

**Instituto Brasileiro do  
Concreto**

**IBRACON**

**35 anos**

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

1

**IBRACON**

**Análise de Acidentes  
O melhor aprendizado!  
Visão construtiva!**

**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*

2

Robert Stephenson no discurso de posse na presidência do Instituto dos Engenheiros Civis 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”.*

3

**IBRACON**

# Túneis

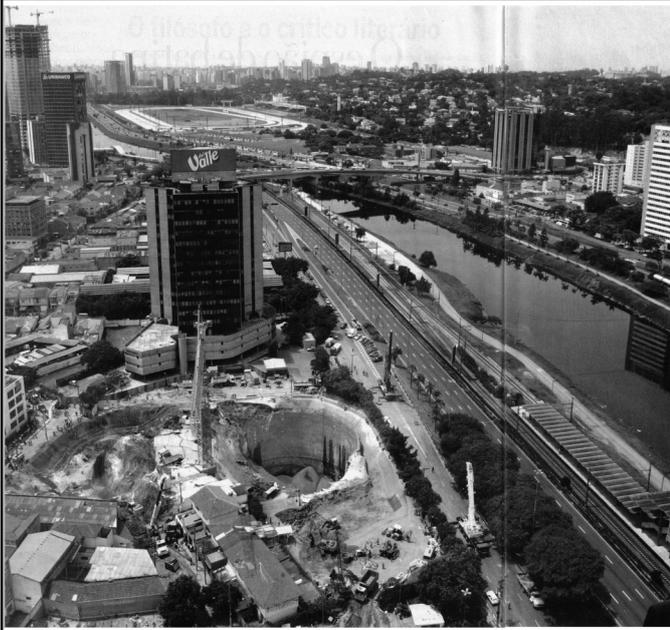
4

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

5



6



**AUTOFAGIA À PAULISTA**  
**TRAGÉDIA** A cratera do Metrô é o símbolo do impulso autodestrutivo de São Paulo

POR ANA PAULA SOUSA E SÉRGIO LIRIO

**S**ão Paulo não para. São Paulo, a locomotiva do Brasil. São Paulo, terra de oportunidades. São Paulo, a cidade que mais cresce no mundo. O que os slogans da maior aglomeração urbana da América do Sul, amontoado de gente, cimento e concreto que um dia se pareceu com uma cidade, traduzem neste início de século? Nada. Essa São Paulo operosa, individualista e amiestadista, convicida de que suas maelas resultam exclusivamente da "corrupção de Brasília" e da "ineficiência da porção Norte do País", foi confrontada com sua imagem real na sexta-feira 12.

Passava um pouco das 3 da tarde quando um deslizamento de terra nas obras da estação Pinheiros da Linha 4 do Metrô, na zona oeste, abriu uma cratera de 40 metros de diâmetro às margens da Marginal, destruiu casas, tragon veículos e detou um saldo de sete mortos. As chruas e o risco de novos desabamentos têm atrasado os trabalhos de resgate. No início da noite da quinta-feira 15, os bombeiros conseguiram descalar a miniva que atrapalhava as escavações. Mais dois corpos foram retirados. Outras duas vítimas continuaram soterradas nos escombros.

**Do ponto de vista técnico**, só as perícias que devem demorar no mínimo quatro meses para ser concluídas, poderão apontar com precisão as causas do desastre. Boa parte das especulações feitas no calor dos acontecimentos será obviamente, descartada.

Mas, a despeito dos laudos periciais, focados em apontar os motivos do acidente na estação Pinheiros, sobram indícios de que as obras do Metrô, realizadas ao longo de 13 quilômetros, levaram ao extremo a lógica que moldou a expansão urbana de São Paulo nas últimas décadas: transferência de controle para a iniciativa privada, desmonte do aparato de fiscalização do poder público e falta de transparência. Trata-se, portanto, de um questionamento que transcende o escopo das mortes e ferimentos e familiares e amonardores que perderam casas e bens.

A instigação da Linha 4, feita sob

**LEITE DERRAMADO.**  
 Agora, a ação de Kassab e Serra é limitada

**Foi preciso sete mortes para se discutir os problemas na construção**

**CRATERA DO METRÔ – Carta Capital nº 428** **21 de Janeiro de 2007**

7

# 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*

8

**Escavação de  
Túneis  
*Rodovia dos  
Imigrantes*  
São Paulo**

9

**Estação Pinheiros  
Metrô SP  
  
Visão Geral  
  
*Dez. 2006***

10

## O POÇO DA LINHA 4...

**12,8** quilômetros de extensão

**11** estações (Luz até Vila Sonia)

**900 000** passageiros serão transportados por dia

**5** empreiteiras formam o consórcio responsável pela construção (CBPO Engenharia, Queiroz Galvão, OAS, Camargo Gorra e Andrade Gutierrez). A CBPO, subsidiária da Odebrecht, lidera o consórcio

**1,8** bilhão de reais é o custo da obra

**1,3** bilhão de reais é o valor da apólice de seguro

**2 700** homens trabalham na execução da Linha 4

**120** deles na Estação Pinheiros

**7** acidentes (com uma morte) já haviam ocorrido envolvendo a linha

**2008** é o ano previsto para a conclusão de seis estações. A segunda fase deve ir até 2012

**Duro de roer**  
Por estar próximo ao Rio Pinheiros, o solo apresenta camadas de areia, argila e rochas cheias de fissuras

**1,5** metro de asfalto e solo orgânico

**6 a 8** metros de areia e argila

**Até quatro explosões por dia**  
Para escavarem os túneis da Estação Pinheiros, as empreiteiras adotaram o método New Austrian Tunneling Method (NATM). Trata-se de detonações com explosivos e pequenas escavadeiras para abrir caminho. Eram feitas quatro explosões por dia até dezembro. Foram reduzidas para uma neste mês. À medida que o buraco avançava, os operários colocavam uma tela de aço e jateavam concreto nas paredes e no teto. No segundo semestre, a estrutura receberá uma nova cobertura de concreto, mais resistente

**60,2** quilômetros em 32 anos

Inauguração do metrô paulistano	1974
Extensão atual (em quilômetros)	60,2
Número de linhas	4
Número de estações	54
Passageiros transportados por ano	513 milhões

**Estação Pinheiros fotografada em 12/12/2006**

**EXPLOSIVOS**

TRAGÉDIA DO METRÔ – Veja Ano 40 nº3

24 de Janeiro de 2007

11

# Cronologia dos Acontecimentos

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

12

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);

13

**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.

Ass: Lúcia e Mécia, boas dia!

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.

Clc: Já esteve no posto atendimento (1854/05) com a mesma reclamação.

Divisão de Atendimento:  
 Nome: Cleonice de Lencz  
 Endereço: Rua Capri, 87  
 Cep: 05424-050  
 Bairro: Pinheiros  
 Telefone: 3813-4330

Atenciosamente: Lúcia Viana

Muitas reclamações de moradores e proprietários de casas nas proximidades

14

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  $f_{ck} = 25MPa$ ;

15

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

16

- 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);**

17

- 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;**

18

Transatlântico com 1.600 turistas brasileiros fica 20 horas encajado na Argentina >> Pág. C10

## Consórcio fez explosão 7h antes de acidente

Detonação ocorreu às 8h20 de sexta, mesmo após ter sido constatado na véspera um rebaiamento acelerado do terreno

**Engenheiros da Via Amarela dizem que explosão não interferiu no acidente, apesar de ter sido feita a 10 metros do desabamento**

**ROBERTO KOCHELI**  
DIRETOR TÉCNICO  
ALEXCAR ZIZZODRO  
DA PORTACONCRETA

O Consórcio Via Amarela, responsável pela construção da linha 4 do Metrô de São Paulo, fez uma detonação na obra da futura estação Pinheiros às 8h20 da última sexta-feira.

A explosão foi realizada menos de sete horas antes do acidente que abriu uma cratera no lado da marginal Pinheiros —seis corpos já foram encontrados— e um dia depois da constatação de um rebaiamento acelerado do terreno.

O consórcio confirma que houve a detonação. Dois engenheiros das construtoras, que só assinaram há 3 Folhas, não comprometeram de não terem seus nomes revelados, alegam que a explosão foi “controlada”, de “pequena intensidade” e a 10 metros do trecho do túnel da estação destruído no acidente —distância que não consideram pequena.

O procedimento do consórcio de fazer a detonação mesmo após a constatação do rebaiamento do terreno vem sendo

ra da crença de que depende da forma como ela foi feita, sua intensidade e até que ponto a obra estava em condições normais.

“Toda detonação resulta numa vibração, que pode soltar partes do solo. Mas não dá para dizer se ela foi correta ou não sem ter certeza de que os recalques estavam dentro do previsto no projeto e de que todos os cálculos estavam corretos”, afirma Paulo Helene, professor da Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo) e presidente do Instituto Brasileiro de Concreto.

Se os recalques estão acima do nível de alerta, não se faz uma detonação. Mas se estão dentro do previsto, não há razão para mudar qualquer procedimento desse tipo”, afirma Roberto Kocheri, diretor do Instituto de Engenharia e que já prestou serviços na linha 4.

Os dois engenheiros do consórcio afirmam que não havia indícios para nenhuma atenção diferenciada até a manhã de quinta-feira —quando as medições apontaram para um rebaiamento do terreno próximo de 25 milímetros.

O recalque é comum em obras do tipo, mas estava em patamar superior aos dias anteriores. Apesar disso, na versão dos técnicos do consórcio, não é o ponto de provocar uma situação de alerta.

Eles chegam a comentar a

Os técnicos do consórcio alegam que ninguém tinha ideia do risco de acidente, tanto que engenheiros e outros profissionais estiveram no túnel mesmo após a explosão —não se arriscaram a ficar ali se acreditavam sem haver problema grave.

Tarcísio Barreto Celestino, engenheiro e presidente da Comitê Resolutor de Túneis, funcheiro da Thomag e projetista da estação Butantã da linha 4, diz que “danos causados pe-

los explosivos no entorno da área que está sendo detonada são desprezíveis”.

André Assis, professor titular de geotecnia da UnB e ex-presi-

dente da Associação Internacional de Túneis, diz não conhecer “nenhum acidente em túneis provocado por explosivos”.

“Essa tecnologia é domi-

nada há muito tempo.”

Copyright MARCO CESAR CARVALHO de Representação

LEIA MAIS C3 e C5

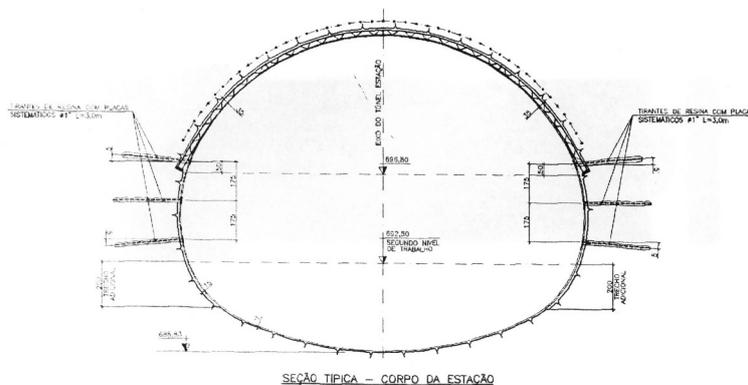
**Toda detonação resulta numa vibração, que pode soltar partes do solo. Mas não dá para dizer se ela foi correta ou não sem ter certeza de que os recalques estavam dentro do previsto no projeto e de que todos os cálculos estavam corretos**

**PAULO HELENE**  
PRESIDENTE DO INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO

“Toda detonação resulta numa vibração, que pode soltar partes do solo. Mas não dá para dizer se ela foi correta ou não sem ter certeza de que os recalques estavam dentro do previsto no projeto e de que todos os cálculos estavam corretos”, afirma Paulo Helene, professor da Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo) e presidente do Instituto Brasileiro de Concreto

19

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 hastas metálicas, nem das resinas de pega rápida;



20

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;



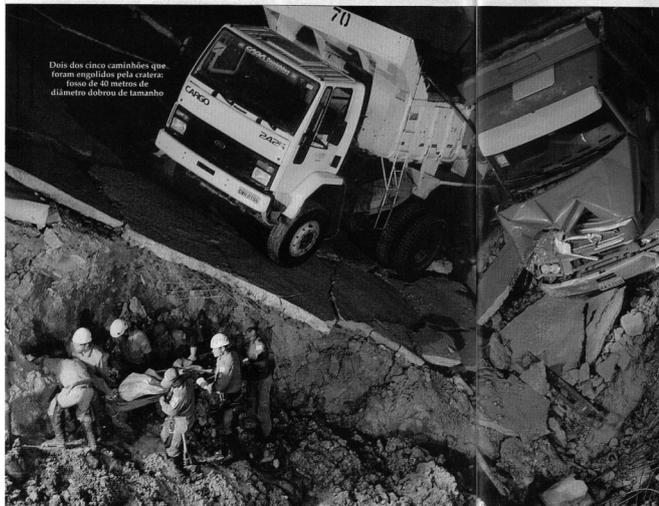
21

**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.....***

22

# A TRAGÉDIA DA ESTAÇÃO PINHEIROS



Dois dos cinco caminhões que foram engolidos pela cratera: furo de 40 metros de diâmetro dobrou de tamanho

Veja São Paulo ouviu 28 especialistas e levantou as possíveis falhas e as grandes dúvidas no acidente do metrô que deixou pelo menos seis vítimas e chocou os paulistanos

MARCELLA CINTO/ANTÔNIO RODRIGO BRANCATELLI  
E SANDRA SOARES

Com apenas 60,2 quilômetros de extensão e 513 milhões de passageiros transportados por ano, o metrô de São Paulo tem proporcionalmente a maior densidade de usuários do mundo. Apesar do tamanho insuficiente, é um dos orgulhos do paulistano: pela rapidez, segurança, conforto e limpeza. Na sexta-feira (12), quando deu início o canteiro de obras da futura Estação Pinheiros da Linha 4, que ligará as regiões da Luz, no centro, a Vila Sônia, na Zona Oeste, a cidade entrou em choque. O furo de 40 metros de diâmetro, aberto para a escavação do túnel, dobrou de tamanho. A capital pensou diante das inacreditáveis imagens e ficou abalada com um acontecimento inimaginável, no qual a primeira coisa a acontecer é a perda de vidas. Seis pessoas foram atingidas pelo buraco e seus parentes experimentam um amargo pesadelo. A Marginal Pinheiros teve um de seus trechos interditados por três dias. Cerca de quarenta famílias que moram no entorno estão deslocadas.

Nem primeiro momento, o consórcio das cinco maiores empresas do país encarregado da construção da Linha Amarela atribuiu o acidente ao excesso de chuvas — uma explicação “cômoda”, como bem definiu o procurador-geral de Justiça de São Paulo, Rodrigo Pinho. “Houve erro, sim”, afirmou. “Resta saber se foi no projeto ou na execução.” Segundo especialistas ouvidos por *Veja São Paulo*, não indica que a construção deu sinais de que algo estava errado e esses sinais não foram bem avaliados pelas empresas. “Um acidente dessas proporções nunca tem um único motivo”, aponta o engenheiro Roberto Kocher, professor do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. “São vários fatores, como aconteceu na colisão aérea entre o Luggage e o avião da Gol”. Pela complexidade de obras dessa magnitude, ocorrências como a da Estação Pinheiros são mais comuns do que se pensa. Desde 2000, nove acidentes aconteceram no mundo durante escavações subterrâneas. Só em 1999, por exemplo, houve tragédias parecidas na Inglaterra, na Turquia, na Itália e na Coreia do Sul.

Apesar desse perigo tão gravíssimo, das mores e da alteração da rotina de quem reside perto dos canteiros, a cidade não pode sofrer com a paralisação de uma obra tão importante. Com a conclusão do ramal 4, prevista para 2012, São Paulo encostar na marca dos 73 quilômetros de linha. Ainda que já esteja em concorrência com outras metrópoles, como Nova York (398 quilômetros), Paris (212 quilômetros) ou Cidade do México (201 quilômetros), isso representará um avanço e uma melhoria na qualidade de vida de milhões de cidadãos. Com custo estimado de 1,8 bilhão de reais, a Linha 4 vai sair do papel graças a uma parceria público-privada (PPP), que combina investimentos das duas esferas em grandes projetos de infraestrutura. Espera-se que o episódio da cratera tenha deixado lições e que, mesmo com o risco, não com segurança, a Linha 4 seja concluída.

TRAGÉDIA DO METRÔ – *Veja* Ano 40 nº3

24 de Janeiro de 2007

23

23/1/2007

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



24

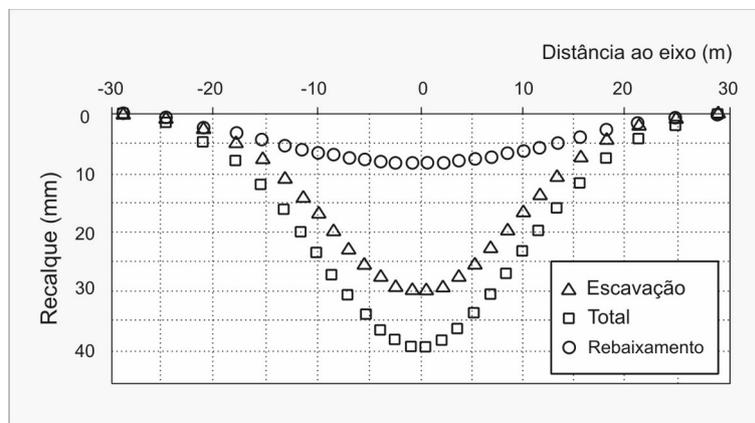
# Previsão de Recalques e Distorções (Projeto)

*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

25

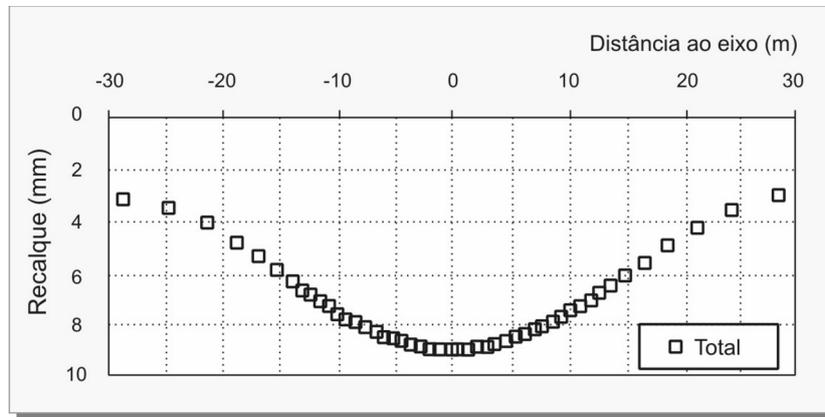
## Bacia de Recalques Seção em Solo



Curvas de deslocamentos verticais – seções em solo

26

### Bacia de Recalques Seção em Rocha



Curvas de deslocamentos verticais – seções em rocha

27

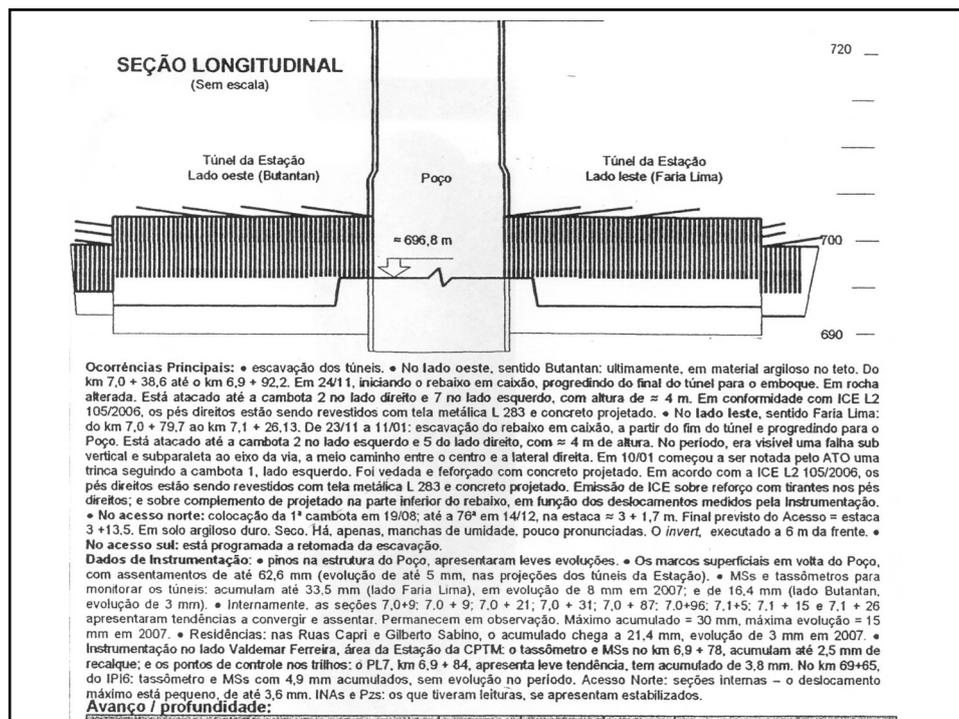
**Recalques e distorções encontrados dentro da área de influência da obra, 45°**

28

# Recalques e Distorções Medidos

## 2,5mm a 62mm, junto ao poço nas vésperas do acidente

29



30

# Critérios de Avaliação de Danos nas Edificações

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

31

### 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 aporticadas 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  $h/L < 1/4$ . Limite para os casos onde pode ocorrer danos estruturais.

32

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 reconstituições estruturais mais importantes, tal como remoção e reposição de paredes, decorrentes de desaprumos. A abertura das trincas deverá situar-se entre 15 e 25mm.

33

## 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;

34



35

## 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;

36

## **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...*

37

## **Escavações para o Metrô de PEQUIM março de 2007**

### **6 vítimas fatais**

38

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.

39

### **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).

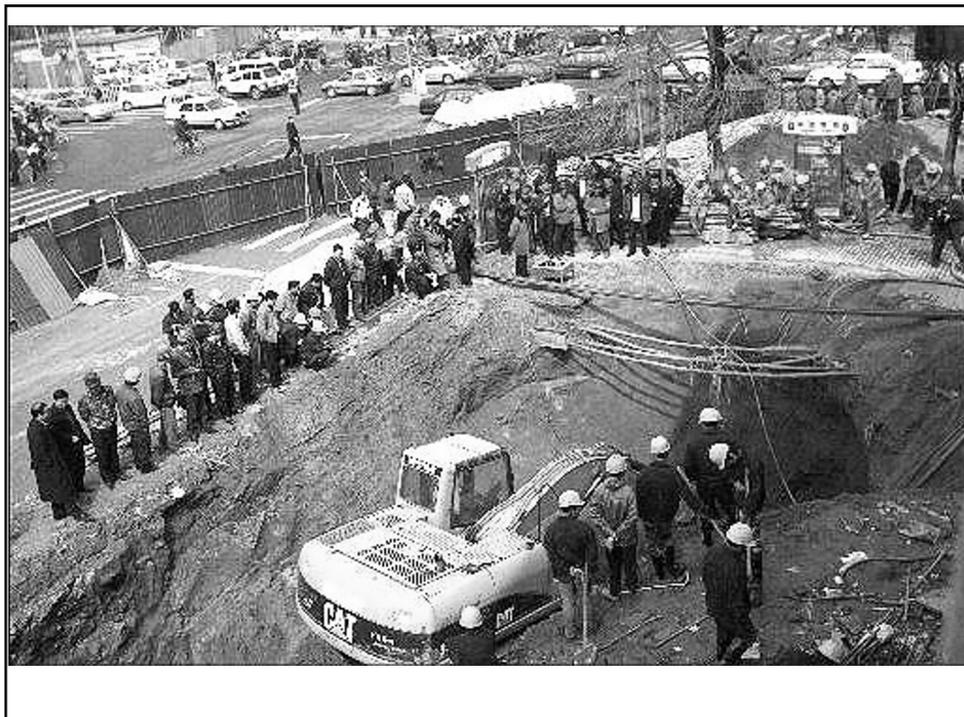
O trabalho de remoção da areia e óleo que caíram no buraco foi concluído ontem. Os encanamentos públicos próximos à área não foram afetados.

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

40



41



42



43

## 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.

44

## 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
<b>NATM</b>	0	9	12	4	25
<b>non-NATM</b>	2	2	9	6	19
<b>Total</b>	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.**

45

### 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*

47

**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.”**

49

**IBRACON**

**Estructuras  
Metálicas**

50



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>.

51

## 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.

52

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

uma péssima manutenção preventiva.

53

### ***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*

54

**IBRACON**

# Edificações

55



Daniel G. López

**El derrumbe del edificio de Gaztambide causó una víctima mortal**

56

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.

57

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.

58

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

59



60



61



62



63



64



65



66



67



68



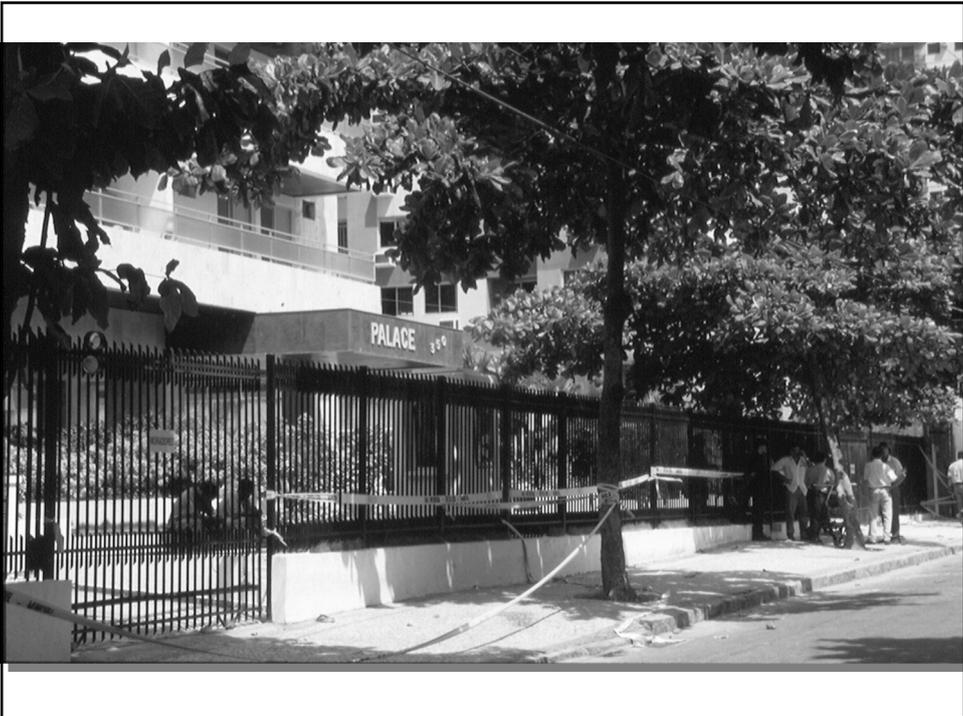
69



70



71



72

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

75



**EDIFÍCIO AREIA BRANCA - Pernambuco**

76



77



*Escombros - manhã seguinte do desabamento*

78



79



80



81



82



Edificações Vizinhas

83

## **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.**

84



*Vista geral do subsolo*

85



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

86



*Vista geral do reservatório inferior e alagamento*

87



*Moradores acompanham a vistoria efetuada pela CONDECIPE*

88

## **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**

89

## **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**

90

## 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

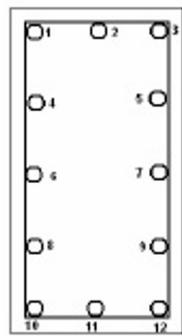
*Cobrimentos de 1,5cm em pilares*

*Pilares 20cm x 50cm*

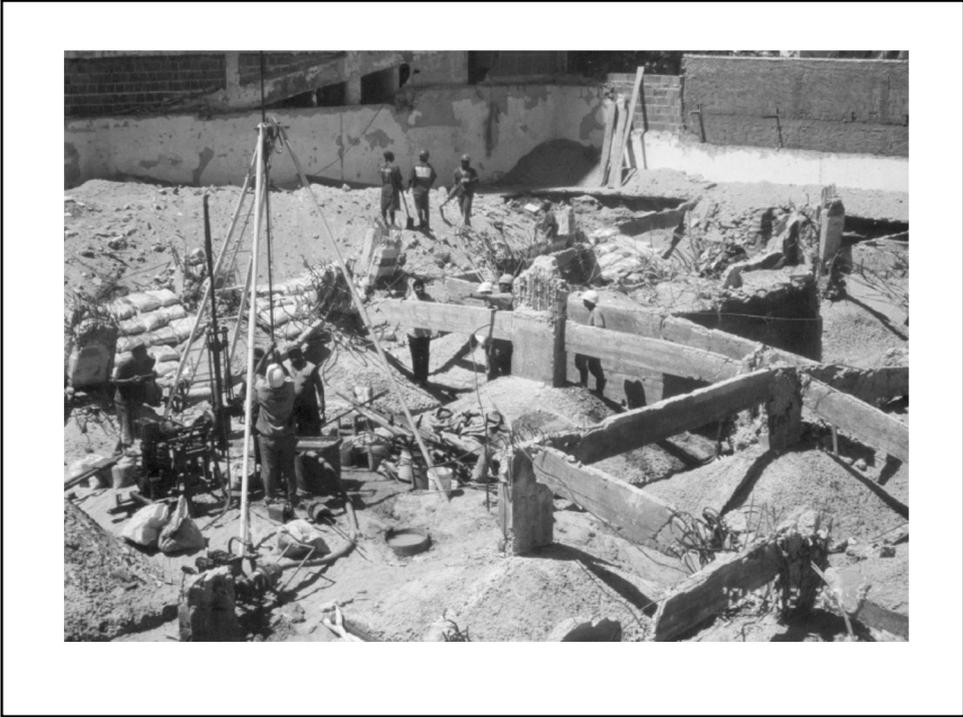
*12 barras de 16mm com estribos de 4,2mm cada 15cm*

*Corrosão dos estribos e flambagem da armadura*

91



92



93



94



95



96



97



98



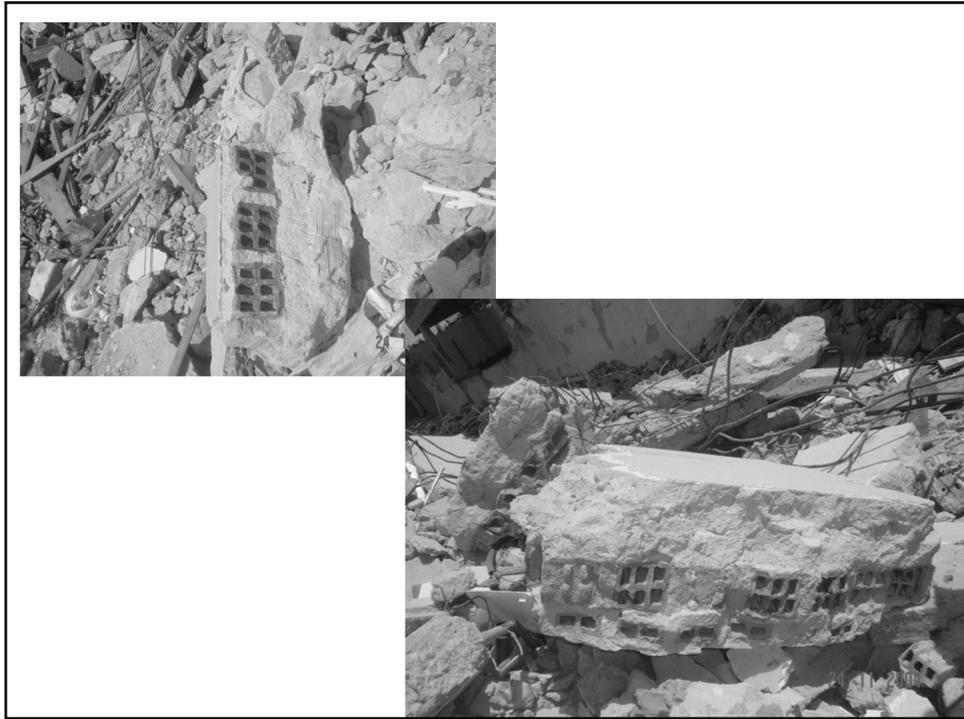
*Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar*

99



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

100



101

## **Lições Aprendidas:**

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

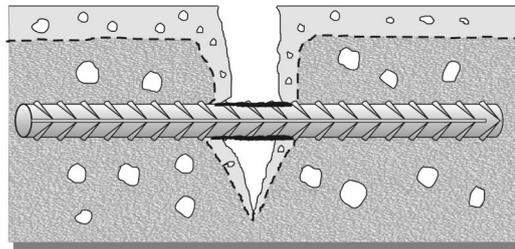
102

**IBRACON**

# Marquises

103

## FISSURAÇÃO



espessura  
carbonatada  
ou  
com cloretos

**NBR 6118 (+ 25%)**

$\leq 0,1 \text{ mm}$  ou  $0,2 \text{ mm}$     agressivos  
 $\leq 0,3 \text{ mm}$                             exteriores (rural)  
 $\leq 0,3 \text{ mm}$                             interiores

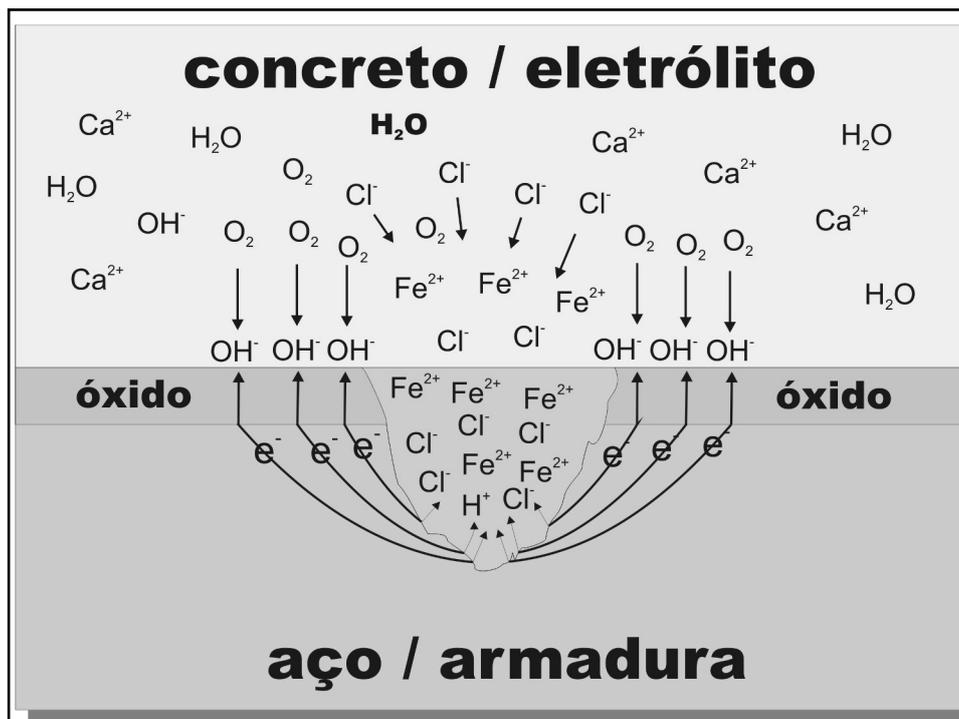
ACI 318 → não limita!

**fib (CEB-FIP)**  $\leq 0,4 \text{ mm}$             tanto faz!

104

# Cloretos

105



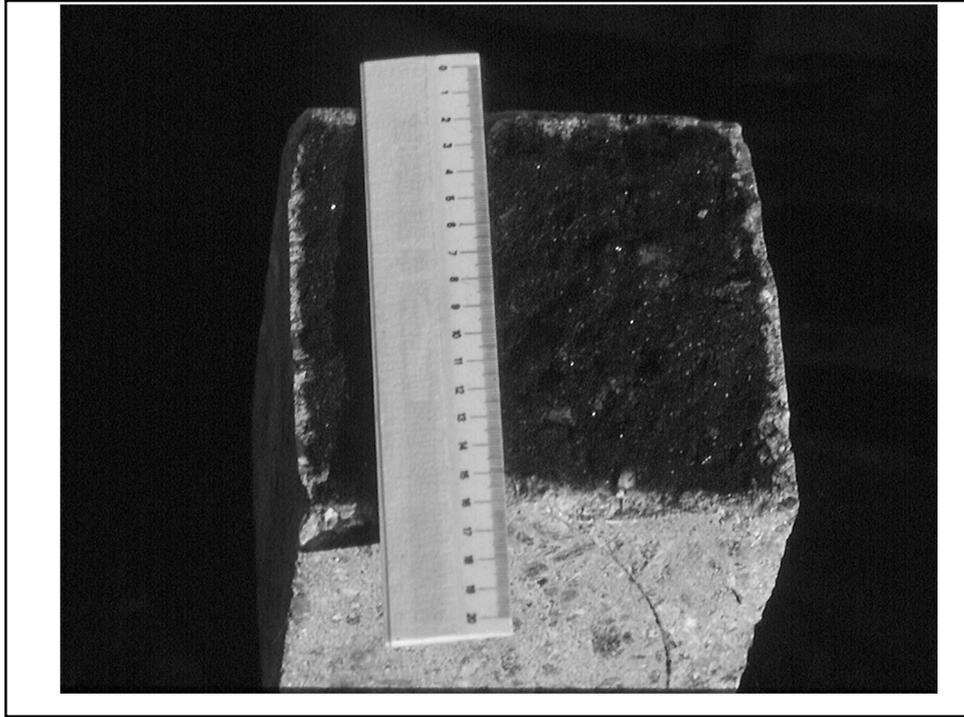
106



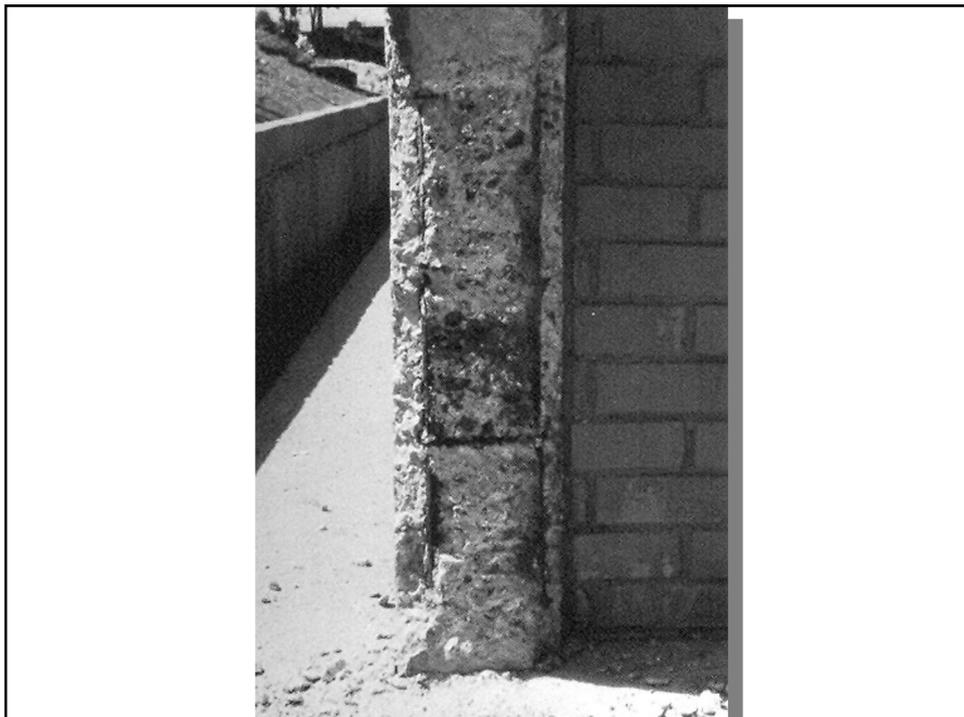
107

# ***Carbonatação***

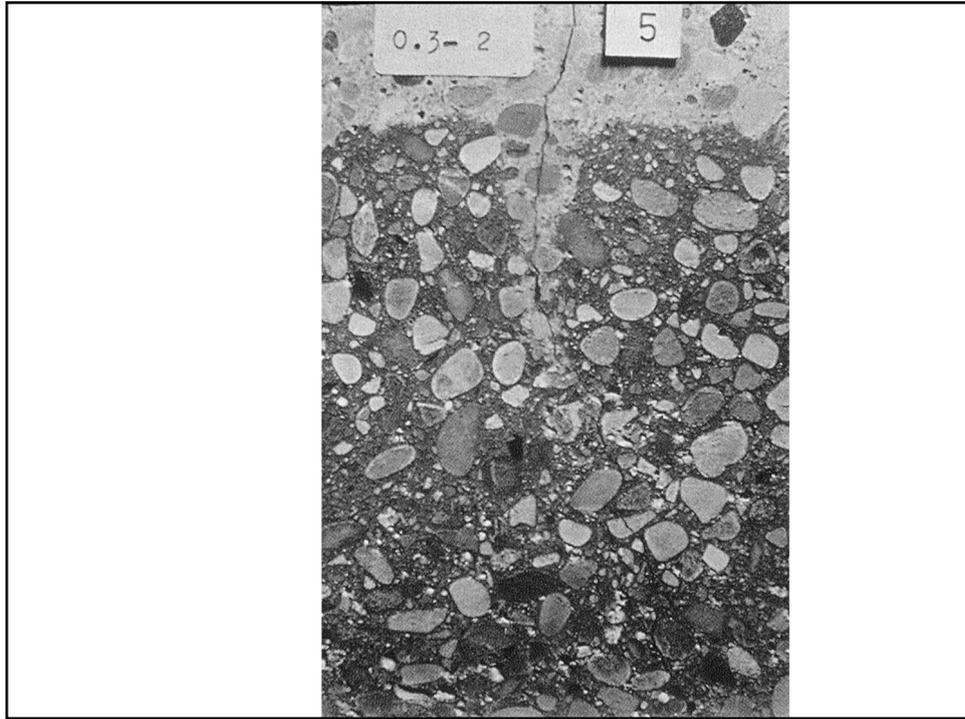
108



109



110



111

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

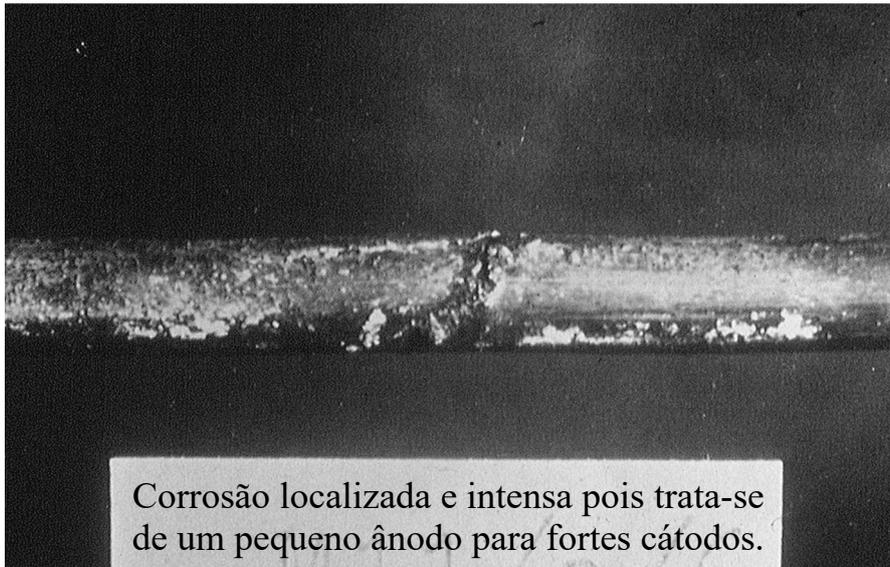
The diagram shows a cross-section of a concrete slab with a central crack. The width of the crack is labeled 'w' and the depth of the crack is labeled 'd<sub>c</sub>'. The concrete surface is shown with a stippled texture. Below the diagram, the equation  $d_c = k \sqrt{w \cdot t}$  is presented. Two sets of relationships are shown: one for doubling d<sub>c</sub> (w x 4, t x 4) and one for doubling t (w : 2, d<sub>c</sub> x √2).

112

## ***Consequências***

- ***cloretos***
- ***carbonatação***

113



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

114

O processo penal e as leis de execução penal e de economia popular. Com as alterações, acaba a lei Fleury, que permitia aos réus primários responder processo em liberdade. **Página 4**

ves para os empregados do Departamento Nacional de Produção Mineral. Ontem, o presidente José Sarney resolveu conceder-lhes um reajuste salarial entre 95% e 120%. **Página 24**

obediência à nova Carta, será permitido o registro de candidaturas validadas por tribunais regionais porque a Constituição anterior fixava o prazo de um ano para o domicílio eleitoral.

coisas não precisarão cumprir o limite do tabelamento dos juros de 12% ao ano imposto pela nova Constituição. O Banco Central emitiu ontem uma circular estabelecendo que, en-

quanto não sair a lei regulamentadora do sistema financeiro, continuarão a valer as normas atuais. O esclarecimento foi feito depois que o presidente José Sarney aprovou o parecer do consultor-geral

da República, com a publicação. O publicado hoje. Em consulta uma boa data nimo.

### Agricultura e Saúde brigam pelos dietéticos

Os refrigerantes dietéticos são disputados por dois ministérios. O da Saúde publica hoje no Diário Oficial uma liberação para o comércio, pela Antártica e pela Coca-Cola. O da Agricultura avisa: mandará apreendê-los. **Página 24**

### Bom tempo para viajar no feriado

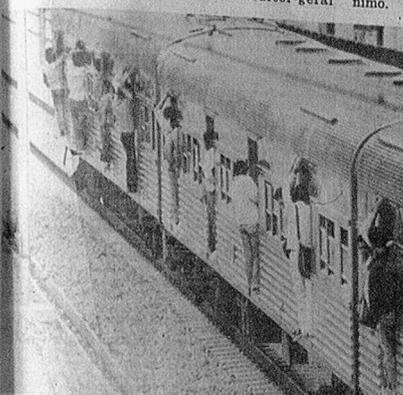
Quem vai passar no fim de semana pode contar com bom tempo. Os bancos fecham hoje e só reabrem terça. Os postos de gasolina estão liberados para funcionar domingo e segunda. **Página 13**

**TURISMO**  
Boston é conhecida pela Universidade de Harvard, a mais tradicional dos Estados Unidos, e a tonalidade vermelha de seus prédios. Mas a capital de Massachusetts, na região da Nova

# Marquise cai e mata nove em Porto Alegre

Nove pessoas morreram, entre as quais uma criança, dez ficaram gravemente feridas e outras 30 sofrem escoriações leves com o desabamento, ontem à tarde, da marquise da Loja Arapuá, no centro de Porto Alegre, na rua Doutor Flores. No momento do acidente, muitas crianças estavam na frente do prédio, recebendo doces de funcio-

nários, numa promoção da loja. O estrondo provocado pela queda das lajes de concreto espalhou o pânico entre as pessoas que passavam, dificultando o trabalho do Corpo de Bombeiros de remoção das vítimas. Técnicos do Instituto de Criminalística da Polícia Civil estiveram no local, mas o resultado da perícia ainda demorará dias. **Página 14**



Ombúrbio da CBTU entre Jundiaí e Paranapiacaba: o perigo, a violência e

### Para PM, fogo no trem foi planejado

A Polícia Militar acredita que o incêndio do trem da CBTU na quarta-feira tenha sido uma ação premeditada, pos-

### Notas e Informações

Apesar de todo o autoritarismo e de todo o temor que parecia inspirar, o governo do general Augusto Pinochet realizou um plebiscito livre e

<b>46</b>
Mais o Supl.
Ciência e Técnica
Classificação
Comportamento
Economia
Educação
Esportes

**CADERNO 2**  
**Cicero Dias fala de pintar e viver**  
Aos 82 anos de idade e 60 de experiência artística

## Loja desaba e mata nove no S

Muita gente participava da promoção de distribuição de doces em frente à loja Arapuá, na rua Doutor Flores, no centro de Porto Alegre, quando ocorreu o acidente. O estrondo provocado pela queda das lajes de concreto espalhou o pânico entre as pessoas que passavam, dificultando o trabalho do Corpo de Bombeiros de remoção das vítimas. Técnicos do Instituto de Criminalística da Polícia Civil estiveram no local, mas o resultado da perícia ainda demorará dias.

**Relatório da Dersa fica pronto este mês**

**Bloqueio da BR-116 terá políciamento**



117

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

118



MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

2006

119



QUEDA DA MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

26 de Fevereiro de 2007

120



QUEDA DA MARQUISE DO HOTEL CANADÁ - RJ

26 de Fevereiro de 2007

121

## **Lições Aprendidas:**

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

122

**IBRACON**

# **Grandes Edifícios**

123

**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*

124



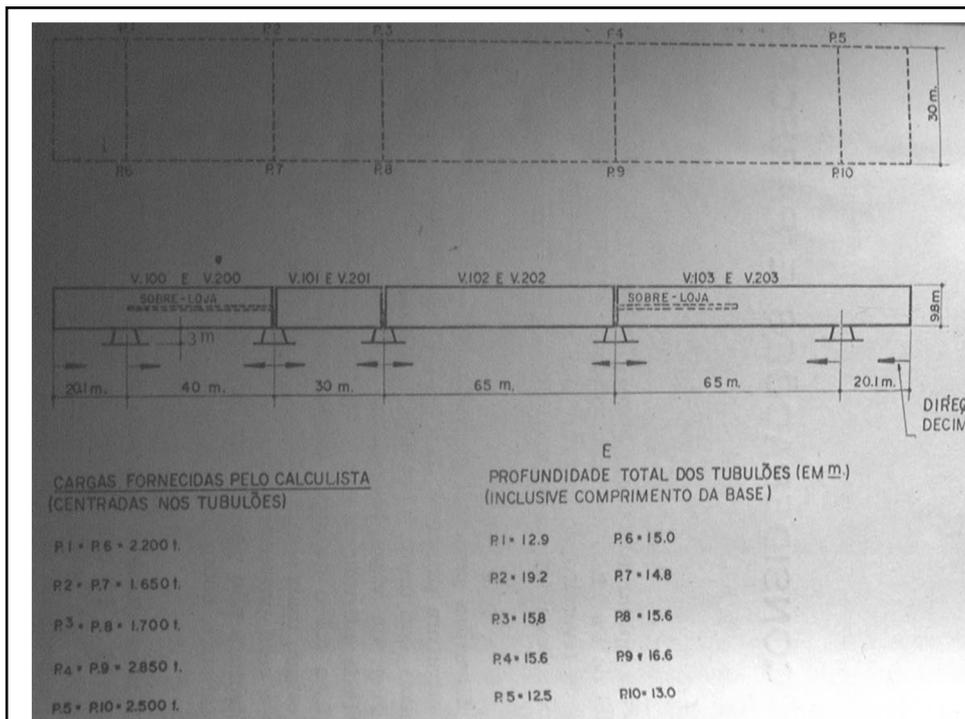
125



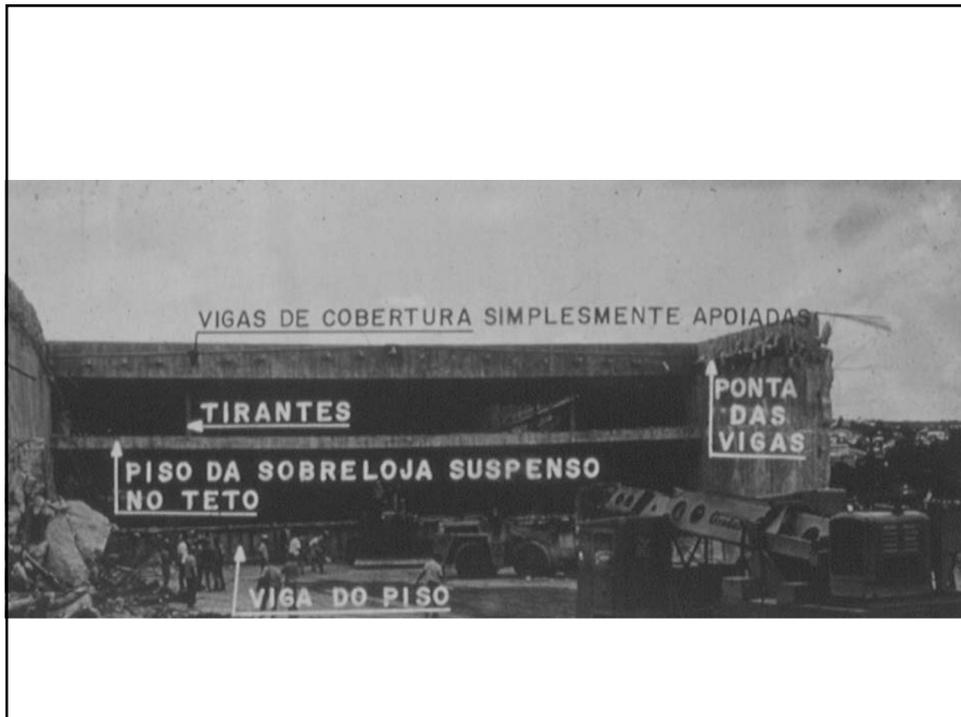
126



127



128



129

### **Sintomas:**

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

*Ausência plano de descimbramento*

*Pilares com até 2.850 tf*

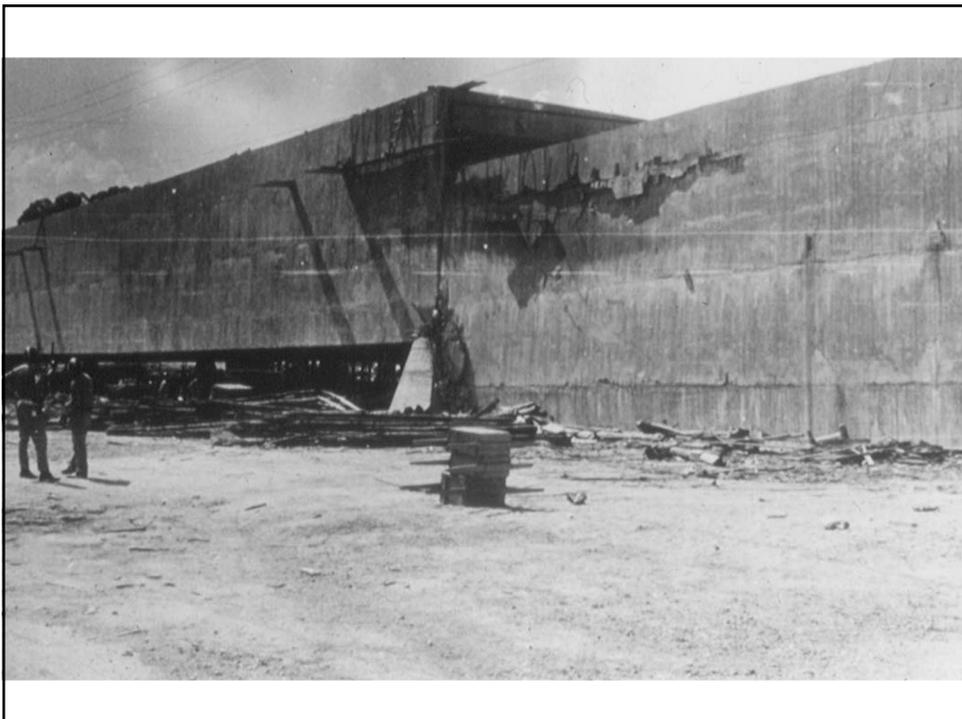
130



**PAVILHÃO DA GAMELEIRA**

4 de Fevereiro de 1971

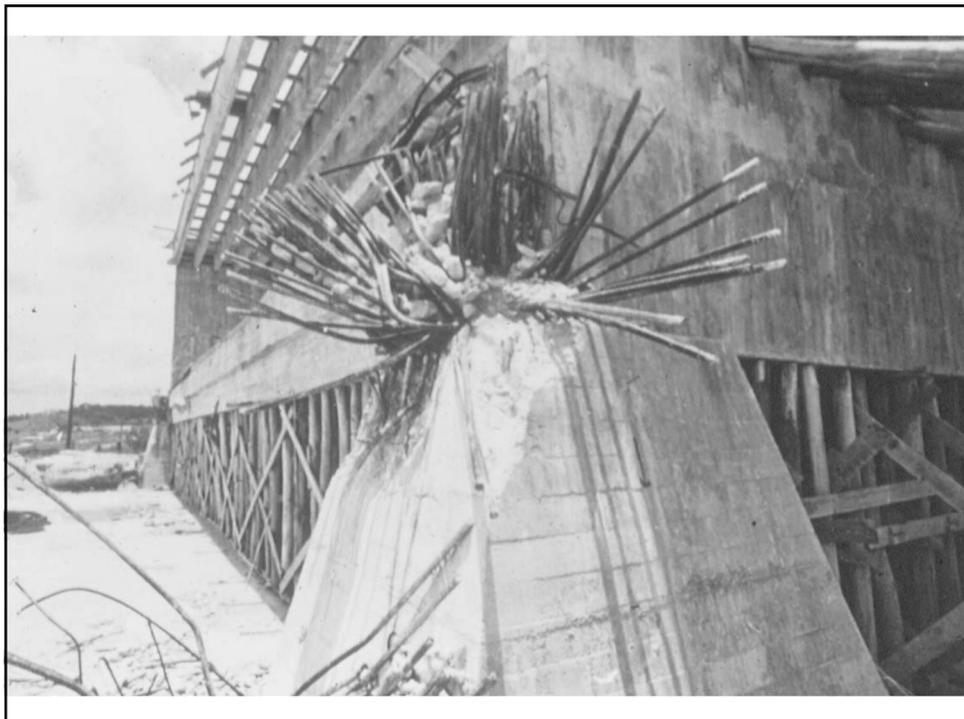
131

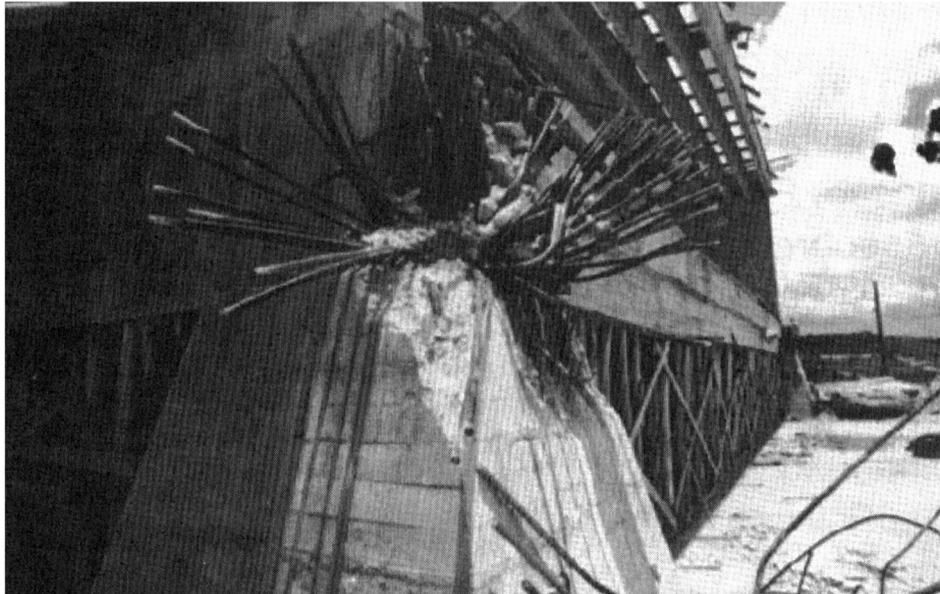


132



133

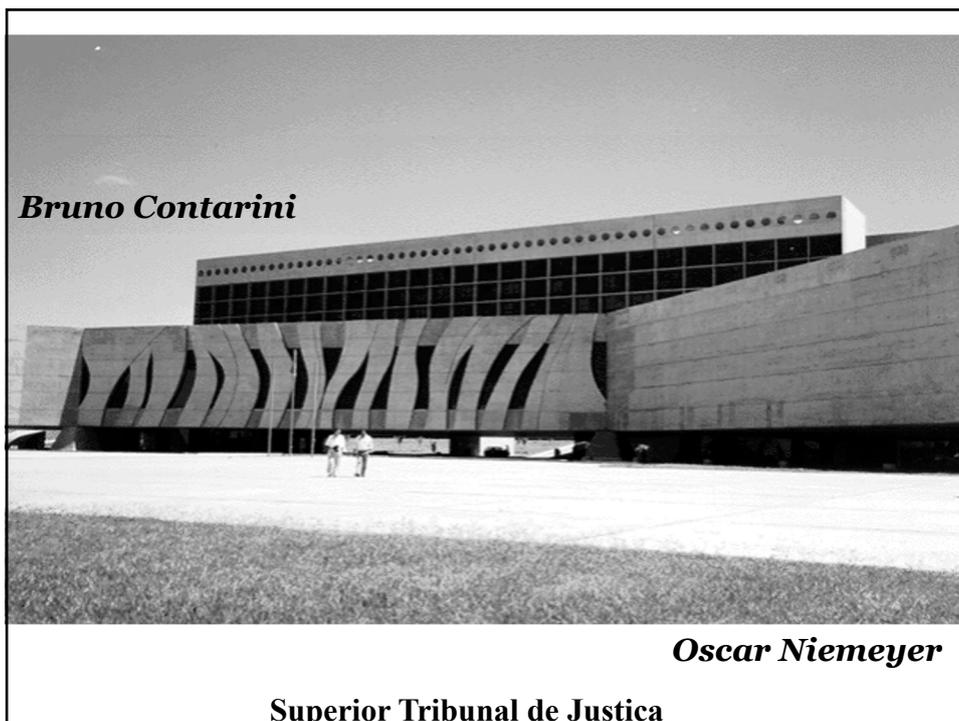




**PAVILHÃO DA GAMELEIRA**

4 de Fevereiro de 1971

135



*Bruno Contarini*

*Oscar Niemeyer*

**Superior Tribunal de Justiça**

136

## **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;**

137

## **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.

138

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.

139

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.*

140