

CATÓLICA

## Análise de Acidentes em Estruturas 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

Recife, 3, 4 y 5 de maio de 2007

IBRACON

CATÓLICA

## Análise de Acidentes O melhor aprendizado!

**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

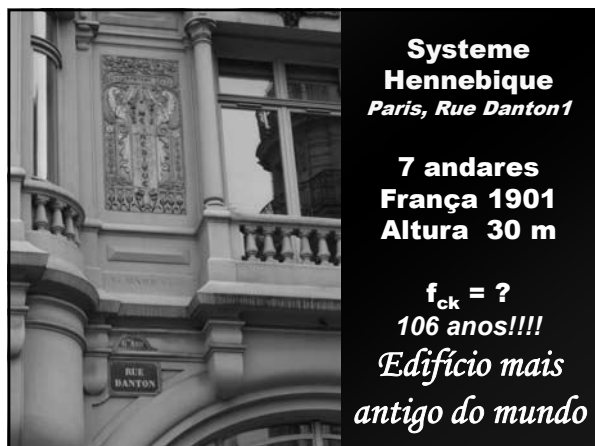
Abóbada da nave central → 35m de altura



**SÉCULO XX**  
**1900**

**APARECE UM**  
**NOVO 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

**Túneis**

**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**

*enfilagem; 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...**

12,8	11	500 000
metros	metros	metros

- 5 empreiteiras
- 1,8 bilhões de reais
- 13 bilhões de reais
- 2 700 habitantes
- 120 metros de profundidade
- 7 acidentes
- 2008

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

**Cronologia dos Acontecimentos**

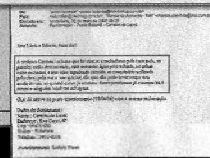
*fontes: Folha de São Paulo, Estado de São Paulo, Veja, Época, Isto É, Carta Capital.*

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  $f_{ck} = 25\text{MPa}$ ;



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 → desmonte 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 40 nº3 24 de Janeiro de 2007

23/1/2007

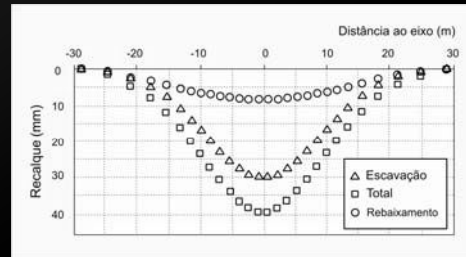
As casas da região do desabamento são demolidas. Entre elas, a de número 87, de Carmen de Leoni

## 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)

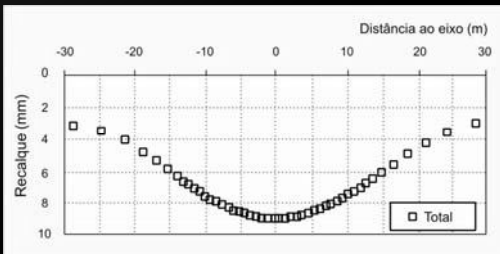
- para escavação em solo;
- para escavação em rocha

### Bacia de Recalques Seção em Solo



Curvas de deslocamentos verticais – seções em solo

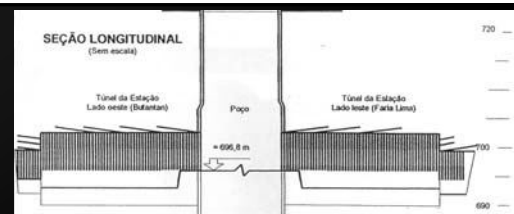
### Bacia de Recalques Seção em Rocha



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



Ocorrências Principais: • escavação dos túneis. • No lado oeste, seção Bulartim, utilizaram-se, em material argiloso no teto. Do km 7,0 a 35,5 até o km 6,0 a 92,2. Em 24/11, instalando o reboco em cunho, progressivo do final do túnel para o embudo. Em rocha alterada. Está afundado até a cambota 2 no lado direito e 7 no lado esquerdo, com altura de = 4 m. Em conformidade com ICE L2 105/2006, os pilas direitos estão sendo revestidos com tela metálica L 203 e concreto projetado. • No lado leste, seção Faria Lima: do km 7,0 a 79,7 ao km 7,1 a 20,13. Os 23/11 a 11/12: escavação do reboco em cunho, a partir do fim do túnel e progressivo para o Poço. Está afundado até a cambota 2 no lado esquerdo e 5 do lado direito, com = 4 m de altura. No período, era visível uma falha sub vertical e independente do eixo da via, a meio caminho entre o centro e a lateral direita. Em 15/01 começou a ser instalada pelo ATO uma tábua seguindo a cambota 1, lado esquerdo. Foi vedada e fidejato com concreto projetado. Em acordo com a ICE L2 105/2006, os pilas direitos estão sendo revestidos com tela metálica L 203 e concreto projetado. Estimação de ICE sobre reforço com brancos nos pilas direitos, e sobre complemento de projeto na parte inferior do reboco, em função dos deslocamentos medidos pela instrumentação. • No acesso norte: colocação da 1ª cambota em 15/01 até a 7ª em 14/12, na estação = 3 x 1,7 m. Final previsto do Acesso = estação 3 a 13,5. Em solo argiloso duro. Siso, há, apenas, manchas de umidade, pouco pronunciadas. O invert, executado a 6 m da frente. • No acesso sul: está programada a retomada da escavação.

Dados de instrumentação: • pilas na estrutura do Poço, apresentaram leves evoluções. • Os marcos superficiais em volta do Poço, com assentamentos de até 62,6 mm (evolução de até 5 mm, nas projeções dos túneis da Estação). • Mts e taquímetros para monitorar os túneis: acumulam até 33,5 mm (lado Faria Lima), em evolução de 8 mm em 2007; e de 16,6 mm (lado Bulartim), evolução de 3 mm). • Internamente, em seções 7,0 a 7,0 a 9; 7,0 a 21; 7,0 a 21; 7,0 a 87; 7,0 a 87; 7,1 a 15 e 7,1 a 26 apresentaram tendências a convergir e ascender. Permanecem em observação. Máximo acumulado = 30 mm, máxima evolução = 15 mm em 2007. • Frealôncias: nas Ruas Capri e Cláudio Salinas, o acumulado chega a 21,4 mm, evolução de 3 mm em 2007. • Instrumentação no lado Valdemar Ferreira, área da Estação da CPTM, o taquômetro e Mts no km 6,0 a 7,6, acumulam até 2,5 mm de recalques; e de pontos de controle nos túneis: o P17, km 6,9 a 8,4, apresenta leve tendência, tem acumulado de 3,3 mm. No km 6,0 a 6,5, do SPH: taquômetro e Mts com 4,9 mm acumulados, sem evolução no período. Acesso Norte: seções internas – o deslocamento máximo está programado, de até 3,6 mm. INAs e Pzs: os que tiveram leituras, se apresentam estabilizados.

AVANÇO / PRODUÇÃO/QUALIDADE

# Critérios de Avaliação de Danos nas Edificações

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

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 desaprumos. A abertura das trincas deverá situar-se entre 15 e 25mm.

### 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 1/800;

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 desaprumo de edifícios altos pode ser perceptível.
- 1/150 – fissuração significativa em painéis de paredes e de tijolo. Limite de segurança para paredes flexíveis de tijolos, onde  $\delta/L = 1/4$ . Limite para os casos onde pode ocorrer danos estruturais.

## 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 que 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 intermediárias). 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.

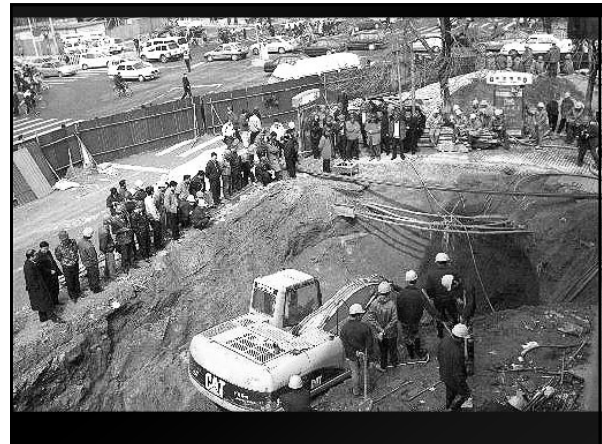
Um operário migrante vindo da província de Henan conseguiu escapar o cerco de sigilo e ligou para a polícia de sua região.

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.”**



IBRACON

# Estruturas 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

# Edificações



MARTES 13 de Marzo de 2001 ABC Madrid

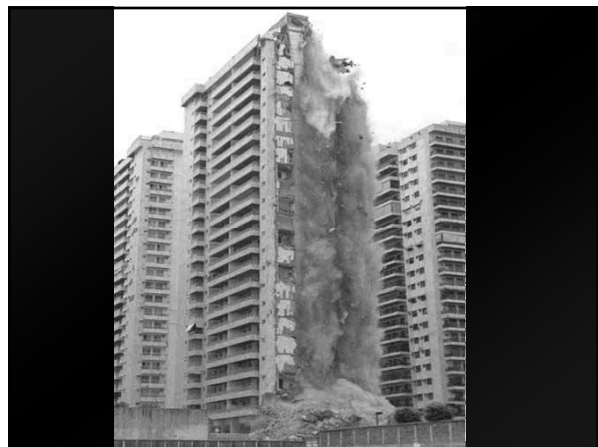
En los últimos 26 años han fallecido 33 personas a consecuencia de derrumbes de inmuebles, cornisas, marquesinas y muros en Madrid.

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.

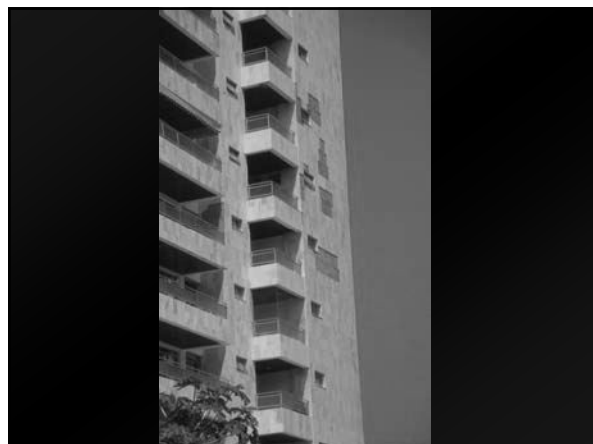
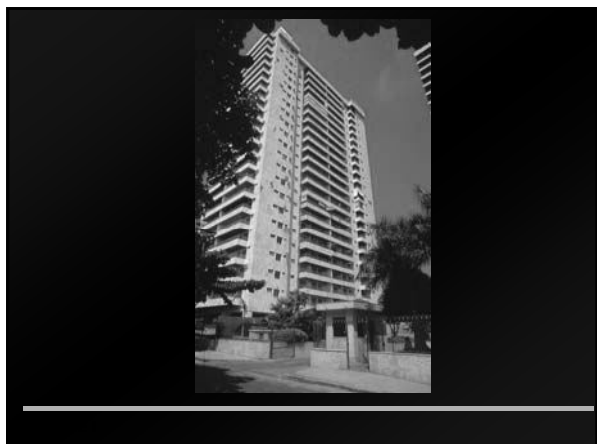
El 27 de enero de 1993, murieron 6 personas al desplomarse la marquesina del cine Bilbao, situado en la calle Fuencarral, cuando hacían cola para comprar entradas

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









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





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

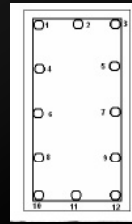
$\sigma_r = 135 \text{ kgf/cm}^2 = 13,5 \text{ MPa}$  média = 15MPa

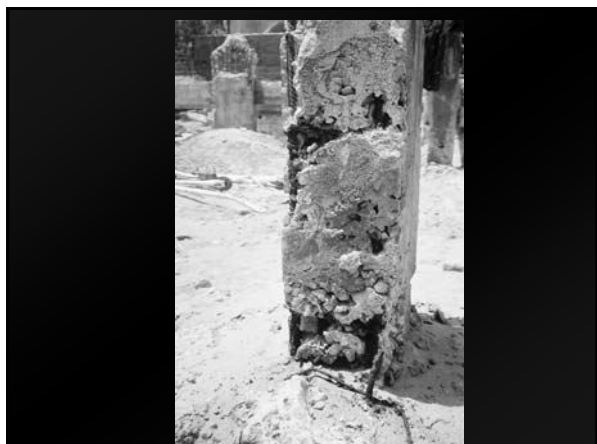
Cobrimentos de 1,5cm em pilares

Pilares 20cm x 50cm

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

Corrosão dos estribos e flambagem da armadura

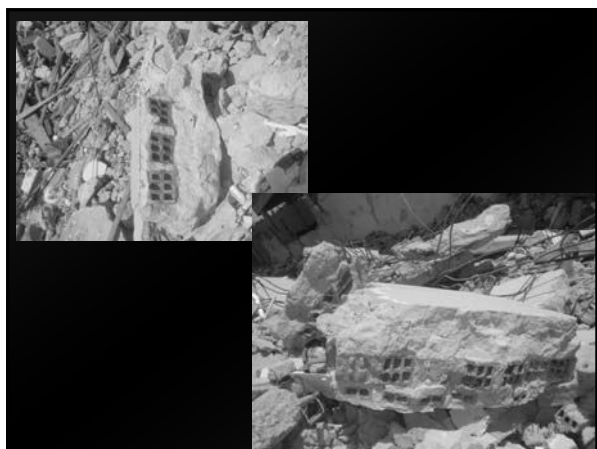




*Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar*



*Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar*



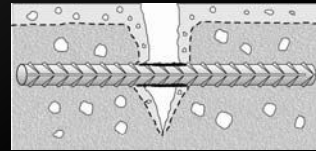
**Lições Aprendidas:**

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



# Marquises

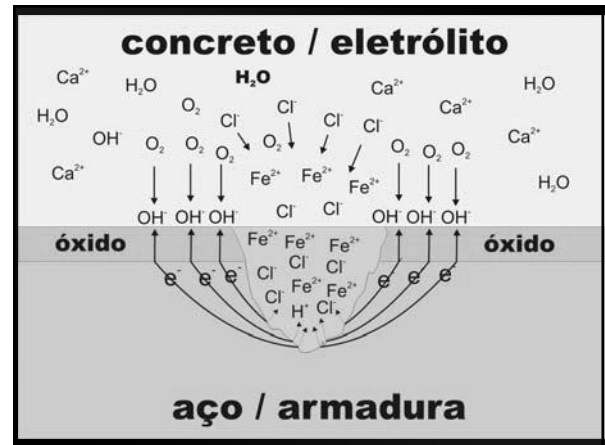
# FISSURAÇÃO



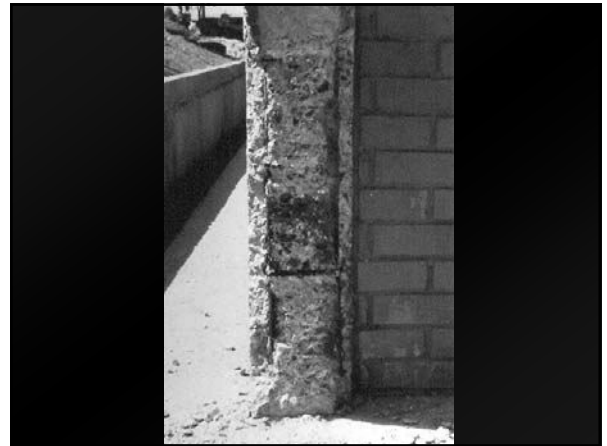
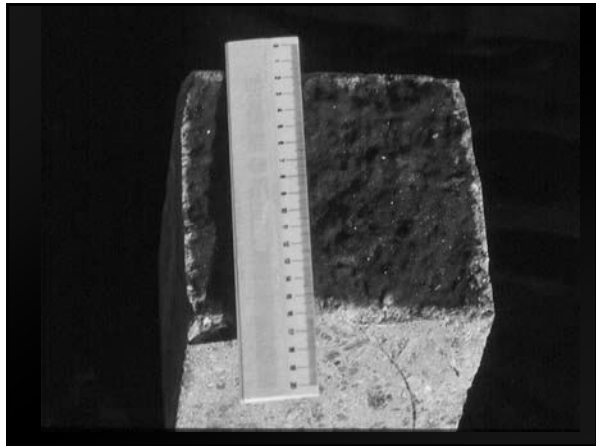
espessura carbonatada ou com cloretos

**NBR 6118 (+ 25%)**  
 $\leq 0,1$  mm ou  $0,2$  mm    agressivos exteriores (rural)  
 $\leq 0,3$  mm    interiores  
 $\leq 0,3$  mm  
**ACI 318** → não limita!  
**fib (CEB-FIP)**  $\leq 0,4$  mm    tanto faz!

# Cloretos



# Carbonatação



**CARBONATAÇÃO NA FISSURA**

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

para dobrar  $d_c \Rightarrow \begin{cases} w \times 4 \\ t \times 4 \end{cases}$

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

The diagram shows a cross-section of a concrete slab with a V-shaped crack. The width of the crack at the surface is labeled 'w' and the depth is labeled 'd\_c'. Below the diagram is the equation  $d_c = k \sqrt{w \cdot t}$ . Two sets of relationships are provided: one for doubling the depth  $d_c$  (requiring width  $w$  and thickness  $t$  to be multiplied by 4) and one for doubling the thickness  $t$  (requiring width  $w$  to be halved and  $d_c$  to be multiplied by  $\sqrt{2}$ ).

**Consequências**

- **cloretos**
- **carbonatação**



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

**Agricultura e Saúde brigam pelos dietéticos**  
 Os rigoristas dietéticos não disputam por água miúda. O da Saúde pública hoje no Brasil é ideal para a liberação para o comércio, pelas Antártica e pela Casca-Cala. O da Agricultura, porém, mandará a frente.

**Bom tempo para viajar no feriado**  
 Quem vai passar no fim de semana pode contar com bom tempo. Os bancos fecham hoje e amanhã. De posto de gasolina estão liberados para funcionar domingo e segunda.

**TURISMO**  
 Bônus e concessão para a diversidade de horários e mais tradicionais das Estações Clínicas, e a facilidade de acesso de suas praias. Mas o maior de Maracajá, na região de São Paulo.

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

**Para PM, fogo no trem foi planejado**  
 A Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CPTU na qualificação de uma obra foi planejado.

**Notas e Informações**  
 Apesar de todo o susto, não se deve perder o tempo que resta para a realização do projeto de lei que prevê a criação de uma comissão de acompanhamento da obra.

**Loja desaba e mata nove no S**  
 Relatório da Defesa Civil pronto este mês

**Para PM, fogo no trem foi planejado**  
 A Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CPTU na qualificação de uma obra foi planejado.

**Notas e Informações**  
 Apesar de todo o susto, não se deve perder o tempo que resta para a realização do projeto de lei que prevê a criação de uma comissão de acompanhamento da obra.



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



MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

2006



QUEDA DA MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

26 de Fevereiro de 2007



## Lições Aprendidas:

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



## Pavilhão de Exposições da Gameleira

*Arq. Oscar Niemeyer*

*Belo Horizonte, MG*

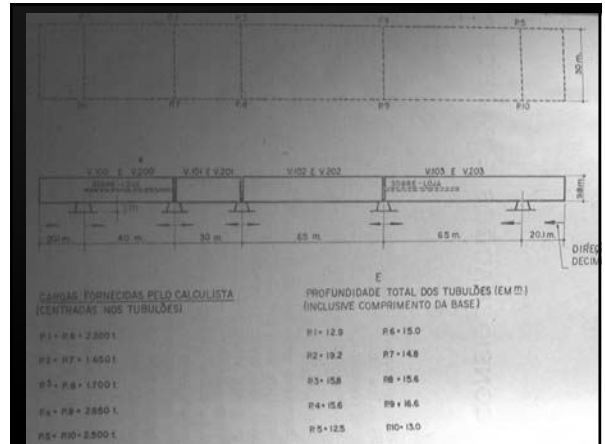
*Obra em Construção*

*04 de fevereiro de 1971*

*64 mortos*

*mais de 100 feridos*





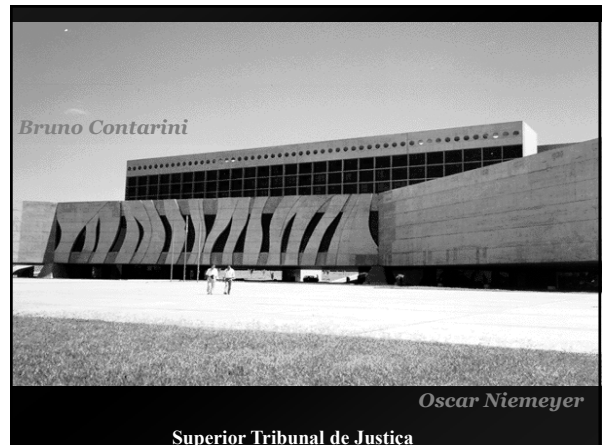
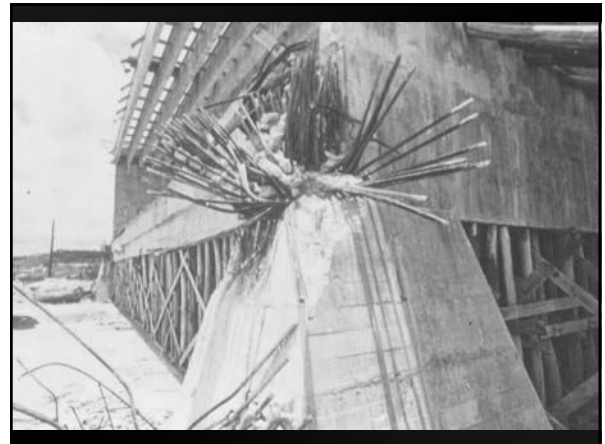
**Sintomas:**

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

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







## 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 experiente. Esse grito não chega a seu conhecimento, quando muito, avalia ser "um probleminha" e em muitas ocasiões providência 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. Fisurou 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 IBRAICON, categoria diamante, e já exerceu a Diretoria Regional do IBRAICON em Goiânia.*

