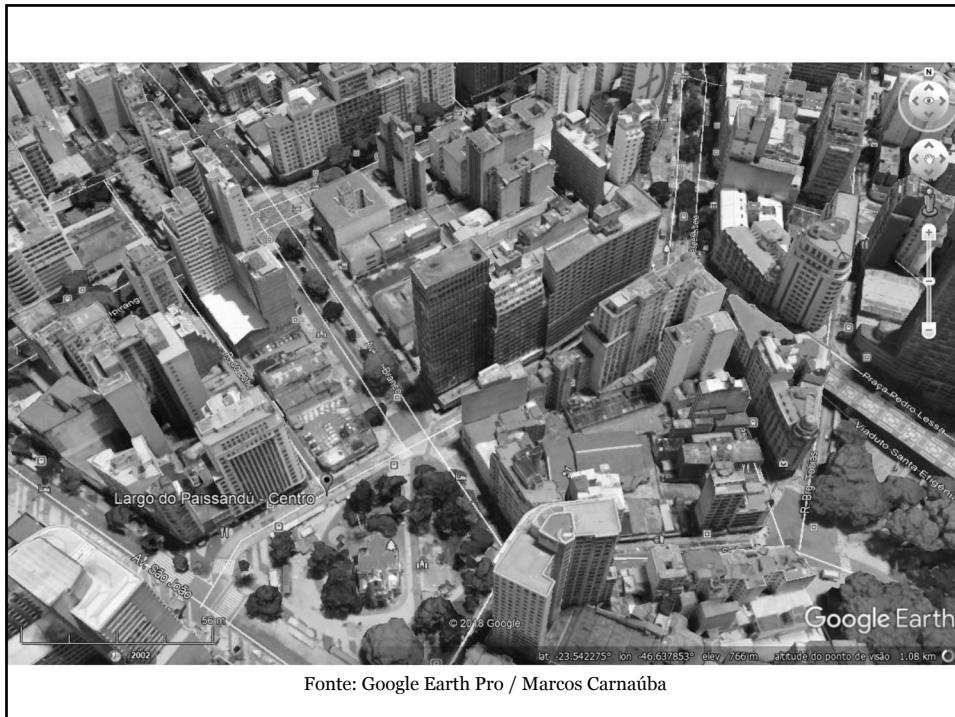
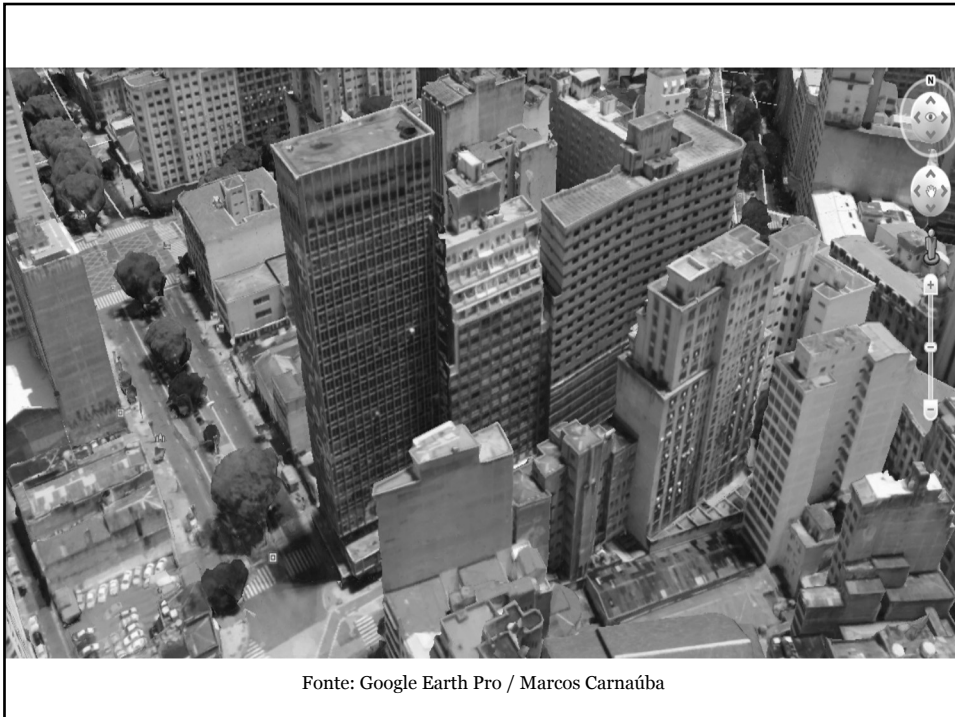




1



2



Fonte: Google Earth Pro / Marcos Carnáuba

3



Fonte: Google Earth Pro / Marcos Carnáuba

4

G1 MUNDO Q 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](#) [v](#) [l](#) [p](#)



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

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

5

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?

6

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

7

SPObras

TERMO DE COOPERAÇÃO

SÃO PAULO OBRAS – SPObras, situada na Rua Av. São João nº 473, 21º andar, São Paulo/SP, inscrita no CNPJ sob o nº 11.958.828/0001-73, representada neste ato por seu Presidente Sr. MAURICIO BRUN BUCKER, brasileiro, casado, engenheiro civil, portador da cédula de identidade RG nº 13033192, e do CPF/MF nº 043.075.868-59, doravante denominada SPObras, e o INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON, situado na Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro nº 68, Jd. Olímpia, São Paulo/SP, inscrito no CNPJ sob o nº 43.367.754/0001-97, neste ato representado por seu Diretor Presidente Sr. JÚLIO TIMERMAN, doravante denominado IBRACON,

CONSIDERANDO:

- O incêndio ocorrido no dia 01 de maio de 2018, no Prédio Wilton Paes de Almeida – Av. Rio Branco esquina com a Rua Antônio de Godói, que causou o seu desmoronamento;
- A necessidade de realização de estudos laboratoriais do concreto do referido Prédio, retirados do local do incêndio no dia 04 de maio de 2018, para diagnosticar as causas do incêndio e desmoronamento do Prédio;

RESOLVEM as Partes firmar o presente Termo de Cooperação com os parâmetros a seguir estabelecidos:

CLÁUSULA PRIMEIRA – DO OBJETIVO

O presente Termo de Cooperação é firmado com o intuito viabilizar o estudo do comportamento dos materiais na edificação sinistrada – Prédio Wilton Paes de Almeida – Av. Rio Branco esquina com a Rua Antônio de Godói, cuja análise cabe ao IBRACON.

CLÁUSULA SEGUNDA – DOS ESTUDOS LABORATORIAIS

Para os fins deste Termo, fica assegurado ao IBRACON, mediante comunicação prévia à SPObras, o acesso ao local do sinistro para retirada dos

8

Concreto Armado: como começou? *propaganda da época*

patente na Bélgica
do concreto
armado em
8 agosto de 1892



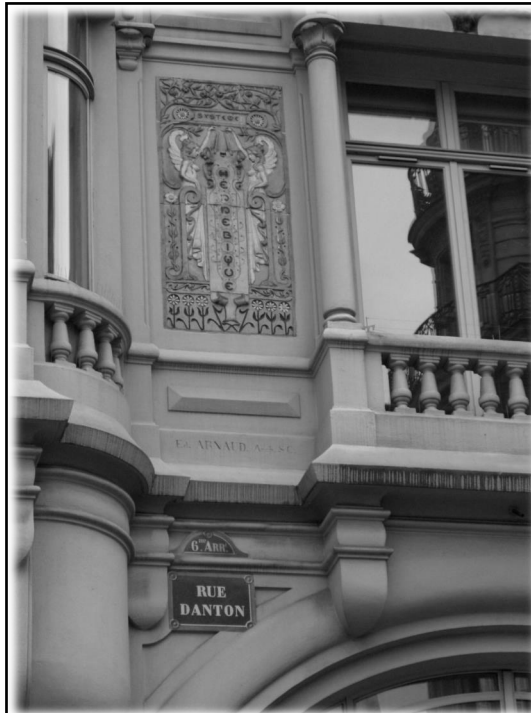
**François
Hennebique**
1842-1921 (78 anos)

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

9



Système Hennebique

Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.900
30m

$f_{ck} = ?$
119 anos !

*edifício em concreto
armado mais antigo do
mundo*

10



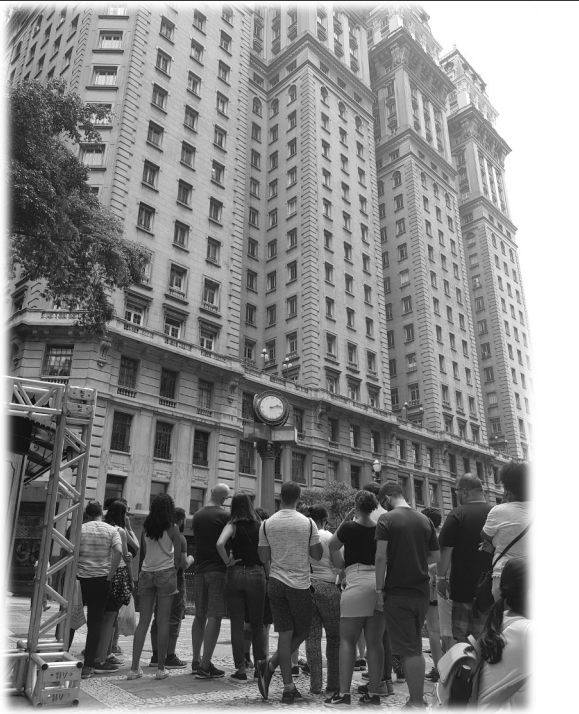
11

Edifício Martinelli

1929

record mundial

106 m altura



12

Mortes em situação de Incêndio

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

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

13

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

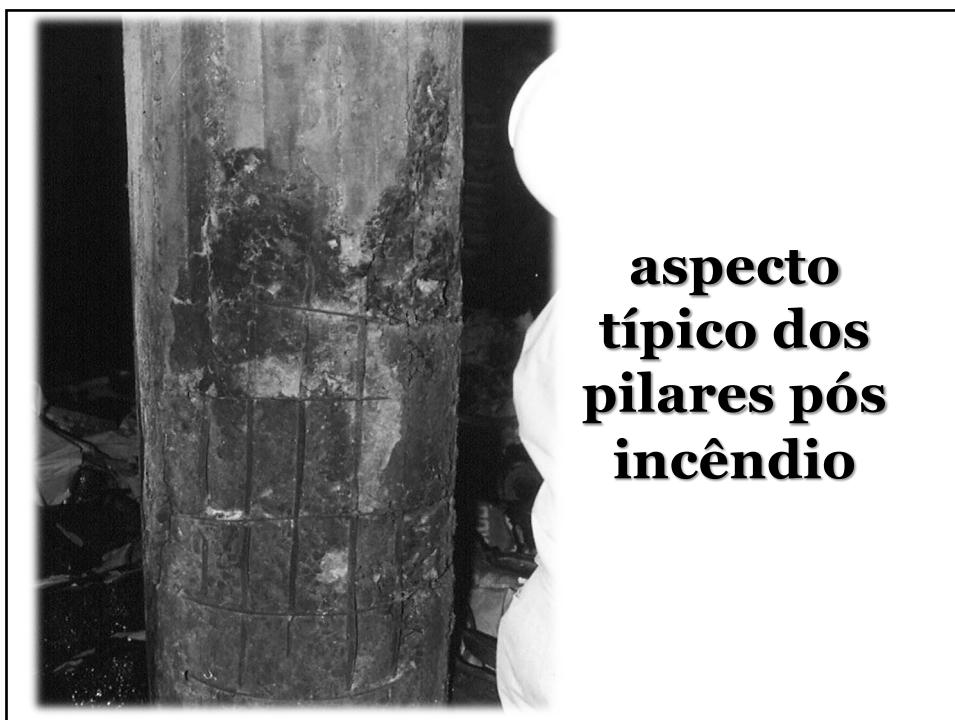
15



16



17



**aspecto
típico dos
pilares pós
incêndio**

18



19



20



Edifício JOELMA

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

**26 andares
10 andares de garagem
+ 15 andares de escritórios
90 m altura**

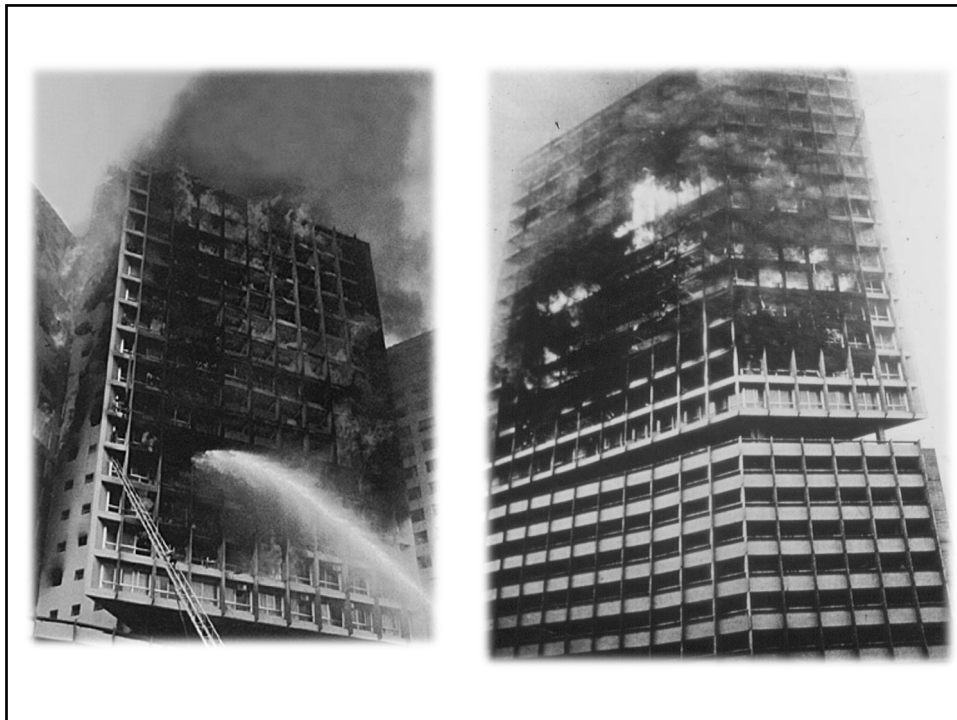
Construção: 1969-1971

Incêndio: 1 Feb. 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
80 m altura

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



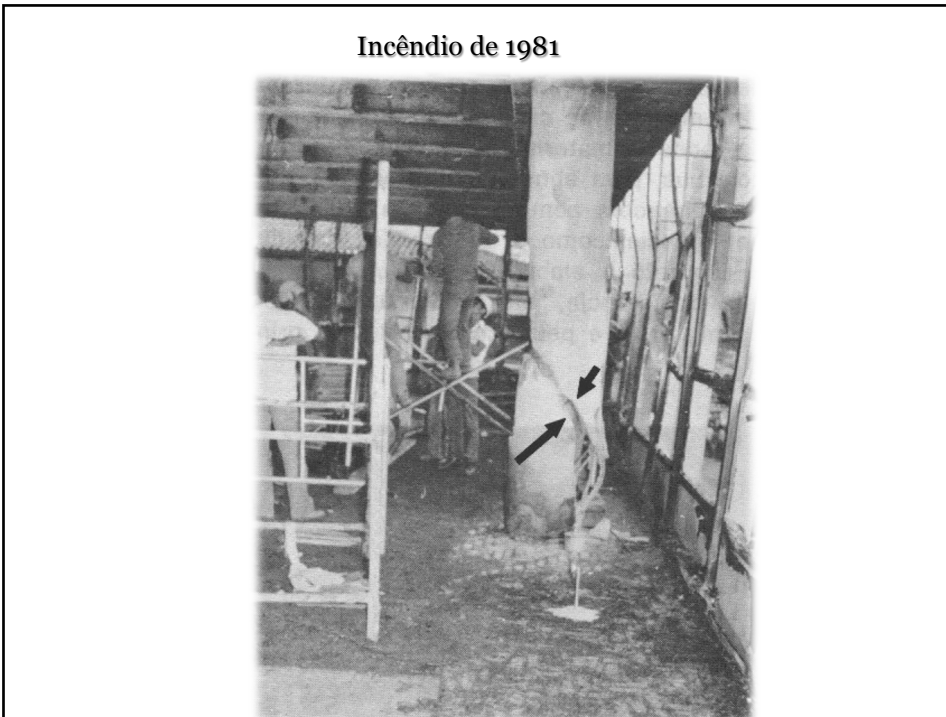
24

Incêndio de 1981



25

Incêndio de 1981



26



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***

27



https://pt.wikipedia.org/wiki/Inc%C3%AAndio_no_edif%C3%ADcio_da_CESP

28



<https://pt.slideshare.net/macielshirlene/incndios-top-10>

29



<https://pt.slideshare.net/macielshirlene/incndios-top-10>

30



31



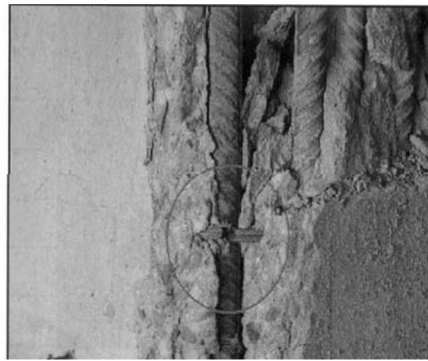
32



33



34



“ 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.

35



Parque Central Torre Torre Leste

**Caracas, Venezuela
2004**

**Estrutura de concreto
armado**

221 m, 56 andares

Construção: 1979

Incêndio: 17.10.2004

**Duração: 20h
Zona sísmica: IV**

**concreto não colapsou
recuperado e em uso**

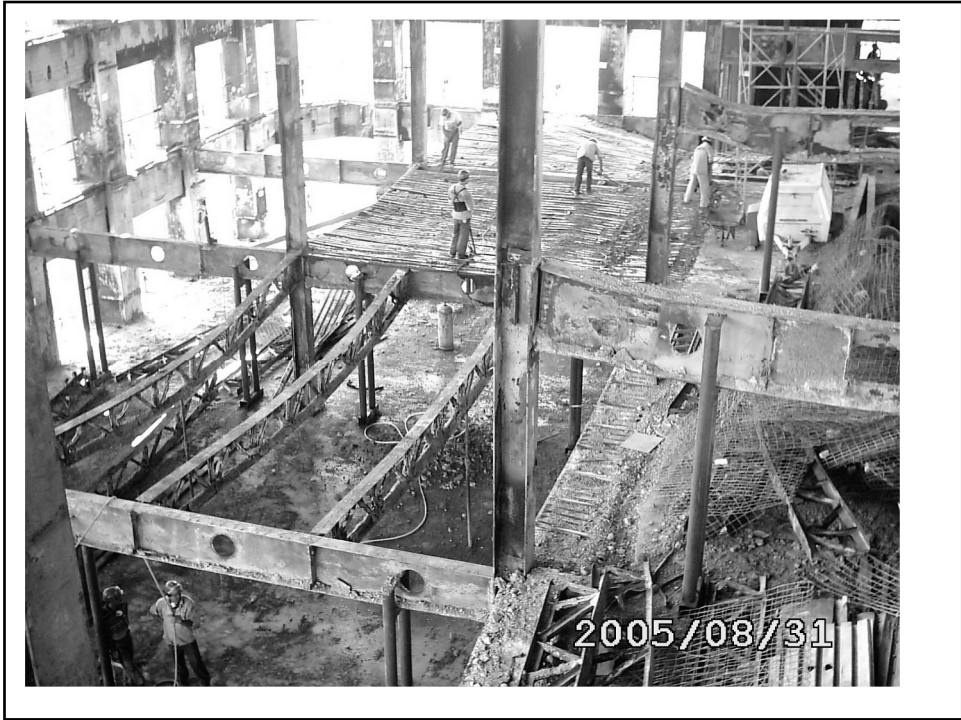
36



37



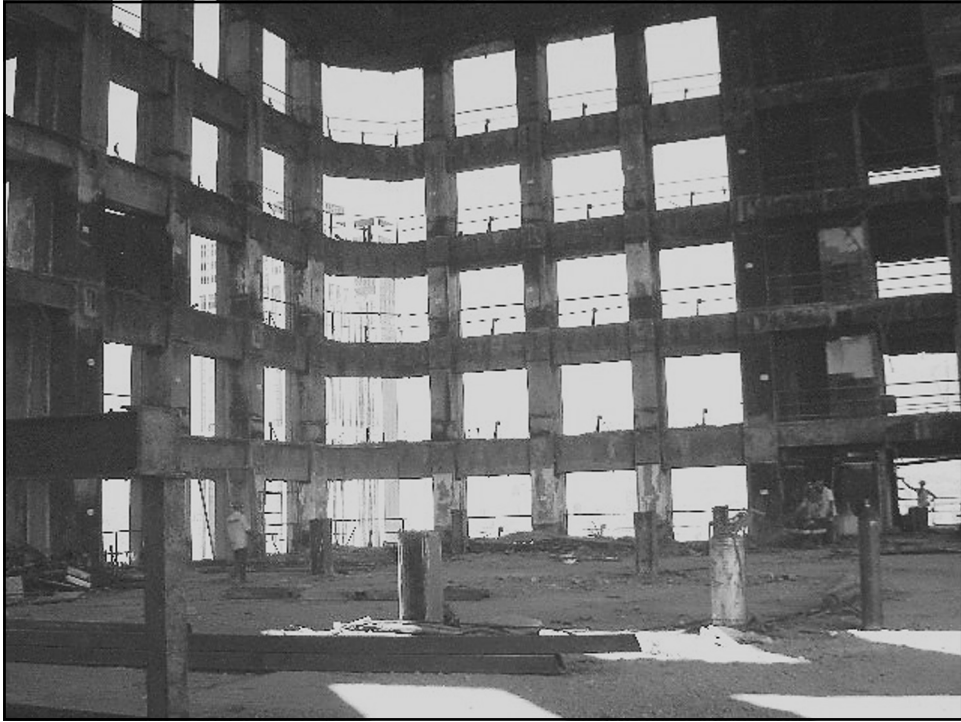
38



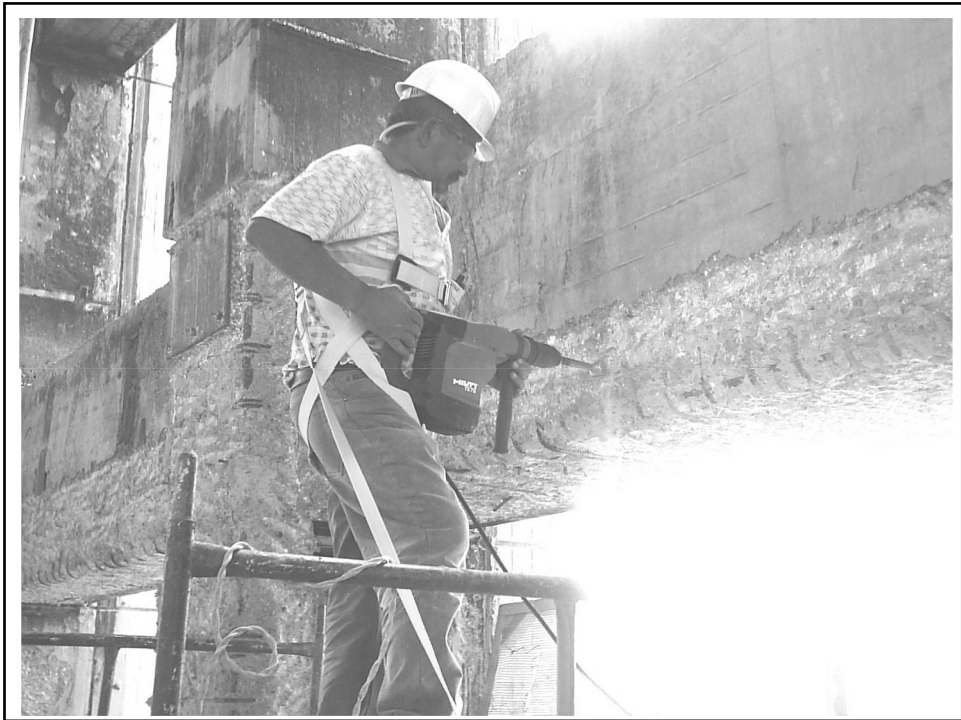
39




40



41



42



World Trade Center

Nova Iorque, EUA
2001

Estrutura Metálica
110 andares 6 subsolos
415 m altura

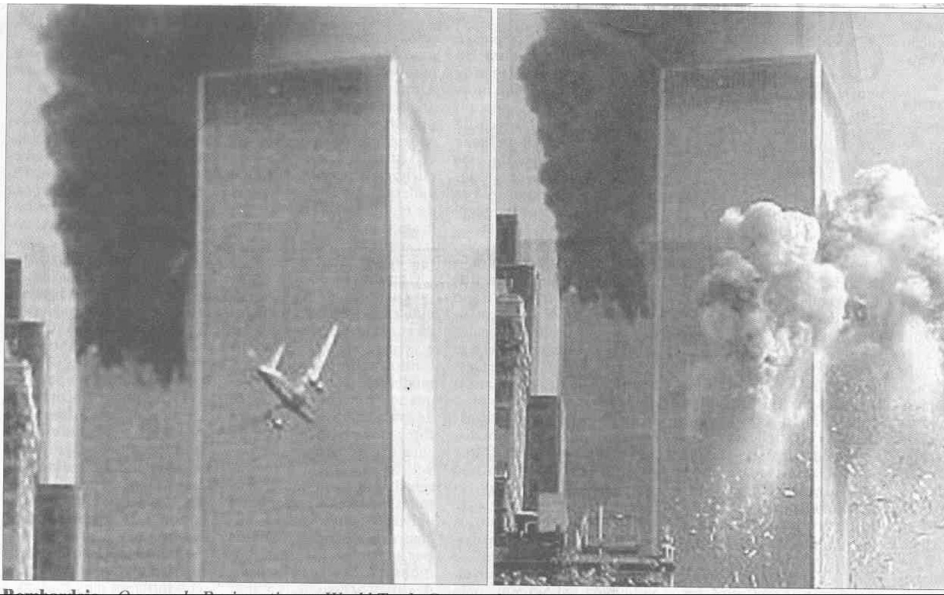
Construção: 1966 a 1973

Incêndio: 11 Set. 2001

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

colapsaram

43



11 de Setembro de 2001

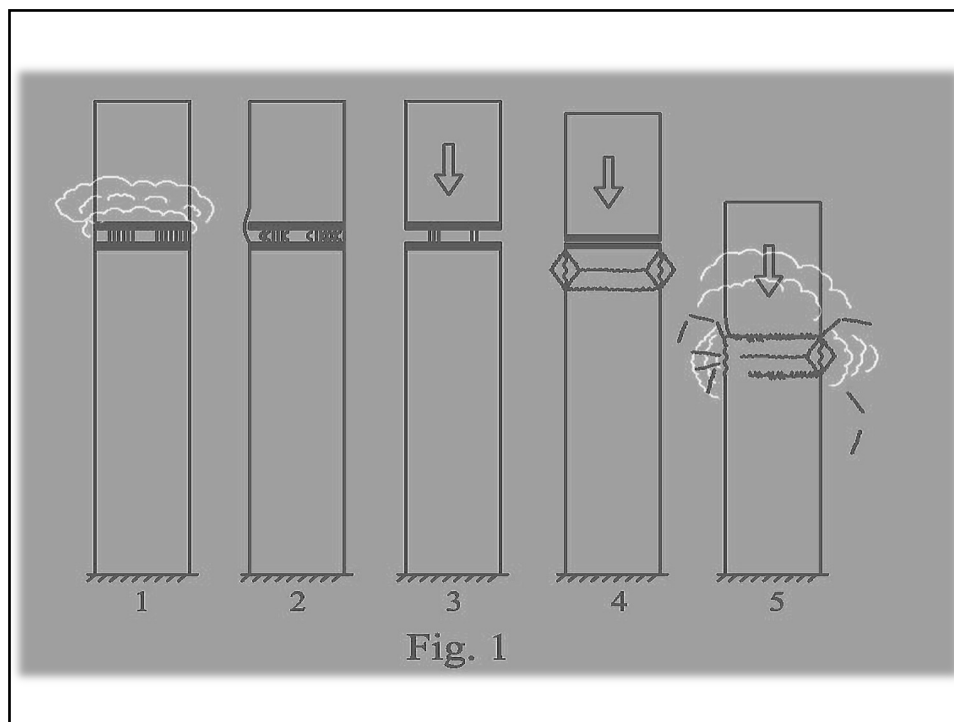
44

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

45



46

Normalização nacional

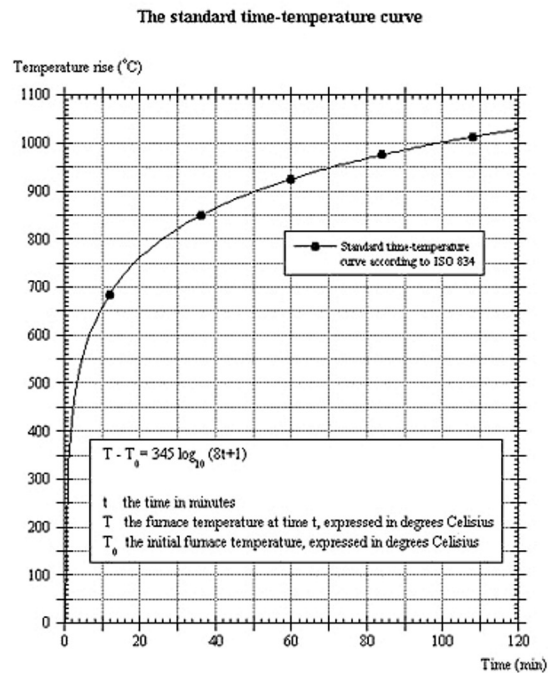
- **ABNT NBR 5628:2001**
Componentes construtivos estruturais – determinação da resistência ao fogo
- **ABNT NBR 14432:2001**
Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento
- **ABNT NBR 15200:2012**
Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio
-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

47

Incêndio padrão

Crescimento da temperatura

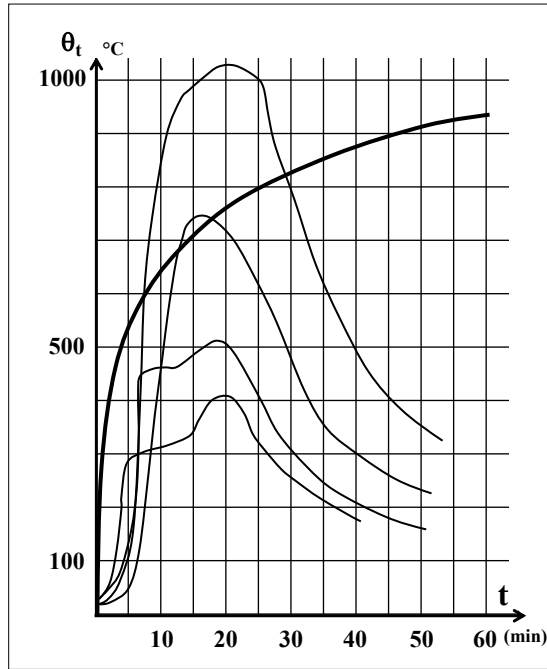
Curva ISO 834



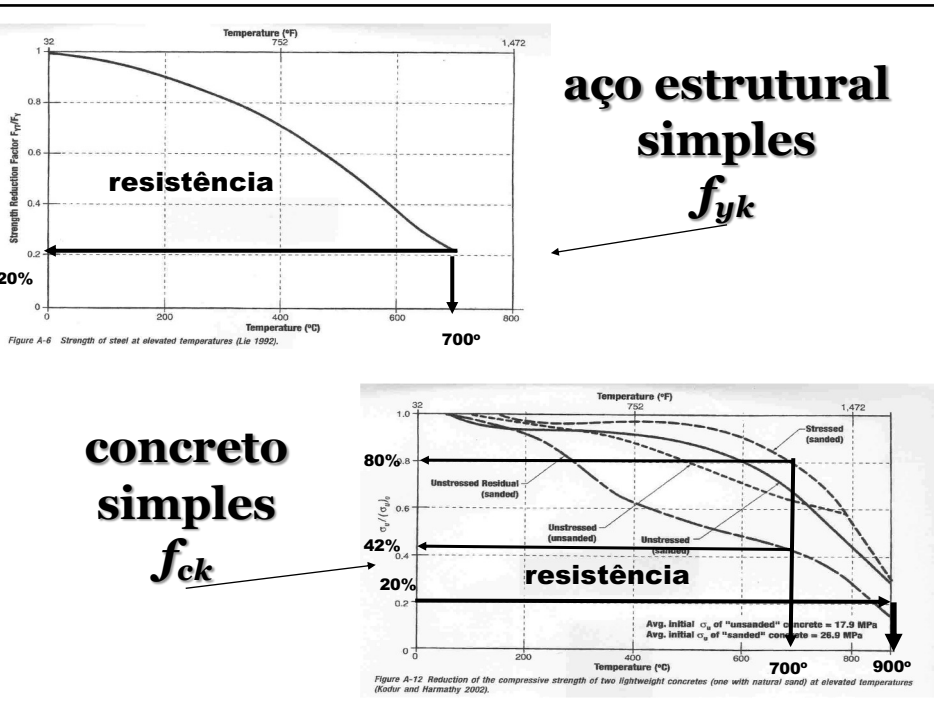
48

Incêndio real

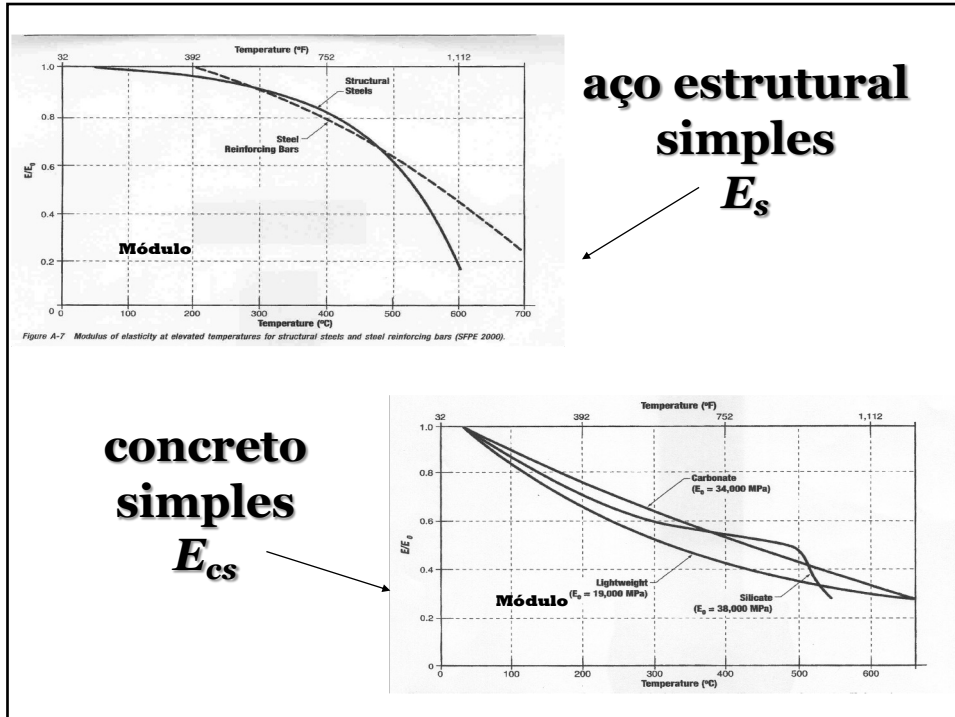
depende das dimensões, forma, natureza e volume da carga térmica, e da ventilação, janelas, porta, aberturas



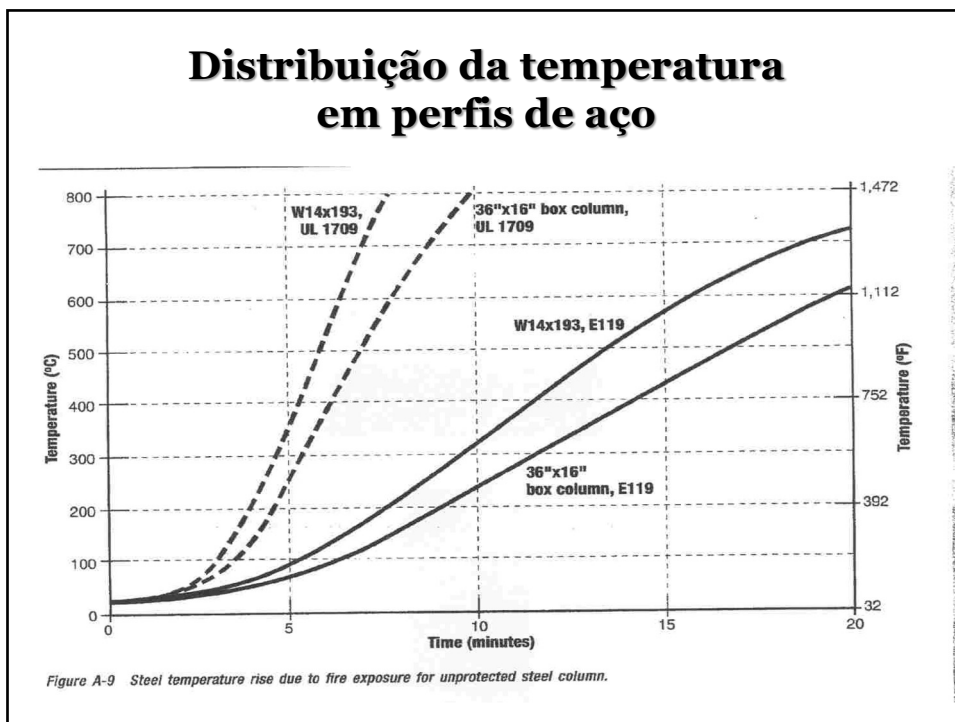
49



50



51



52

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

Polivka &
Wilson
UC, 1976
Berkeley

Calmon &
Claudio
UFES, 2002
Vitória

Bazant &
Kaplan
Logman,
1996



53

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

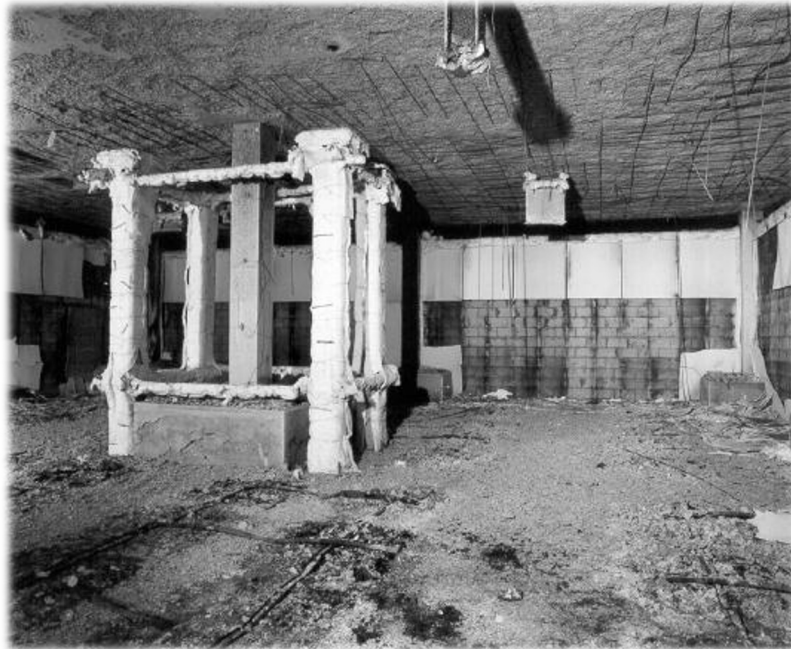
[Email this article](#)
[Printer friendly page](#)

- ✓ 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

54



120 minutos de incêndio

55

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

56

INVESTIGAÇÃO

Universidade de São Paulo

Brasil
2002 → 2010

PhD student: Carlos Britez
Supervisor: Paulo Helene

57

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

58

“ HPCC in Brazilian Office Tower”

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

**HELENE, Paulo &
HARTMANN, Carine**



59

Pilar: corte, içamento e transporte



fio diamantado



60

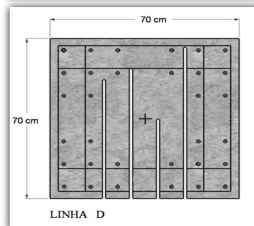
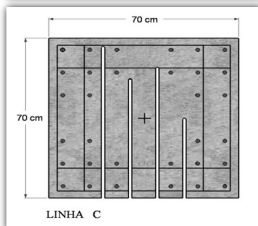
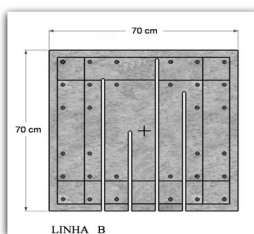
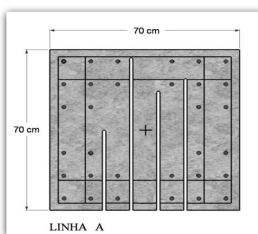
Testemunhos extraídos



Após 8 anos
140 MPa

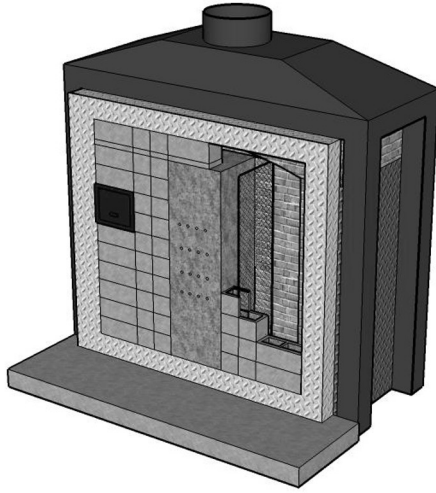
61

posição dos termopares



62

forno de labareda a gás (IPT)



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

63

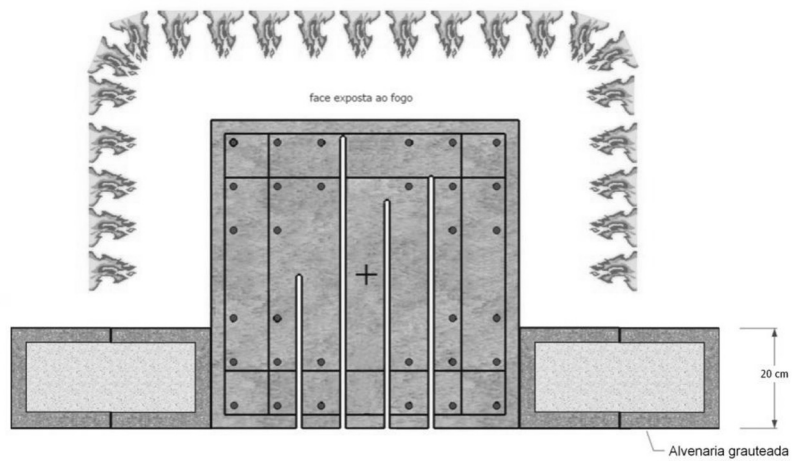
**IPT
2010**



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

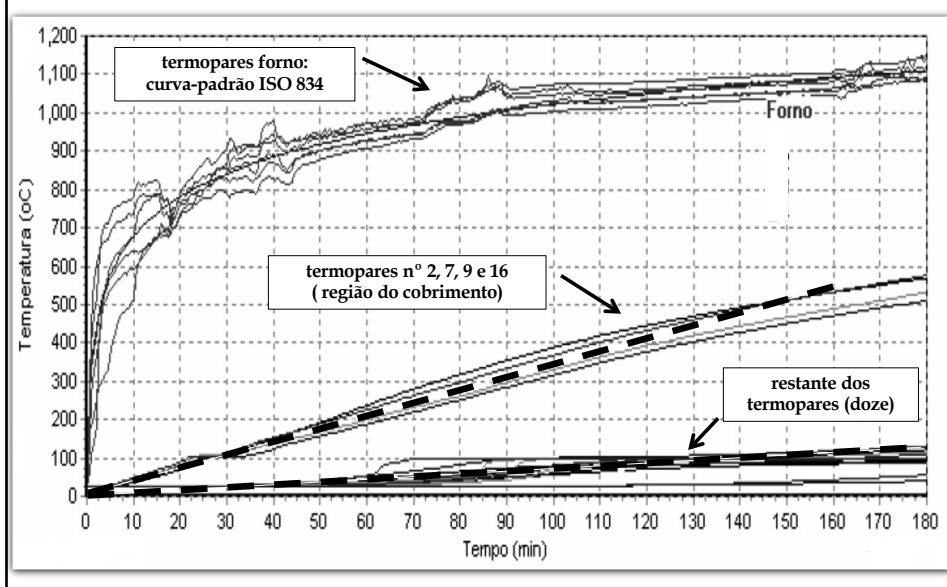
64

esquema da simulação (planta)



65

Evolução das temperaturas



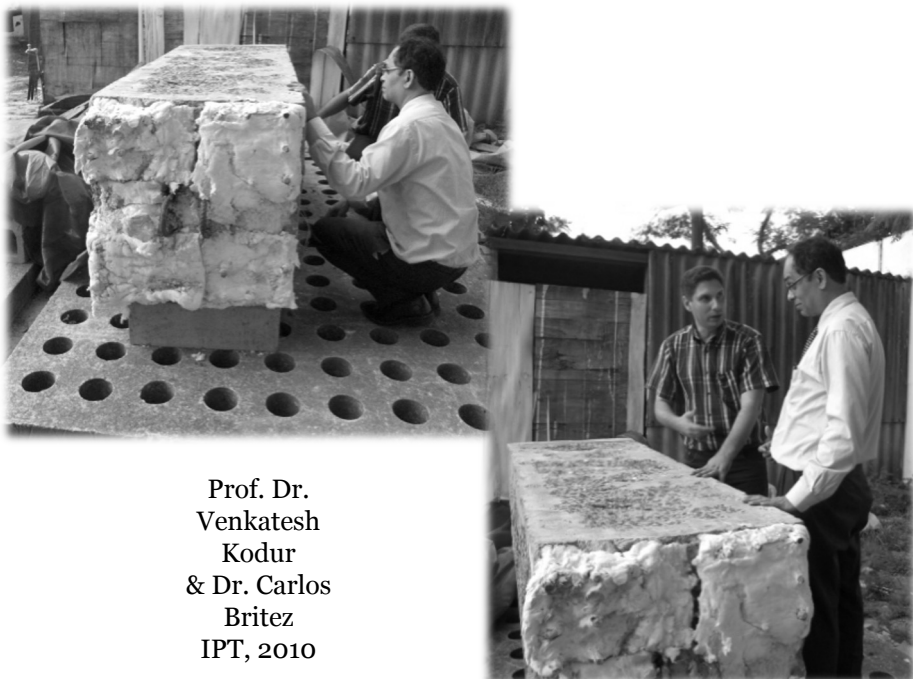
66

Integridade depois de 180min



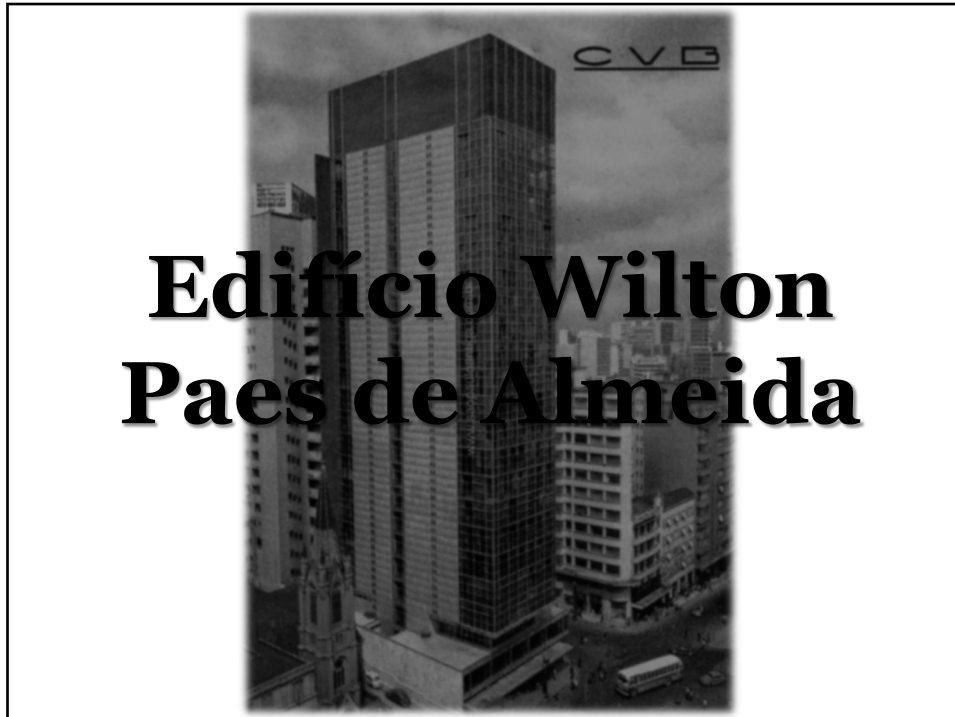
- ✓ spalling muito superficial
- ✓ ocorrência: 36 min (inicial)
- ✓ som “pipocamento”, depois parou
- ✓ arestas intactas
- ✓ profundidade: de 0 a 48 mm
- ✓ média do deslocamento superficial 9,3 mm

67



Prof. Dr.
Venkatesh
Kodur
& Dr. Carlos
Britez
IPT, 2010

68



69

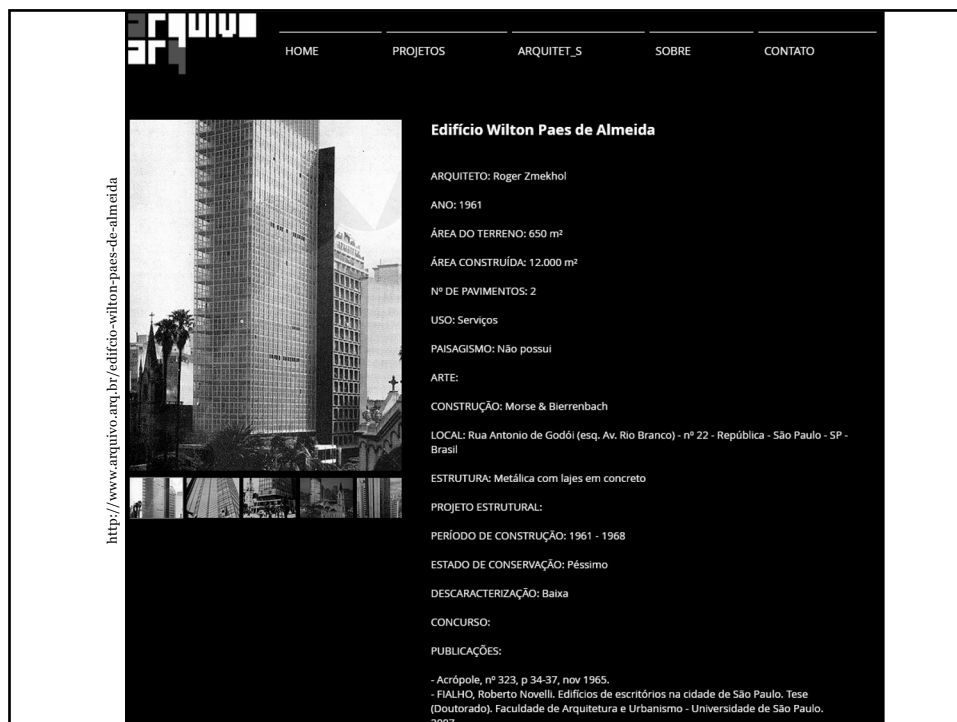
Ficha Técnica

- 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

70



71



72

anamnese pesquisa

Aleteia

CURIOSIDADES

A trajetória do prédio que desabou no centro de São Paulo

São Paulo Antiga | Maio 02, 2018



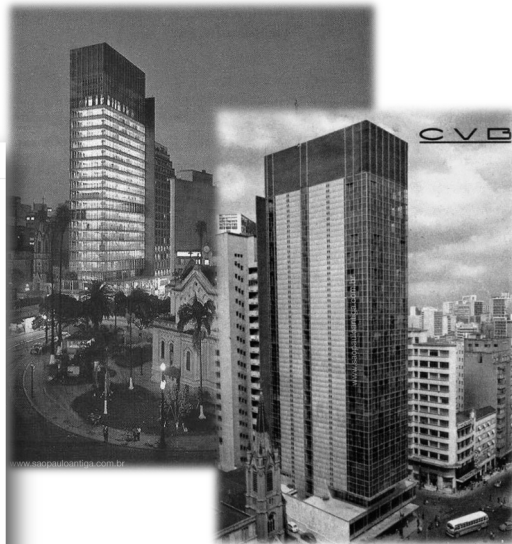
Edição: Wilton Paes de Almeida - @sigproteja

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

73

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



74

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



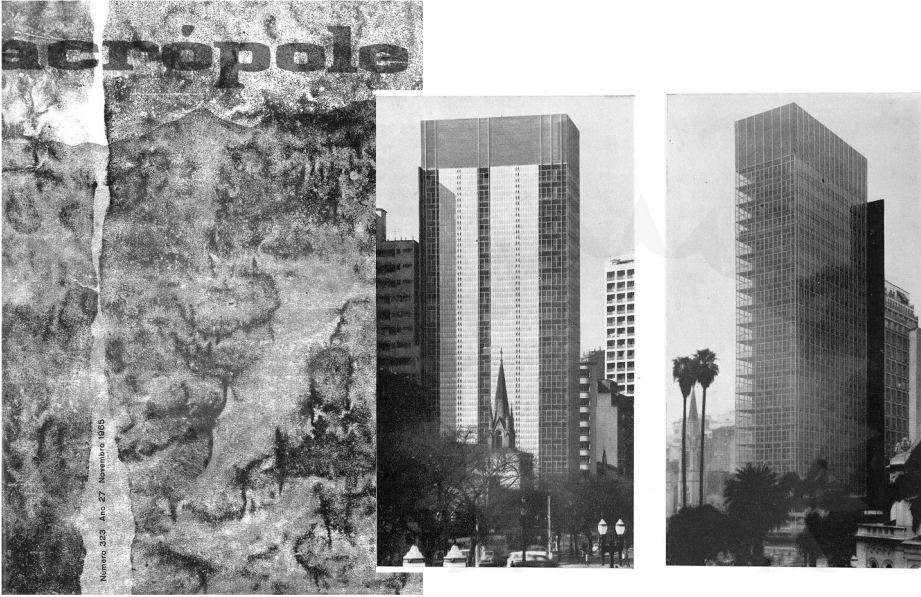
O texto e o título da reportagem foram alterados após o professor Paulo Helene, ex-presidente da Associação Latino-Americana de Patologias das Construções, ter revisado sua avaliação anterior e afirmado não ter encontrado vestígios das estruturas de metal que poderiam ter levado à queda do edifício em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

75

anamnese pesquisa

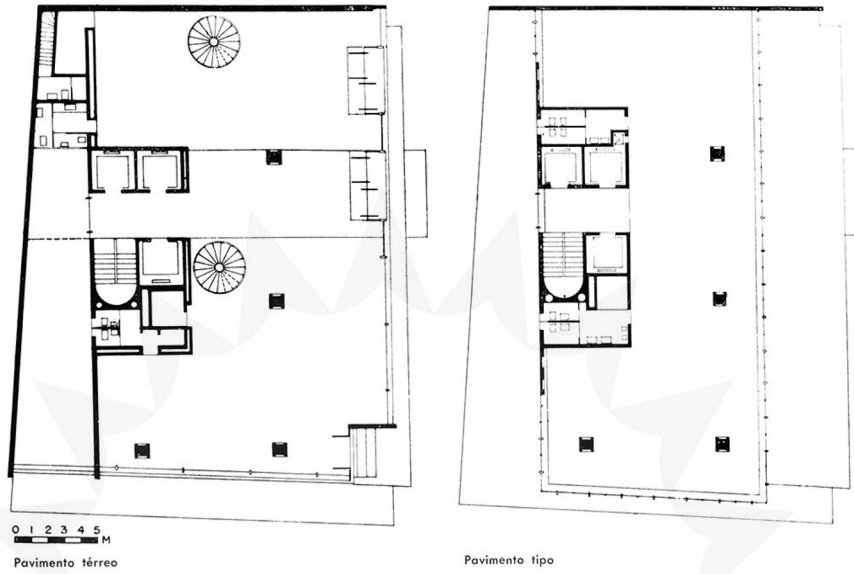
acrópole



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

76

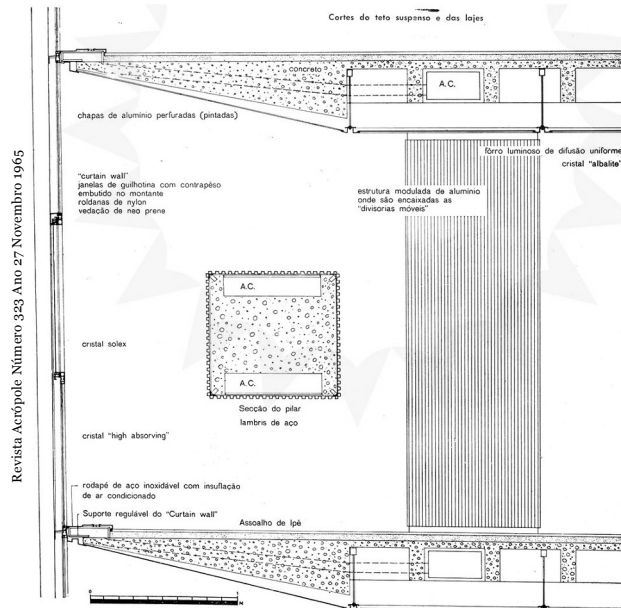
anamnese pesquisa



Revista Acrópole Número 323 Ano 27 Novembro 1965

77

anamnese pesquisa



78



79



80



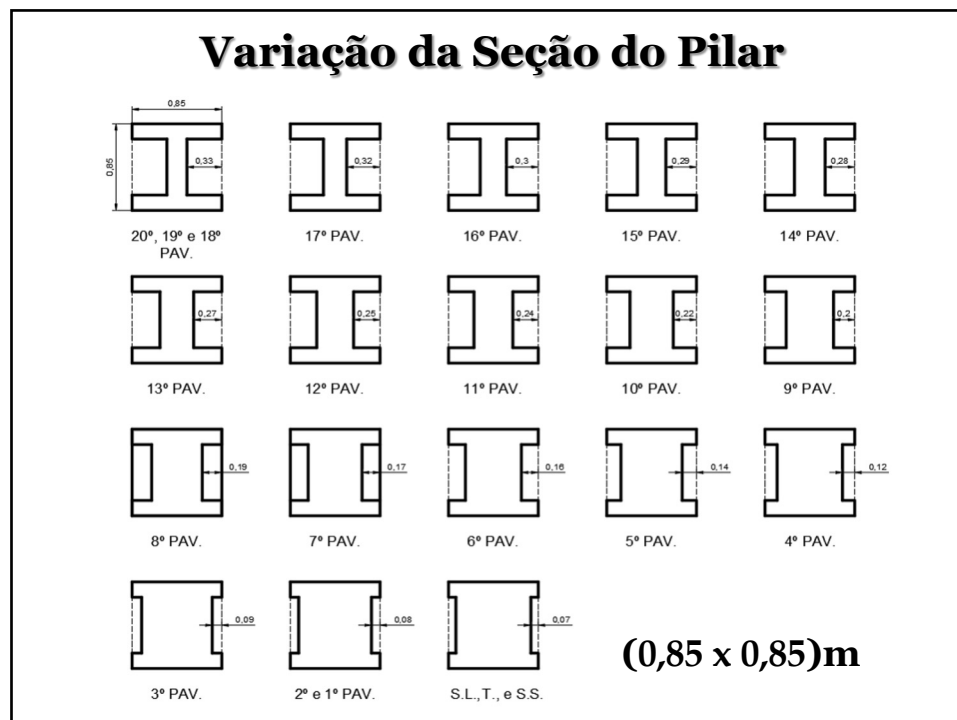
81



82

Geometria dos pilares

83



84

Histórico



85

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

86

Invasão



87

Invasão



88

Invasão



89

Invasão



90

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)



91

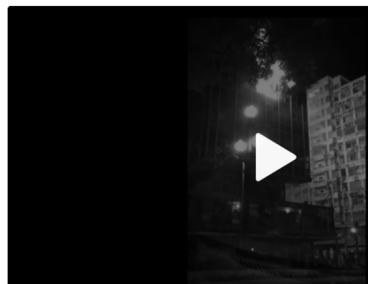
SÃO PAULO

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.



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



Edifício Wilton Paes de Almeida



92

Início às 1h30 (vídeo)



93

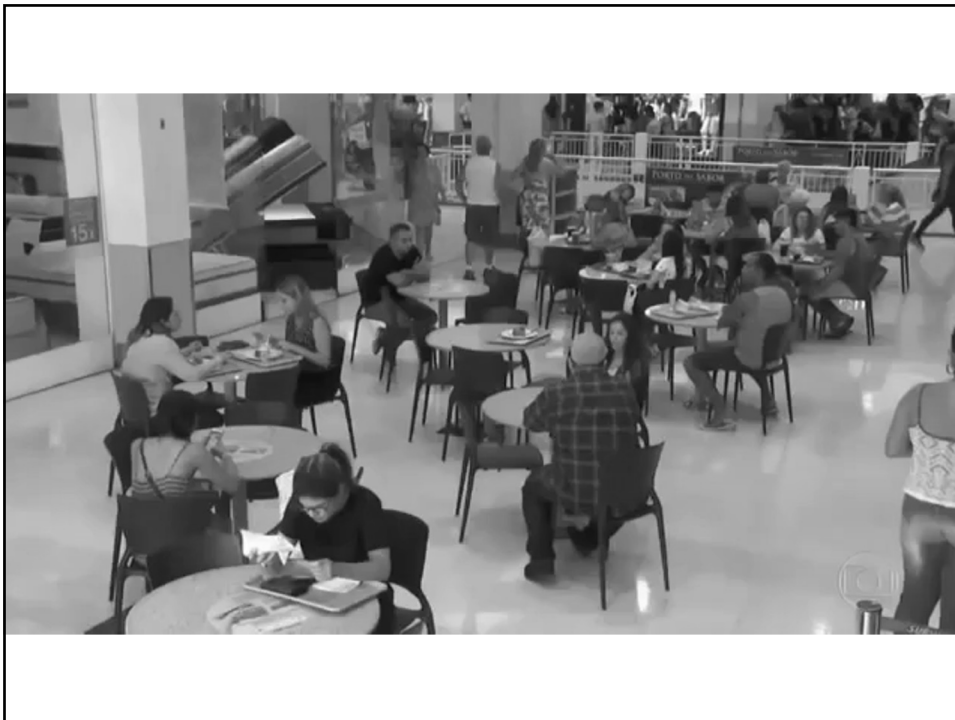
Desabamento às 2h50 (vídeo)



94



95



96

Após o desabamento...



97

Após o desabamento...



98

Após o desabamento...



99

coleta de amostras para ensaios



IBRACON



100

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



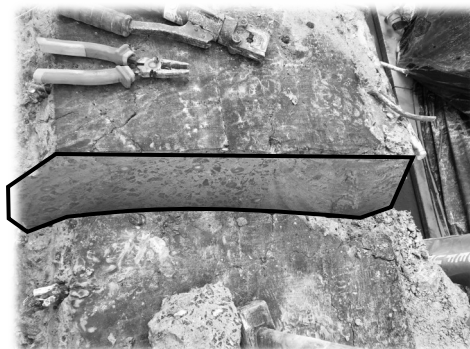
101

preparação da amostra



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

UPM Universidade
Presbiteriana Mackenzie



102

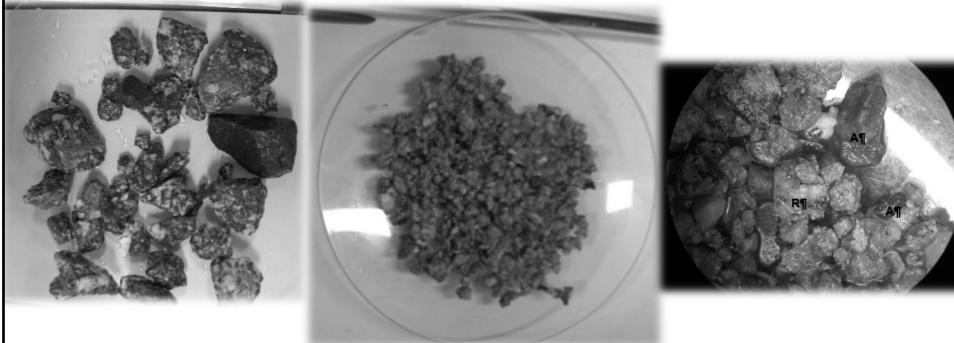
extração de testemunhos



**Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM**

103

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

104

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

105

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 ³)	2,26	2,28	2,21

considerando água de hidratação igual a 0,3

→ consumo de **309 kg/m³**

106

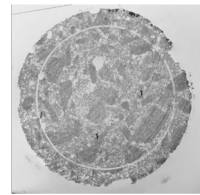
compressão



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

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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



107

tração



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

ABCP Associação Brasileira de
Cimento Portland



108

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.

109

espessura de carbonatação



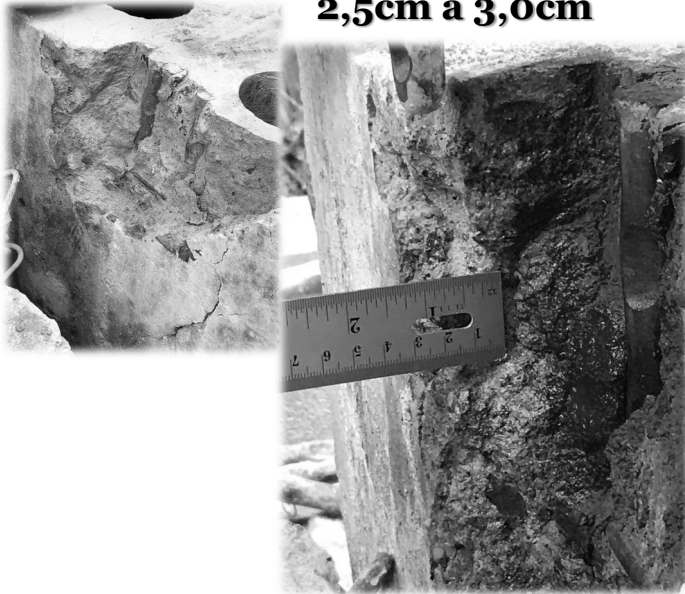
2,5cm a 3,0cm

Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

110

espessura de carbonatação

2,5cm a 3,0cm



Universidade
Presbiteriana
Mackenzie
UPM

111

armadura

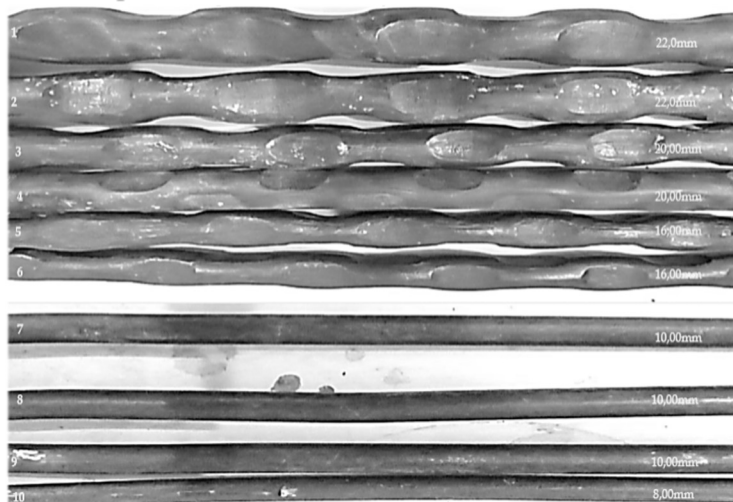
Barras longitudinais entalhadas com bitolas de 22, 20, e 16 mm. CA 50B

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

112

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

113

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) trellados lisos
CA - 60 B	$\eta = 1,5$	Bema 60	Companhia Siderúrgica Belgo Mineira	—	fios (arames) trellados 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
"	—			—	"

114

armadura

PEÇAS DE CONCRETO ARMADO COM AÇO PERISTAHL

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

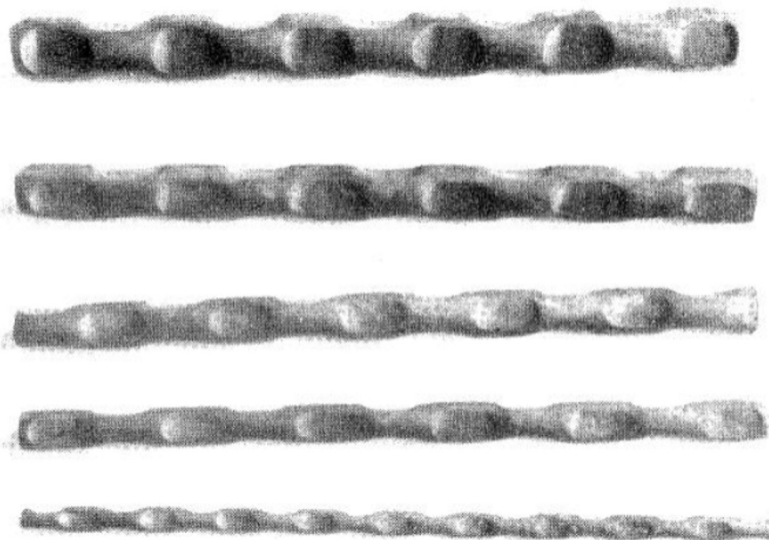
TELEMACO VAN LANGENDONCK

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.

115

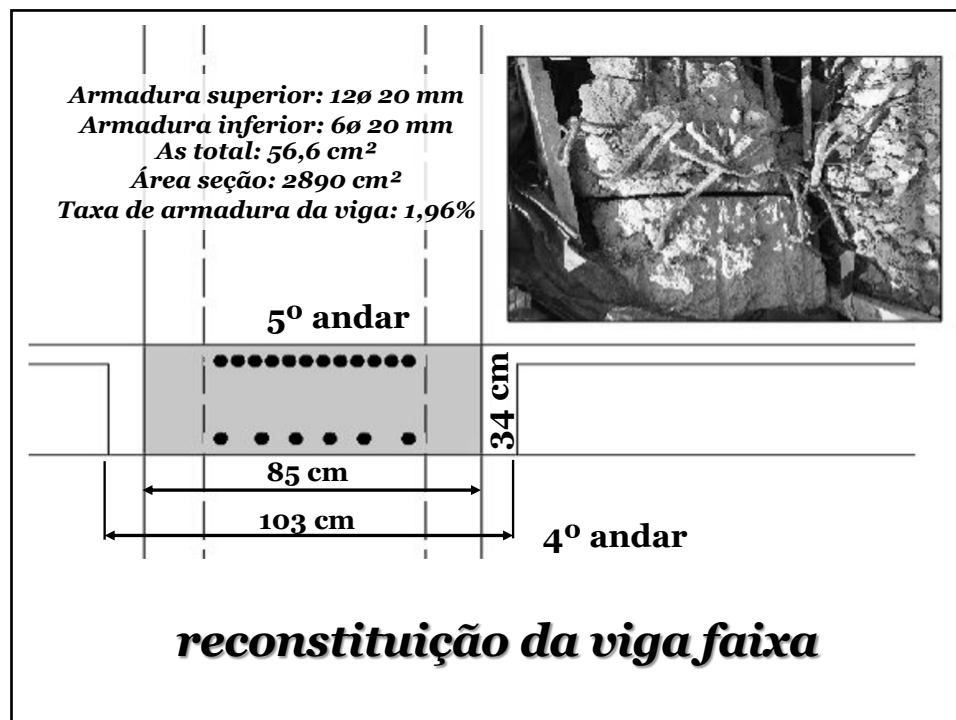
armadura



116

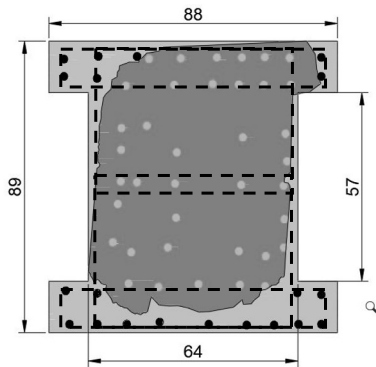
reconstituição da seção da viga faixa e do pilar

117



118

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)

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

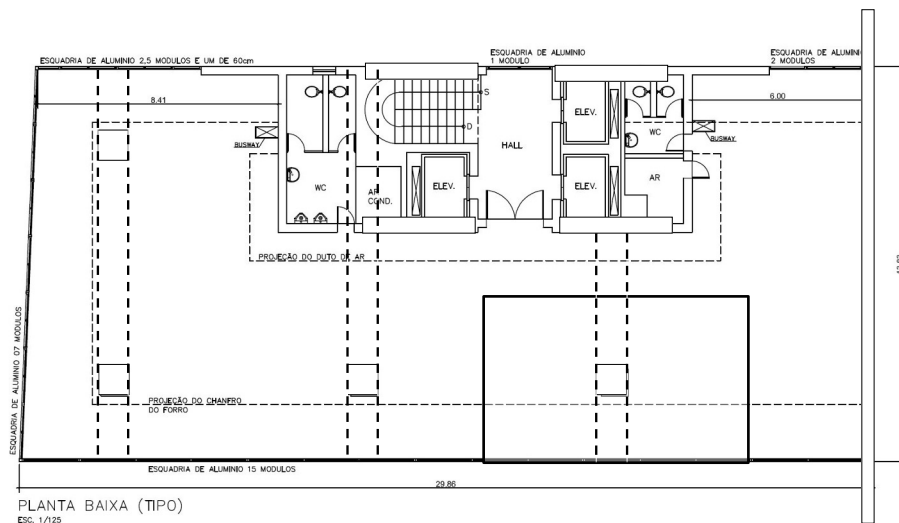
tramo de pilar do 5º andar

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

$< 1,0\text{cm}$

119

verificação estrutural

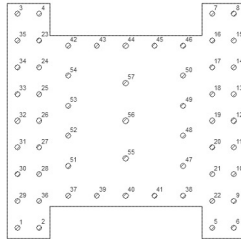


PLANTA BAIXA (TIPO)
 ESC. 1/125

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

120

verificação estrutural



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

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

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

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

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

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

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

121

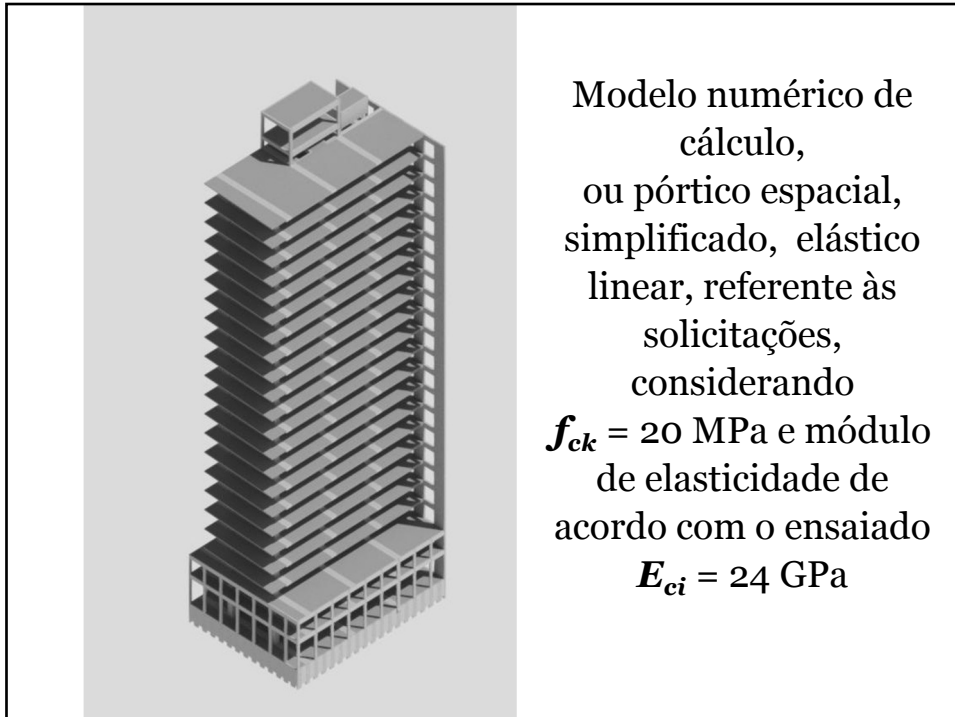
verificação estrutural

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.***

122



123



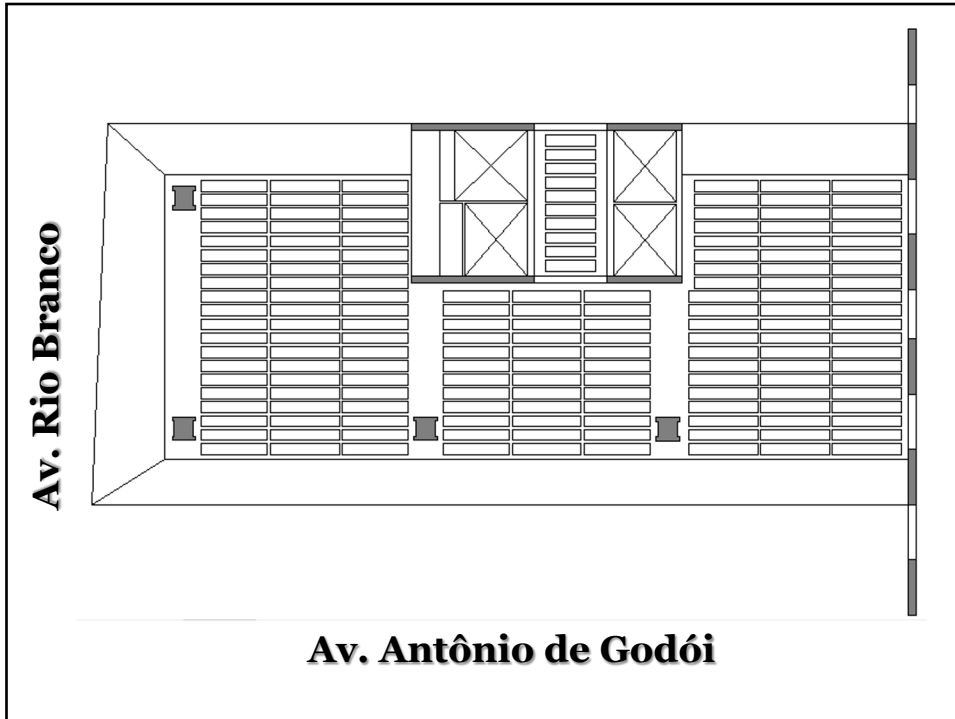
124



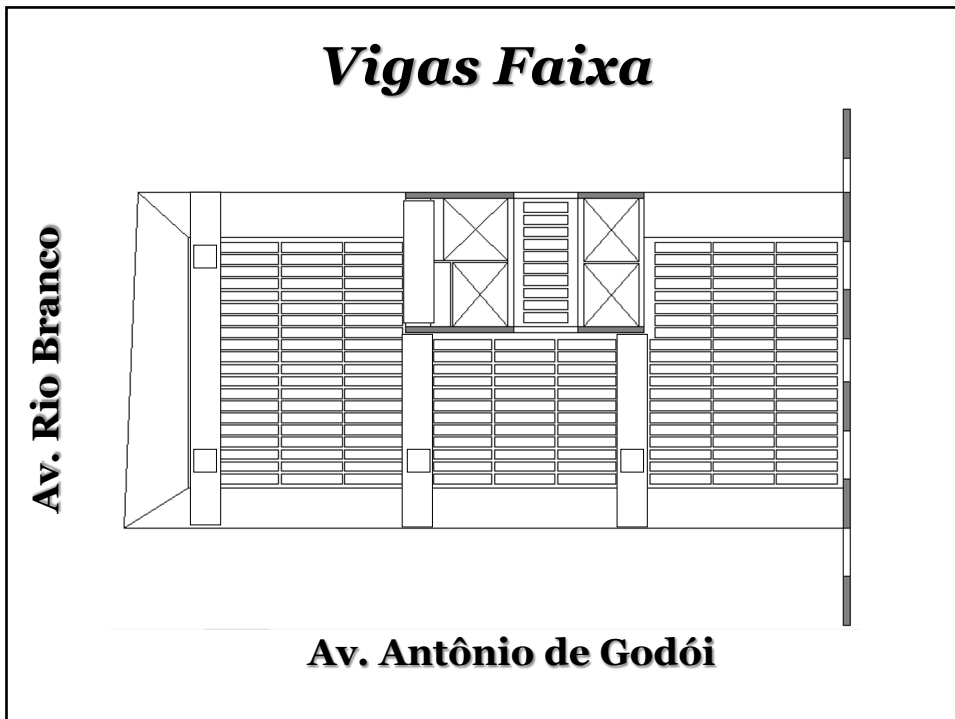
125



126



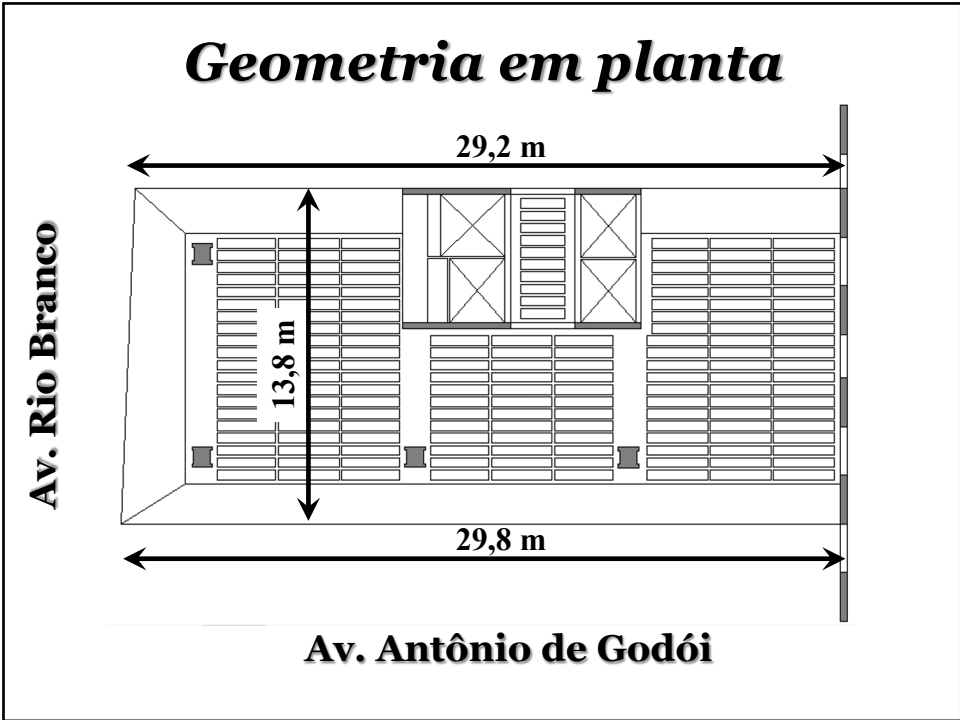
127



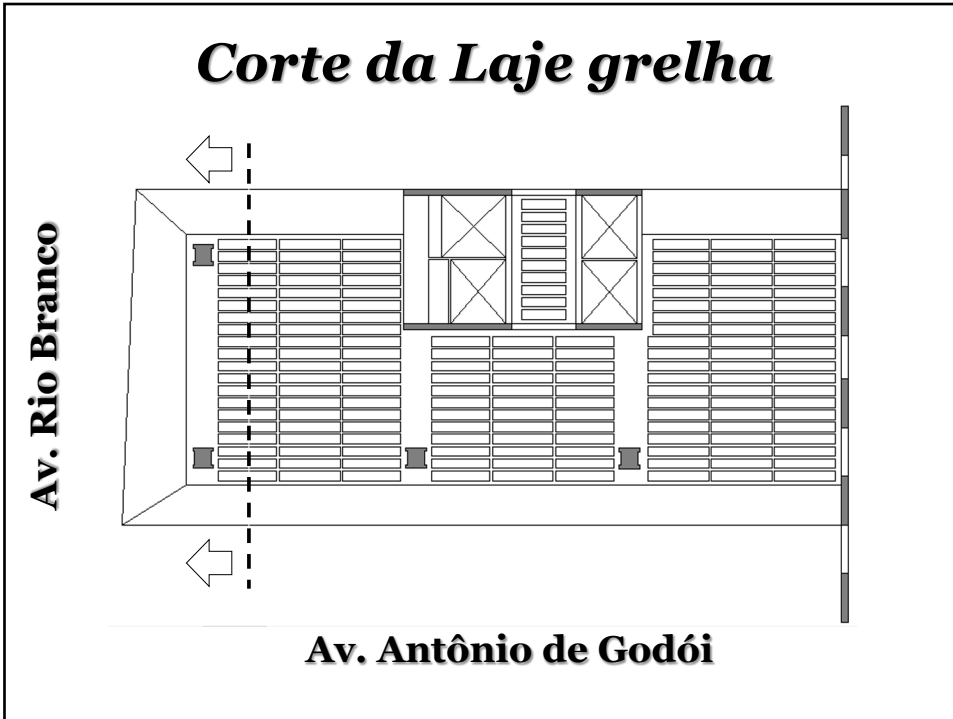
128



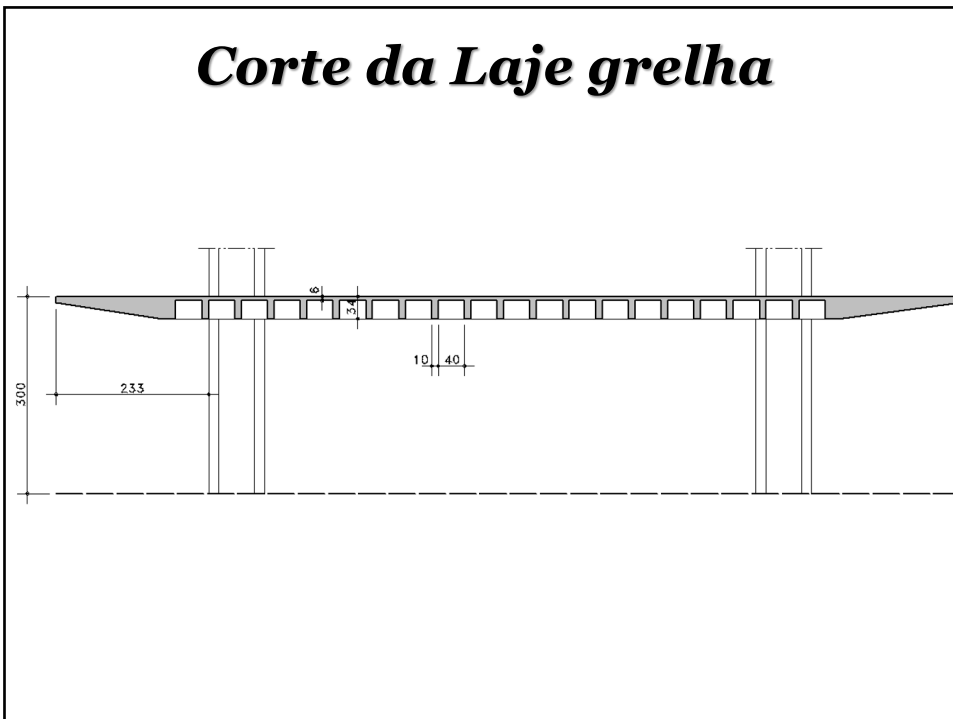
129



130



131



132

DESLOCAMENTOS ÚLTIMOS

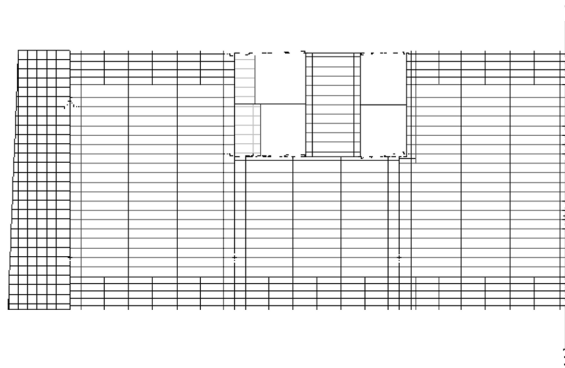
**modelo ELU ($\gamma_F = 1,4$)
com variação térmica e
com vento do dia
01.05.2018**

133



134

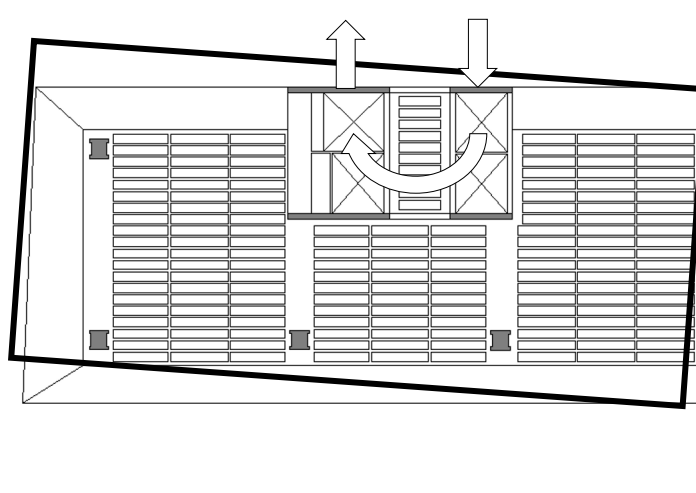
Restrição do edifício vizinho justaposto



***Ed.
Caracu***

137

Hipótese da mecânica do colapso



138

Variação de 200° C:

ELU -> 28 cm

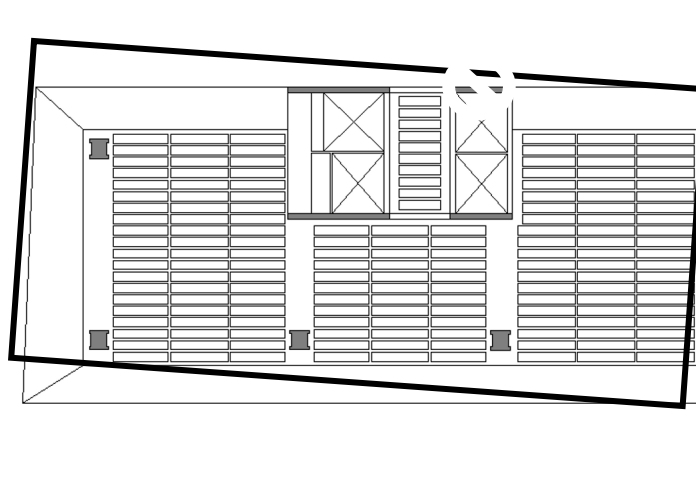
Variação de 500° C:

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.

139

Hipótese da mecânica do colapso



140



141



142

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?

145

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*

146

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