



**INSTRUMENTAÇÃO DE OBRAS CIVIS**

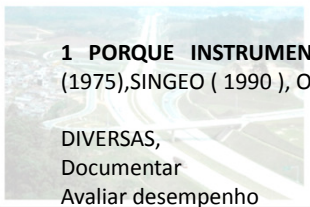


JUN/15

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS



**CONTRIBUIÇÃO PARA A PROGRAMAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO DE MONITORAMENTO EM FUNDAÇÕES E ESCAVAÇÕES**

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

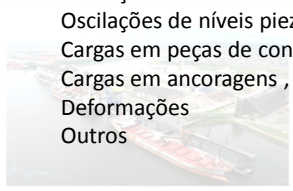
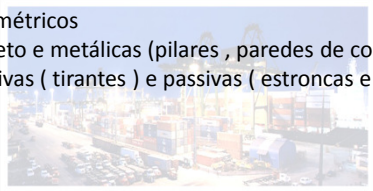
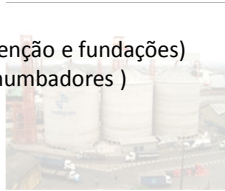




**1 PORQUE INSTRUMENTAR** – Dunnicliff ( 1988 ) , Hanna ( 1973 ) , ASTM (1975),SINGEO ( 1990 ) , Outros

DIVERSAS,  
Documentar  
Avaliar desempenho

Reorientar procedimentos de projeto, construtivo , operacional  
Baratear seguros de obras  
Outros

**CADA OBRA TEM SEU PADRÃO DE DESEMPENHO**  
Deslocamentos , Verticais e Horizontais , na superfície e em profundidade  
Oscilações de níveis freáticos  
Oscilações de níveis piezométricos  
Cargas em peças de concreto e metálicas (pilares , paredes de contenção e fundações)  
Cargas em ancoragens , ativas ( tirantes ) e passivas ( estroncas e chumbadores )  
Deformações  
Outros

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS





## TIPOS DE INSTRUMENTOS







LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Legenda:**



$\delta V$  – Deslocamento vertical  
 $\delta H$  – Deslocamento horizontal  
 U – Pressão neutra  
 $\epsilon$  – Deformação  
 F – Carga  
 $\sigma$  – Tensão  
 $\theta$  – Ângulo

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Triviais – Deslocamento vertical**

- $\delta V$  – Pino de recalque;
- $\delta V$  – Marco superficial;
- $\delta V$  – Placa de recalque extensível ou não;
- $\delta V$  – Tassômetro (em profundidade);

**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Pino de recalque

The diagram illustrates the installation of a settlement pin. It shows a cross-section of a concrete structure with a hole. The hole is filled with epoxy resin, and a metal pin is embedded into it. The pin has a spherical head and a threaded section. The labels in the diagram are: 'ESTRUTURA' (Structure), 'RESINA EPOXIDICA' (Epoxy Resin), and 'PINO EMBUTIDO' (Embedded Pin). Photographs show the pin being installed in a concrete wall and its use in a tunnel setting.

**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Prisma refletivo

The diagram illustrates the installation of a reflective prism. It shows a cross-section of a concrete structure with a hole. The hole is filled with epoxy resin, and a metal prism is embedded into it. The prism has a square head and a threaded section. The labels in the diagram are: 'CONCRETO PROJETADO' (Projected Concrete), 'RESINA EPOXIDICA' (Epoxy Resin), and 'VERGALHÃO' (Rebar). The length of the prism is indicated as 12cm~15cm. Photographs show the prism being installed in a concrete wall and its use in a tunnel setting.

Fonte: LPC Latina.



**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Marco de recalque superficial (MRS)

Fonte: LPC Latina.

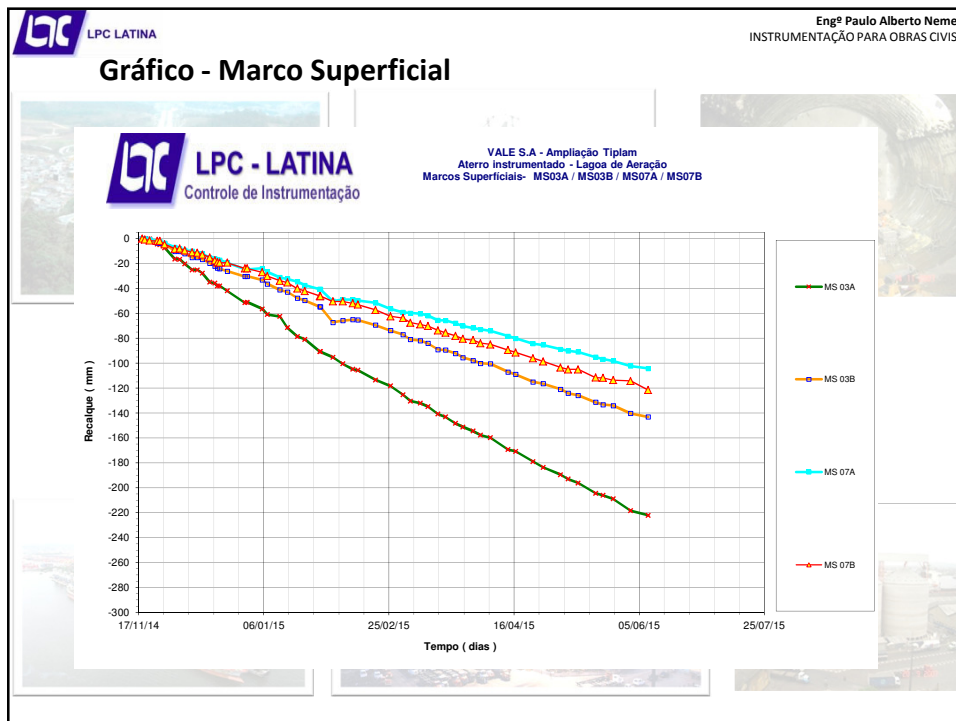
**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

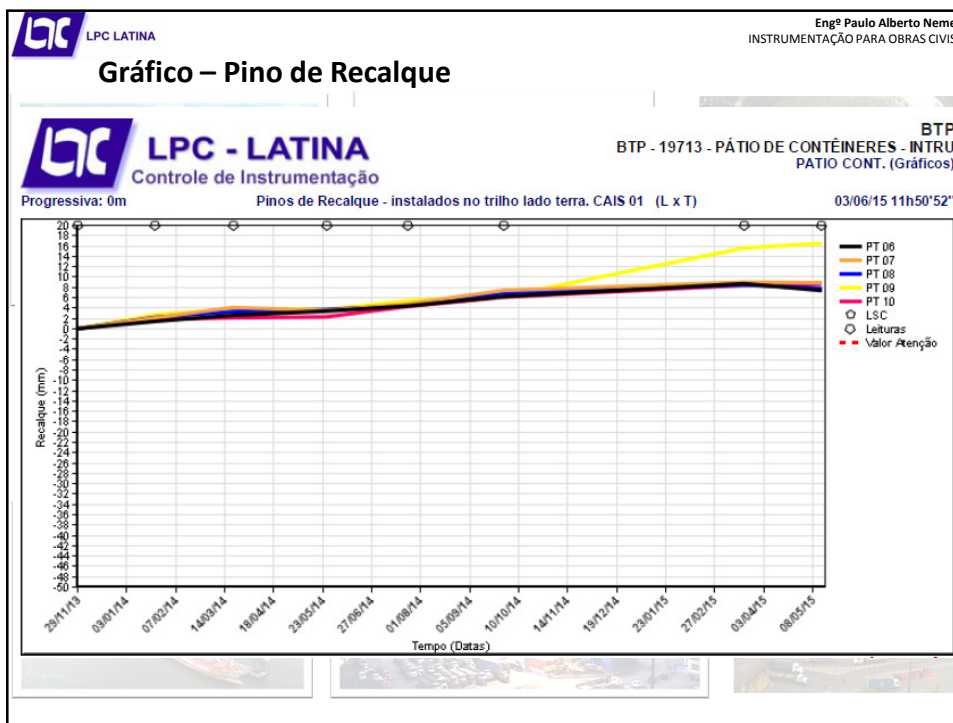
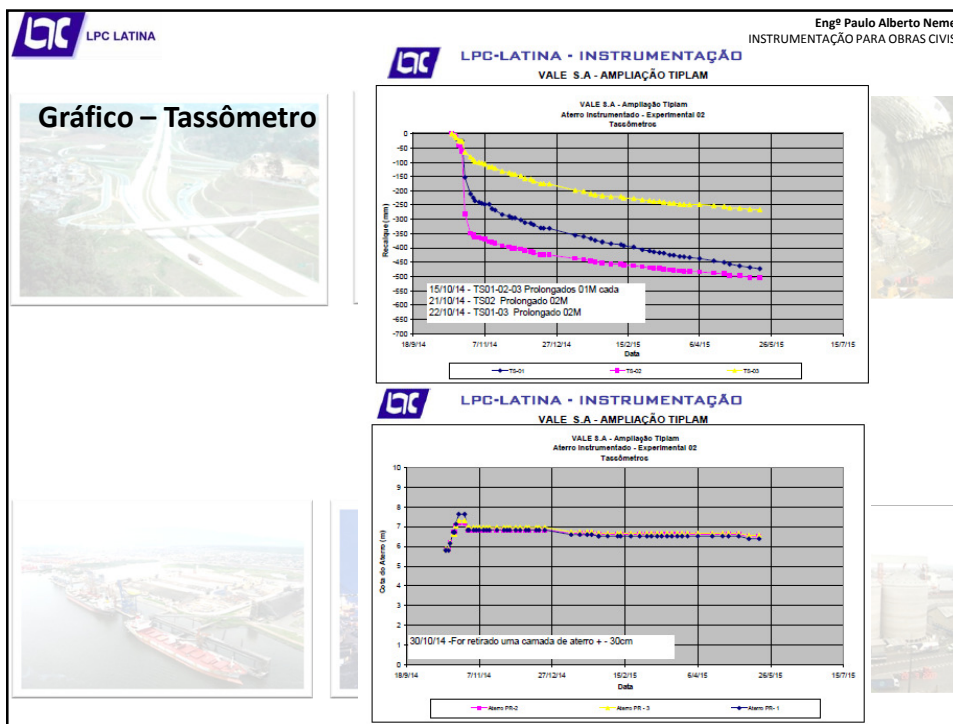
### Placa de recalque

**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Marco de referência profundo (Tassômetro) ou Bench Mark (BM)

The diagram illustrates the construction of a deep reference mark. It features a central vertical PVC pipe (PVC BRANCO Ø50mm) with a galvanized steel (AÇO GALVANIZADO ENGRAVADO #3/4") sleeve. The top of the pipe is finished with a rounded cap (ACABAMENTO ARREDONDADO PARA APOIO DA MIRA) and is supported by a thin concrete base (LASTRO DE CONC. MAGRO). The interior of the pipe is filled with compacted coarse sand (PREENCHIMENTO COM AREIA GROSSA ADENSADA). The pipe is protected by rain caps (LUVAS) and has a sand-filled isolation layer (ISOLAMENTO COM AREIA) at the bottom. The base is secured with a cement mortar (CALDA DE CIMENTO) and a minimum depth of 1.0m is indicated. A note specifies a minimum diameter of 1 1/2" at the base.







**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Triviais – Deslocamento horizontal

- $\delta H$  – Pino de convergência – Prisma refletivo;
- $\delta H$  – Inclinômetro (em profundidade);

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Prisma refletivo

### Estação robotizada





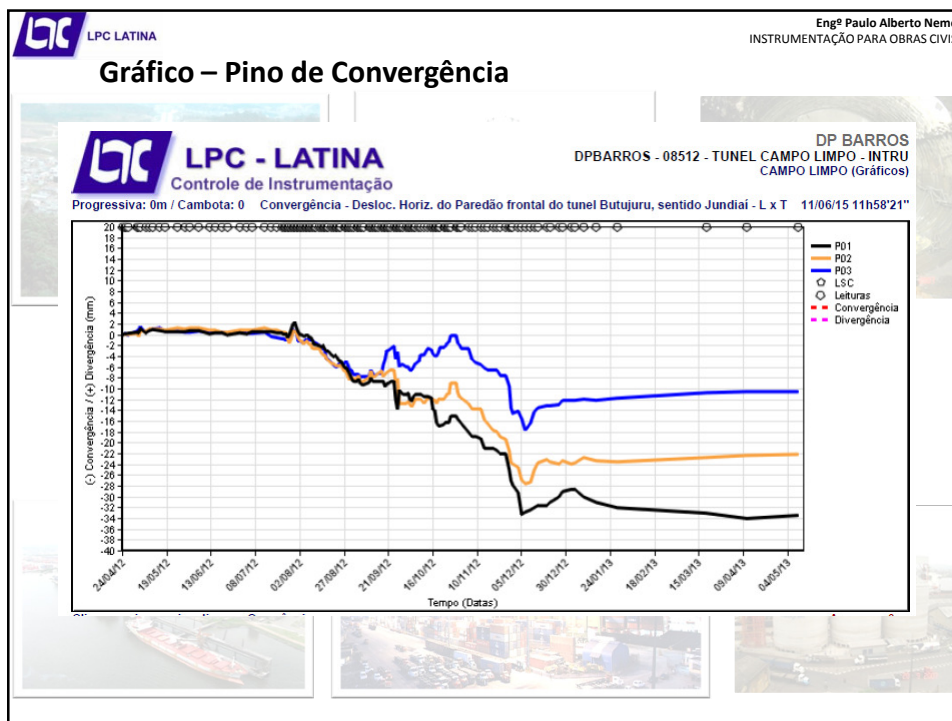




**LPC LATINA** **Inclinômetro** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**LPC LATINA** **Inclinômetro** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**LEITURA DE CAMPO** **EQUIPAMENTO DE LEITURA**



**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Triviais – Pressão Neutra

- U – Piezômetro de volume variável (PZ);  
✓ De tubo - Casagrande
- U – Piezômetro de volume constante (PZ);  
✓ Elétrico – Strain Gauge  
✓ Elétrico – Corda vibrante  
✓ Pneumático  
✓ Hidráulico
- U – Sensor para medida de nível d'água (INA e PZ);

**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Piezômetro de tubo

Fonte: LPC Latina.

**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Piezômetro de volume constante

#### Piezômetro pneumático

Fonte: IPT.



**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Piezômetro de volume constante

Piezômetro elétrico de corda vibrante



Fonte: Catálogo – Slope Indicator.

Fonte: Geokon.

The image shows three piezometers of varying lengths against a blue background. To the right, a photograph shows a vibrating wire piezometer installed in a soil sample, with the label 'CABLAGEM' and a red 'L' marker. The background of the slide features a collage of civil engineering projects, including a highway interchange, a tunnel, a port with ships, and industrial storage tanks.

**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

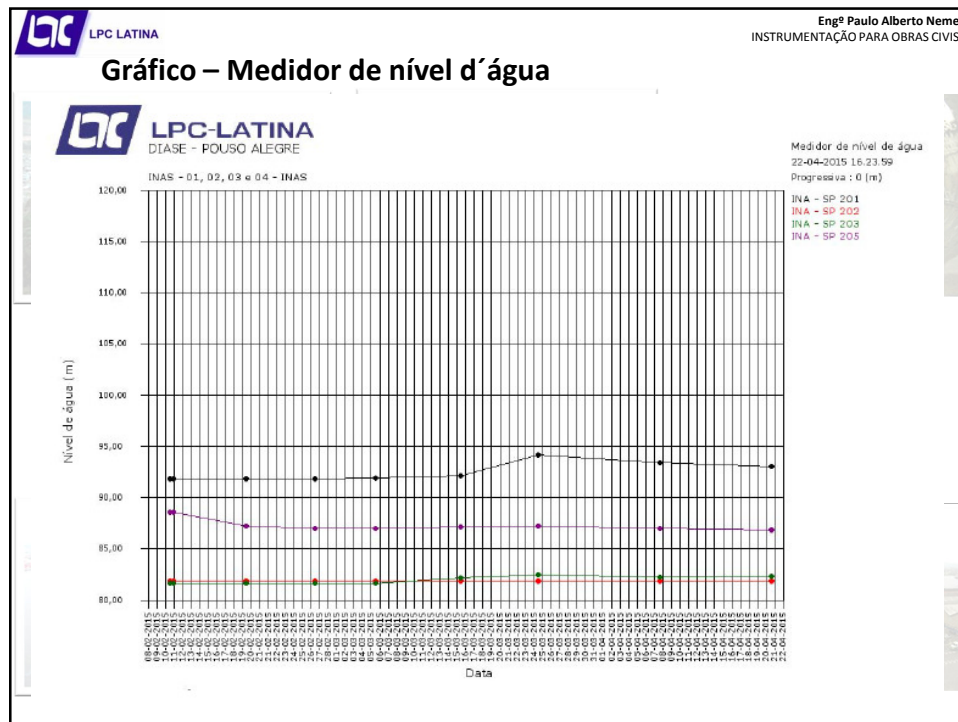
### Sensor para medida de nível d'água (INA e PZ) "PIO"



Fonte: Catálogo– Geokon.

The image displays a 'PIO' sensor unit, consisting of a black frame with a red and white reel of cable. The sensor is used for measuring water level. The background of the slide features a collage of civil engineering projects, including a highway interchange, a tunnel, a port with ships, and industrial storage tanks.







**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Menos triviais - Deformação

- $\epsilon$  – Tensômetro de armadura (barra com Strain Gauge);
- $\epsilon$  - Strain Gauge para concreto;
- $\epsilon$  – Medidor de deformação de corda vibrante;
  - ✓ Para concreto armado
  - ✓ Soldado (estrutura de aço)

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Tensômetro de armadura



*Fonte: MSI- Micro sensores industriais.*

*Fonte: Catálogo Geokon.*

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Strain Gauge para concreto



**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Strain Gauge para concreto

INSTALAÇÃO EM OBRA EQUIPAMENTO DE LEITURA



The collage includes several images: a worker in a hard hat and safety vest working on a concrete structure; a digital readout (DRO) system with a strain gauge attached to a metal rod; a close-up of a strain gauge being attached to a concrete surface; and a digital display showing a reading of 2000.

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Medidor de deformação de corda vibrante

Para concreto armado Soldado



The collage includes several images: a bridge under construction; a tunnel under construction; a vibrating wire deformation meter; and a vibrating wire deformation meter with a digital display.

*Fonte: Catálogo – Geokon.* *Fonte: Catálogo – Geokon.*

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Menos triviais - Carga

- F – Célula de carga;
  - ✓ Para tirantes
  - ✓ Para estroncas





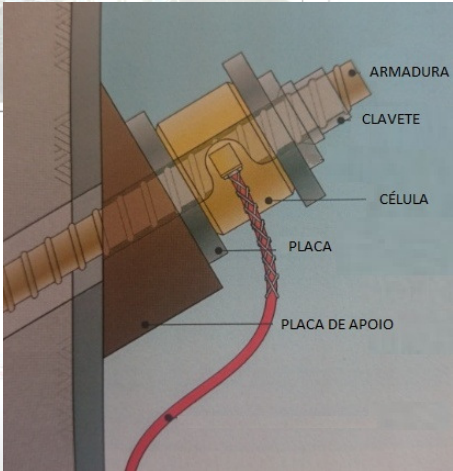




*Fonte: Revista Pini.*

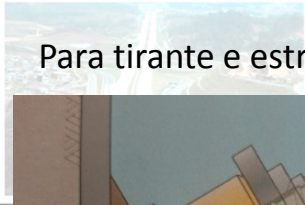





LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Célula de carga

### Para tirante e estronca

*Fonte: Catálogo – Slope Indicator.*

*Fonte: Catálogo – Geokon.*



LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Menos triviais - Ângulo

- $\theta$  – Clinômetro;
  - ✓ Corda vibrante
  - ✓ Mecânico








LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Clinômetro

CLINÔMETRO MECÂNICO



CLINÔMETRO ELÉTRICO









LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Menos triviais - Tensão

- $\sigma$  – Célula de pressão total;
  - ✓ Para solo
  - ✓ Para concreto








LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## Célula de pressão total para solo








*Fonte : Catálogo – Geokon.*

*Fonte: Catálogo – Slope Indicator.*

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Célula de pressão total para concreto




Fonte : Catálogo – Geokon.

Fonte: LPC Latina.

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS





### Exemplos de aplicação em obras

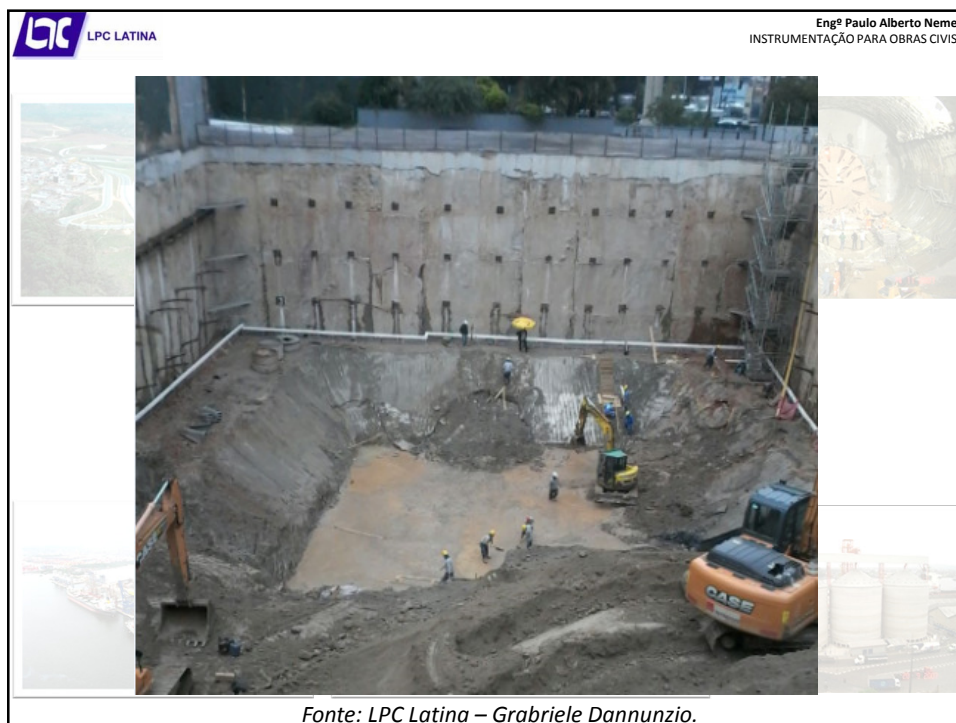
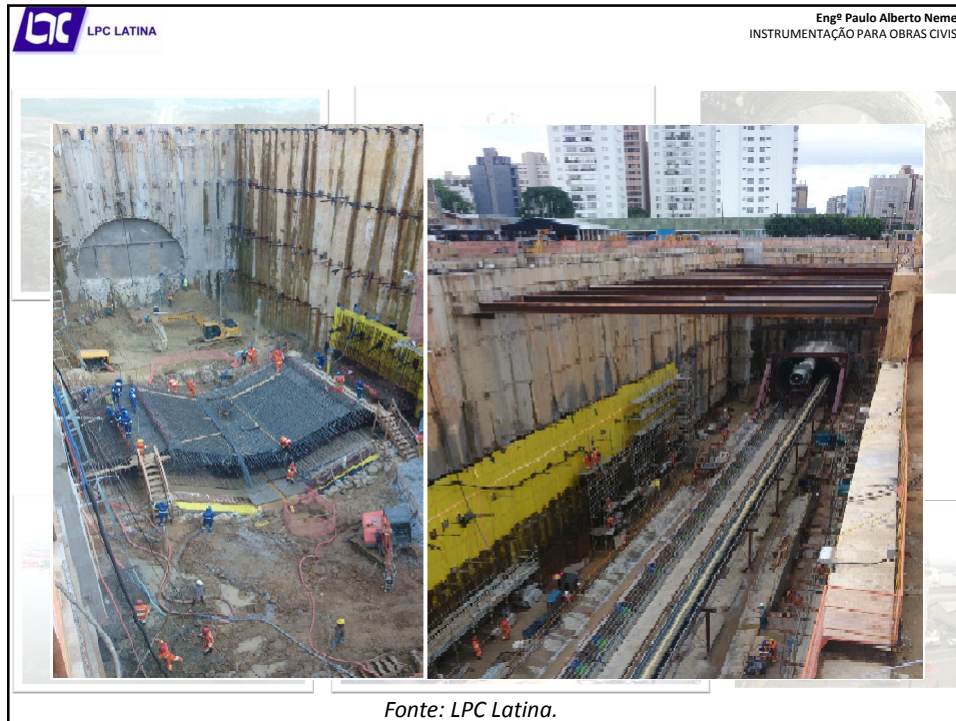








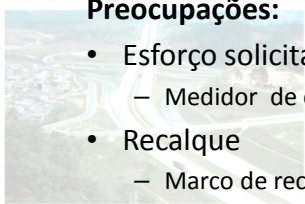
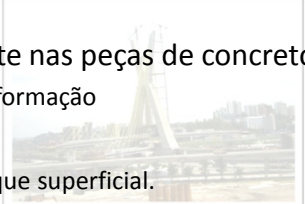

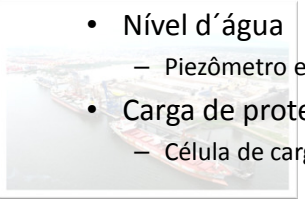






**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Preocupações:**

- Esforço solicitante nas peças de concreto ou aço.
  - Medidor de deformação
- Recalque
  - Marco de recalque superficial.
  - Placa de recalque.
- Deslocamento horizontal
  - Inclinômetro.
- Convergência
  - Pino de convergência.
- Nível d'água
  - Piezômetro e Indicador de nível d'água.
- Carga de protensão
  - Célula de carga.

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## PORTO



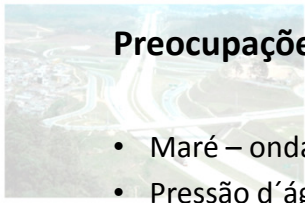


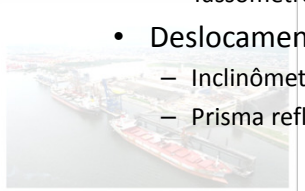


*Revista Logística.*



**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Preocupações:**

- Maré – ondas – vibrações.
- Pressão d'água
  - Piezômetro.
- Recalque
  - Placa de recalque
  - Marco superficial
  - Tassômetro.
- Deslocamento horizontal
  - Inclinômetro
  - Prisma refletivo.

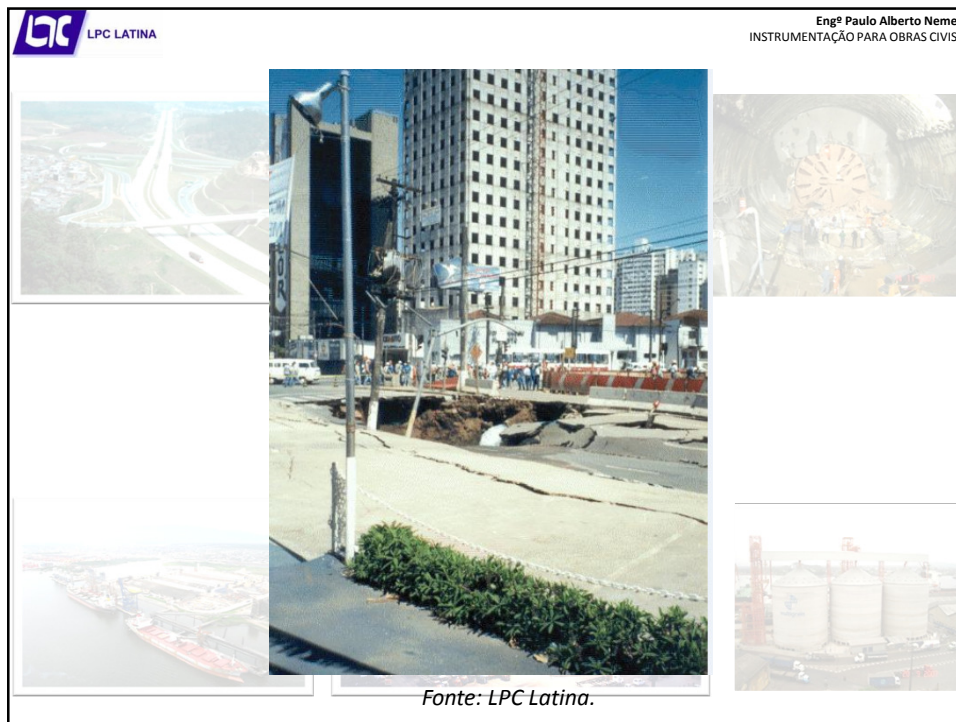







**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## TÚNEL



*Fonte: LPC Latina.*

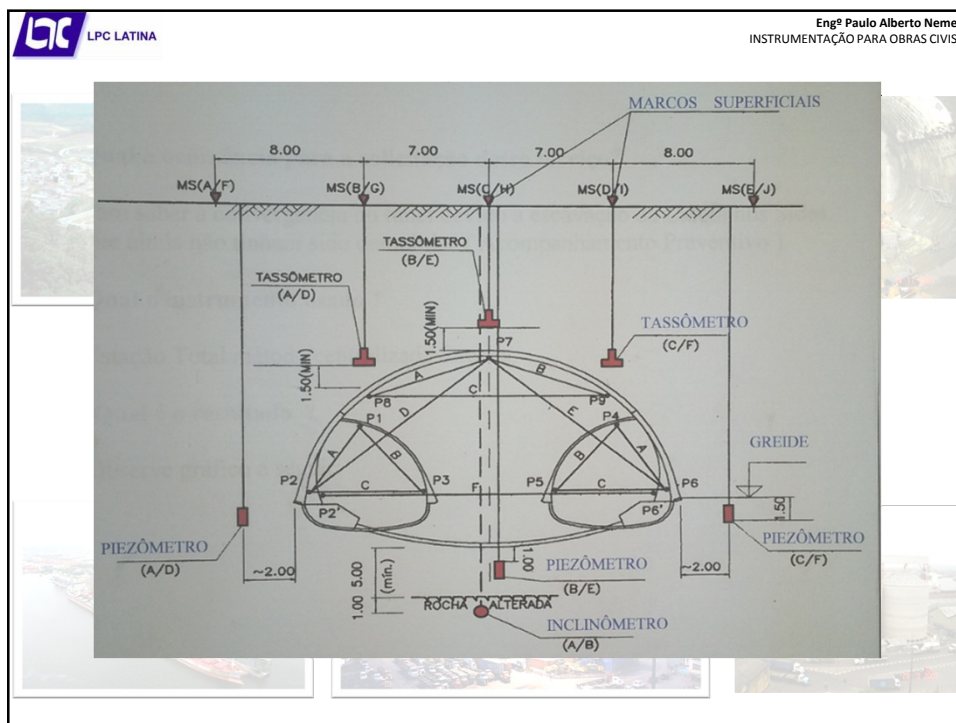


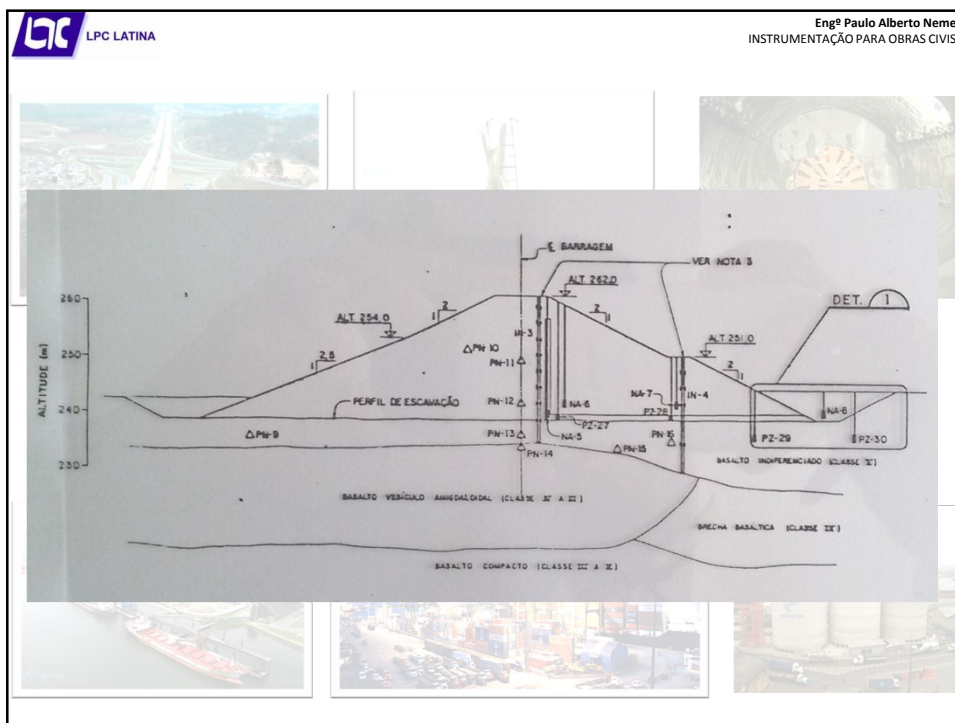
Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Preocupações:**

- **Comportamento do maciço:**
  - Convergência ou divergência – Pino de convergência, nivelamento e estação total.
  - Nivelamento interno – Pino de convergência, nivelamento e estação total.
  - Deslocamento horizontal (emboques) – Pino de convergência.
  - Recalque em superfície – Marco superficial e Placa de recalque.
  - Recalque em profundidade – Tassômetro.
- **Tensão no concreto** – Medidor de deformação e célula de pressão total de concreto.
- **Nível d'água** – Indicador de nível d'água.
- **Pressão d'água** – Piezômetro.
- **Deslocamento horizontal** – Inclinômetro.
- **Recalque - Edificações** – Pino de recalque.



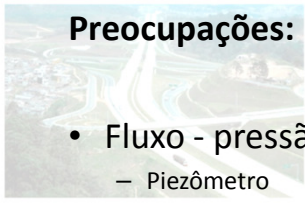


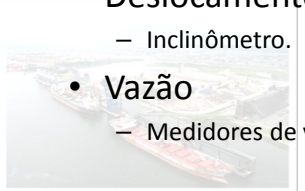
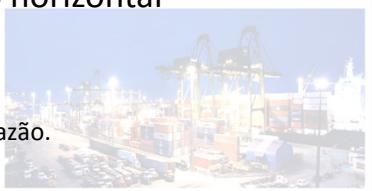





**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Preocupações:**

- Fluxo - pressão neutra - nível freático
  - Piezômetro
  - Indicador de nível d'água.
- Recalque
  - Marcos superficial
  - Placa de recalque.
- Deslocamento horizontal
  - Inclinômetro.
- Vazão
  - Medidores de vazão.

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**PONTE**





*Fonte: Constran.*



**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Preocupações:**

- Carga e distribuição de carga na fundação
  - Célula de carga e medidor de deformações.
- Deslocamento horizontal
  - Prisma refletivo.
- Acréscimo de tensão no concreto devido a protensão dos cabos
  - Medidor de deformação.

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**EDIFÍCIO**

TORRE DE PISA



Fonte: UFJF .

EDIFÍCIO DE SANTOS



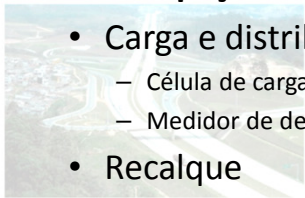
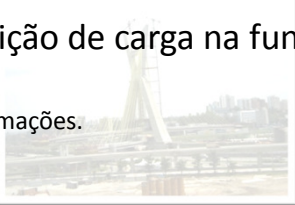

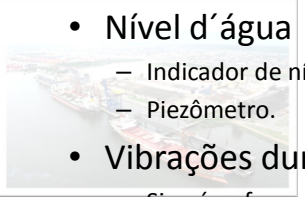


Fonte: skyscapercity.



**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Preocupações:

- Carga e distribuição de carga na fundação
  - Célula de carga
  - Medidor de deformações.
- Recalque
  - Marco superficial
  - Placa de recalque.
- Deslocamento horizontal
  - Inclinômetro
  - Pino de convergência.
- Nível d'água
  - Indicador de nível d'água
  - Piezômetro.
- Vibrações durante a cravação da estaca
  - Sismógrafo.

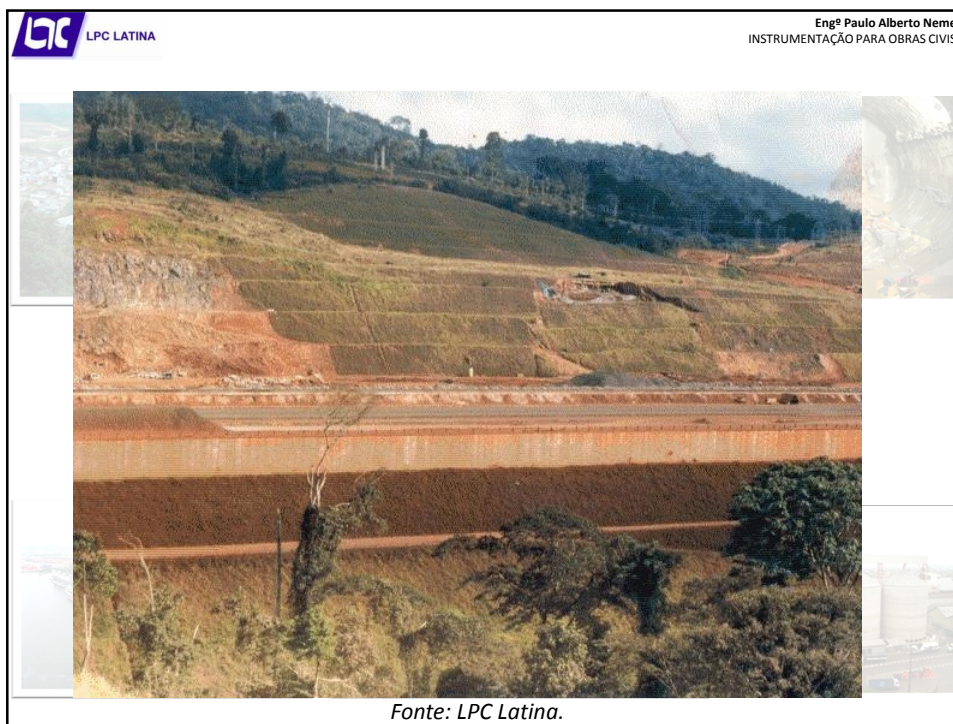







**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## TALUDE



*Fonte: LPC Latina.*








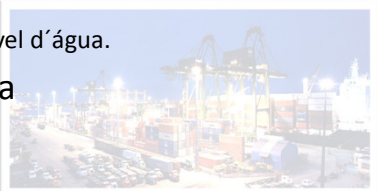
LPC LATINA

Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**Preocupações:**

- Carga móvel elevada.
- Recalque
  - Marco superficial
  - Prisma refletivo
  - Estação Total.
- Deslocamento horizontal
  - Inclinômetro.
- Nível d'água
  - Indicador de nível d'água.
- Pressão neutra
  - Piezômetro.






**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## ATERRO SOBRE SOLO MOLE



*Fonte: LPC Latina.*

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### Preocupações:

- Recalque
  - Marco superficial
  - Placas de recalque extensíveis.
- Deslocamento horizontal
  - Inclinômetro.
- Nível d'água
  - Indicador de nível d'água.
- Pressão neutra
  - Piezômetro de volume constante.

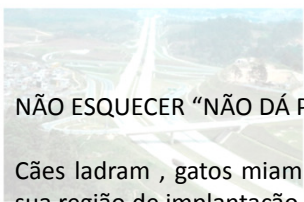

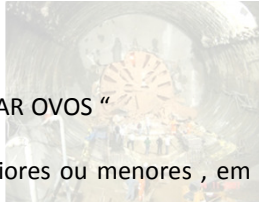









**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

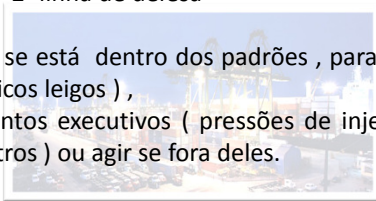
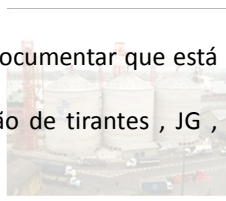




**NÃO ESQUECER “NÃO DÁ PARA FAZER OMELETE SEM QUEBRAR OVOS “**

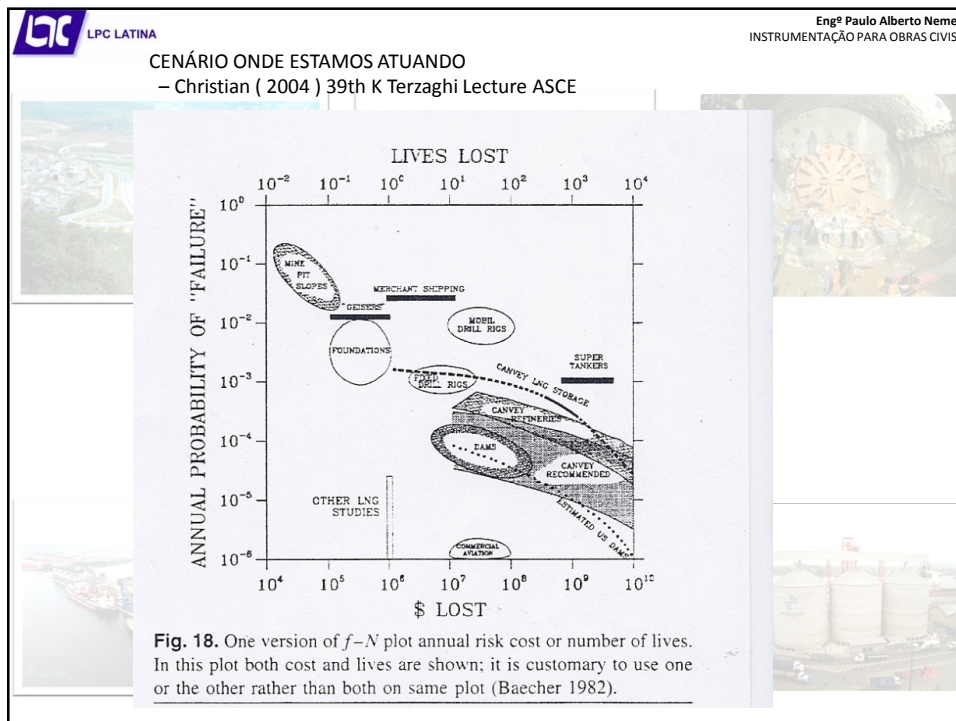
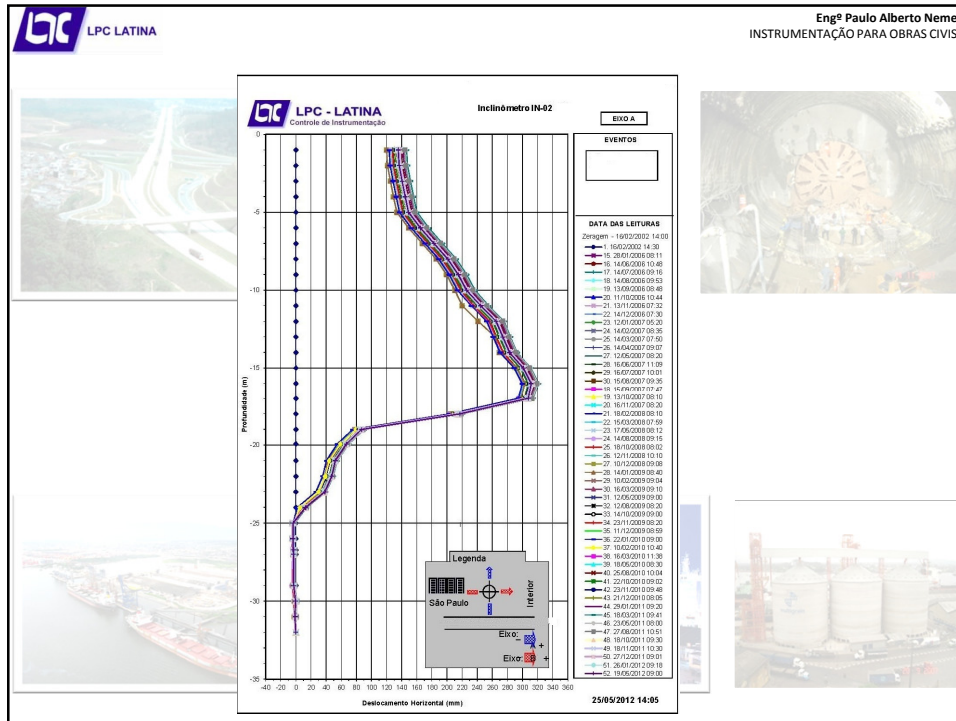
Cães ladram , gatos miam e obras provocam impactos , maiores ou menores , em sua região de implantação.

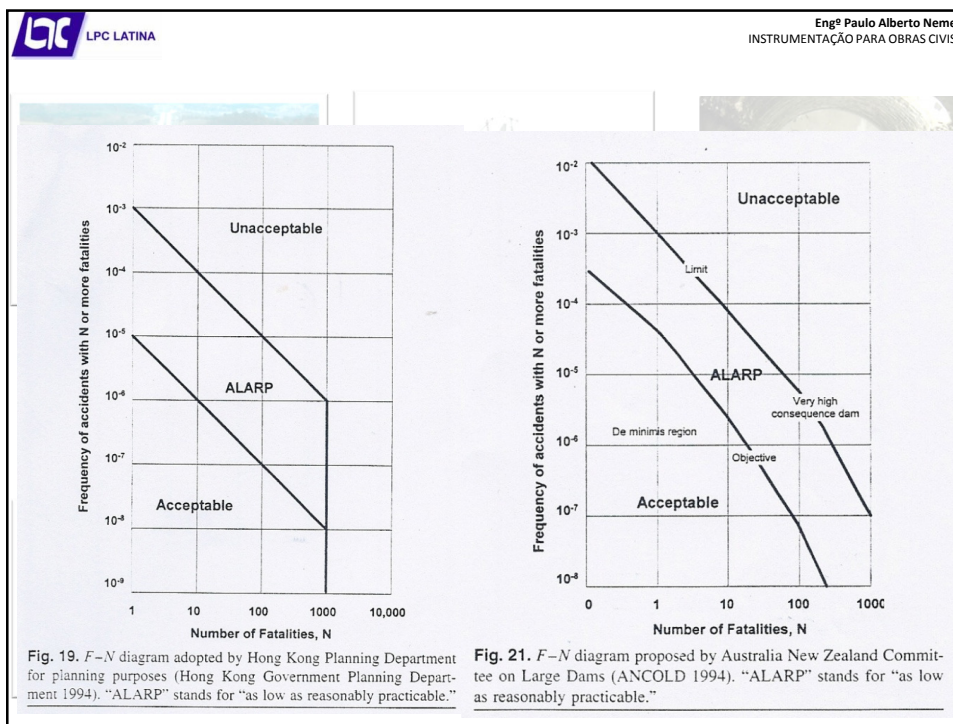
Muito importante que os GO – Gerente da Obra / encarregados saibam o que é “ normal “ ( usual ) , quais são os padrões de desempenho esperados ( frequentemente desconhecem pois não é seu “foco”) e questionar sobre as consequências ou quais ações tomar caso os padrões fujam do usual – Plano de Contingência – Preventivo – 2ª linha de defesa

Instrumentar para verificar se está dentro dos padrões , para documentar que está nos padrões ( algozes jurídicos leigos ) , reavaliação dos procedimentos executivos ( pressões de injeção de tirantes , JG , anomalias geotécnicas , outros ) ou agir se fora deles.







Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**COM QUEM**

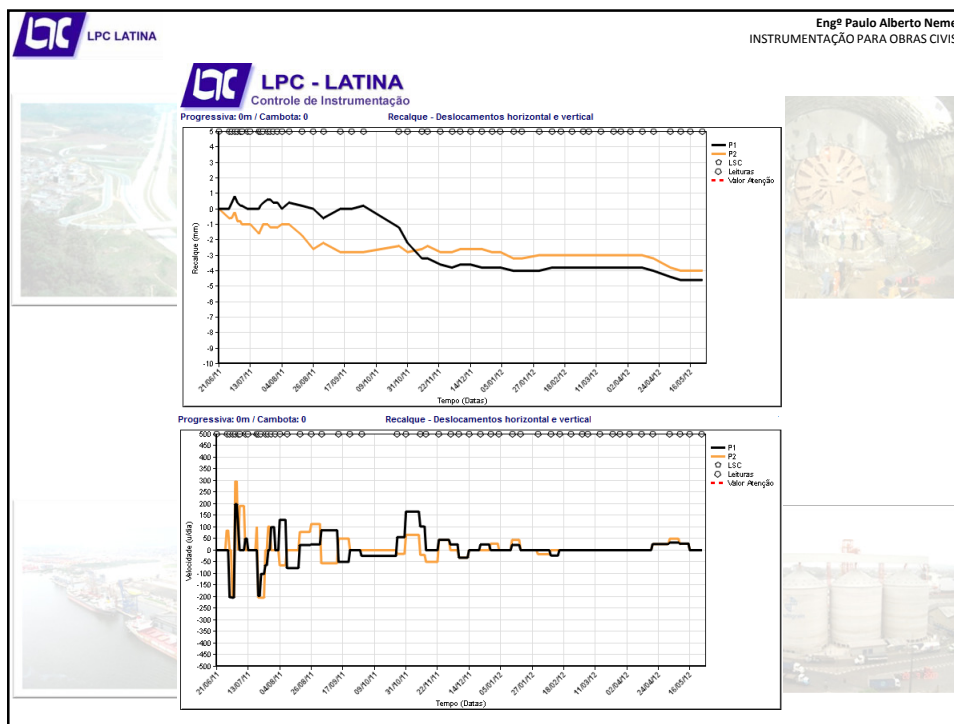
“ Não há projeto melhor que sua topografia e suas sondagens “ vs “ preço mínimo” (equipes de “ compras e suprimentos estão preparadas ? ).  
Instrumentação também - qualidade , logística , certificação do sistema , rapidez na análise e disponibilização das leituras via Internet para acesso remoto , software específico, outros.

LINHA 9      **RECALQUE INTERNO DE SEÇÃO 01**      Progressiva: 0m    Voltar

SEÇÃO 01	(Re)	(Co)	Leitura X Tempo		Tabelas	
SEÇÃO 02	(Re)	(Co)	Ymin (mm):	Ymax (mm):	Início:	Fin:
SEÇÃO 03	(Re)	(Co)	-30	5	21/6/2011 10:00:00	24/5/2012 11:30:00
			Velocidade X Tempo		Início:	
			Ymin (mm):	Ymax (mm):	21/6/2011 10:00:00	24/5/2012 11:30:00
			-2000	2000		
			Leitura X Distância		Série:	
			Ymin (mm):	Ymax (mm):	Dmin (m):	Dmax (m):
			-20	20	300	300

croquis





**LPC - LATINA**

Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**PARA QUE A INSTRUMENTAÇÃO NÃO SERVE**

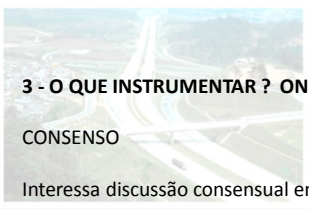


Não se pretenda obter do monitoramento mais do que suas limitações  
Não substitui boas / decisões / soluções de engenharia

Boas soluções geotécnicas devem ser “ robustas “ a suportar as variabilidades dos maciços naturais ( Lumb 1974, Harr 1977, Sousa Pinto 1977 , Outros ) e dos condicionantes construtivos e a instrumentação é um complemento às soluções

Instrumentação não elimina a necessidade de Inspeção Visual ( que é prioritária ) – em geral ,em casos de baixos níveis de segurança , as obras exibem indícios por vezes não captados pela instrumentação , na própria obra e/ou no entorno ( contenções )

**CUMPLICIDADE**  
Há que haver integração e troca contínua de informações entre as equipes de projeto / consultoria , obra e instrumentação

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### 3 - O QUE INSTRUMENTAR ? ONDE ?

**CONSENSO**

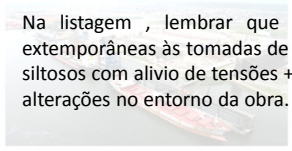
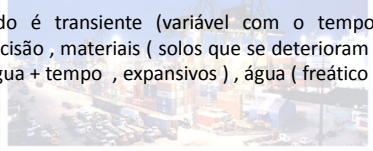
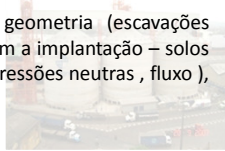
Interessa discussão consensual entre projeto / consultoria / obra com apoio da instrumentadora

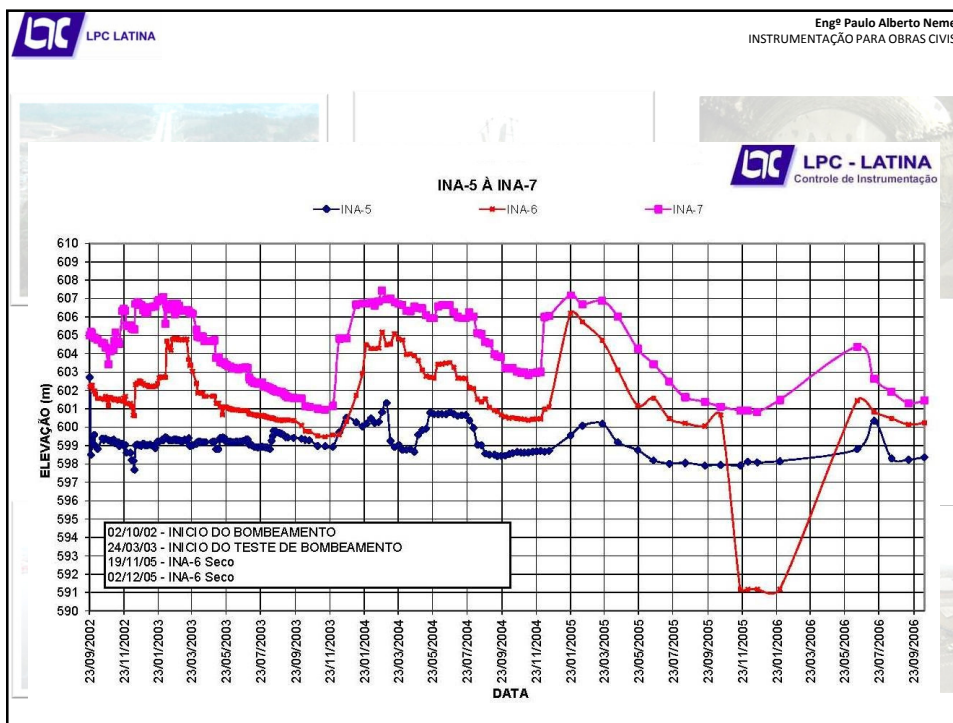
**ENTENDIMENTO**

Entender a obra e seus " problemas " / comportamentos usuais / padrões de desempenho  
 Conhecer ( check list mental ) as geometrias construtivas e definitiva , as propriedades dos materiais , as ações / cargas em cada etapa de construção , o " entorno da obra e seu histórico , como reformas nos vizinhos , relatos de danos , etc

Listar os " problemas " de cada etapa da obra ( implantação e operação )

Na listagem , lembrar que tudo é transiente (variável com o tempo), geometria (escavações extemporâneas às tomadas de decisão , materiais ( solos que se deterioram com a implantação – solos siltosos com alívio de tensões + água + tempo , expansivos ) , água ( freático , pressões neutras , fluxo ) , alterações no entorno da obra.



LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

Identificar padrões de desempenho e lembrar que aqui estão implícitos os modelos mentais adotados, explicitamente ou não , pelo projeto / consultoria.

OBRA

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

MODELO A



**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS





Escolher as grandezas e os padrões de desempenho que se pretende monitorar tendo como pano de fundo a finalidade da instrumentação

Identificar os “Pontos Fusíveis” (os que primeiro manifestam comportamentos anômalos)

**TIPOS DE INSTRUMENTOS E SUAS CARACTERÍSTICAS**

Livros ( Dunnycliff , Hanna , outros ) , Catálogos ( Slope Indicator , Geokon , Cesp , outros ) , Artigos diversos de Congressos , Outros





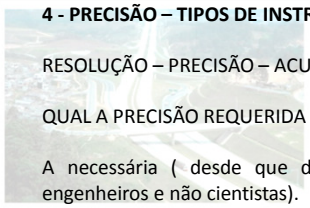
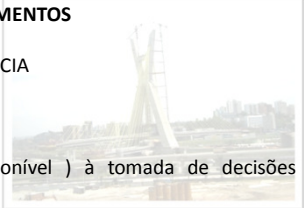

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**4 - PRECISÃO – TIPOS DE INSTRUMENTOS**

RESOLUÇÃO – PRECISÃO – ACURÁCIA

QUAL A PRECISÃO REQUERIDA ?

A necessária ( desde que disponível ) à tomada de decisões pelos engenheiros ( somos engenheiros e não cientistas).

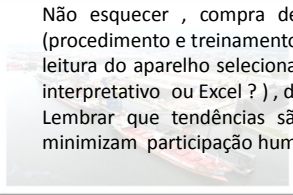
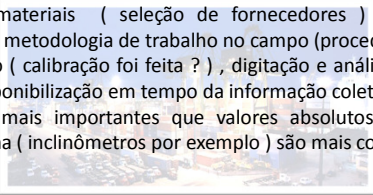
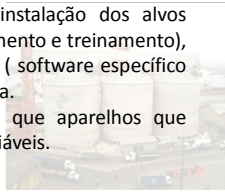
Quanto mede um lápis ?

Comprei bons materiais.....O edifício ficará bom.....???

Precisão de que ? .. do “ Valor Informado “ que envolve outras imprecisões por vezes mais relevantes que a do aparelho de mensuração (Lumb , 1974) , esta indicada pelo fabricante.

Não esquecer , compra de materiais ( seleção de fornecedores ) , instalação dos alvos (procedimento e treinamento) , metodologia de trabalho no campo (procedimento e treinamento) , leitura do aparelho selecionado ( calibração foi feita ? ) , digitação e análise ( software específico interpretativo ou Excel ? ) , disponibilização em tempo da informação coletada.

Lembrar que tendências são mais importantes que valores absolutos e que aparelhos que minimizam participação humana ( inclinômetros por exemplo ) são mais confiáveis.



LPC LATINA

Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS



**5 – PADRÕES DE DESEMPENHO – TOLERÂNCIAS**

CADA OBRA É ÚNICA  
Com sua geometria , materiais , ações e entorno





**VALAS**


Deslocamentos

- Geotechnical Control Office , Norma NC 03 Metro SP , Gusmão , Outros









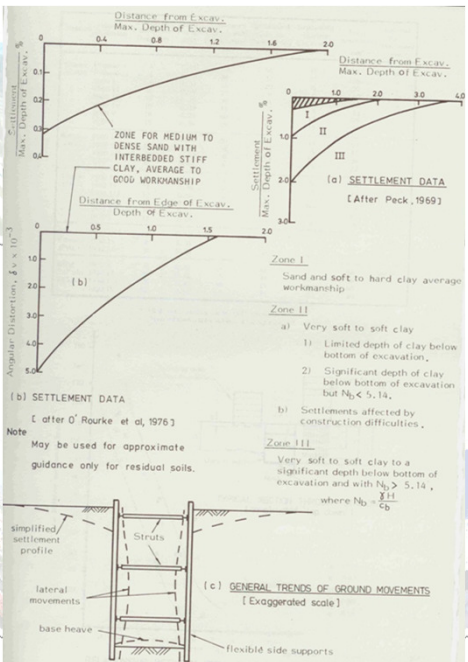


LPC LATINA

Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS







**(a) SETTLEMENT DATA [After Peck, 1969]**

Distance from Edge of Excav. Depth of Excav. (X-axis)

Settlement, Depth of Excav. (Y-axis)

Zone I: Sand and soft to hard clay average workmanship

Zone II: Very soft to soft clay

Zone III: Very soft to soft clay to a significant depth below bottom of excavation with  $N_{60} > 5.1\sigma_v$ , where  $N_{60} = \frac{q_{tip}}{c_p}$

**(b) SETTLEMENT DATA [after O'Rourke et al, 1976]**


Angular Distortions,  $\mu v \times 10^{-3}$  (Y-axis)


Distance from Edge of Excav. Depth of Excav. (X-axis)

**(c) GENERAL TRENDS OF GROUND MOVEMENTS [Exaggerated scale]**

Labels: simplified/settlement profile, Struts, lateral movements, base heave, flexible side supports.

Note: May be used for approximate guidance only for residual soils.





**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

Limites de tolerância - Velocidades de recalques – Danos

- Milititsky , Consoli e Schnaid ( 2005 ) , Falconi et al ( 2008 ) , Outros

Qualidade da Execução , avaliada através de deslocamentos

- Ranzini e Negro ( 1998 )

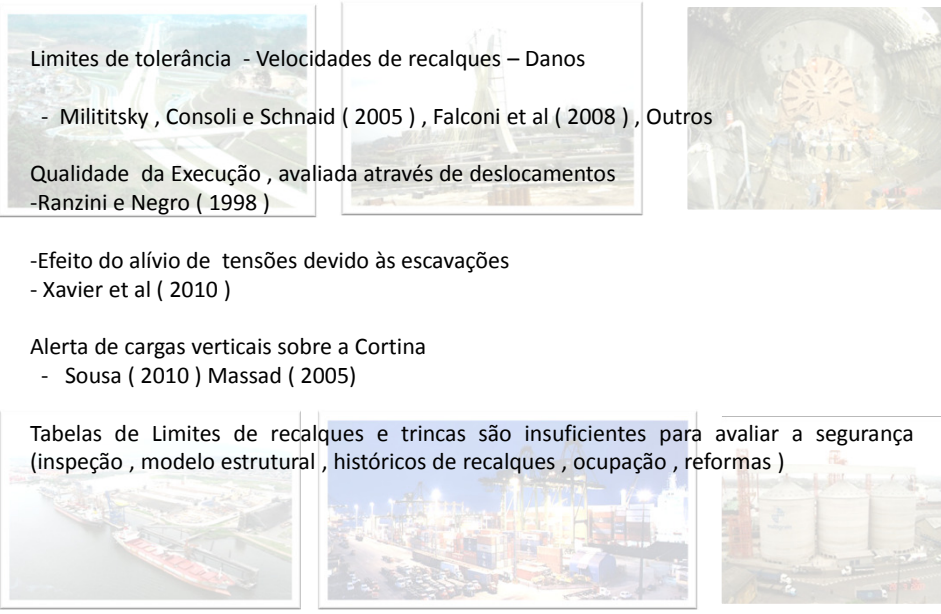
-Efeito do alívio de tensões devido às escavações

- Xavier et al ( 2010 )

Alerta de cargas verticais sobre a Cortina

- Sousa ( 2010 ) Massad ( 2005)

Tabelas de Limites de recalques e trincas são insuficientes para avaliar a segurança (inspeção , modelo estrutural , históricos de recalques , ocupação , reformas )



**LPC LATINA** Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

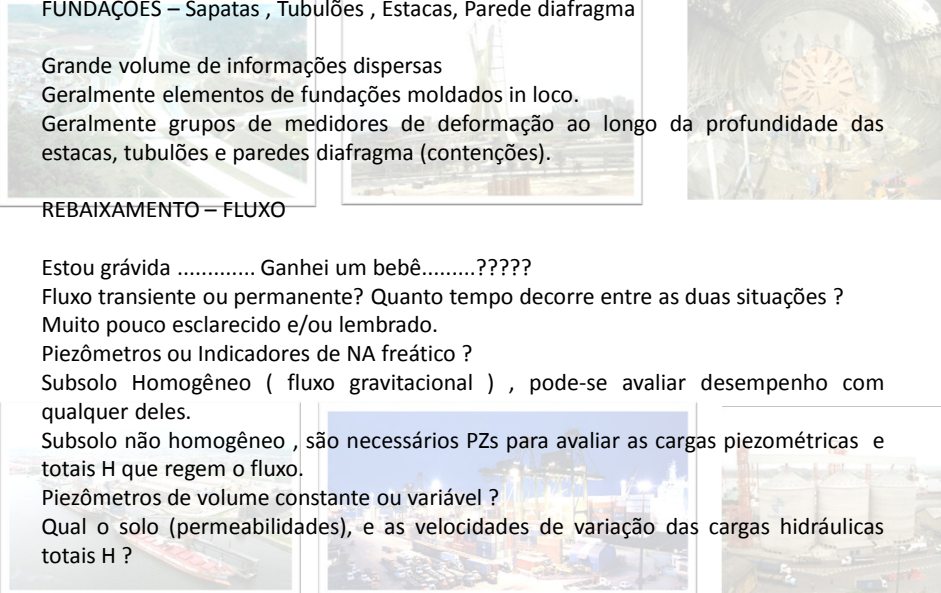
**FUNDAÇÕES – Sapatas , Tubulões , Estacas, Parede diafragma**

Grande volume de informações dispersas  
 Geralmente elementos de fundações moldados in loco.  
 Geralmente grupos de medidores de deformação ao longo da profundidade das estacas, tubulões e paredes diafragma (contenções).

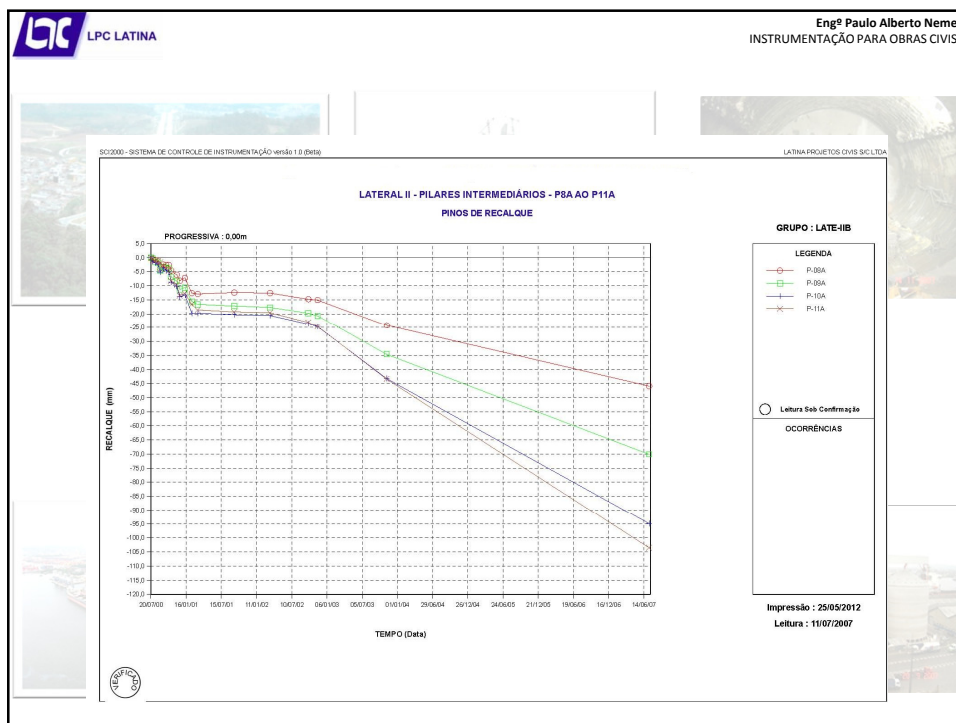
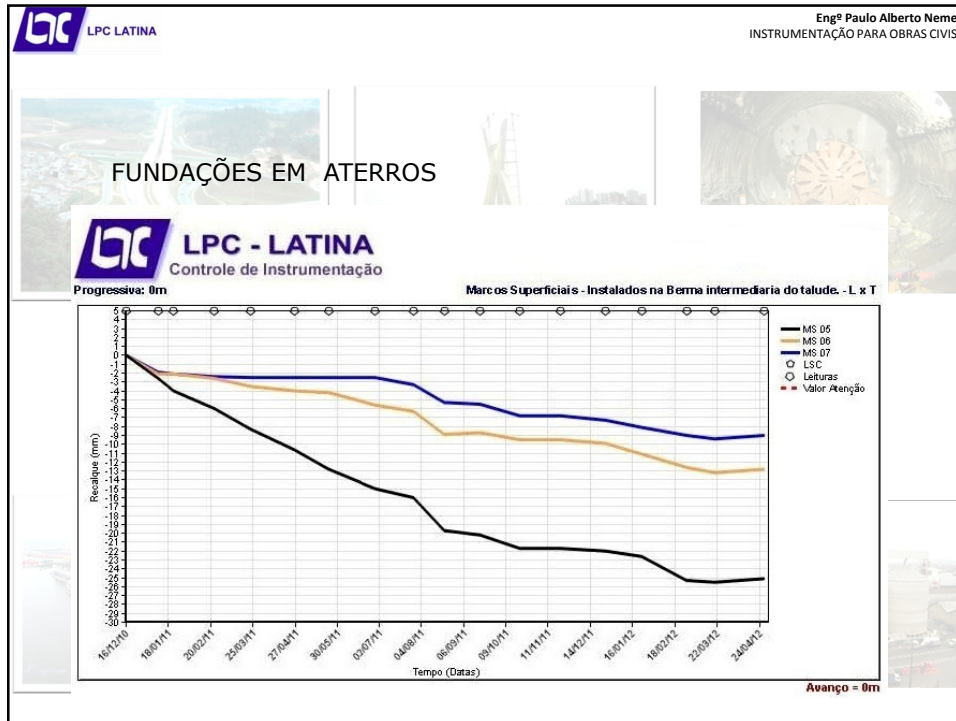
**REBAIXAMENTO – FLUXO**

Estou grávida ..... Ganhei um bebê.....?????

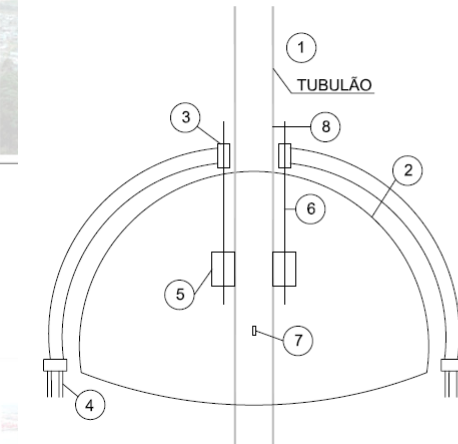
Fluxo transiente ou permanente? Quanto tempo decorre entre as duas situações ?  
 Muito pouco esclarecido e/ou lembrado.  
 Piezômetros ou Indicadores de NA freático ?  
 Subsolo Homogêneo ( fluxo gravitacional ) , pode-se avaliar desempenho com qualquer deles.  
 Subsolo não homogêneo , são necessários PZs para avaliar as cargas piezométricas e totais H que regem o fluxo.  
 Piezômetros de volume constante ou variável ?  
 Qual o solo (permeabilidades), e as velocidades de variação das cargas hidráulicas totais H ?







**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS



1 - TUBULÃO EXISTENTE.  
2 - PROJEÇÃO DO TÚNEL.  
3 - CONSTRUÇÃO DO ANEL ISOLADO DO TUBULÃO.  
4 - CONSTRUÇÃO DO ARCO E FUNDAÇÃO DO ANEL.  
5 - CONSTRUÇÃO DO BLOCO SOLIDÁRIO AO TUBULÃO.  
6 - PROTENSÃO DOS TIRANTES.  
7 - PONTOS DE LEITURA "STRAIN GAUGES".  
8 - SOLIDARIZAÇÃO DO ANEL SUPERIOR AO TUBULÃO E CORTE DO TUBULÃO.

**LPC** LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

TRANSFERÊNCIA DE CARGAS – Gotlieb ( 1991 ) , Outros  
Entre estruturas / fundações antigas e novas



Reforço das fundações do Edifício das Nações. Avaliação de tensões existentes antes do corte do tubulão de fundação.

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

## 6 – CONTENÇÕES – PAREDES ESTRONCADAS OU ATIRANTADAS

TIRANTES **OU** ESTRONCAS - São muito distintos , não cabe o **OU**

Esquema típico de cálculo

Diminuição de 20% no momento do balanço

Aumento de 30% nas forças cortantes e nas reações das estroscas

LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

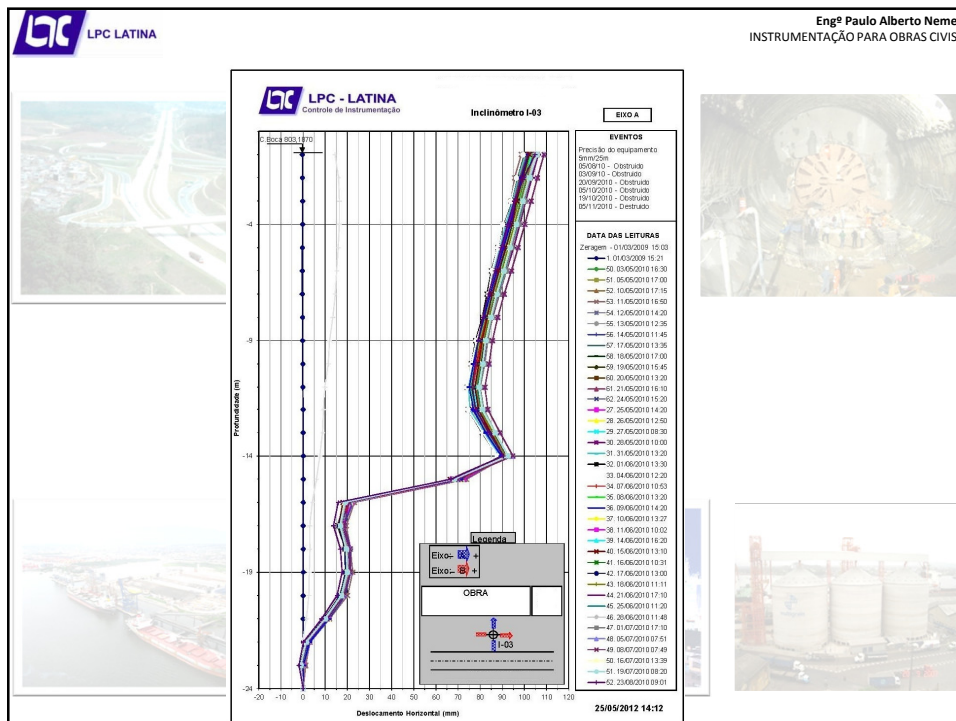
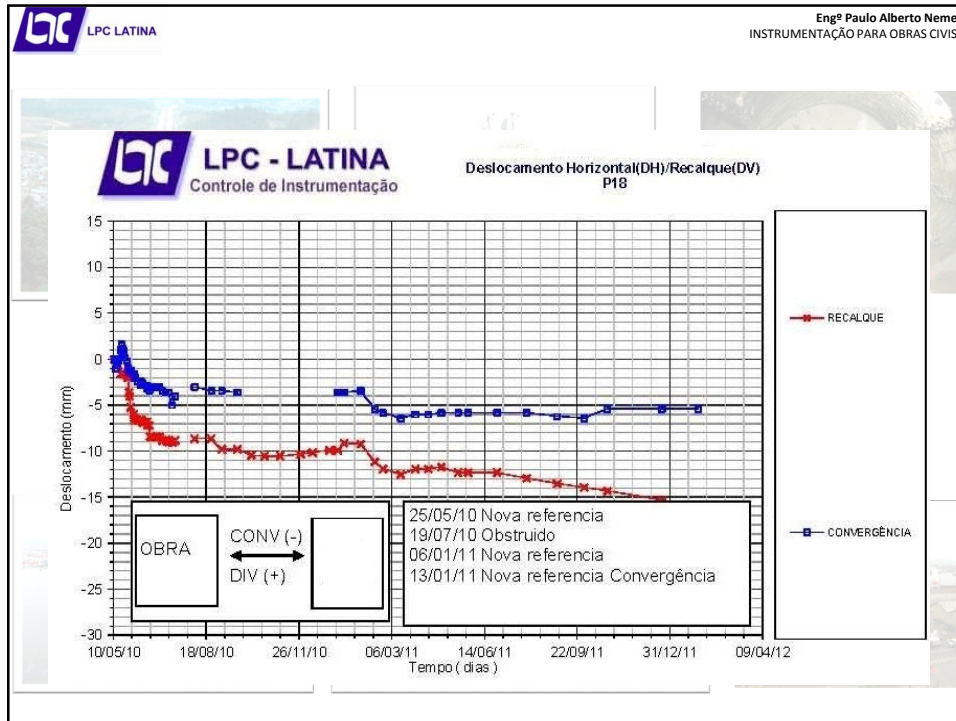
## CARGAS NA PAREDE ATIRANTADA - EVOLUÇÃO NO TEMPO vs MODELO DE CÁLCULO

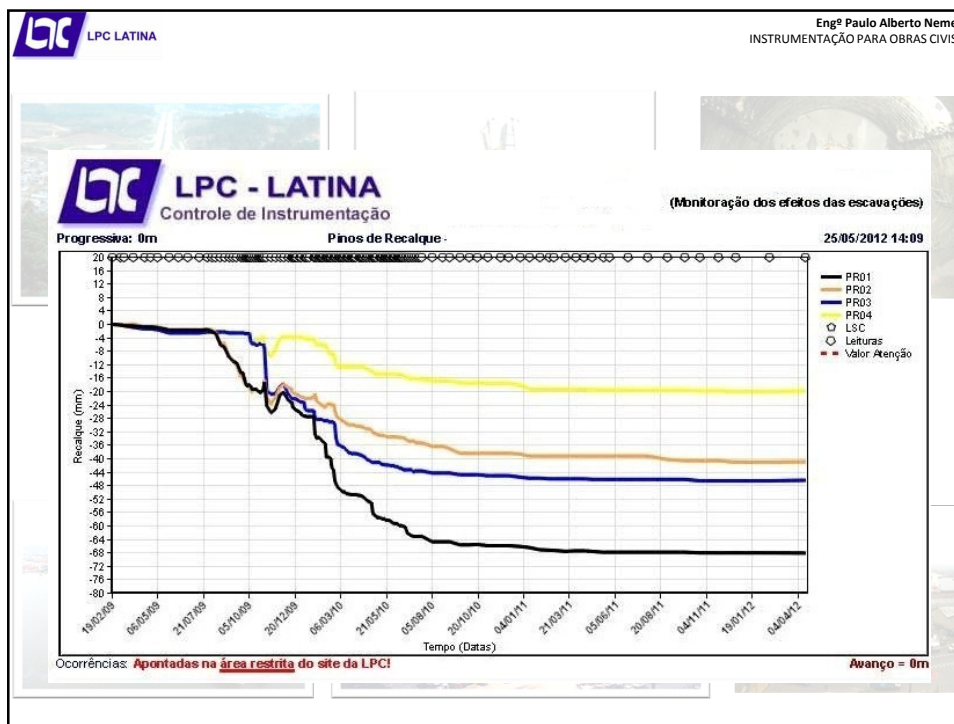
Valas com profundidades crescentes ( **mais** subsolos )  
 Peso próprio **crescendo** com o aumento das profundidades  
 Componentes verticais dos tirantes crescendo ( **mais** linhas de tirantes )  
 Componente vertical do empuxo crescendo ( com o **quadrado** da altura da contenção )  
 Comprimento das fichas dimensionadas **como** se carregamentos ( empuxos ) fossem horizontais sobre apoios nas linhas dos tirantes  
 Cálculo da ficha " **passa** " como estaca escavada ( diafragmas ) ?

O SR. TIRANTE  
 Perdas de carga – Martins ( 1982 ) , Machado Filho ( 1975 ) , Silveira ( 1975 ) , Massad (2005), Outros  
 Por protensão ( macacos aferidos ? )  
 Por acomodação " instantânea " ( 2 h ) ( solo , cabos , cones )  
 Por protensão de tirantes vizinhos – a obra prevê reprotensão dos tirantes já existentes?  
 Por fluência.  
 Por deslocamentos verticais da parede – ficha insuficiente , amolecimento do solo?

Portanto totalmente **diferente** de estroscas.







LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

### 7 – FILOSOFIA DE INTERPRETAÇÃO DAS MEDIDAS REALIZADAS

- Realidade X Modelos
- Estatística de médias ou de extremos
- Variabilidade das propriedades
- Checagem do conceito de ponto “fusível”
- Checagem da ordem de grandeza esperada
- Inspeção á campo (**sempre** necessária) vs Desenhos e Imagens

 LPC LATINA Engº Paulo Alberto Neme  
INSTRUMENTAÇÃO PARA OBRAS CIVIS

**8 – ENCERRAMENTO**

Desculpas pelas limitações da apresentação  
Também por não citar tantos outros colegas e publicações  
Agradeço o convite , a atenção dos colegas , coloco-me à disposição e agradeceria questionamentos dos colegas para os OBJETIVOS

APRENDER ... E .. TRANSMITIR

OBRIGADO

Email – paulo@lpclatina.com.br  
Site – www.lpclatina.com.br

