



VII JORNADAS INTERNACIONALES DEL CONCRETO ARMADO

## Análisis de Accidentes en Estructuras de Concreto

**Paulo Helene**  
 Ing. Prof. Dr. Catedrático de la Universidad de São Paulo  
 Miembro de la fib(CEB-FIP) Service Life Model Code  
 Coordinador de la Red Rehabilitar CYTED  
 Presidente do IBRACON

Mérida, 19 de abril de 2007



VII JORNADAS INTERNACIONALES DEL CONCRETO ARMADO

## Análisis de Accidentes El mejor aprendizaje!

**Paulo Helene**  
 Diretor Presidente do IBRACON  
 Prof. Titular da Universidade de São Paulo  
 Coordenador Internacional da Rede REHABILITAR CYTED  
 Member fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life

# Instituto Brasileiro do Concreto

## IBRACON

35 anos

[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

*Piramide de Queóps*

146 m



*Egito* 2580 A.C.

*Piramide de Kukulcán Chichen Itza*



*México* 1100 – 1300 d. C.

## Catedral de Notre Dame



1163-1330

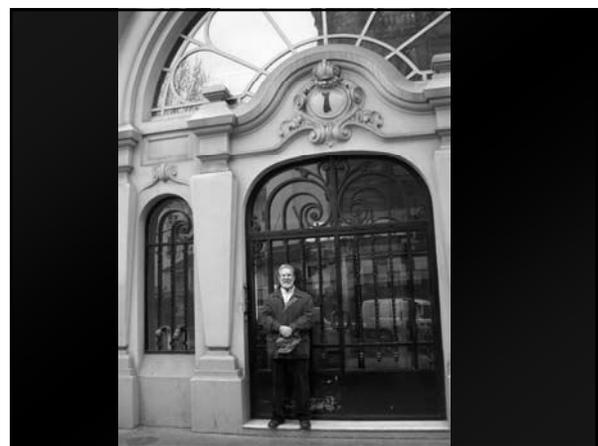
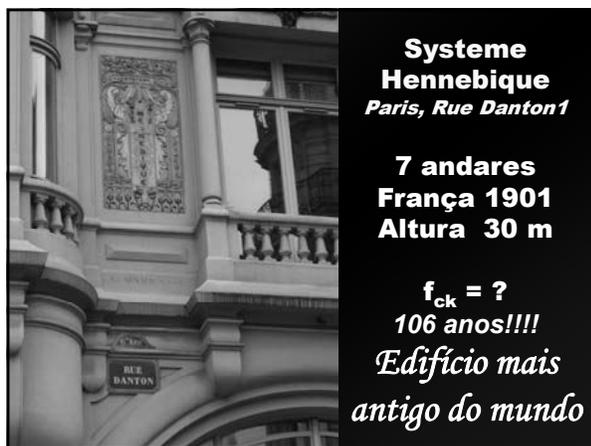
Abóbada da nave central → 35m de altura



**SÉCULO XX**  
**1900**

**APARECE UN**  
**NUEVO MATERIAL**

***Concreto Armado***





**Palacio Salvo**  
Montevideo

**27 andares**

**Uruguai 1925**

**Altura 103 m**

**$f_{ck} = ?$**   
**80 anos!!!!**  
**record mundial**



**Edifício**  
**Martinelli**

**1929**

**106m**

**record**  
**mundial**

  
IBRACON

  
Associação Brasileira de Cimento Portland



**Análisis de Accidentes**  
**El mejor aprendizaje!**

**Paulo Helene**  
Diretor Presidente do IBRACON  
Prof. Titular da Universidade de São Paulo  
Coordenador Internacional da Rede REHABILITAR CYTED  
Member fib (CEB-FIP) Model Code for Service Life

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

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

  
IBRACON

**Túneles**

**Estação Pinheiros do**  
**Metrô SP**  
**12 de janeiro de 2007**  
**São Paulo SP**  
**Túnel Urbano**  
**em rocha**



**Túneis da Rodovia dos Imigrantes**

**Túnel em solo**  
**Túnel em rocha**

*enfilingem; tirantes; cambotas; fogo; invert; convergência; assentamentos; rebaixo; recalques; revestimento primário; revestimento secundário ou definitivo; drenagem*



**Estação Pinheiros**  
**Metrô SP**

**Visão Geral**

*Dez. 2006*

**O POÇO DA LINHA 4...**

17,8 milhões de metros cúbicos de solo a ser removido  
11 milhões de metros cúbicos de rocha a ser removida  
900.000 metros cúbicos de concreto a ser utilizado

5 empreiteiras formadas e contratadas para a construção da Estação Pinheiros: Odebrecht, Odebrecht, Odebrecht, Odebrecht, Odebrecht

1,8 milhão de metros cúbicos de solo a ser removido  
1,3 milhão de metros cúbicos de rocha a ser removida

2.700 metros cúbicos de concreto a ser utilizado

7 acidentes com vítimas fatais durante a construção da Estação Pinheiros

2008  
A obra do Metrô para a Estação Pinheiros é o maior projeto de infraestrutura de São Paulo em andamento.

**Para a Estação Pinheiros**

13 milhões de metros cúbicos de solo a ser removido  
6,8 milhões de metros cúbicos de rocha a ser removida

**Para a Estação Pinheiros**

13 milhões de metros cúbicos de solo a ser removido  
6,8 milhões de metros cúbicos de rocha a ser removida

**Para a Estação Pinheiros**

13 milhões de metros cúbicos de solo a ser removido  
6,8 milhões de metros cúbicos de rocha a ser removida

**TRAGÉDIA DO METRÔ – Veja Ano 40 nº3** **24 de Janeiro de 2007**

# Cronologia dos Acontecimentos

fontes: Folha de São Paulo, Estado de São Paulo, Veja, Época, Isto É, Carta Capital.

1. Poço ou shaft → 42m diâmetro e cerca de 30m de profundidade, no centro da Estação (extensão total aprox. 130m);
2. 11/11/05 → início do poço, sendo 14m em solo com espessura de 30cm, avanços 1m, concreto projetado armado com tela metálica (cpatm). Restante 12m desmonte de rocha, cpatm com 35cm e 3 camadas de tela;
3. Túneis da Estação → 45m para cada lado, com abóbada (calota) de 6m e largura de 18m;
4. 29/03/06 1º projeto → desmonte de rocha, com tirantes malha de 2m por 2m, com 4m de comprimento injetados com resina, concreto projetado com fibra com 15cm. O 1º rebaixo, parede 4m, com 15cm cpfm, mais eventual tirante;
5. 24/07/06 → início da escavação a fogo da calota (abóbada);

26/5/2006

Correspondência interna do Metrô mostra que moradora do número 87 da Rua Capri reclama há oito meses "de trincas e rachaduras na casa toda"

A senhora Carmen reclama que há trincas e rachaduras pela casa toda, as paredes estão descascando, está entrando água pelo telhado, as telhas estão rachadas, e tem óleo espalhado (devido ao maquinário utilizado pela obra) pela rua e seu quintal, diz que não pode lavar roupa tem medo de cair no quintal como já ocorreu. Esses problemas já ocorrem há 8 meses e ninguém resolveu até agora.

Muitas reclamações de moradores e proprietários de casas nas proximidades

6. 04/08/06 2º projeto → desmonte de rocha, enfilagem metálica com 12m + cambotas metálicas, + cpfm com 35cm. Parede rebaixo 4m, com 15cm cpfm, mais eventual tirante;
7. 09/11/06 → término da escavação a fogo da calota (abóbada);
8. 01/12/06 → início da escavação da parede do 1º rebaixo, começando do túnel de via para estação (poço);
9. 14/12/06 3º projeto → parede do 1º rebaixo com 15cm espessura + tela metálica L396 e concreto projetado  $f_{ck} = 25MPa$ ;

O cenário e os motivos do acidente

ACIDENTE DO METRÔ – Época nº 453 22 de Janeiro de 2007

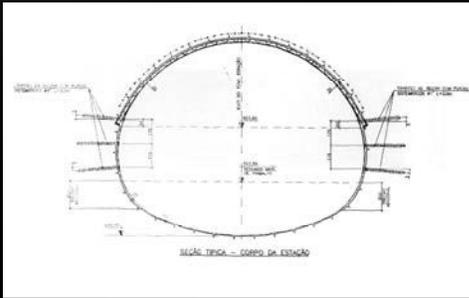
10. Monitoramento de convergência, divergência, recalques internos e externos, diariamente disponibilizadas via internet no dia seguinte cedo;
11. Fiscalização diária: eng. supervisor + junior + técnico, nada registraram de não conformidade nesse trecho;
12. 10/01/07 → medições indicaram convergência que persistiram no dia seguinte impondo necessidade de reforço. Observada falha vertical paralela ao eixo da via. Observada trinca ao lado de uma das cambotas, tapada com concreto projetado;
13. 10/01/07 → medições indicam recalques e assentamentos de 3mm a 62mm todos com evolução recente crescente. Rua Capri 21mm;
14. 11/01/07 → faltavam 3m para terminar parede do 1º rebaixo junto ao poço (desmonte a fogo);

15. 11/01/07 → Início da perfuração para reforço com tirantes de 3m de comprimento em malha de 1,6m por 1,6m em 3 alturas (linhas) da parede, sendo a primeira próxima e acima da base de apoio das cambotas;

16. 12/01/07, 8:30h → desmorte a fogo com dinamite para romper a rocha dos 3m faltantes do rebaixo;



17. 12/01/07, 11h → término dos furos dos tirantes de reforço na parede esquerda e início dos furos na parede direita, porém ainda sem inserção das hastes metálicas, nem das resinas de pega rápida;



18. 12/01/07 14:25h → início de queda de fragmentos de concreto projetado da abóbada (calota), além do aumento da fissura de 2cm aparecida no dia anterior e ruídos de colapso;

19. 12/01/07 14:35h → soa o alarme e 37 operários fogem , alguns pela última viagem do elevador do poço e outros correndo para o túnel de via;



12/01/07 14:50h → parede do poço desmorona e leva 5 caminhões e 3 carros, rua Capri com micrônibus é tragada. Saldo: 7 mortos, 55 casas interditadas, 132 moradores desalojados.

400 pessoas trabalharam no resgate.....



TRAGÉDIA DO METRÔ – Veja Ano nº3

24 de Janeiro de 2007

23/1/2007

As casas da região do desabamento são demolidas. Entre elas, a de número 87, de Carmen de Leoni

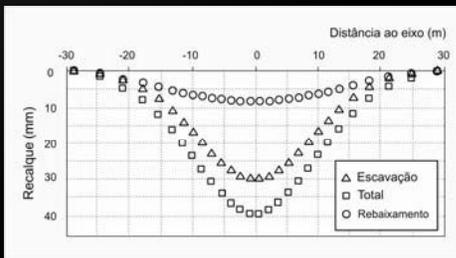


## Previsão de Recalques e Distorções (Projeto)

*deslocamentos esperados na superfície = rebaixamento do lençol freático (método dos elementos finitos) + recalques induzidos pela escavação (método de Peck)*

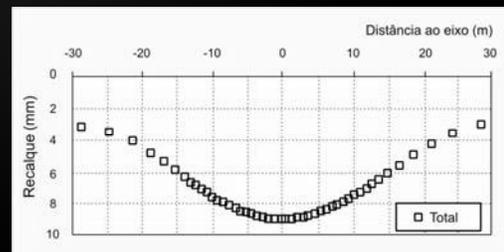
- para escavação em solo;
- para escavação em rocha

Bacia de Recalques  
Seção em Solo



Curvas de deslocamentos verticais – seções em solo

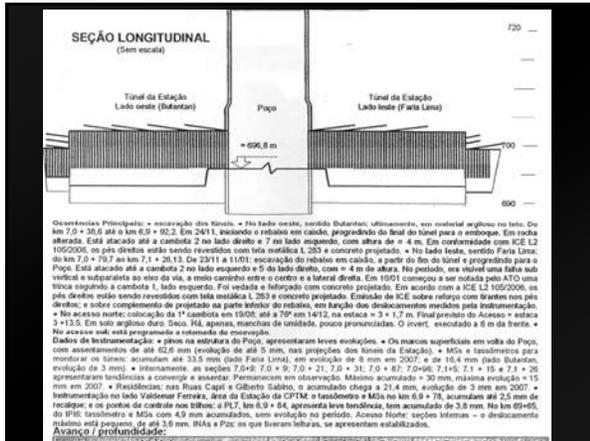
Bacia de Recalques  
Seção em Rocha



Curvas de deslocamentos verticais – seções em rocha

**Recalques e distorções encontrados dentro da área de influência da obra, 45°**

**Recalques e Distorções Medidos 2,5mm a 62mm, junto ao poço nas vésperas do acidente**



# Critérios de Avaliação de Danos nas Edificações

## Recalque diferencial específico-distorções ( $\delta/L$ )

**6. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DANOS NAS EDIFICAÇÕES**

Em primeira aproximação, os recalques diferenciais específicos ( $\delta/L$ ) foram adotados como critério de verificação da estabilidade dos edifícios, em face das deformações a serem induzidas pelas escavações. Como limites de recalques diferenciais específicos, o Metrô de São Paulo tem proposto os valores relacionados a seguir, que dependem, naturalmente, do arranjo estrutural das edificações e dos danos admissíveis:

- $\delta/L = 1/500$  – limite para edifícios com esqueleto estrutural onde a fissuração dos painéis não é permitida;
- $\delta/L = 1/300$  – início de fissuração dos painéis de alvenaria de edifícios com esqueleto estrutural;
- $\delta/L = 1/250$  – inclinação visível em edifícios altos;
- $\delta/L = 1/150$  – início de dano estrutural. Quando a estrutura é travada em diagonais, este limite é de 1/600;

onde  $\delta$  e  $L$  representam, respectivamente, a diferença de recalques e a distância entre dois pontos.

Bjerrum (1963), propõe os seguintes valores, igualmente experimentais:

- 1/750 – afetam máquinas sensíveis a recalques.
- 1/600 – riscos significativos para estruturas apoiadas com diagonais.
- 1/500 – limite para edificações, onde não se admite fissuras.
- 1/300 – limite para situações onde pequenas fissuras em painéis de paredes são toleradas, ou onde se esperam dificuldades em pontes rolantes.
- 1/250 – limite para situações onde o desaparecimento de edifícios altos pode ser perceptível.
- 1/150 – fissuração significativa em painéis de paredes e de tijolo. Limite de segurança para paredes flexíveis de tijolo, onde  $n/L < 1/4$ . Limite para os casos onde pode ocorrer danos estruturais.

Na presente análise, com base nessas informações e em experiências anteriores, adotou-se os seguintes valores de referência:

- **Distorção:  $\delta/L < 1/500$**   
Os danos resultantes podem ser classificados como pequenos, resultando no surgimento de trincas discretas facilmente tratáveis, com aberturas inferiores a 5mm. Portas e esquadrias podem apresentar dificuldades de funcionamento.
- **Distorção:  $1/500 < \delta/L < 1/300$**   
Neste intervalo, os danos podem ser considerados como moderados, observando-se o surgimento de trincas, com aberturas entre 5 e 15mm. Intervenções de substituição de partes localizadas de alvenaria poderão ser necessárias. Portas e esquadrias apresentarão dificuldades de funcionamento.
- **Distorção:  $\delta/L > 1/300$**   
Para valores de distorção superiores a 1/300 os danos podem ser considerados como severos. Prevê-se a necessidade de reconstruções estruturais mais importantes, tal como remoção e reposição de paredes, decorrentes de desapareços. A abertura das trincas deverá situar-se entre 15 e 25mm.

### Hipótese de Trabalho

1. Rompeu o arco superior do túnel da estação (rompeu a rocha) e desabou. Na sequência veio o solo mole e liquefeito agravado pelas vibrações das explosões anteriores com dinamite, abrindo um "buraco" na rua Capri e tragando o micro-ônibus;
2. Em questão de segundos a ruptura desse solo "aliviou as tensões", parcial e localmente, na parede do shaft ou poço de trabalho;
3. Como decorrência desse alívio de pressões, foram geradas tensões elevadas de flexão na parede do cilindro do poço e esta, obviamente, não estava dimensionada para suportar tensões elevadas de flexão vertical e rompeu;
4. Na sequência o solo "escorregou" para dentro do poço. Apesar de a mídia dizia existir uma cratera de 80m de diâmetro, na verdade sempre foram duas crateras "unidas" pela base da grua que tem fundações profundas;



## Possíveis Causas

1. A rocha do teto do túnel da estação, não tinha a resistência admitida no projeto;
2. A rocha não tinha a espessura admitida no projeto;
3. A rocha tinha falhas geológicas ou descontinuidades localizadas e desconhecidas;
4. O monitoramento dos recalques e deformações não foram adequados nem precisos;
5. Esse monitoramento foi adequado mas faltou rapidez no gerenciamento das informações e os projetistas não foram devidamente comunicados a tempo de intervir;
6. Tudo estava adequado: projeto, rocha, monitoramento, mas a construção errou na dinamite; ou explodiu muita carga num só lugar correto ou dinamitou um local indevido ou aumentou exageradamente a frequência de explosões;

## Possíveis Causas

7. O controle de qualidade geral do processo não era adequado nem rigoroso;
8. O projeto do túnel estava errado e inconsistente;
9. O projeto das paredes do poço era temerário e devia ter enrijecedores (vigas horizontais de borda e intemediárias). Talvez isso pudesse evitar a ruptura da parede do poço e reduziria o colapso a uma cratera só (a da rua Capri);
10. As fundações da grua, muito junto à parede do poço, podem ter exercido uma interferência negativa nas paredes do poço, ajudando na ruptura.

*Enfim, dúvidas não faltam. Devem haver muitas outras. Ainda tem muito trabalho de pesquisa e investigação pela frente...*

## Escavações para o Metrô de PEQUIM março de 2007 6 vítimas fatais

Serviços de resgate só tiveram acesso ao local 12 horas depois do desabamento  
**Um buraco na obra do metrô de Pequim desabou deixando seis operários soterrados.**

O acidente ocorreu na manhã da quarta-feira às 09h30min do horário local (22h30min de terça-feira em Brasília).

A empreiteira responsável pela construção escondeu o acidente e os serviços de resgate só tiveram acesso ao local 12 horas depois do ocorrido.

O buraco tinha 20 metros de largura e 11 de profundidade e fazia parte do canteiro de obras da linha número dez que está sendo construída no noroeste da cidade para atender às Olimpíadas.

Autoridades disseram que há poucas chances de encontrar sobreviventes.

### Responsabilidade

Segundo informações do jornal *China Daily*, A China Railway 12th Bureau Group Co. que é responsável pela obra, não notificou os serviços de emergência como deveria. Ao invés disso, a empresa montou uma equipe de resgate própria.

Os funcionários escalados para participar das buscas foram obrigados a desligar seus celulares e o portão do canteiro de obras foi trancado para evitar que a notícia chegasse à imprensa.

Um operário imigrante vindo da província de Henan conseguiu escapar o cerco de sigilo e ligou para a polícia de sua região.

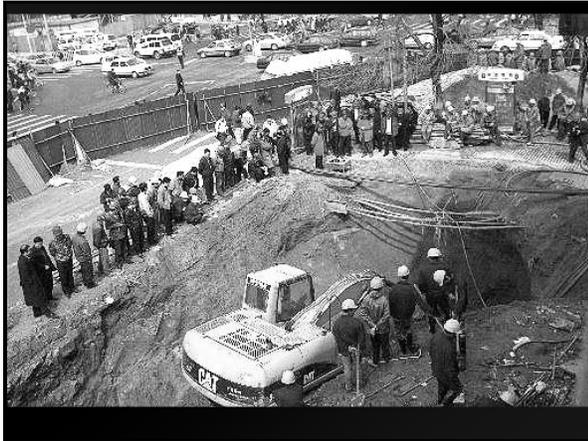
As autoridades de Pequim só foram avisadas do incidente às 17h (06h de quarta-feira em Brasília), quando policiais da província de Henan ligaram para a capital perguntando o que estava acontecendo, em resposta à denúncia feita pelo operário.

Uma fonte anônima da agência de notícias China News Service, disse que um corpo já foi retirado da cratera na noite de quinta-feira (manhã de quarta em Brasília).

O trabalho de remoção da areia e óleo que caíram no buraco, foi concluído ontem. Os encanamentos públicos próximos à área não foram afetados.

A agência Xinhua disse que as famílias das vítimas já foram notificadas e estão a caminho de Pequim. As buscas continuam.





### Bibliografia interessante:

1. CBT Comitê Brasileiro de Túneis [www.braziliantunnelling.com.br](http://www.braziliantunnelling.com.br)
2. ITA → International Tunnelling Association. "Guidelines for tunnelling risk management". 2004. [www.ita-aites.org/cms/index.php](http://www.ita-aites.org/cms/index.php)
3. Japanese Standard for Mountain Tunnelling. ISBN 4-8106-0274-5. 2001. 162 p. [www.jsce.or.jp/publication/e/book/p273.html](http://www.jsce.or.jp/publication/e/book/p273.html)
4. Japanese Standard for Shield Tunnelling. ISBN 4-8106-0273-7. 2001. 218 p. [www.jsce.or.jp/publication/e/book/p274.html](http://www.jsce.or.jp/publication/e/book/p274.html)
5. BREbookshop.com. Thomas Telford. Tunnel Lining Design Guide. British Tunnelling Society and Institution of Civil Engineers. 2004.
6. British Tunnelling Society. "Closed face tunnelling machines and ground stability - A Guideline for best practice". 2005.
7. HSE Health & Safety Executive. W.S. Atkins. "The risk to third parties from bored tunnelling in soft ground". 2006. 78 p.

### FATOS

2017 túneis foram iniciados de 1999 a 2004  
 108 acidentes em túneis de 1970 a 2005  
 66 em NATM e 42 em não NATM

	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2005 (part)	Total
NATM	0	9	12	4	25
non-NATM	2	2	9	6	19
Total	2	11	21	10	44

Table 3.5 The numbers of identified tunnel emergency events per decade identified in this research, occurring in soft ground urban environments, divided into NATM and non-NATM tunnels.

### HSE report conclusion:

1. Approximately 90% of the NATM tunnel incidents occurred within the uncompleted structure close to the face. Of these approximately 55% result in a surface crater;
2. Just fewer than 50% of non-NATM incidents reported resulted in a surface crater, the majority being located behind the tunnel face;
3. Of these incidents approximately 50% took place in shielded/TBM drives and approx. 50% in hand drives.

### HSE report conclusion:

Six factors have an influence on the quality of the overall safety management system required within an underground urban construction project:

- ✓ *Project management*
- ✓ *Organisational, procurement and contractual arrangements*
- ✓ *Engineering systems*
- ✓ *Health and safety systems*
- ✓ *The consideration of human factors*
- ✓ *Availability and use of 'Enforcement' action*

## HSE report conclusion:

### *Tunnelling in Urban Environment*

Poorly drafted procurement and contractual arrangements can:

1. Conflict with statutory obligations;
2. Impose unfair and unreasonable conditions;
3. Create ambiguity, misunderstanding and doubt;
4. Create cloud areas of responsibility from the very beginning.

## HSE report conclusion:

### *Tunnelling in Urban Environment*

**“There is no other field of civil engineering where the integration of design and construction is more important and necessary.”**



# Estructuras Metálicas



As colunas não suportaram o peso e a esfera nem estava cheia (75%). Uma vítima fatal.

Após o acidente, foram realizadas inspeções com medições de espessuras que indicaram valores alarmantes, com reduções de espessuras de 5 a 8mm. Também foram encontrados buracos de corrosão com até 10cm<sup>2</sup>.

## Diagnóstico:

- Severa corrosão nas colunas de suporte devido à infiltração de água internamente à proteção contra fogo “Fire Proofing”;
- Os defletores de água, instalados no topo das colunas foram mal projetados, permitindo a infiltração de água;
- As inspeções anteriores, de manutenção preventiva, não identificaram o problema que indicassem a proximidade do colapso.

....a maior e principal causa gerencial que, efetivamente desencadeou esse acidente, foi



**uma péssima manutenção preventiva.**

### **Recomendações**

Nas contratações dos serviços de inspeção e manutenção preventiva é de suma importância pesquisar sobre a competência da contratada para realização das inspeções, ensaios, análises e intervenções preventivas ou corretivas.

*SHELL International, 2001*



**IBRACON**

## **Edificaciones**



MARTES 13 de Marzo de 2001 ABC Madrid

En los últimos 26 años han fallecido 33 personas a consecuencia de derrumbes de inmuebles, cornisas, marquesinas y muros en Madrid.

El pasado 7 de marzo, un ingeniero moría al derrumbar-se un edificio de cuatro plantas en la confluencia de Gaztambide con Alberto Aquilera, en pleno centro de la capital y una docena de personas resultaron heridas.

El 22 de enero de 1999 murió una joven de 18 años al caer sobre el coche en el que viajaba un trozo de la cornisa del teatro Calderón de Madrid.

El 27 de enero de 1993, murieron 6 personas al desplomarse la marquesina del cine Bilbao, situado en la calle Fuencarral, cuando hacían cola para comprar entradas

**Edifício Palace II  
Rio de Janeiro  
Carnaval de 1998  
terça-feira à tarde  
5anos**



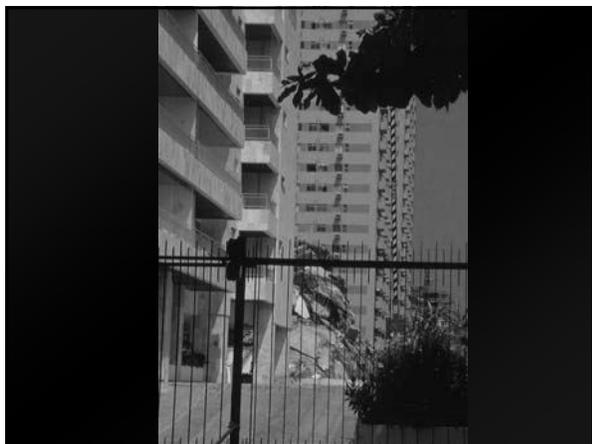
PALACE II

22 de Fevereiro de 1998

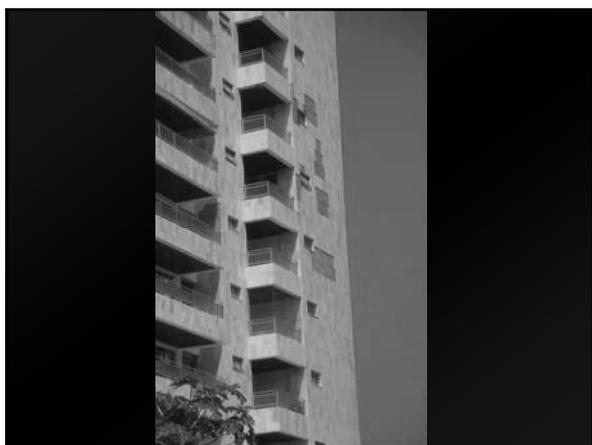
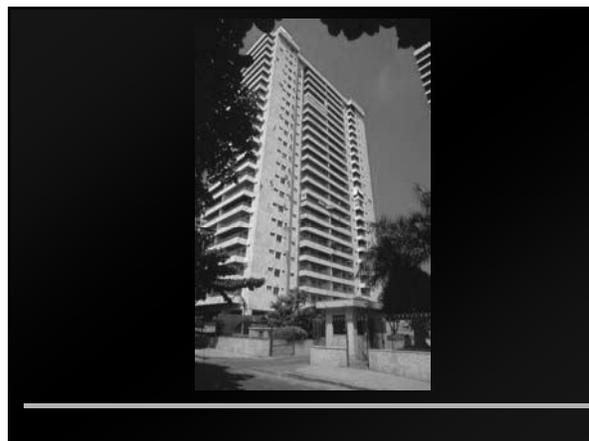


PALACE II

22 de Fevereiro de 1998







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





*Escombros - manhã seguinte do desabamento*



*Edificações Vizinhas*

## Cronologia:

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



Vista geral do subsolo



Trinca na viga do teto do subsolo junto ao res. inferior



Vista geral do reservatório inferior e alagamento



Moradores acompanham a vistoria efetuada pela CONDECIPE

## Cronologia:

- 14 → quinta 8h → Síndico e moradores decidem deixar o prédio
- 14 → quinta de manhã → Síndico desliga elevadores e esvazia os reservatórios de água
- 14 → quinta 10:20h → Defesa civil inspeciona o prédio junto com moradores. Calculista e empresa de reforço aguardam no local autorização para iniciar trabalhos
- 14 → quinta 15h → início dos trabalhos com escavação dos pilares centrais junto à cisterna
- 14 → quinta 17h → fissura aparece na viga de contorno, escavação de 1,40m mostra armaduras flambadas no pilar
- 14 → quinta 19h → início do reforço do pilar com cintamento e graute. Escavação do segundo pilar que estava íntegro

## Cronologia:

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

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

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

## Diagnóstico:

Projeto de acordo com NB 1 / 1960

30 pilares (6 x 5)

Sapatas diretas a -1,8m

Pescoços de pilares contraventados por cinta 10cm x 40cm

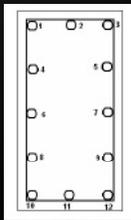
$\sigma_R = 135 \text{ kgf/cm}^2 = 13,5 \text{ MPa}$  média = 15MPa

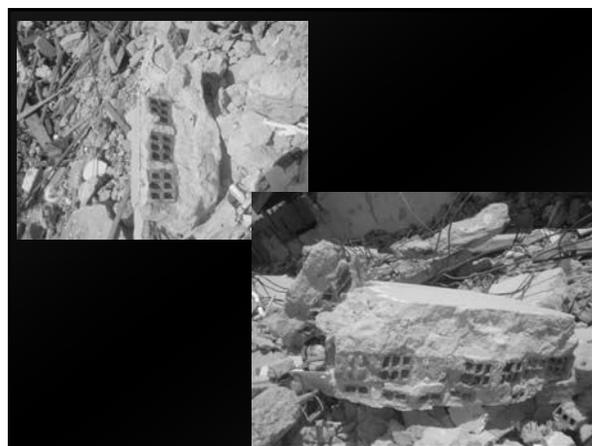
Cobrimentos de 1,5cm em pilares

Pilares 20cm x 50cm

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

Corrosão dos estribos e flambagem da armadura





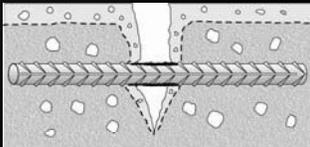
## Lições Aprendidas:

1. Projetista → concepção do projeto;
2. Projetista → especificar manutenção;
3. Proprietário → realizar manutenção.



# Marquesinas

## FISSURAÇÃO



espessura carbonatada ou com cloretos

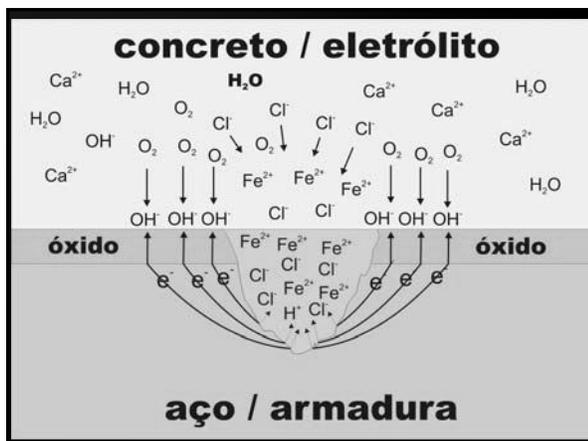
**NBR 6118 (+25%)**

≤ 0,1 mm ou 0,2 mm    agressivos  
 ≤ 0,3 mm                exteriores (rural)  
 ≤ 0,3 mm                interiores

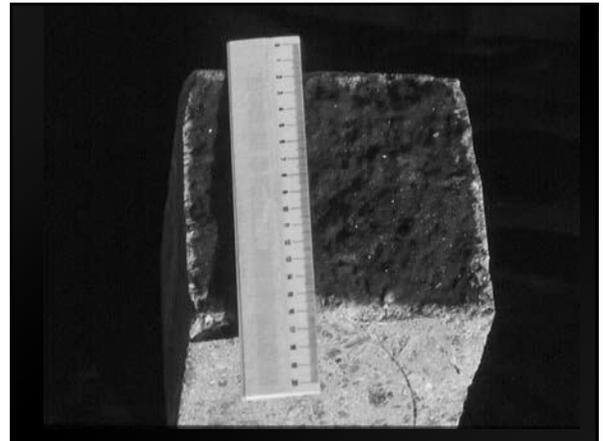
ACI 318 → não limita!

*fib* (CEB-FIP) ≤ 0,4 mm    tanto faz!

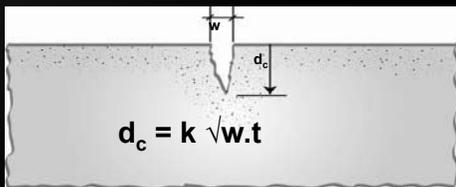
# Cloretos



# Carbonatação



## CARBONATAÇÃO NA FISSURA



$$d_c = k \sqrt{w \cdot t}$$

$$\begin{aligned} \text{para dobrar } d_c &\Rightarrow \begin{cases} w \times 4 \\ t \times 4 \end{cases} \\ \text{para dobrar } t &\Rightarrow \begin{cases} w : 2 \\ d_c \times \sqrt{2} \end{cases} \end{aligned}$$

## Consequências

- cloretos
- carbonatação



Corrosão localizada e intensa pois trata-se de um pequeno ânodo para fortes cátodos.

**Agricultura e Saúde brigam pelos dietéticos**  
 Os redirecionamentos dietéticos são disputados por dois ministérios. O da Saúde publica hoje no Diário Oficial uma liberação para o comércio, peixe, Antartica e pela Coca-Cola. O da Agricultura avisa: mandará a frevo...  
 Página 14

**Marquise cai e mata nove em Porto Alegre**  
 Nove pessoas morreram, entre as quais uma criança, desfilaram gravemente feridas e outras 30 sofreram escoriações leves com o desabamento, ontem à tarde, da marquise da Loja Arapua, no centro de Porto Alegre, na rua Doutor Farias. No momento do acidente, muitas crianças estavam na frente do prédio, recebendo doces de funcionários...  
 Página 11

**Para P.M. fogo no trem foi planejado**  
 A Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CPTU na qual se deu a explosão, não foi acidental, mas planejado...  
 Página 11

**Notas e Informações**  
 Apesar de todo o susto, a Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CPTU na qual se deu a explosão, não foi acidental, mas planejado...  
 Página 11

**TURISMO**  
 Destas é conhecida pela Opereidade do Alameda, a mais tradicional das Estações de Cidades, e a tradicional, formada de suas pedras. Mas o capital de Manaus, Manaus, na região de Manaus...  
 Página 11

**CADERNO 2**  
 Cícero Dias fala de pintar e viver  
 Aos 82 anos de idade e 60...

**Loja desaba e mata nove no S**

**Lubrificador de Diesel ficou pronto este mês**



**Marquise Hotel Canadá**  
**Copacabana**  
**Rio de Janeiro**  
**2007**





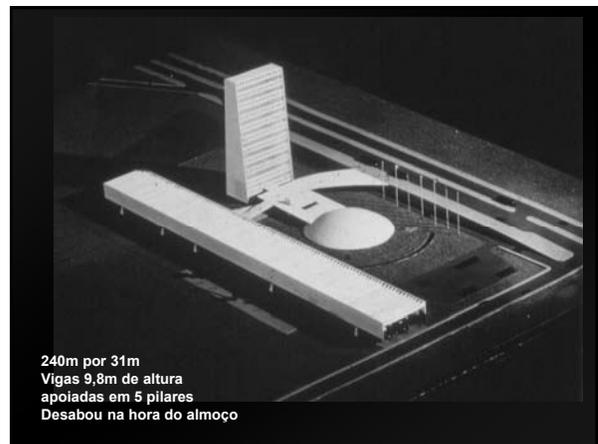
**Lições Aprendidas:**

1. Projetista → concepção do projeto;
2. Projetista → especificar manutenção;
3. Proprietário → realizar manutenção.

**IBRACON**

# Grandes Edificaciones

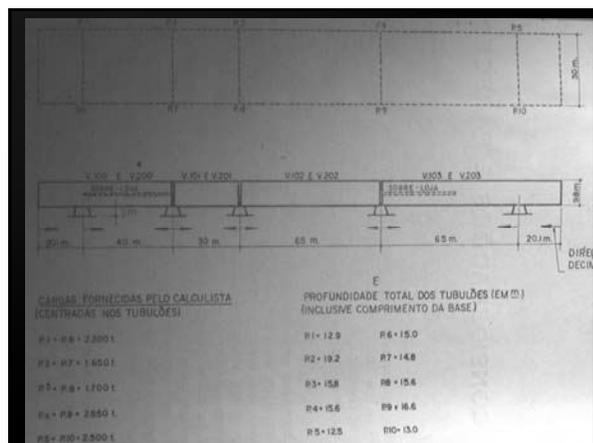
**Pavilhão de Exposições da Gameleira**  
*Arq. Oscar Niemeyer*  
*Belo Horizonte, MG*  
*Obra em Construção*  
*04 de fevereiro de 1971*  
*64 mortos*  
*mais de 100 feridos*





PAVILHÃO DA GAMELEIRA

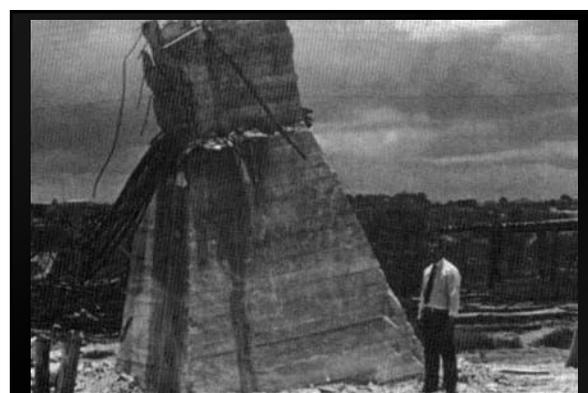
4 de Fevereiro de 1971



**Sintomas:**

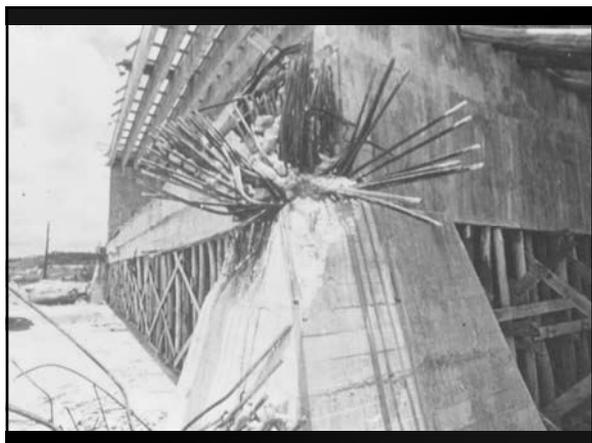
1. Fissuras nas vigas, inclinadas finas e próximas dos apoios;
2. Escoramento “preso”;

*Ausência plano de descimbramento*  
*Pilares com até 2.850 tf*



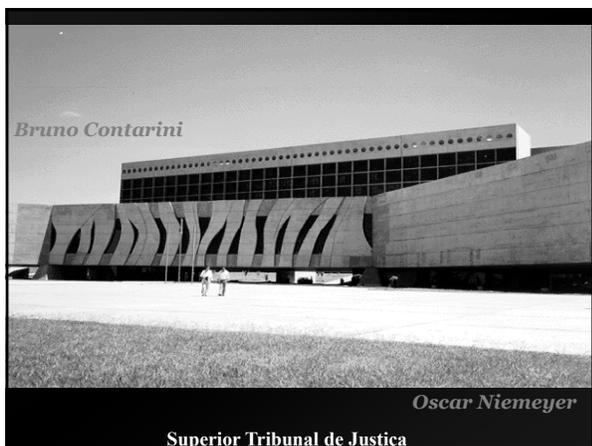
PAVILHÃO DA GAMELEIRA

4 de Fevereiro de 1971



PAVILHÃO DA GAMELEIRA

4 de Fevereiro de 1971



Bruno Contarini

Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

## Lições Aprendidas:

1. Projetista → concepção do projeto;
2. Projetista → detalhamento da armadura;
3. Projetista → plano descimbramento;
4. Construtor → respeito aos sintomas;
5. Construtor → Conhecer o projeto (flechas, fissuras, estabilidade geral, congestionamento das armaduras, etc.);
6. Fiscalização → fissuras de cisalhamento são de pequena abertura;

## Lição Renovada

### “O GRITO DA ESTRUTURA”

O mundo do veterinário é o de decifrar murmúrios, miados, mugidos, olhares ou uma inclinação de cabeça. É adivinhar sentimentos nos irracionais, é uma aproximação com os instintos. É identificar a origem de uma dor ou uma tristeza através da observação de uma indisposição para alimentar. É entender o porquê de uma renúncia à vida. O animal sofre, perde a alegria e tem-se que fazer algo urgente para salvá-lo.

No mundo do engenheiro também deve haver esta comunicação silenciosa. Identificar e avaliar uma patologia estrutural requer sensibilidade para o imponderável, para o imensurável. Não há números nem análise computacional que permita uma avaliação impessoal. O recado da estrutura vem através de uma fissura, um deslocamento, um desaprumo, um recalque, uma mancha, um destacamento, ou uma perda de nível.

São manifestações silenciosas. O grito por socorro de uma fissura de pilar pode ser extremamente incomodo para quem a identifica, mas pode passar despercebido para o inexperiente. Esse grito não chega a seu conhecimento, quando muito, avalia ser “um probleminha” e em muitas ocasiões providencia para que se esconda o sinal com uma massa ou pintura. Manda a estrutura calar.

Nos últimos quarenta anos têm-se notícias, com certa regularidade, de sinistros e catástrofes nas obras de engenharia -- O Pavilhão da Gameleira em Belo Horizonte, mais de 60 mortes. No mesmo ano de 1971 o Elevado Paulo de Frontin no Rio, mais de 20 mortes. O Edifício Palace II também no Rio e tantos outros pavilhões, igrejas, edifícios, marquizes. Ainda não saiu totalmente da mídia o mais recente, o desabamento do túnel da Estação Pinheiros do Metrô de São Paulo.

Sem exceções, todas estas obras pediram por socorro e ninguém ouviu. O pilar 5 do Pavilhão da Gameleira estava afundando. O grito por socorro do pilar não foi suficiente para paralisar a obra. Havia um cronograma a ser cumprido. O Palace II no Rio por mais de dois anos gritou por socorro. Os responsáveis, construtora e síndicos do condomínio, optaram por aplicar um analgésico. Algum técnico se dispôs a aplicar uma “massinha” barata onde saía fragmentos de um dos pilares. Por dias, até semanas, o túnel do Metrô de São Paulo clamou por socorro. Fissurou o solo no entorno, incomodou a vizinhança, fissurou casas, aumentou as infiltrações, por fim, fissurou o concreto projetado do túnel e mesmo assim só desabou no dia seguinte.

Há uma máxima jurídica que diz “a ninguém é dado o direito de desconhecer a lei”. Será que o engenheiro pode, por desinformação ou falta de experiência, ignorar o grito da estrutura?

**Carlos Campos**

*Carlos Campos Consultoria e Construções*

*Obs.: Carlos de Oliveira Campos é geólogo, sócio atuante e pró-ativo do IBRACON, categoria diamante, e já exerceu a Diretoria Regional do IBRACON em Goiânia.*

**Muchas  
gracias !**

