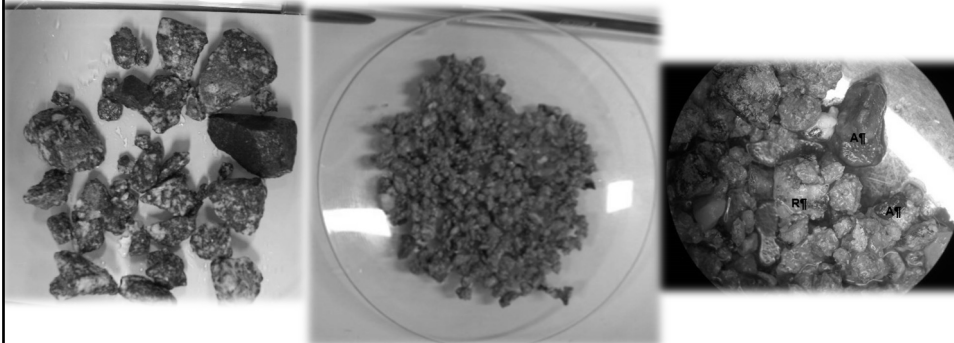
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

140

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°C ;
- agregados não estavam fissurados ou lascados

141

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

142

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 Britez
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 ³)	2,26	2,28	2,21

considerando água de hidratação igual a 0,3

→ consumo de **309 kg/m³**

143

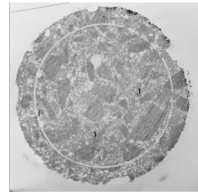
compressão



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

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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



144

tração



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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



146

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,
- ✓ ν é o coeficiente de Poisson, e
- ✓ ρ é a massa específica do concreto.

147

espessura de carbonatação



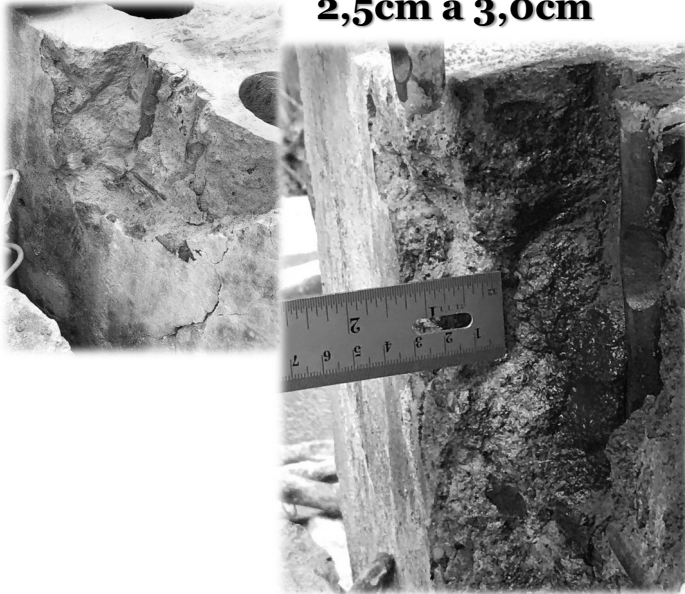
2,5cm a 3,0cm

Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

148

espessura de carbonatação

2,5cm a 3,0cm



Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

149

armadura

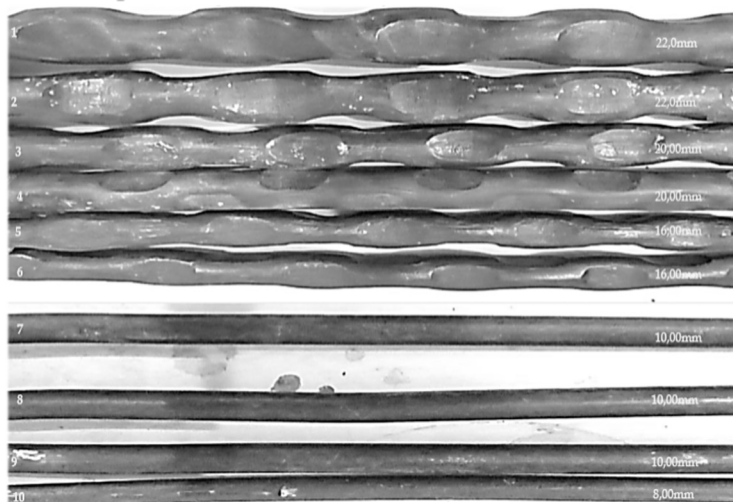
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 60

Barras transversais lisas com bitola de 10 mm

CA 32

Barras complementares lisas com bitola de 8 mm.

CA 32



Laboratórios
da
ArcelorMittal

150



151

armadura

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
"	—			—	"

152

armadura

PEÇAS DE CONCRETO ARMADO COM AÇO PERISTAHL

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

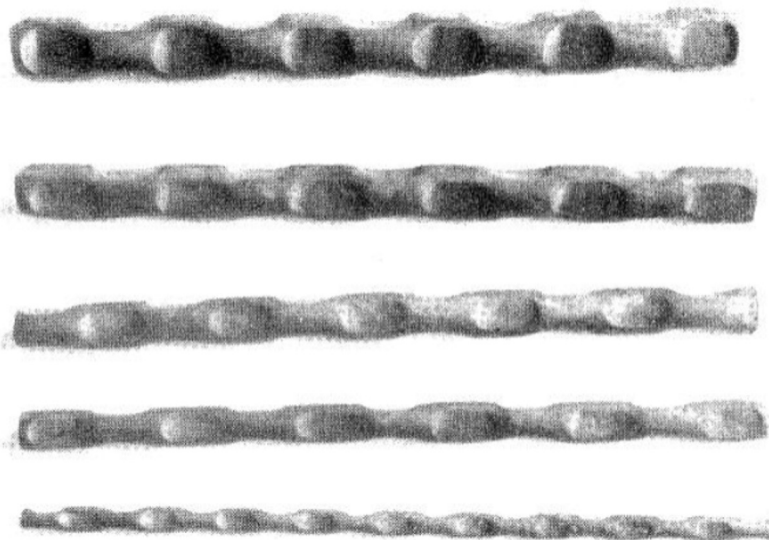
TELEMACO VAN LANGENDONCK

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.

153

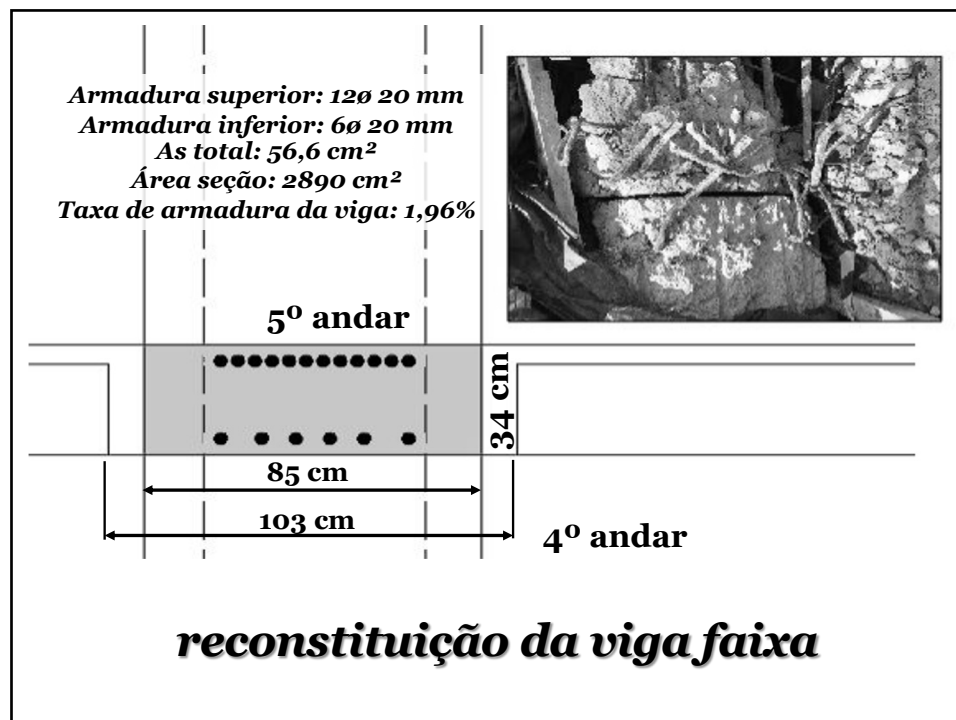
armadura



154

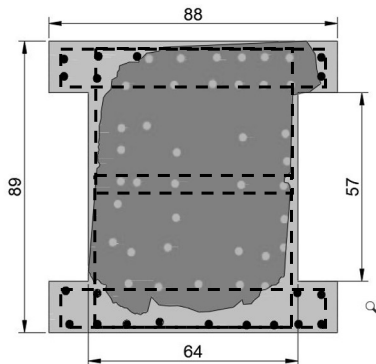
reconstituição da seção da viga faixa e do pilar

155



156

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 ϕ 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*

$< 1,0\text{cm}$

157

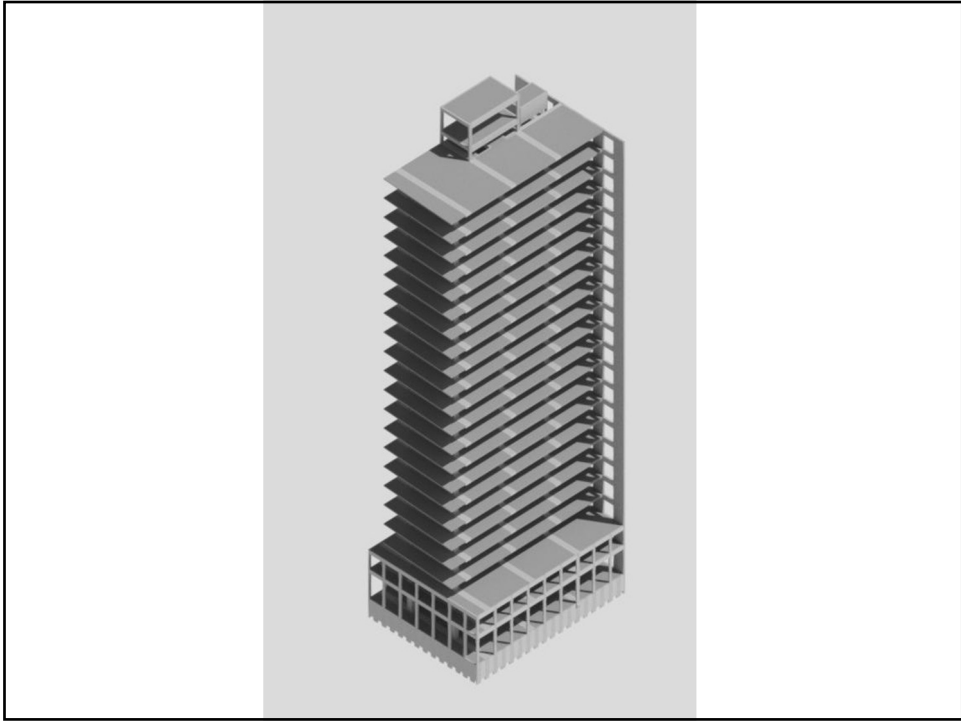
verificação estrutural

capacidade do pilar sem momentos:

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

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

162



163



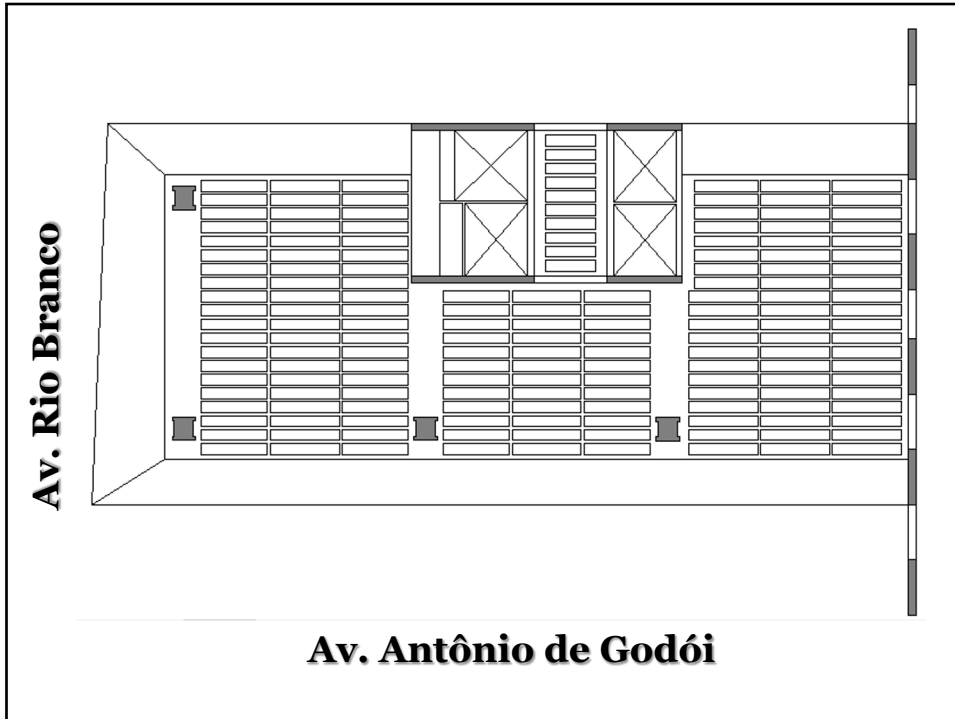
164



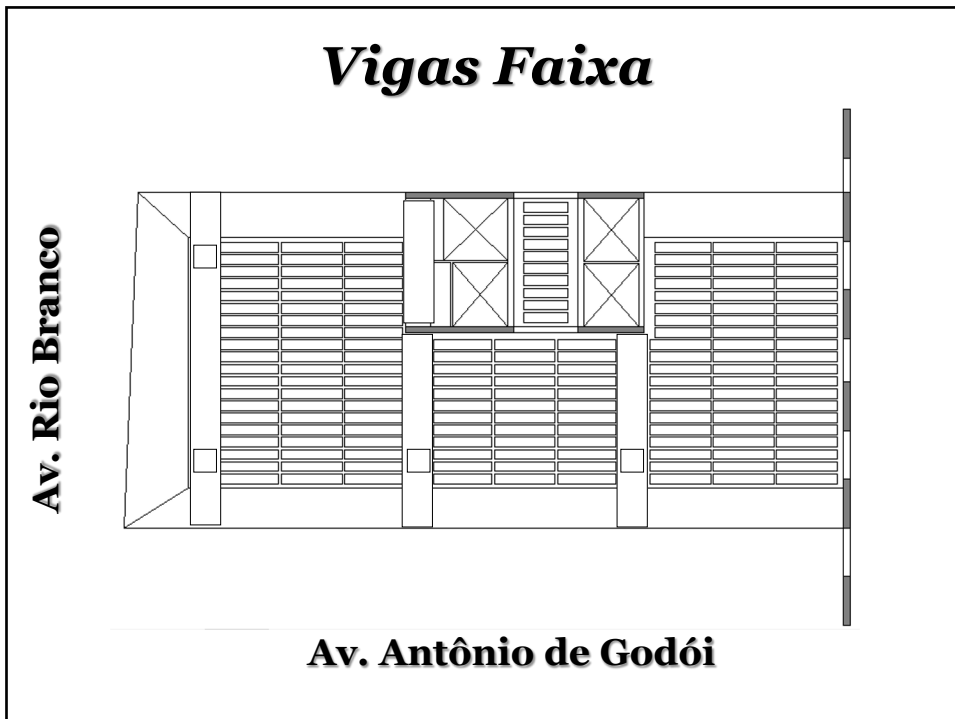
165



166



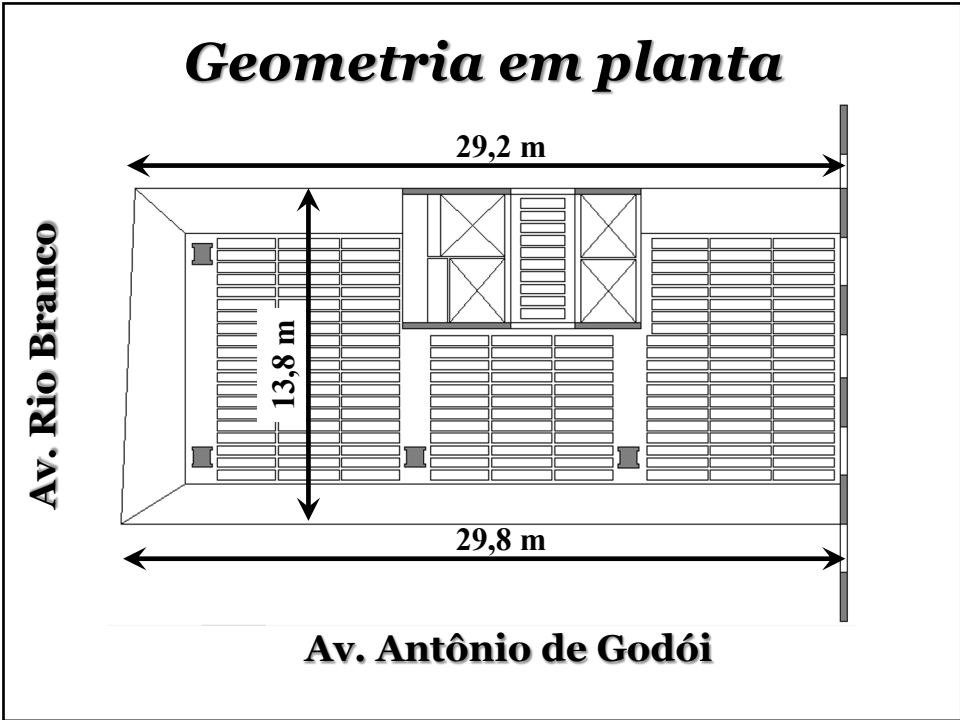
167



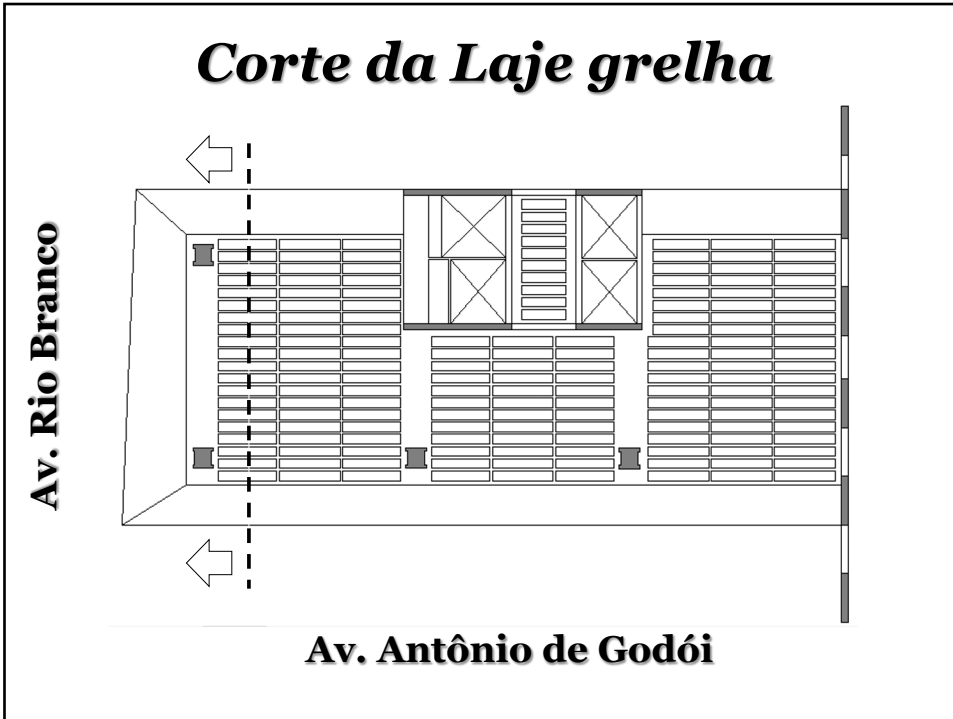
168



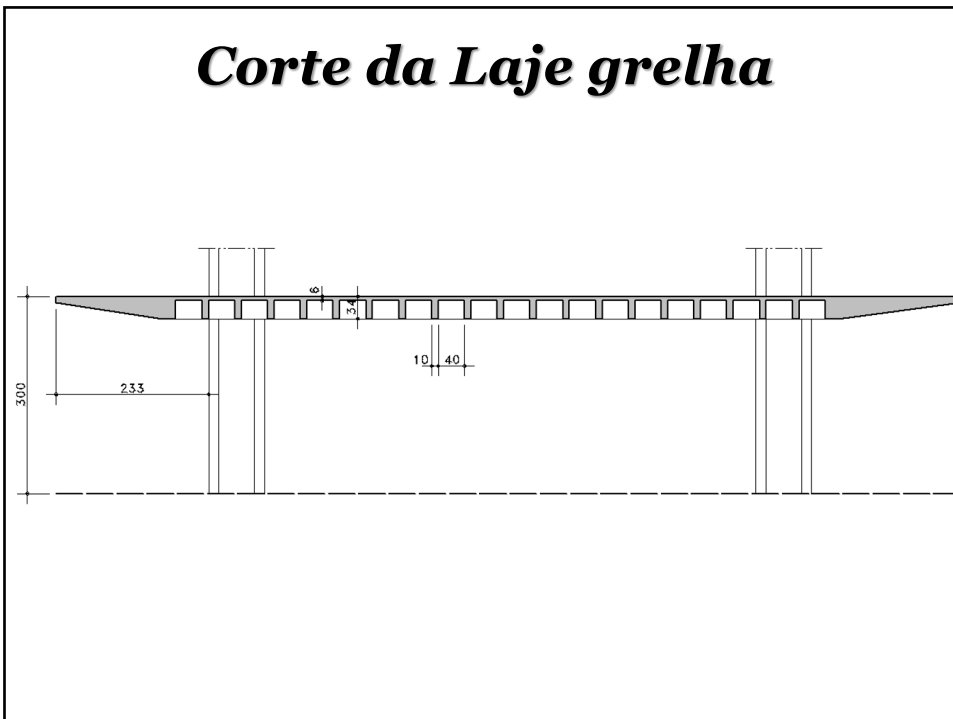
169



170



171



172

Critérios assumidos

Carga permanente: 100 kgf/m² → Baseado no revestimento existente declarado pela SPU (regularização + piso de madeira);

Sobrecarga: 150 kgf/m² → Baseado nas edificações da época e relatos da SPU;

Ferramenta de análise: CAD/TQS;

Modelo utilizado: Modelo VI (único que “convergiu”);

Adotados critérios da norma **NB-1:1978** (mais próxima a da época de projeto e também devido a geometria dos elementos estruturais);

Feito um modelo **com vento** segundo a **ABNT NBR 6123:1988** e outro modelo **sem vento** pois nessa época alguns projetistas não consideravam vento;

Feito outro modelo apenas com **variação térmica** para avaliar os deslocamentos da estrutura devido a dilatação térmica durante o incêndio;

Estabilidade Global avaliada via processo P-Delta.

173

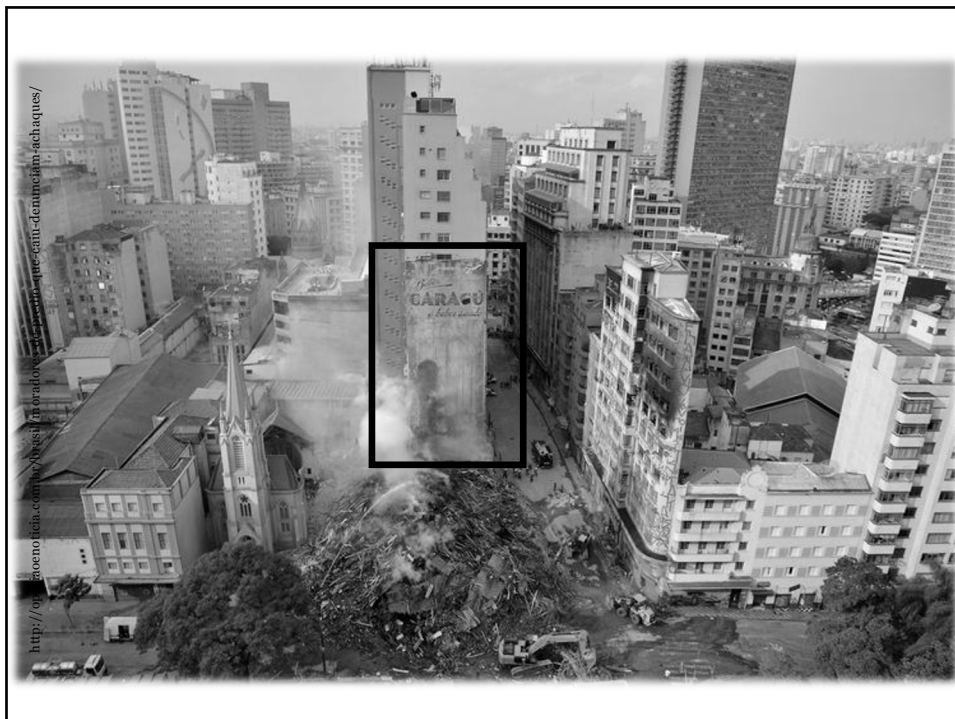
DESLOCAMENTOS ÚLTIMOS

**Modelo ELU com
variação térmica
com vento do dia
01/05/2018**

174



176



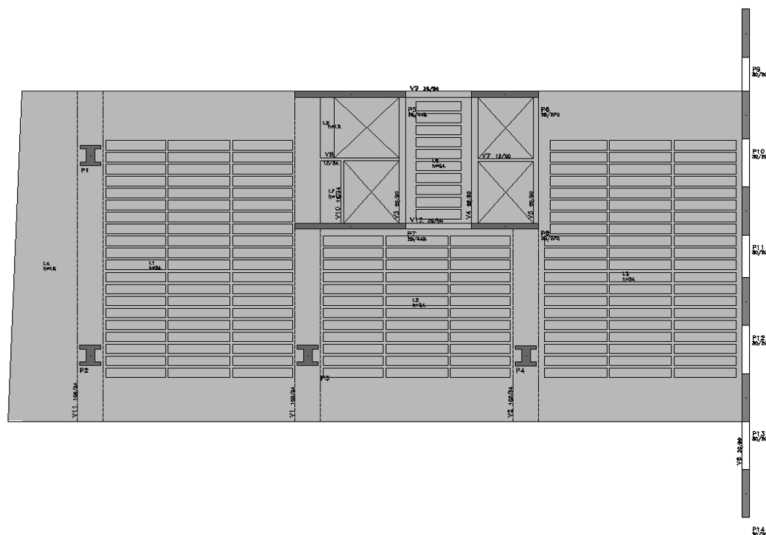
177

Carregamento térmico



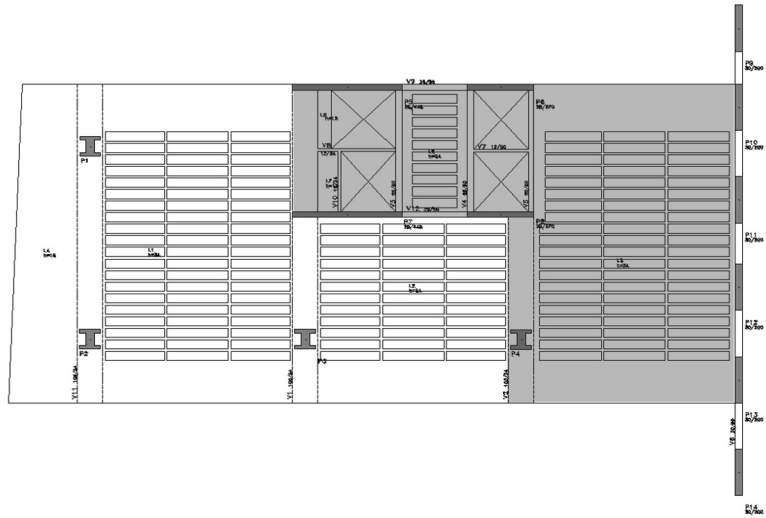
180

Carregamento térmico *Pilotis ao 10º pavimento e 18º até cobertura*



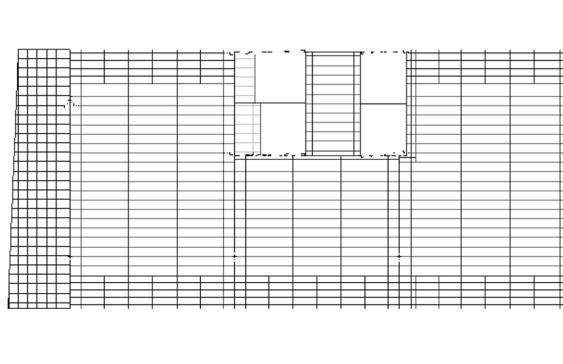
181

Carregamento térmico **11^o ao 17^o pavimento**



182

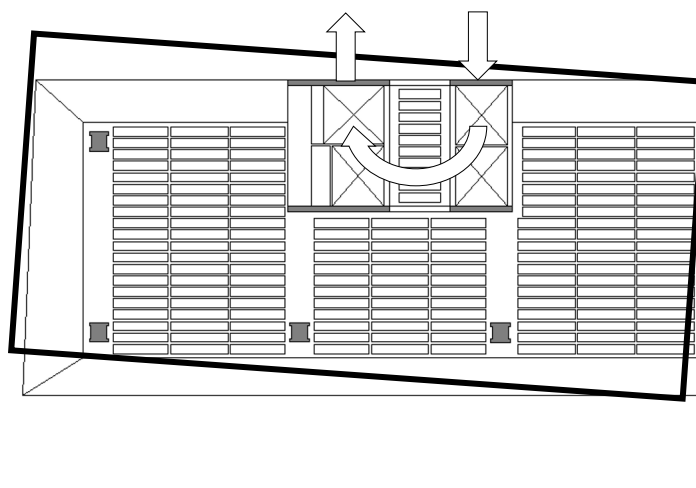
Restrição do edifício vizinho justaposto



Ed.
Caracu

184

Hipótese da mecânica do colapso



185

Variação de 200° C:

ELS -> 21 cm

ELU -> 28 cm

Variação de 500° C:

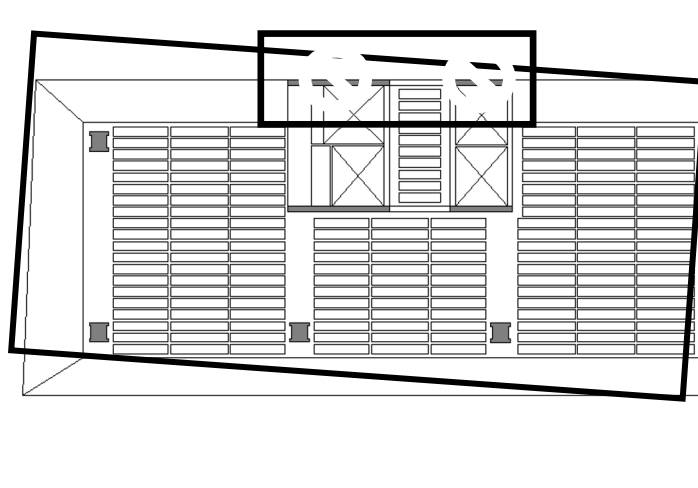
ELS -> 36 cm

ELU -> 58 cm

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

186

Hipótese da mecânica do colapso



187



191

Hipótese da mecânica do colapso



193

**Edifício
Av. Rio Branco
em frente à igreja
“pele de vidro”**



196

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 05h 45m

Geisel avalizou execuções na ditadura, diz documento

Documento de 1974 libera o governo ajuizamento que, segundo o chefe da CIA, o ex-presidente Erasmio de Góes, avalizou a continuidade de uma política de execuções na maioria de sobreviventes da ditadura militar no Brasil.

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 recorreu.

Governador de SP acelera medidas visando eleições

Em meio às eleições municipais, o governador de São Paulo, Geraldo Alckmin, acelerou a tramitação de projetos de lei que visam a agilizar o processo eleitoral. O governador também anunciou a criação de uma comissão para avaliar o sistema 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. Esses espaços serão destinados para que as pessoas possam comer com seus filhos ou levar a sua mãe.

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

Um novo modelo de aparelho de diagnóstico, desenvolvido por um brasileiro, chegou ao mercado. O aparelho é usado para medir a pressão no cérebro e é considerado uma grande inovação na área de saúde.



Luiz Carlos de Almeida, sócio da Dolly, segura cartaz durante manifestação em São Paulo. Ele é acusado de liderar esquema de fraude em impostos não pagos. Sua defesa contestou a prisão preventiva e afirmou que recorreu.



Trump e Kim se reunirão em 12 de junho. O presidente dos Estados Unidos aguarda três presos americanos libertados pelo ditador norte-coreano Kim Jong-un antes, reunião entre os líderes ocorrerá em Singapura.

SP tem 25 mil edifícios fora de regra mais dura antifogo

47% dos prédios da capital paulista foram construídos antes de incidir no Joísmo (1974), que levou a mudanças nas normas

De todos os prédios de São Paulo, 47% foram construídos antes de incidir no Joísmo (1974), que levou a mudanças nas normas de segurança contra incêndios. Isso significa que mais de metade dos edifícios da cidade não foram projetados para atender às exigências atuais de segurança. O Joísmo foi uma tragédia que resultou na morte de mais de 200 pessoas em um edifício comercial em São Paulo. Desde então, foram implementadas várias medidas para melhorar a segurança dos edifícios, incluindo a criação de normas mais rigorosas para a construção de prédios.

cotidiano FOLHA DE S.PAULO

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 Joísmo, 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?

199

Lições aprendidas (medidas)

- 1. Projeto Executivo Arquitetura (Prefeitura);**
- 2. Projeto Executivo Estrutural ou projeto “as built” no (*Habite-se*);**
- 3. Inspeção Periódica;**
- 4. Proteção Passiva e Ativa obrigatória;**
- 5. Redundância & Robustez no projeto**

200

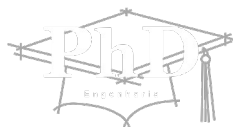
Obrigado !

Prof. Alfonso Pappalardo Júnior
Eng. Alio Ernesto Kimura
Geol^a. 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 Brites
Sr. Cesar Augusto dos Santos
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
Eng. Jefferson Dias de Souza Junior
Eng^a. 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^a. Magda Salgueiro Duro
Sr. Matheus Moreira
Sr. Mauricio Brun Bucker
Perita Mônica Bernardi Urias
Sr. Nelson Candido Rosa
Major Oscar Samuel Crespo
Prof. Oswaldo Cascudo
Eng. Me. Pedro Bilesky
Dr. Rogério Cattelan de Lima
Sr. Ronald M. Nascimento
Prof. Sérgio Lex
Prof. Simão Prizskulnik
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

201

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

paulo.helene@concretophd.com.br

www.concretophd.com.br

www.phd.eng.br

55.11.2501.4822

55.11.9.5045.4940

202