



# Aprendendo com Falhas e Acidentes nas Estruturas de Concreto

**Paulo Helene**

*Diretor PhD Engenharia*

*Prof. Titular Universidade de São Paulo USP*

*Conselheiro Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON*

*Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

*Presidente ALCONPAT*



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP



**Erros, Falhas,  
Omissões, Colapsos,  
Acidentes, Frustrações,  
Atrasos, Retrabalho,  
Constrangimentos,  
Decepções, Vergonha...**

**“Duro”**

**Aprendizado!**

---

“Duro”

Aprendizado!

*vitórias/soluções/desafios*

---

**Robert Stephenson discurso de posse presidência  
Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha. 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 e experientes 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.*

*Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação , discussão e divulgação desses problemas através desta reconhecida Instituição...”*

# ✓ Postura dos Organizadores deste evento

✓ com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

# ✓ Postura dos Organizadores

✓ compareço aqui com experiência de um CONSTRUTOR

✓ conhecimento de quem atende casos de colegas

✓ com a humildade de quem já errou...

# ✓ **Postura dos Organizadores**

✓ **com experiência de um  
CONSTRUTOR**

✓ **conhecimento de quem atende  
casos de colegas**

✓ **com a humildade de quem já  
errou...**



# ✓ **Postura dos Organizadores**

✓ **com experiência de um  
CONSTRUTOR**

✓ **conhecimento de quem atende  
casos de colegas**

✓ **com a humildade de quem já  
errou...**

# Edifício Comercial

---

2009

fissuras em lajes

*obra nova*





Diagnóstico:  
Mal posicionamento de armadura  
negativa das lajes adjacentes, sobre as  
vigas, devido a pisoteio durante a  
concretagem



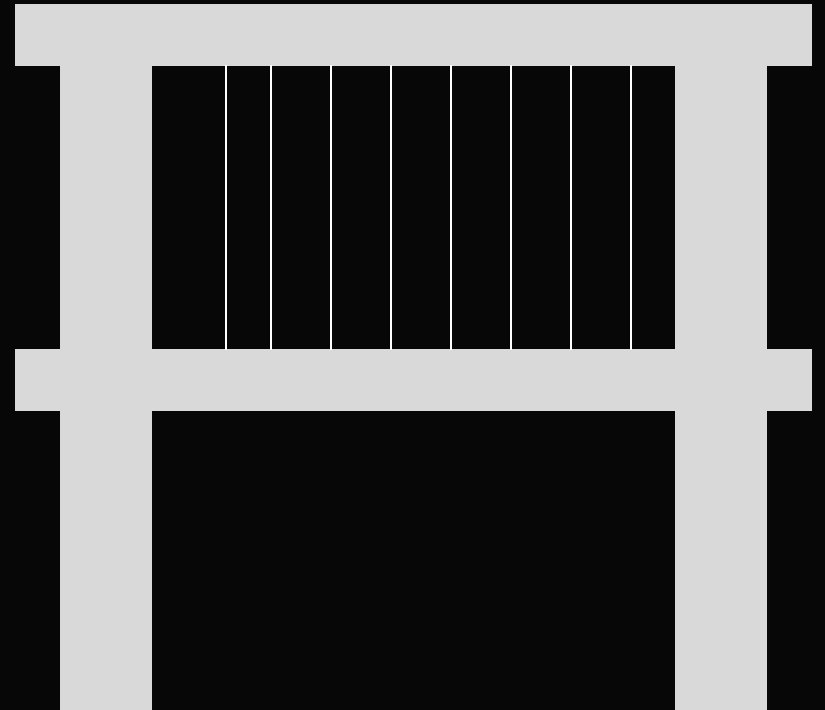




Laje de 15cm de espessura :  
 $375\text{kg/m}^2$

Dimensionada para  $150\text{kg/m}^2$

1 ano de idade







**QUEM RECEBE o CONCRETO?**

**QUEM APLICA o CONCRETO?**

**Caso 1: bloco de fundação**

**350m<sup>3</sup>**

**$f_{ck} = 35\text{MPa}$**

**39 caminhões OK**

**6 caminhões**

**com  $f_{ck}$  de 8MPa a 12MPa**

faixa mais escura e ainda úmida onde  
possivelmente há a presença de concreto  
“pobre”

ÁREA 6

Base do Tanque



Faixa mais escura e ainda umida onde possivelmente há a presença de concreto “pobre”



ÁREA 5

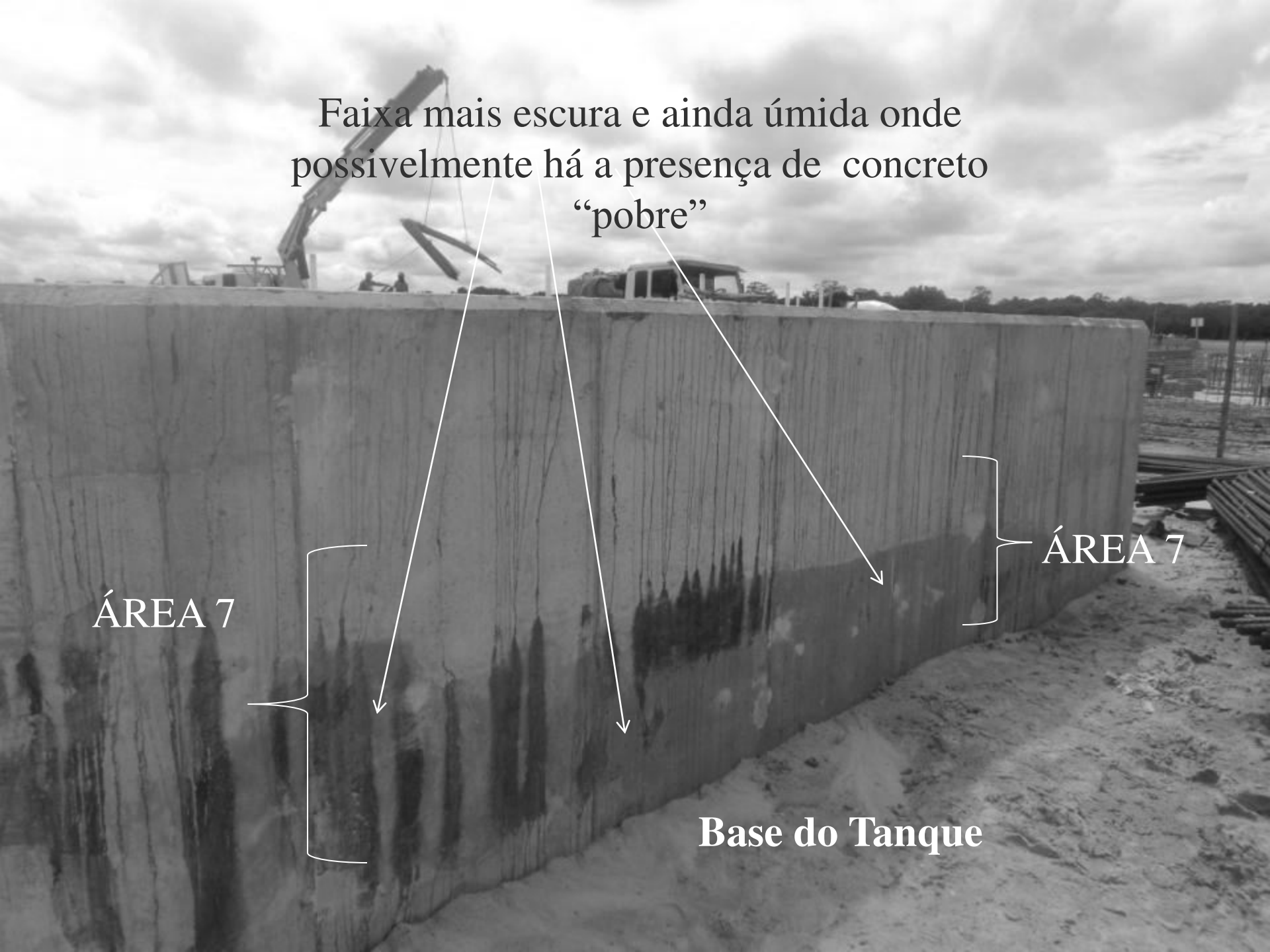
Base do Tanque

Faixa mais escura e ainda úmida onde  
possivelmente há a presença de concreto  
“pobre”

ÁREA 7

ÁREA 7

Base do Tanque



**QUEM RECEBE o CONCRETO?**

**QUEM APLICA o CONCRETO?**

**Caso 2: edifício Diretoria da Construtora**

***8º andar***

***$f_{ck} = 40\text{MPa}$***

**1 caminhão com 10MPa**

**9 pilares!**











127



seria um caso  
de sabotagem

???

!!!

***Dados do Edifício:***

***Localização: Rio de Janeiro, RJ.***

***36 pavimentos + 5 subsolos***

***Pilar P1 Esforços de projeto:***

***Normal: 1.253tf***

***Mx: 55tf.m***

***My: 8tf.m***

# Corte Esquemático

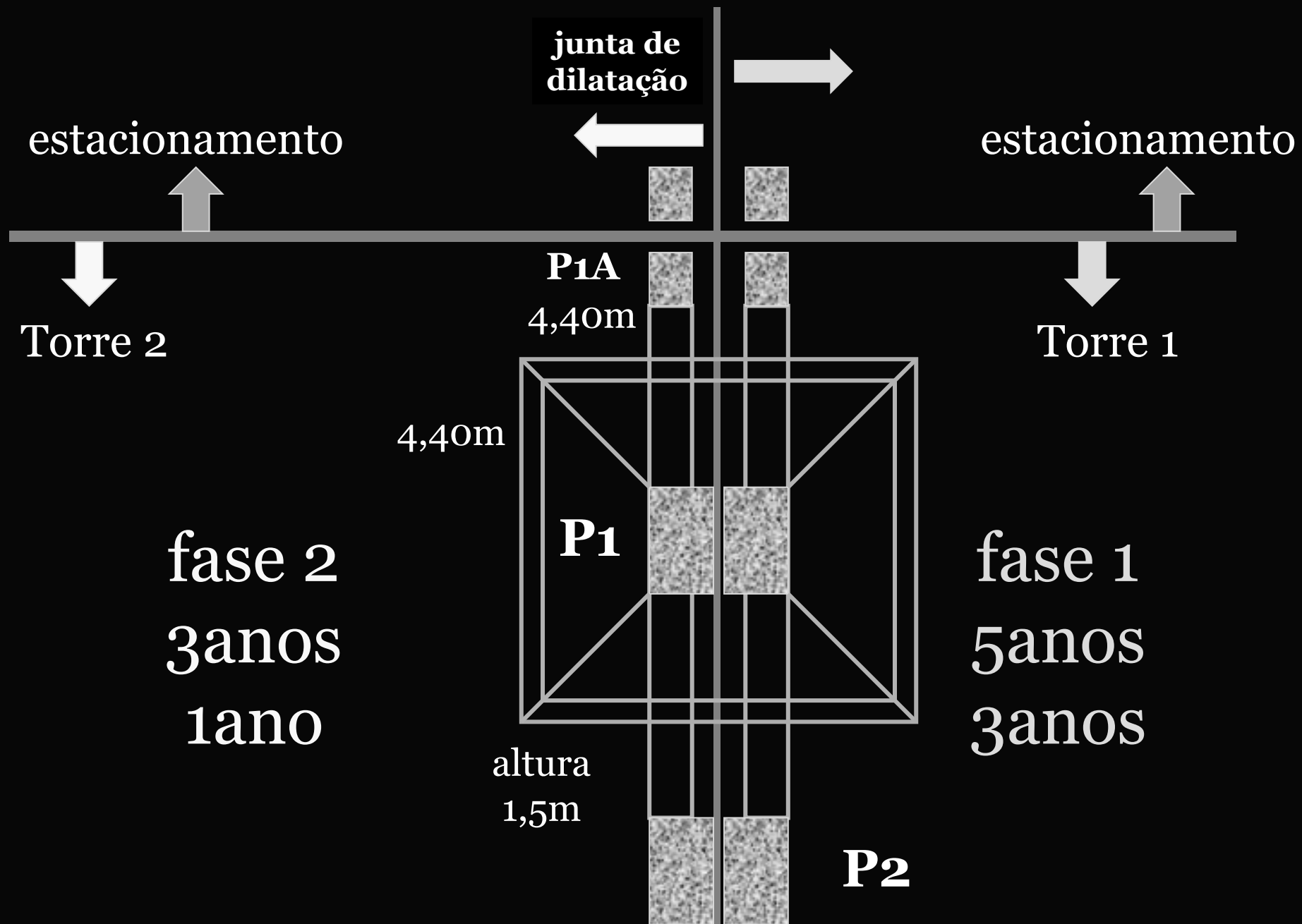
**Fachada  
Principal**

**5<sup>o</sup>  
Subsolo  
Fase 2**

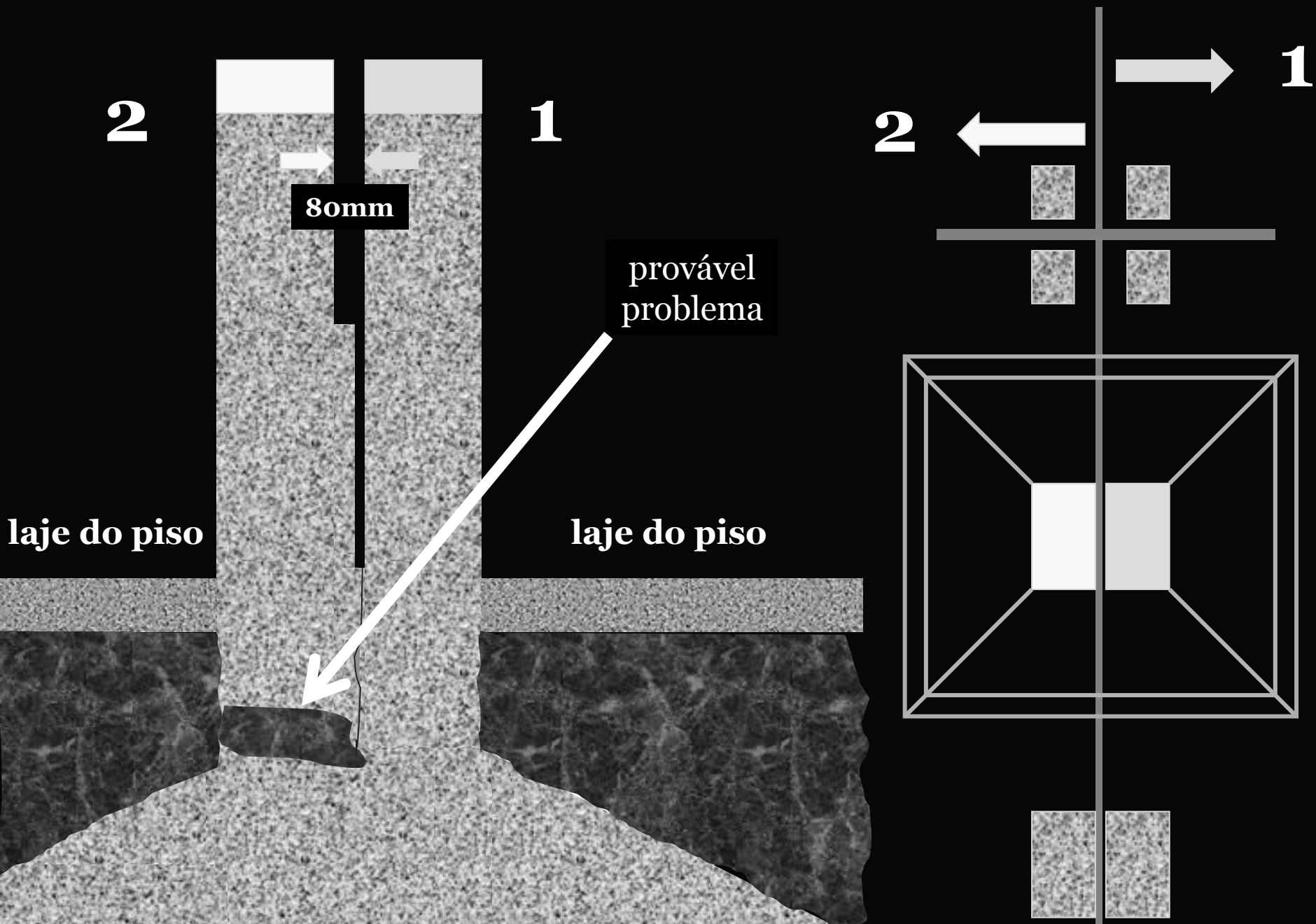
**Fundos**



# Planta esquemática do 5º Subsolo (P1)

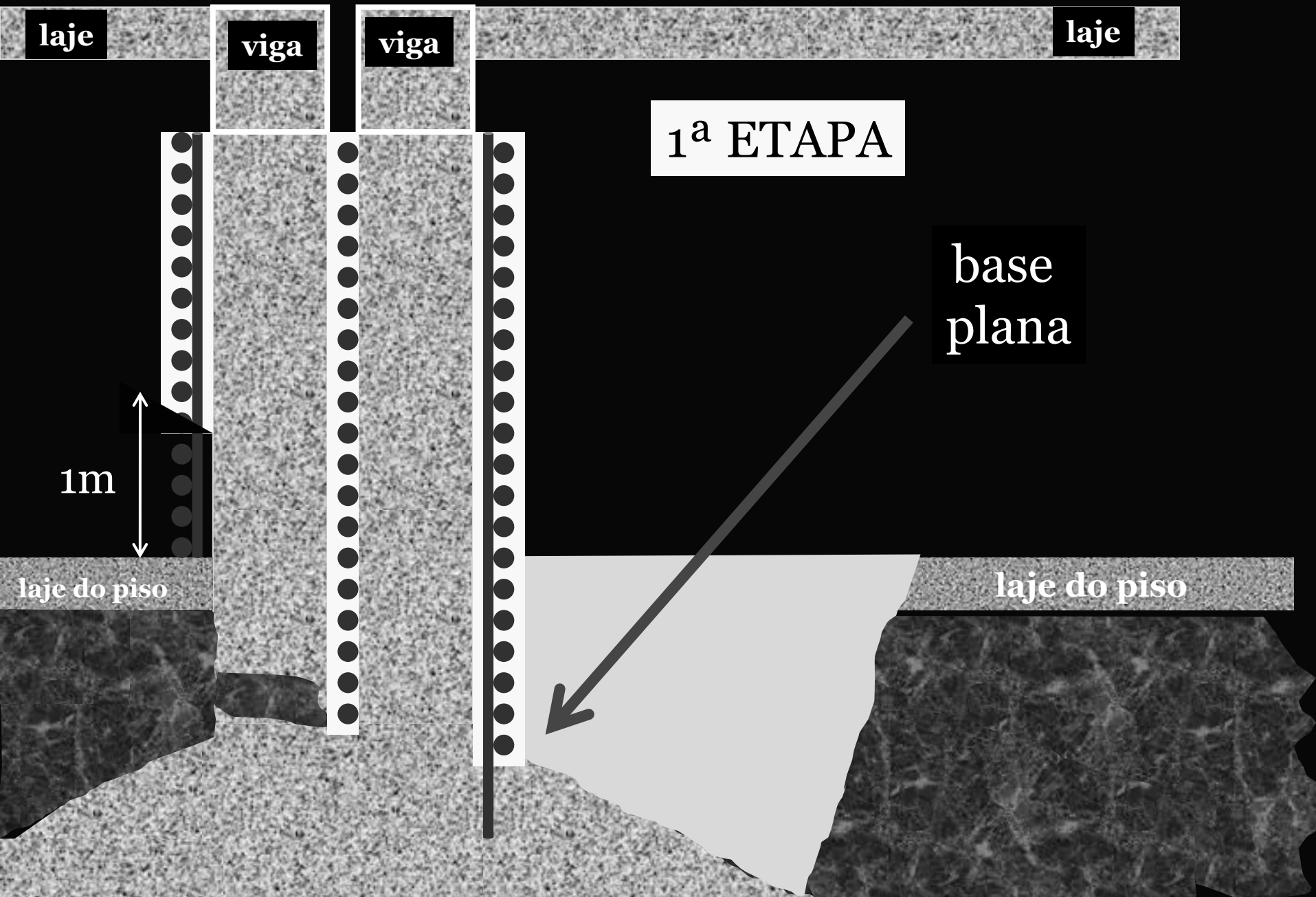


# *Croquis esquemático (P1)*

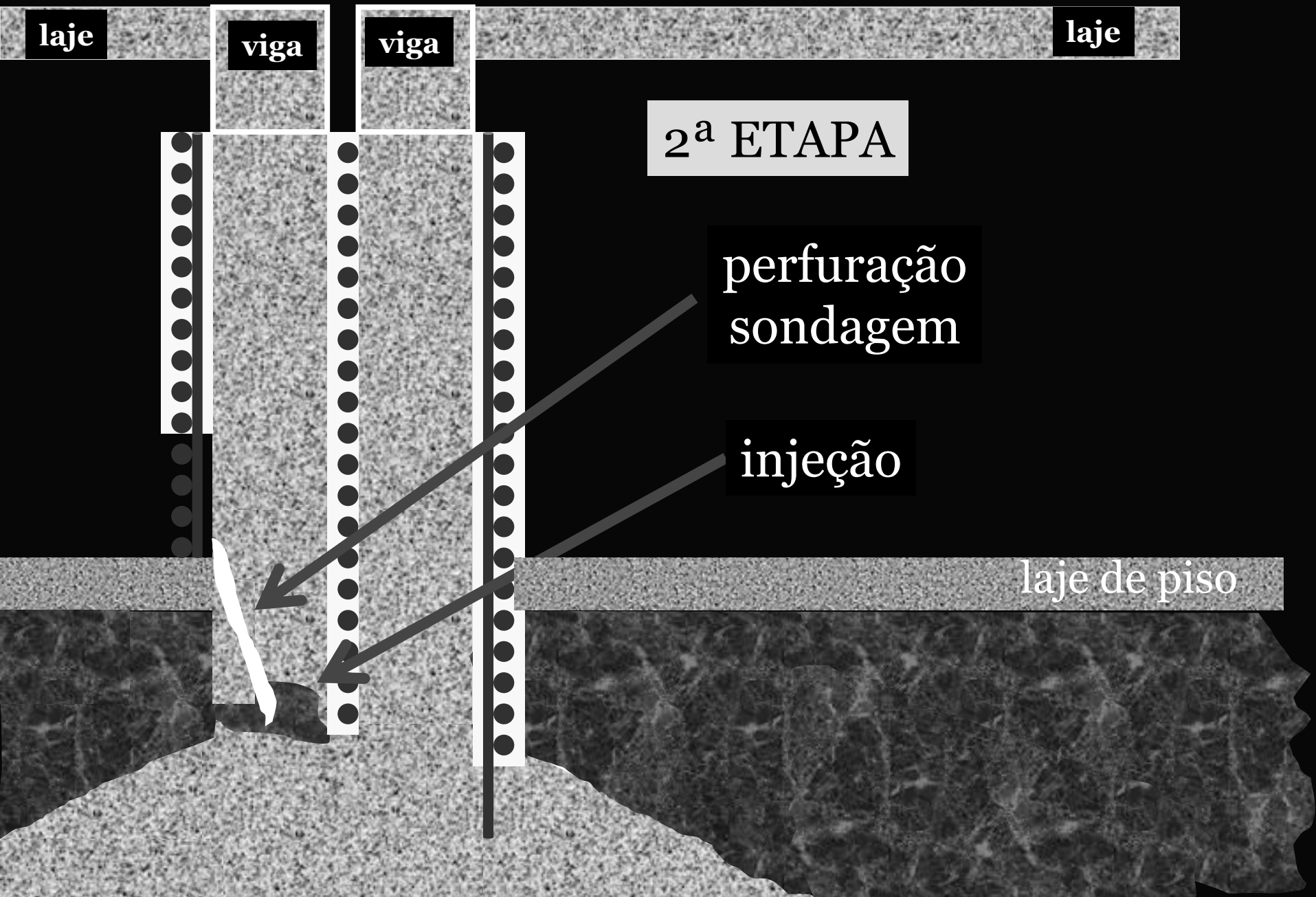




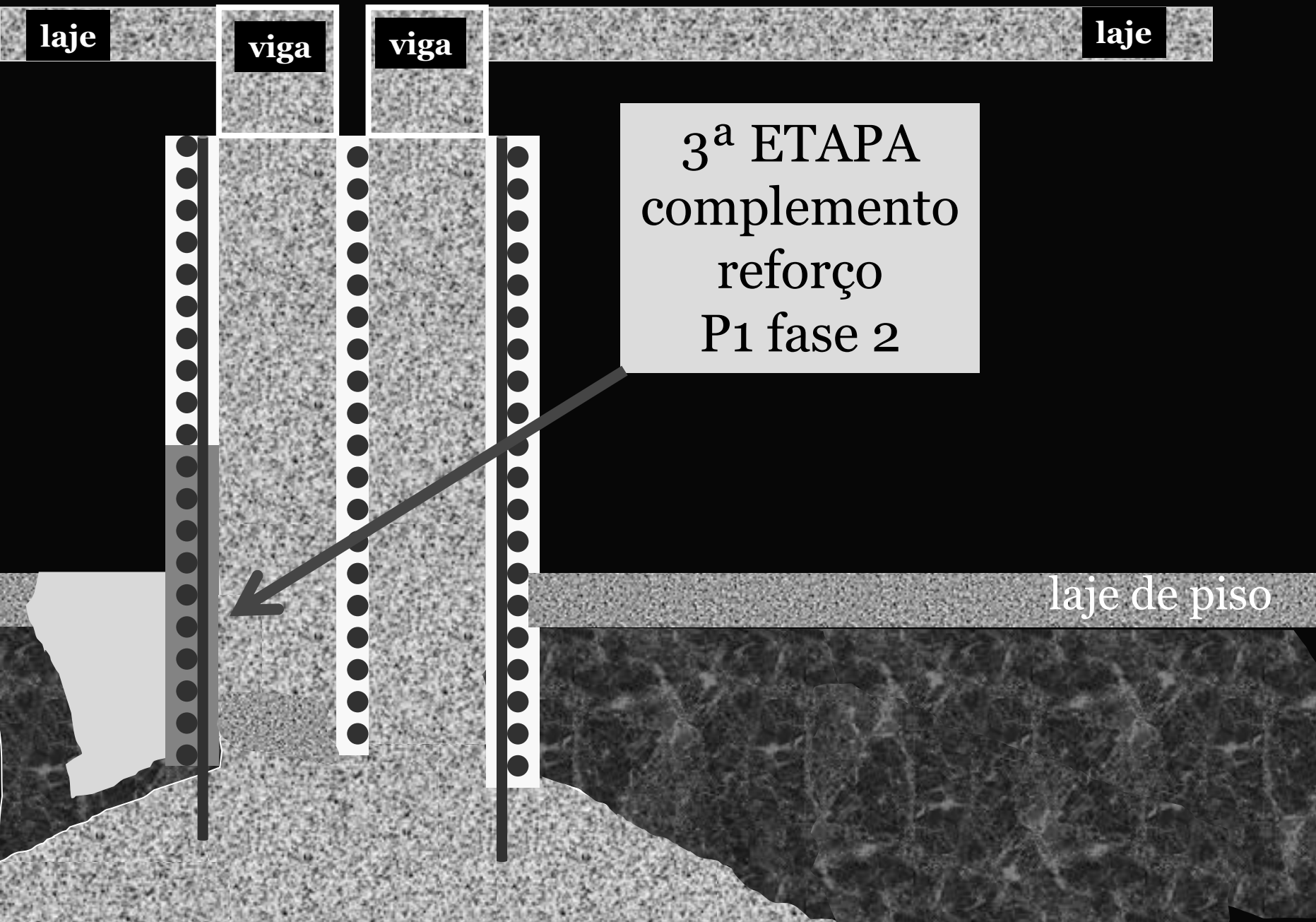
# Programação do Reforço (3 etapas) P1



# Programação do Reforço P1



# Programação do Reforço P1



# *Inspeção / Evidências*



**Desnivelamento**

# *Inspeção / Evidências*



**P1 fase 1**

**fase 2**

**P1  
fase 2**

**Desnivelamento**

# *Inspeção / Evidências*



**Desnivelamento**

# *Inspeção / Evidências*



P4  
fase 2

**Fissuras em Vigas**

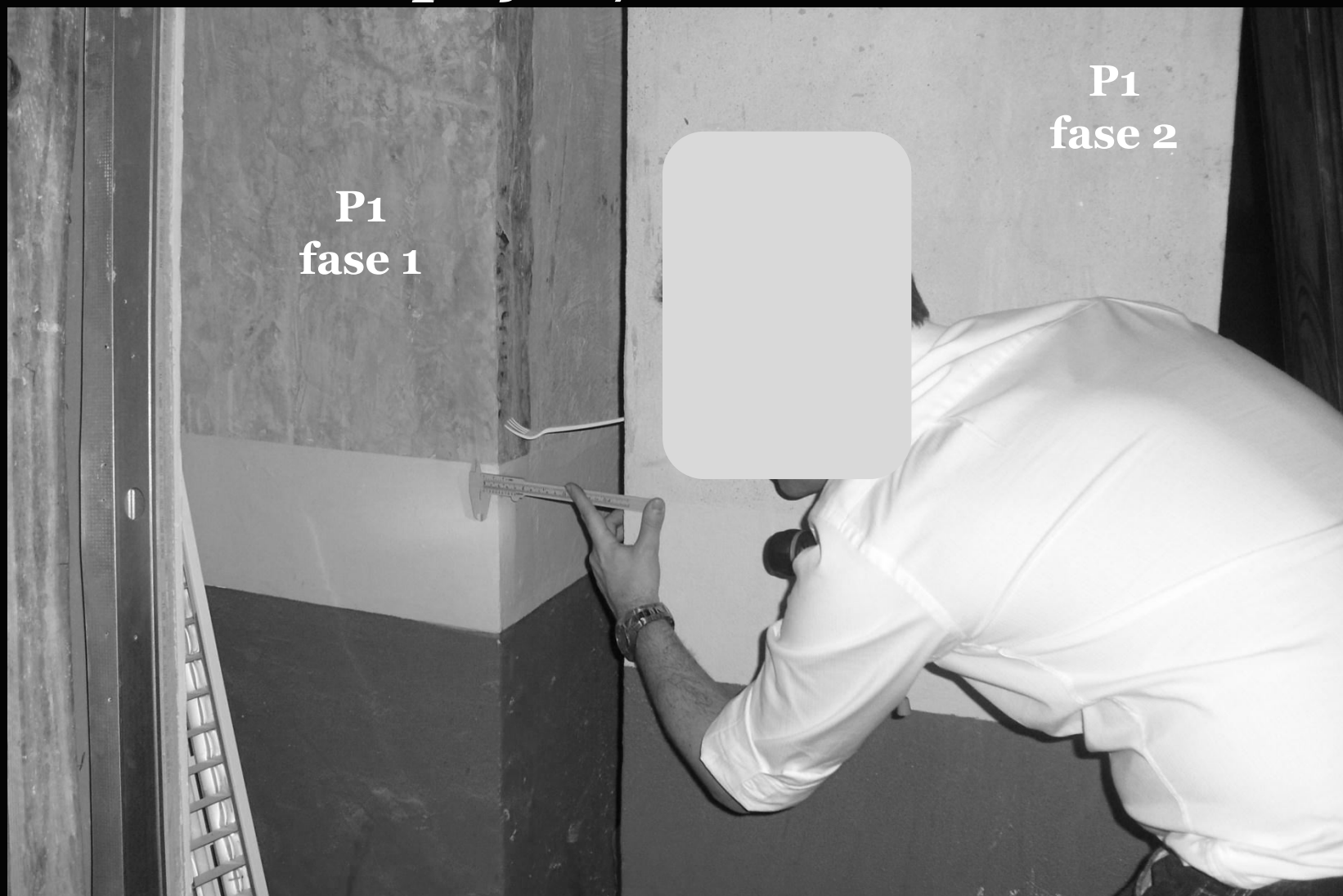
# *Inspeção / Evidências*



**Fissuras em Vigas**



# *Inspeção / Evidências*



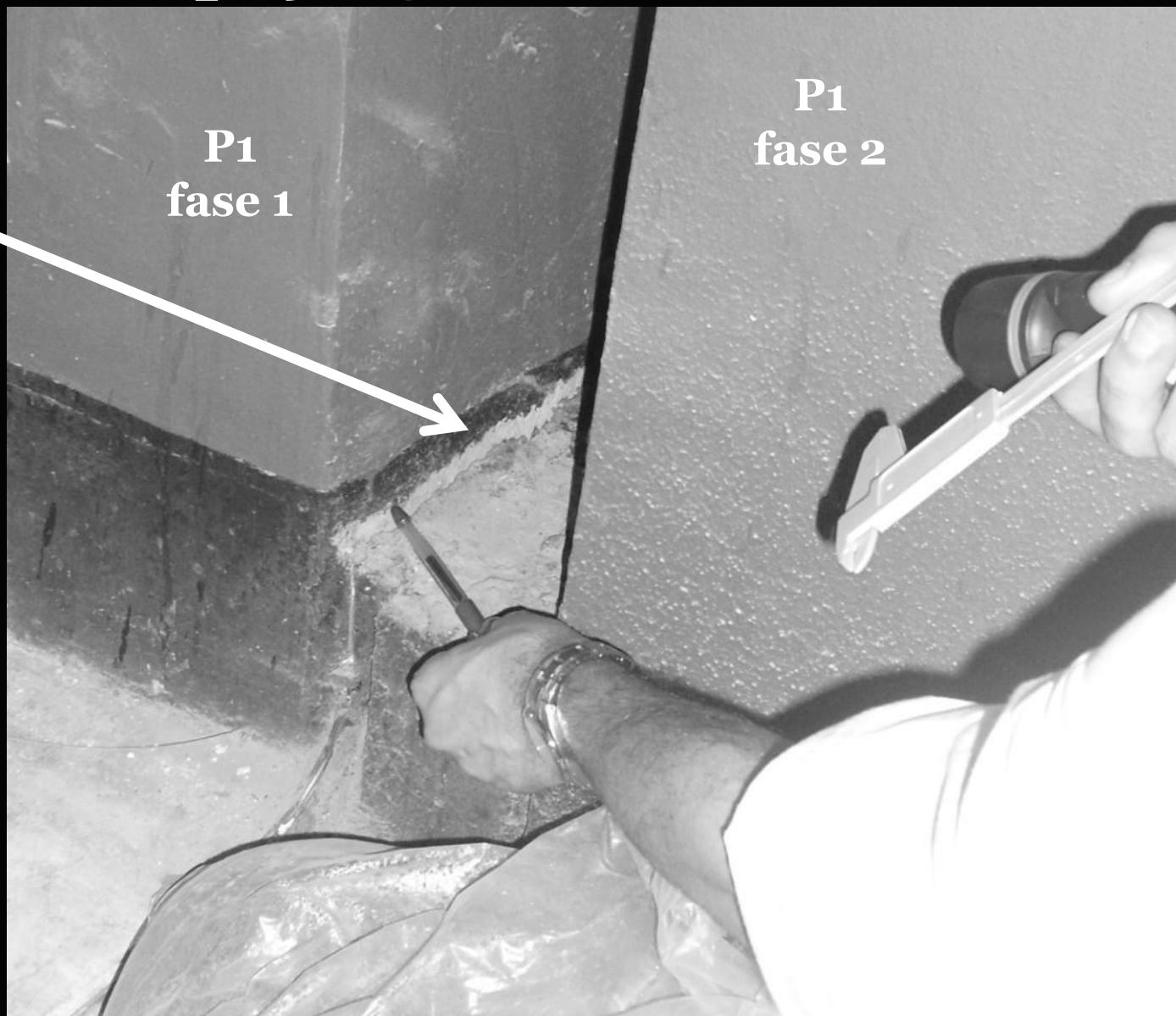
**Desnivelamento nível S4**

# *Inspeção / Evidências*

**deslocamento  
vertical  
relativo**

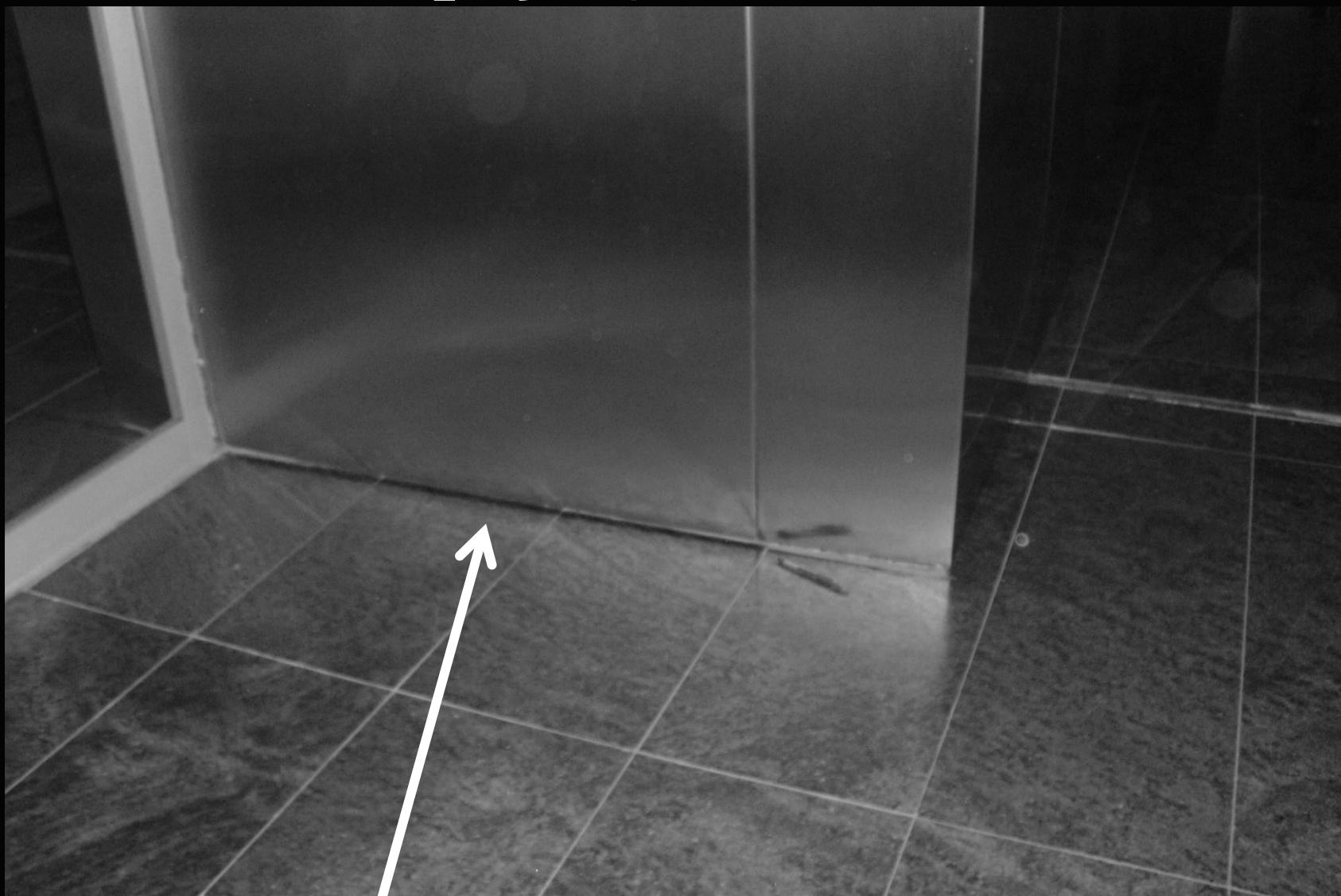
**P1  
fase 1**

**P1  
fase 2**



**Desnivelamento nível S4**

# *Inspeção / Evidências*



**Desnivelamento nível S2**

# *Inspeção / Evidências*



**Desnivelamento nível S3**

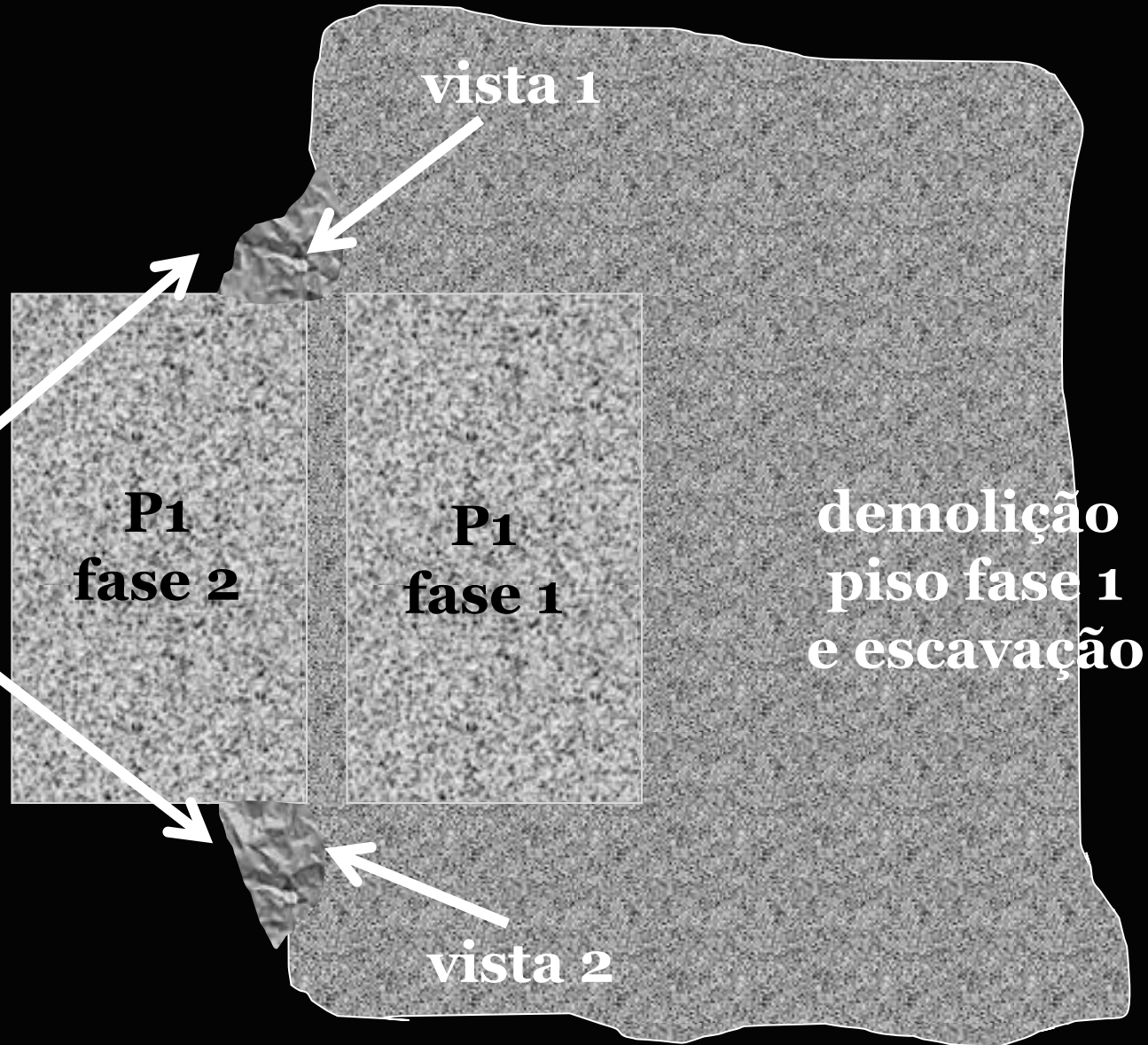
# *Inspeção / Evidências*



**Desnivelamento e fissuras em vigas**

# *Inspeção*

**inspeção  
precária  
e visual**



# *Inspeção*



**Demolição Piso fase 1**

# *Inspeção*



**Escavação Piso fase 1**



# *Inspeção*



**Escavação Piso fase 1**

# *Inspeção*



**pilar P1  
fase 1**

**pilar P1  
fase 2**

**apicoamento  
da superfície  
dos pilares**

**laje dupla de piso  
com 60cm na fase 2**

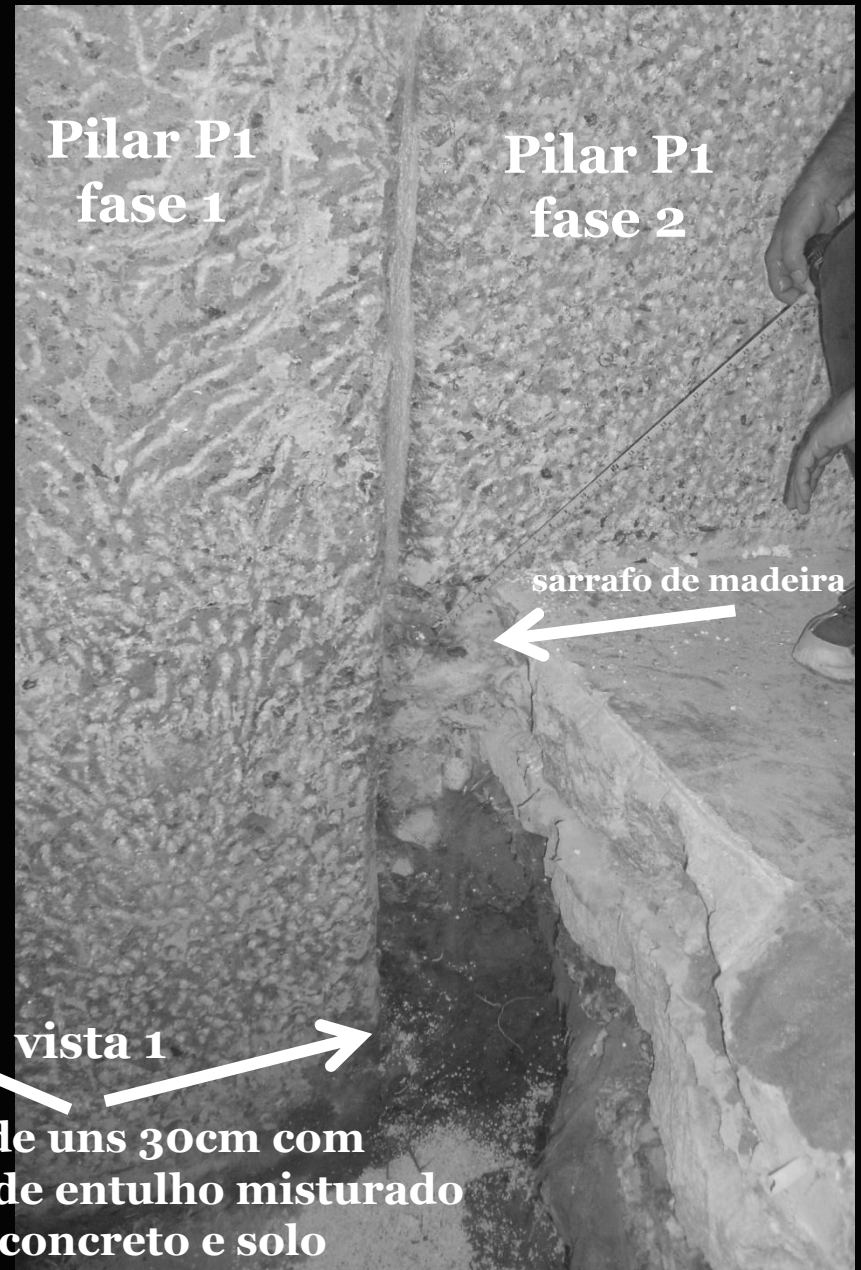
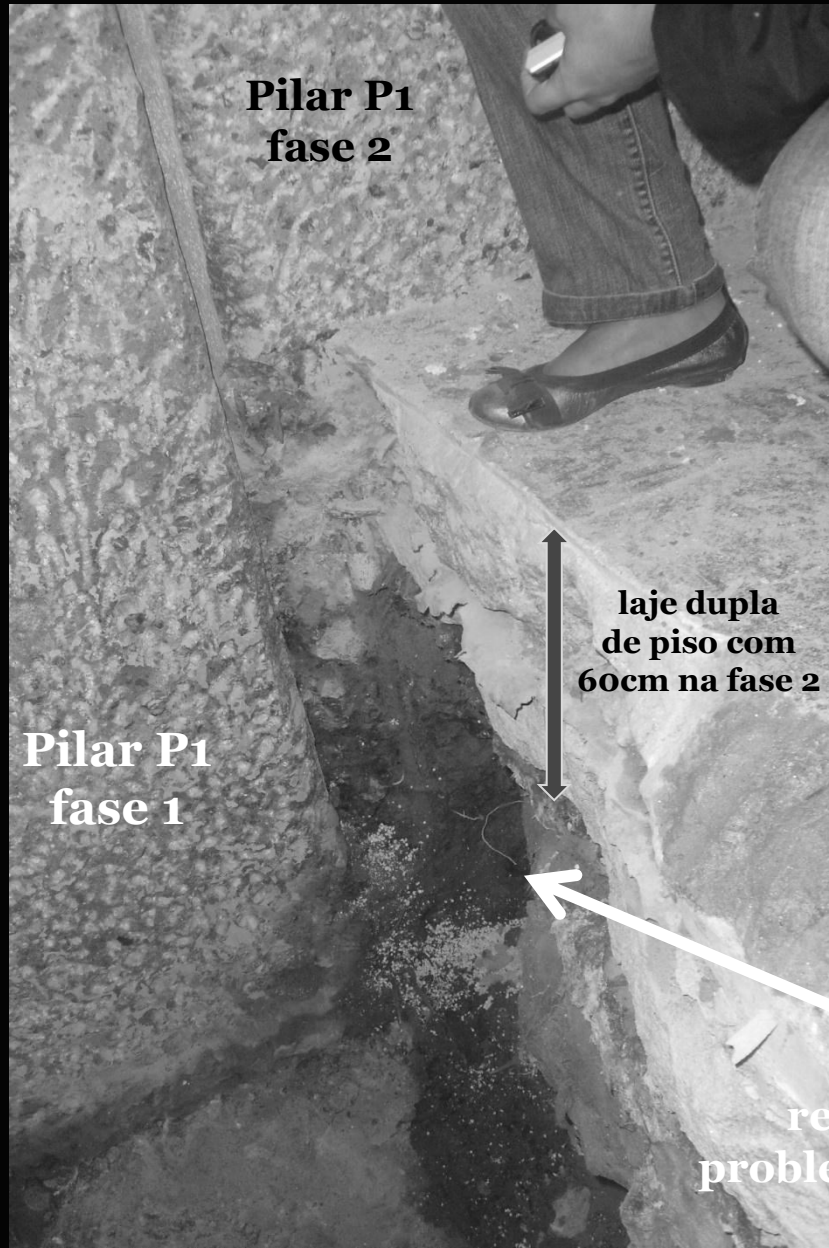
**inspeção visual precária  
e cuidadosa do pé do  
pilar p1 fase 2**

# *Inspeção*



**janela de prospecção vista 1**

# Inspeção / Diagnóstico preliminar

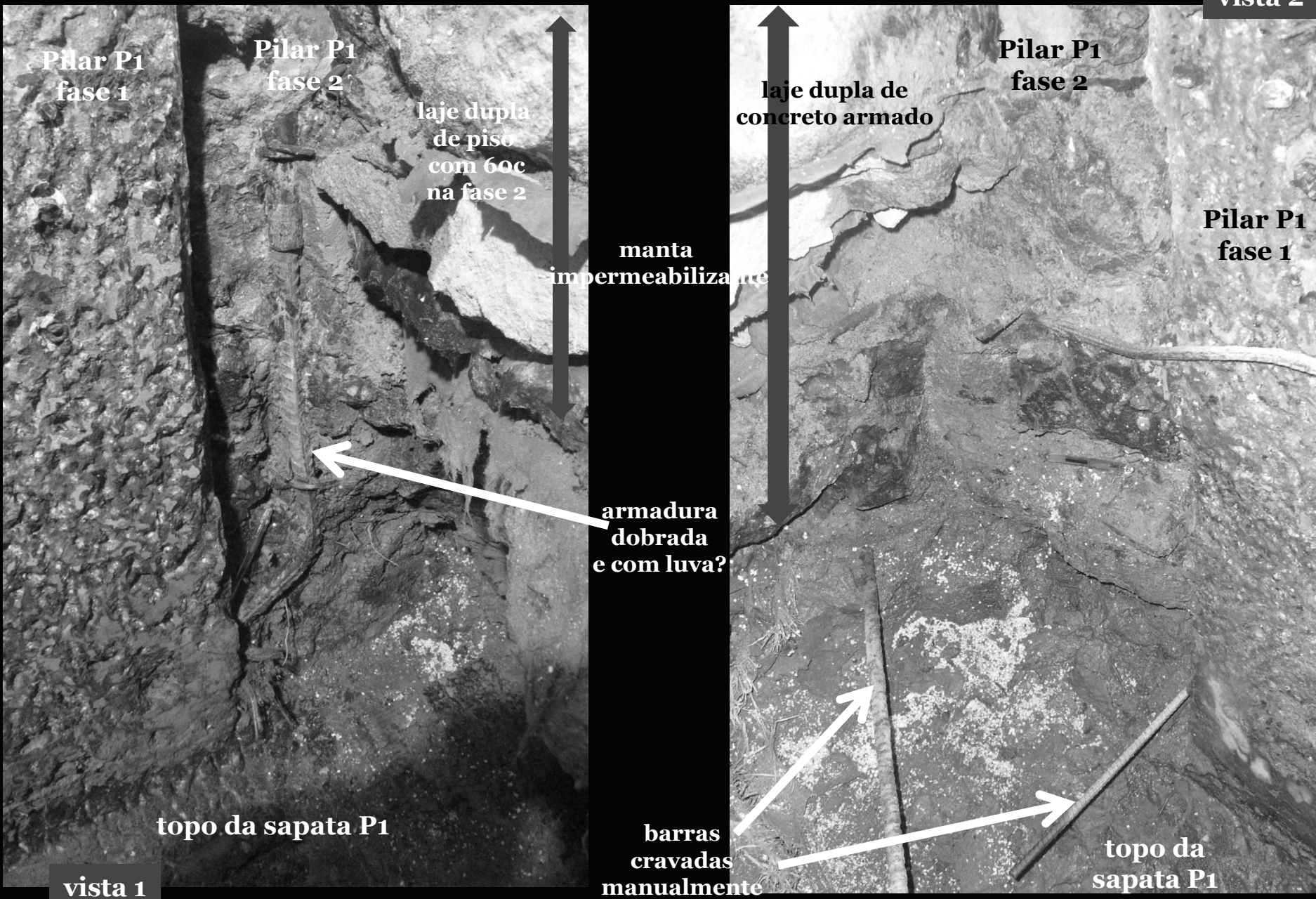


# *Inspeção / Diagnóstico preliminar*



# Diagnóstico preliminar

vista 2



# *Inspeção*



**Controle contínuo de deslocamento vertical (recalque) dos pilares P1, P1A e P2**

## *Inspeção*

**nesse momento o grupo  
encarregado da observação  
por topografia da  
movimentação da estrutura  
informou que o pilar P1 fase  
2 desceu 3mm!!**



## *Inspeção*



o encarregado  
da observação  
do selo  
de  
gesso  
confirmou  
rompimento  
do gesso

## *Inspeção*

**imediatamente os  
serviços de  
escavação e  
prospecção foram  
interrompidos**

# *Inspeção*



**colagem de plaquetas de vidro 2mm para controle de eventual movimento de fissuras**

## *Inspeção*

**o reforço foi iniciado logo após observação de que o processo de recalque havia estabilizado (1,5h)**

# *Procedimento Padrão para Reforço do Pilar P1 com Problema*

1. Inspeção / diagnóstico;
2. Escavação;
3. Preparação do substrato;
4. Montagem da armadura;
5. Preparação da fôrma;
6. Preparação do graute;
7. Concretagem;
8. Desfôrma;
9. Cura.

## *4. Preparação da fôrma*



## 5. Preparação do Graute



## *5. Preparação do Graute*





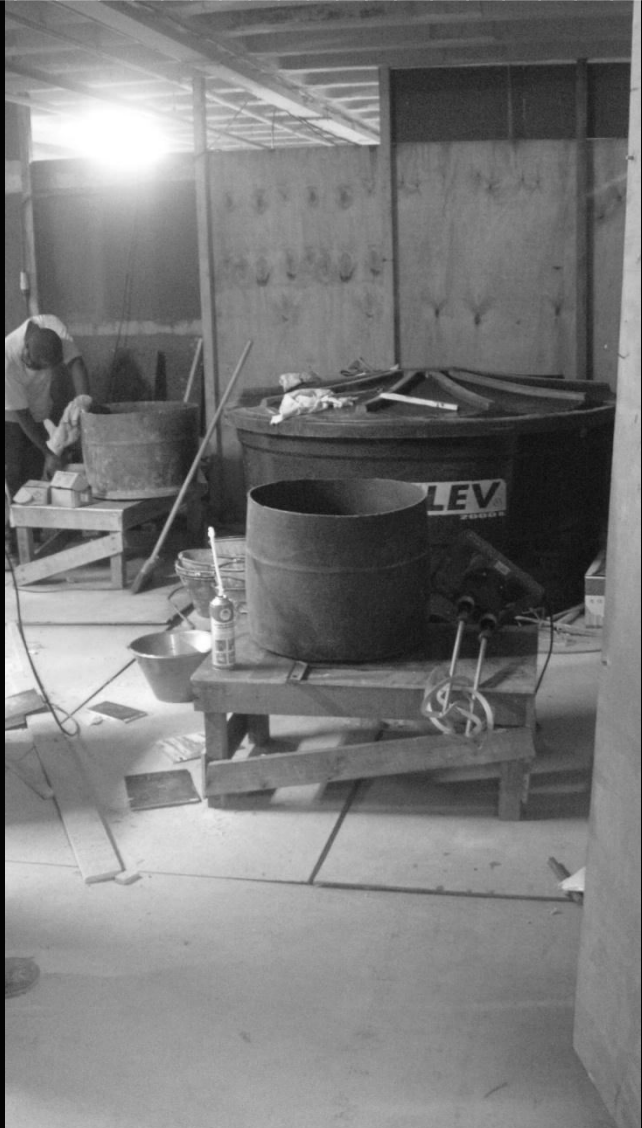
# 5. Preparação do Graute

8/7/2011

9/7/2011

10/7/2011

11/7/2011



# 7.Desfôrma















52.8  
°C  
B



*Após concretagem piso desceu 4mm*



*Após concretagem piso desceu 4mm*





15/7/2011

16/7/2011

17/7/2011

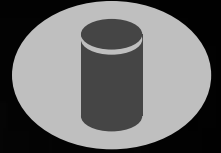
18/7/2011

20:00 21:00 22:00 23:00 0:00 1:00 2:00 3:00 4:00 5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00 0:00 1:00 2:00 3:00 4:00 5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00 0:00 1:00 2:00 3:00 4:00

# *Pilar P1 acabado*



25.07.2011 12:07



**IBRACON**

---

# *Controles*

---

T53





# *Resistência a Compressão Axial*

<i>Pilar</i>	<i>Resistência a compressão axial - MPa</i>				
	<i>24h.</i>	<i>2dias</i>	<i>3dias</i>	<i>7dias</i>	<i>28dias</i>
<i>P4</i>	<i>57,3</i>	<i>59,9</i>	<i>61,2</i>	<i>68,2</i>	<i>73,6</i>
	<i>59,5</i>	<i>62,4</i>	<i>63,7</i>	<i>68,8</i>	<i>73,6</i>
	<i>-</i>	<i>51,3</i>	<i>51,5</i>	<i>54,9</i>	<i>77,1</i>
	<i>-</i>	<i>52,2</i>	<i>55,5</i>	<i>57,6</i>	<i>73,8</i>
<i>Piso</i>	<i>-</i>	<i>54,1</i>	<i>46,4</i>	<i>57,4</i>	<i>75,9</i>
	<i>-</i>	<i>55,2</i>	<i>48,3</i>	<i>56,4</i>	<i>74,3</i>



*Hipóteses  
provações...*

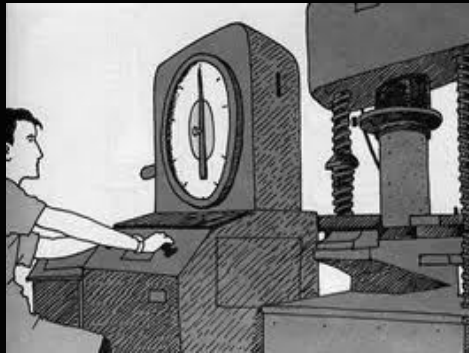
# *Hipóteses prováveis...*



# *A origem e os intervenientes*



**projetista  
estrutural**



**tecnologista  
de concreto**



**fornecedor do  
material**



**construtor  
(execução)**

*atribuição de responsabilidades*  
**NBR 12655:2006**

# Edifício Habitacional

---

armadura de  
pilares  
*obra nova*







Cabeça de pilar sem  
ganchos transversais  
nem estribos











Qual o papel  
do  
Construtor?

- ✓ Tornar realidade um Projeto
- ✓ Compatibilizar sonhos (projetos)
- ✓ Realizar expectativas
- ✓ Liderar operários (dar o exemplo, saber fazer, dar importância ao que eles fazem)
- ✓ Não é gerenciar, nem projetar!

terceirizar um  
serviço ≠  
terceirizar  
responsabilidade



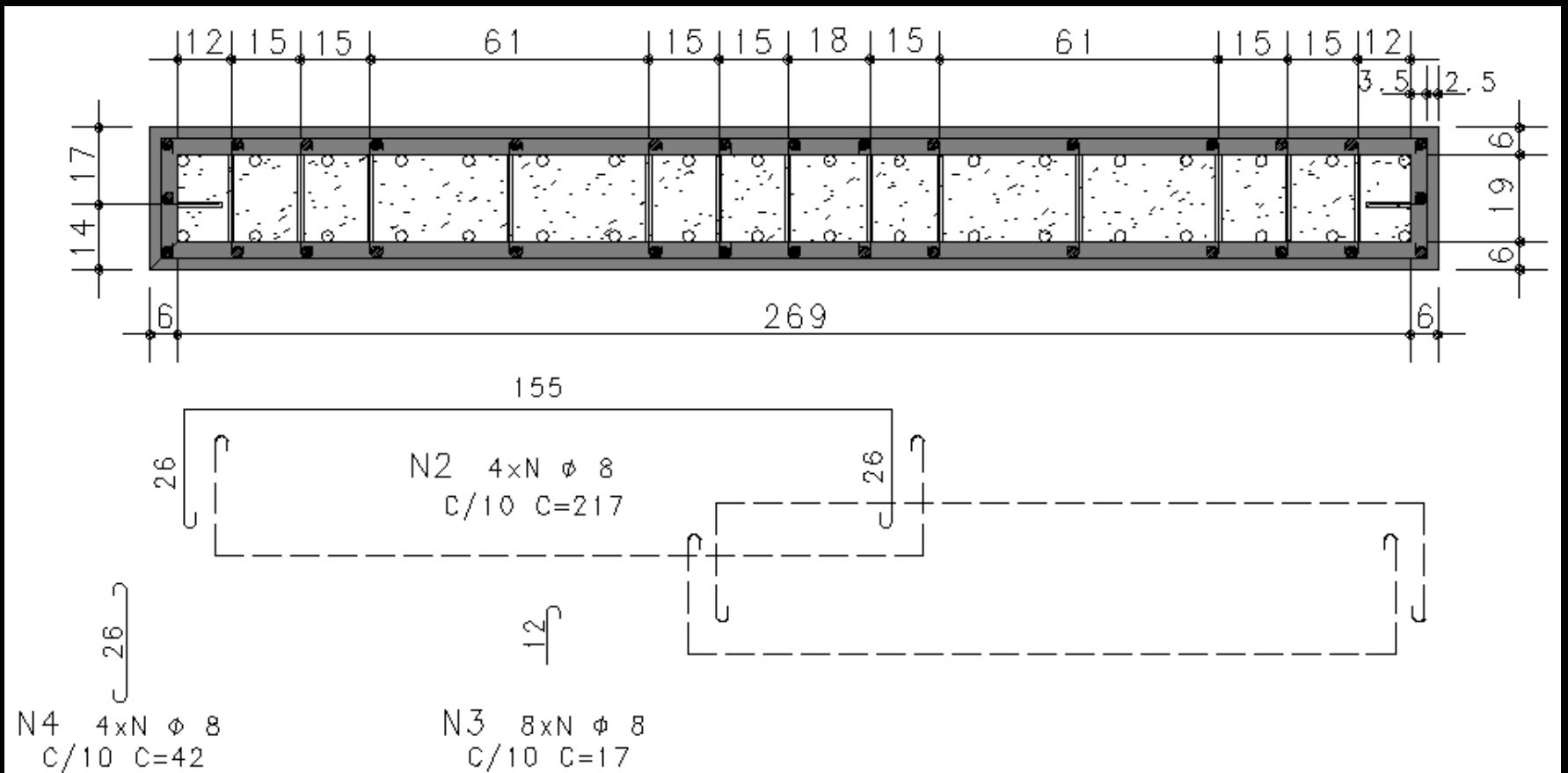




Solução adotada:

recompor a armadura transversal acrescentando estribos e ganchos passantes ao reforço, conforme critério da NBR6118:2007 – com espaçamento máx. de  $20.\emptyset$

# Detalhe do reforço



# Detalhe do reforço



**outro caso  
desastroso!**

## LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES

PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	diferença
01	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
02	(30 x 50)	22 Ø 12.5	16 Ø 16.0	- 16 %
03	(20 x 100)	48 Ø 16.0	50 Ø 16.0	- 4 %
04	(20 x 100)	24 Ø 16.0	36 Ø 16.0	- 33 %
05	(30 x 50)	24 Ø 12.5	18 Ø 16.0	- 19 %
06	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
07	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
08	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+ 56 %
09	(25 x 80)	28 Ø 16.0	20 Ø 20.0	- 10 %

Registrado em 06 de abril de 2011.

Livro: 010/ENG.

				<b>diferença</b>
<b>10</b>	(20 x 100)	34 Ø 12.5	34 Ø 16.0	<b>- 39 %</b>
<b>11</b>	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+5 %</b>
<b>12</b>	(25 x 178)	38 Ø 10.0	38 Ø 10.0	-----
<b>13</b>	(25 x 178)	16 Ø 16.0	38 Ø 10.0	<b>+8 %</b>
<b>14</b>	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+0,5 %</b>
<b>15</b>	(20 x 218)	34 Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
<b>16</b>	(20 x 218)	Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
<b>17</b>	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
<b>18</b>	(30 x 70)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	<b>+0,5 %</b>
<b>19</b>	(30 x 70)	08 Ø 16.0	20 Ø 10.0	<b>+2 %</b>
<b>20</b>	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	<b>+56 %</b>
<b>21</b>	(20 x 70)	12 Ø 12.5	30 Ø 10.0	<b>- 37 %</b>
<b>22</b>	(“25” x 100)	42 Ø 16.0	30 Ø 20.0	<b>- 10 %</b>
<b>23</b>	(“25” x “208”)	34 Ø 12.5	76 Ø 10.0	<b>- 30 %</b>
<b>24</b>	(“25” x 100)	42 Ø 16.0	34 Ø 20.0	<b>- 21 %</b>
<b>25</b>	(20 x 70)	08 Ø 12.5	16 Ø 10.0	<b>- 22 %</b>

Obs: Foi constatado que todos os estribos possuíam bitolas de 4.2mm com espaçamento entre eles de 15cm exceto o pilar P15 que possui estribos de 6.3mm e espaçamento igual aos demais.



# Edifício Real Class



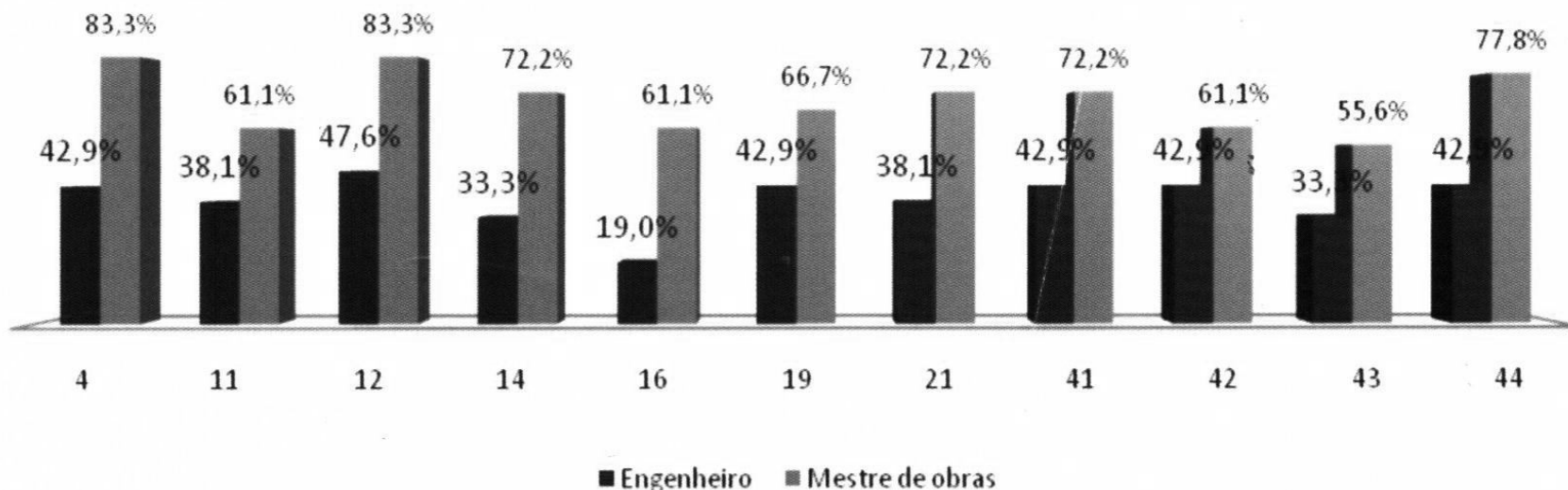
*Belém do Pará*

*34 pavimentos*

*105m      20.01.2011      35MPa*



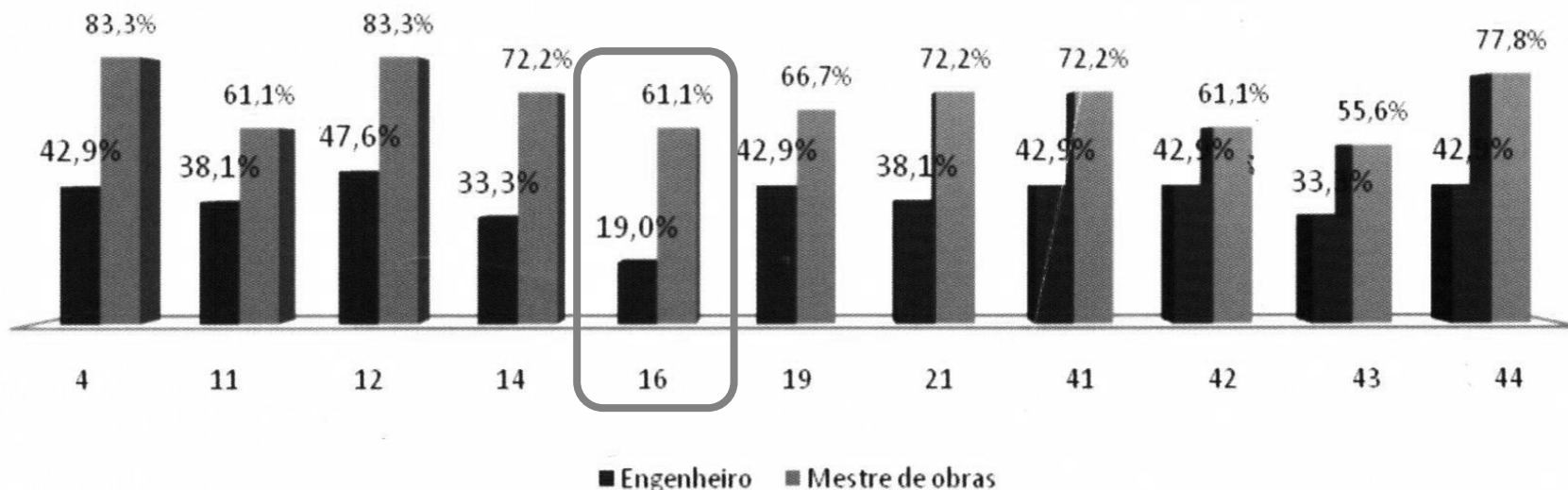
Figura 3 - Desvios de função



### DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
21. Definir os espaçamentos das escoras.
41. Solicitar compras de materiais.
42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
43. Conhecer a freqüência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Figura 3 – Desvios de função



### DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
21. Definir os espaçamentos das escoras.
41. Solicitar compras de materiais.
42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
43. Conhecer a freqüência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

**Edifício Habitacional**

---

concretagem

de pilares


*obra nova*







P5 - 2:55

A black and white photograph of a cylindrical object, possibly a barrel or pipe, with a label 'P5 - 2:55' and a dark, textured band around its middle. The object is on a ground surface with some debris.

P10-2:55

A black and white photograph of a cylindrical concrete structure, possibly a well or a large pipe. A white rectangular label is affixed to the upper part of the cylinder, containing the handwritten text "P10-2:55". Below the label, there is a vertical cutout or opening in the concrete. The surface of the concrete is rough and shows signs of weathering or damage. The structure is situated in a dark, cluttered environment with debris and other objects visible on the ground.



# CONSTRUTOR

precisa ter consciência  
de que a consequência  
de seus atos pode levar  
anos para aparecer!

# Edifício Areia Branca

Recife, Pernambuco

14 de outubro de 2004

quinta-feira às 20:30h

1977 → 1979

25 anos

12 andares + térreo + 1 garagem



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

ED AREIA BRANCA 2862





Escombros - manhã seguinte do desabamento





Edificações Vizinhas









Ligação pilar - sapata com redução da  
seção transversal do pilar









Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar



> 20cm!!!

**Edifício Solar da Piedade**

vizinho ao

**Areia Branca**

**Recife, Pernambuco**

**novembro de 2004**

**inspeção impede colapso**





Edifício Solar da Piedade, Boa Viagem, Recife PE









# CONSTRUTOR

precisa ter consciência  
de que as consequências  
de seus atos podem ser  
desastrosas e onerosas!

Edifício de  
apartamentos  
Jaguapé, São Paulo  
58 anos  
Pilar rompido













# Shopping Center

bicheiras e ninhos de  
concretagem em vigas

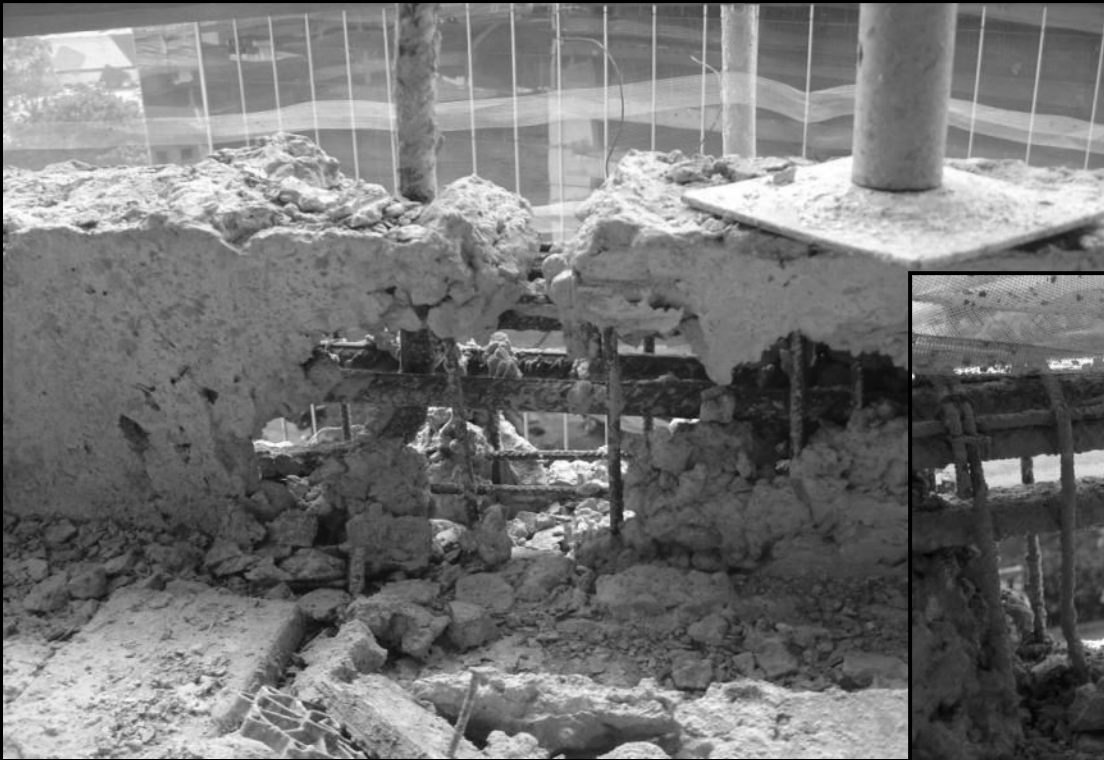
# *Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)*



# *Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)*



# *Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)*





# *“Recuperação” das Bicheiras com Argamassa Comum*



# *Vigas “Recuperadas”*



# *Vigas “Recuperadas” (fissuradas)*



# Edifício Emblemático

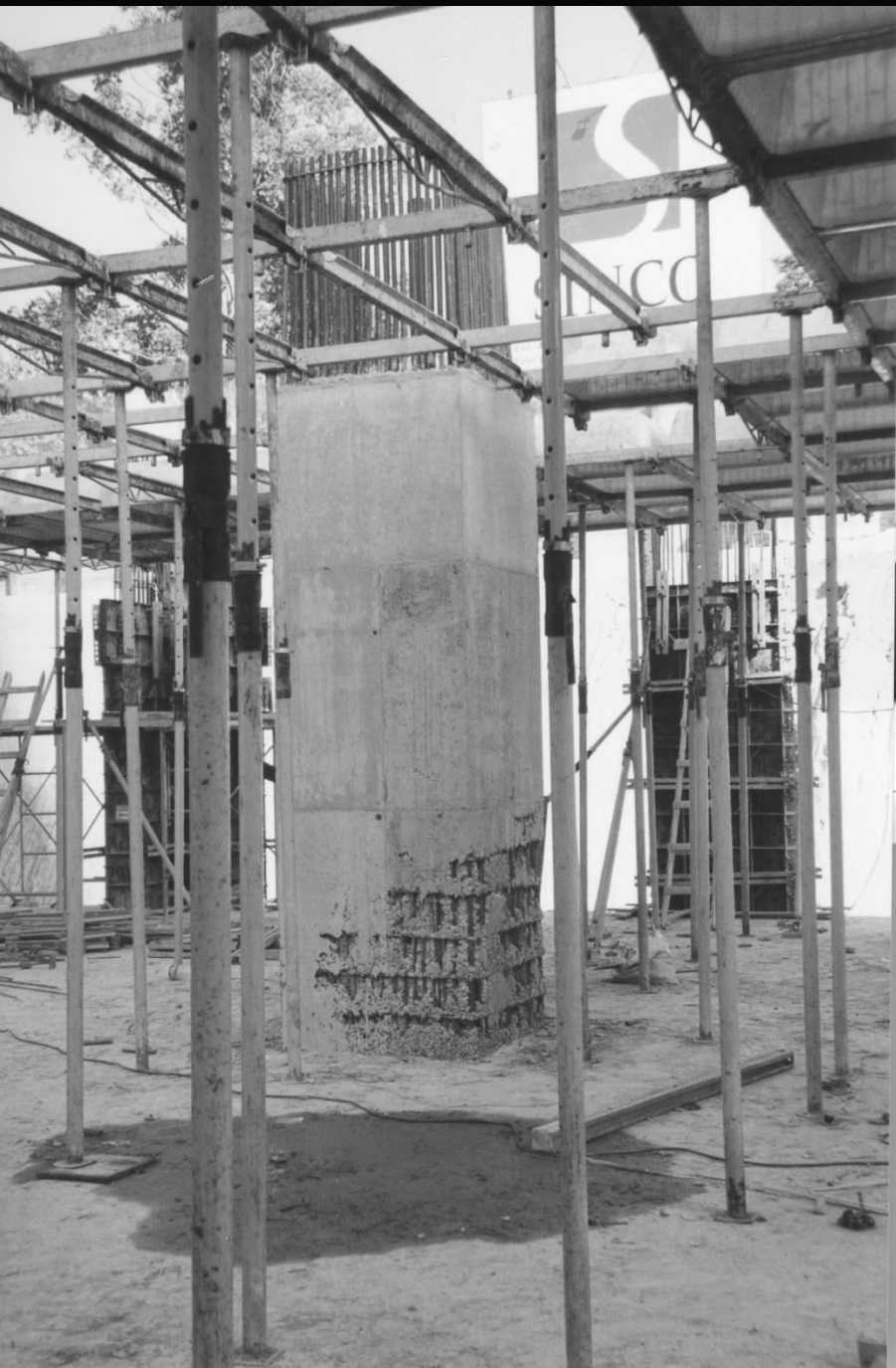
Alphaville, São Paulo

50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem















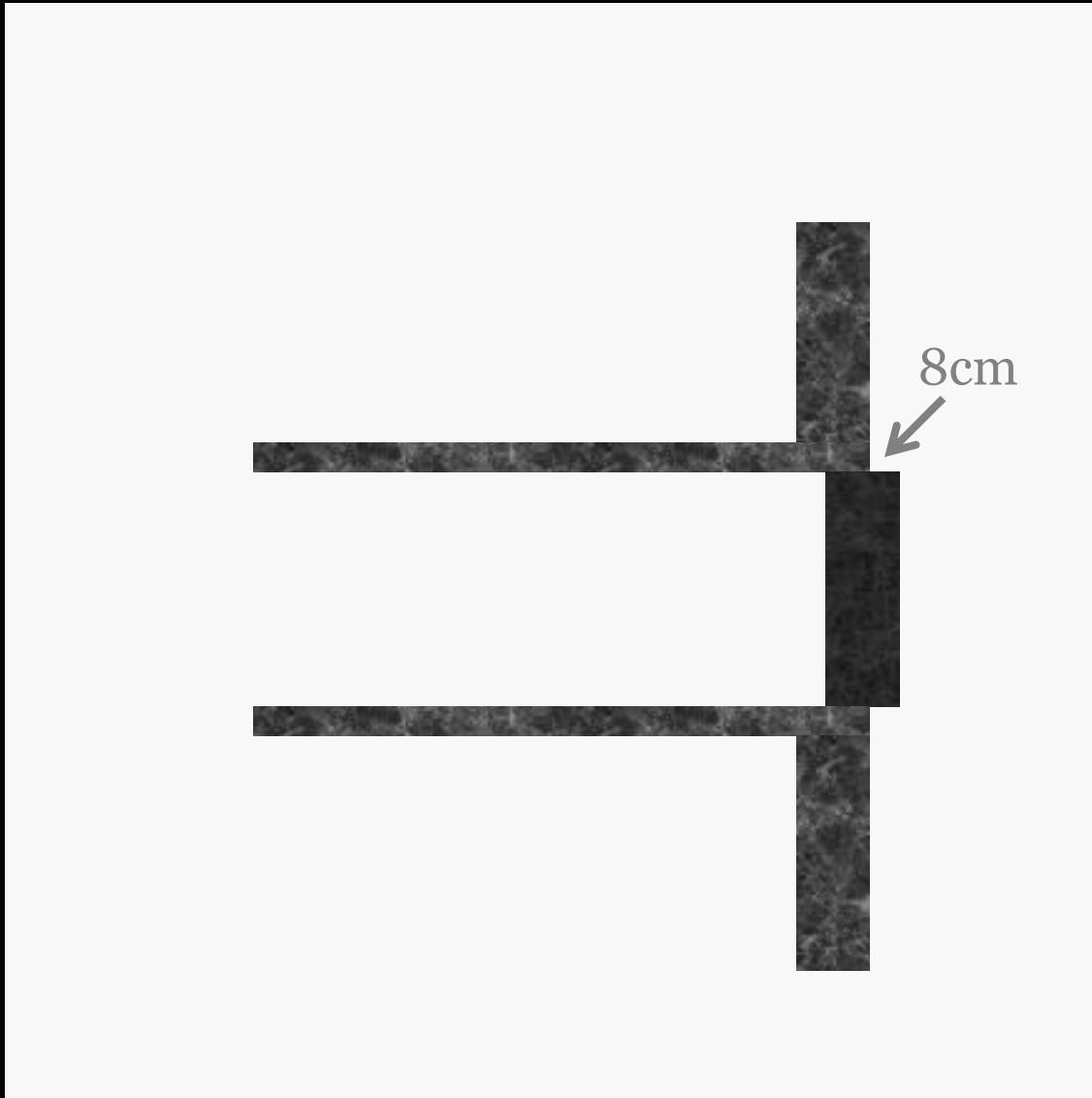






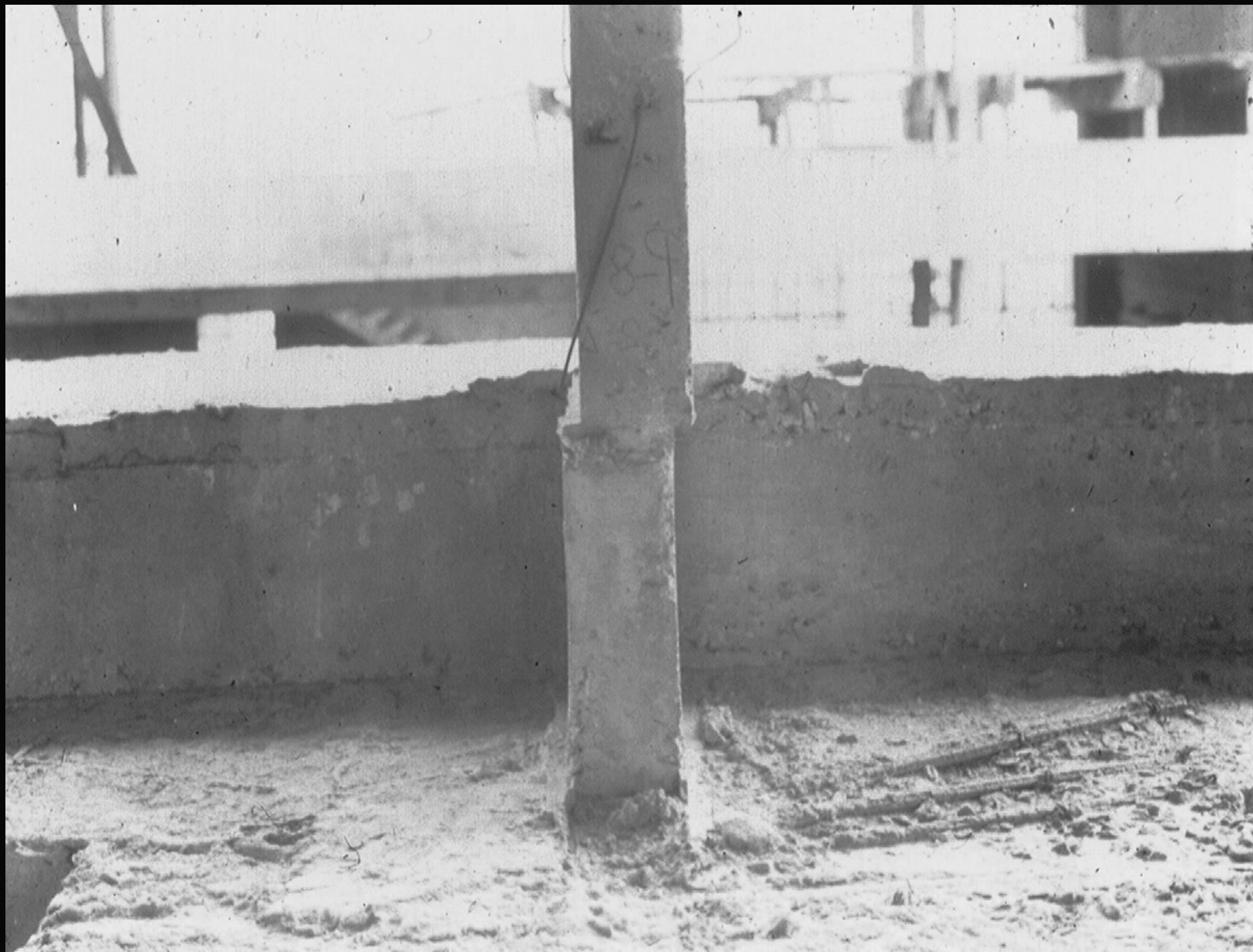
**alinhamento  
de pilares,  
excentricidade**

Pilar executado com um tramo deslocado dos demais em 8cm:



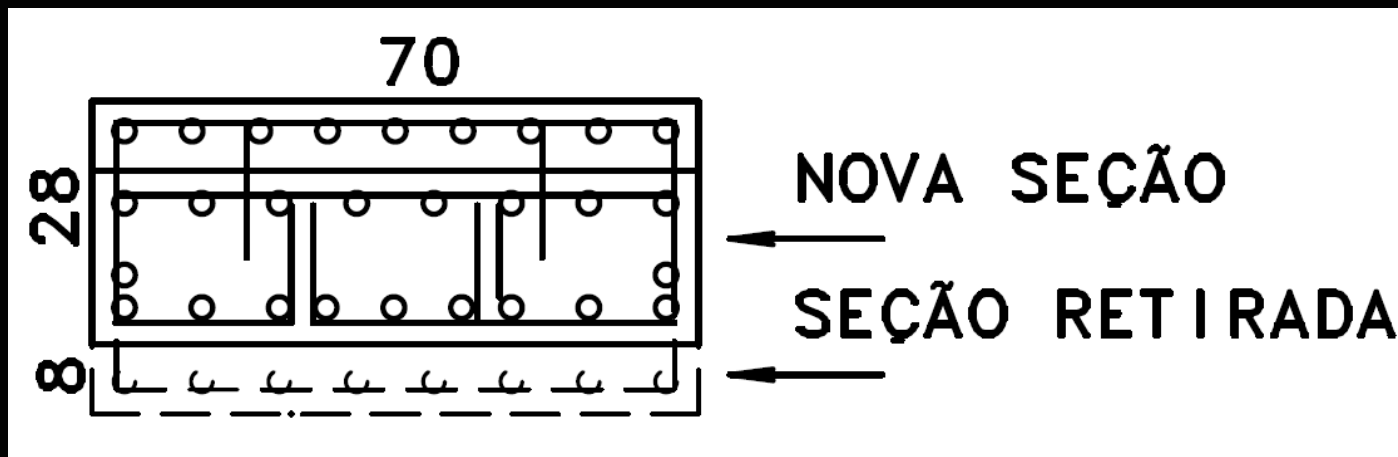


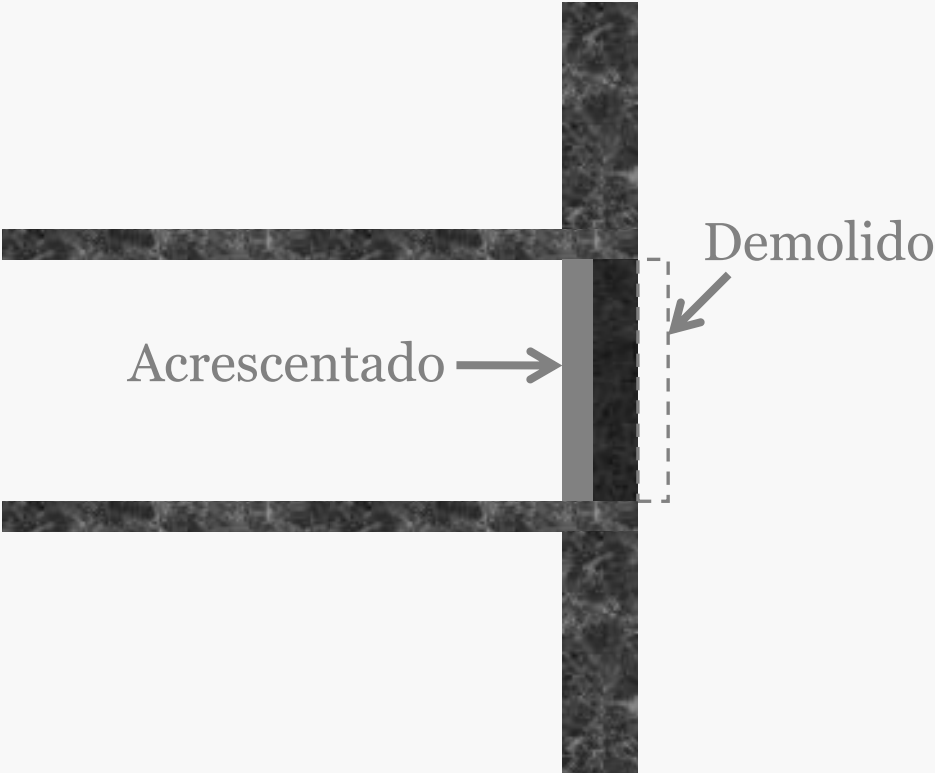






Solução: Demolição do excedente e aumento da seção do lado oposto para trazer o pilar a sua posição original de projeto.





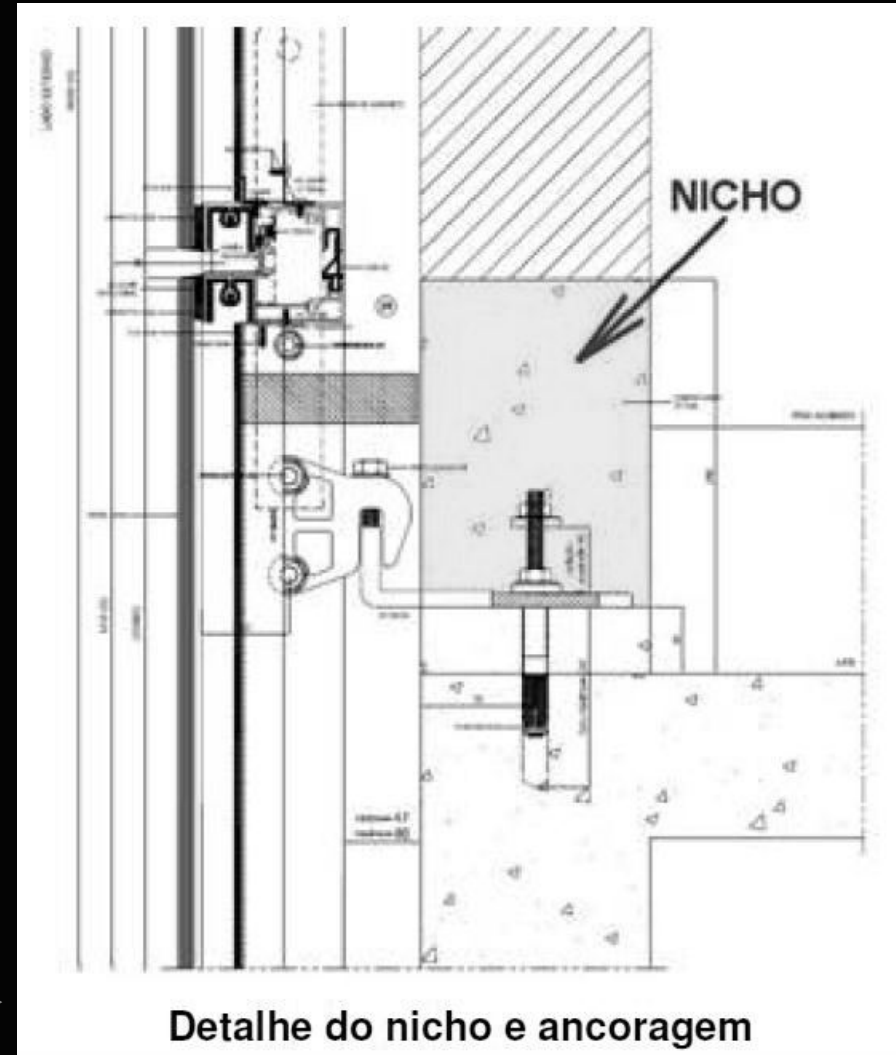


# Compatibilidade de Projetos

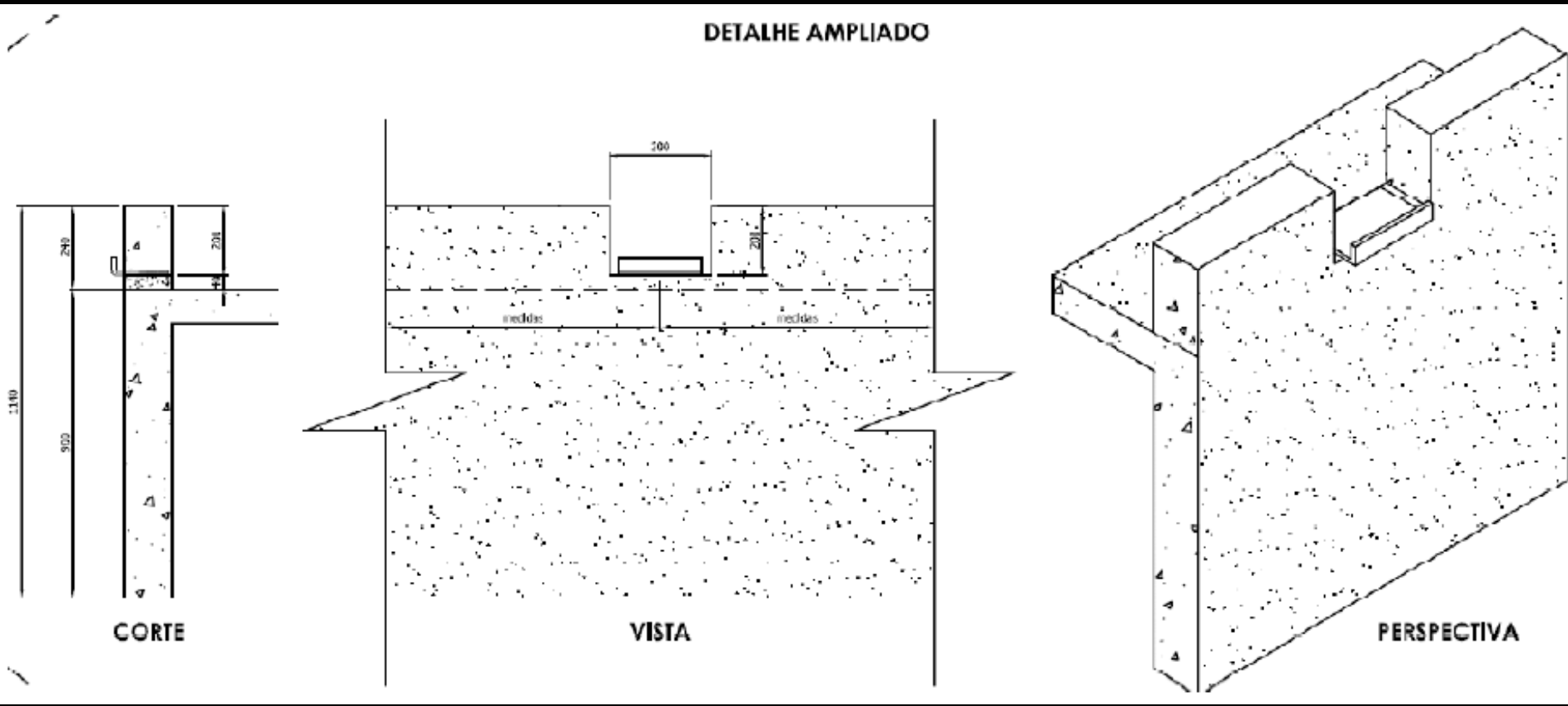
# *Incompatibilidade de Projetos (estrutura x caixilhos)*

- Não foi analisado em conjunto o projeto de caixilho e o projeto da estrutura;
- As vigas invertidas foram quebradas para inserir os inserts de fixação da pele de vidro na fachada;

Projeto do Caixilho

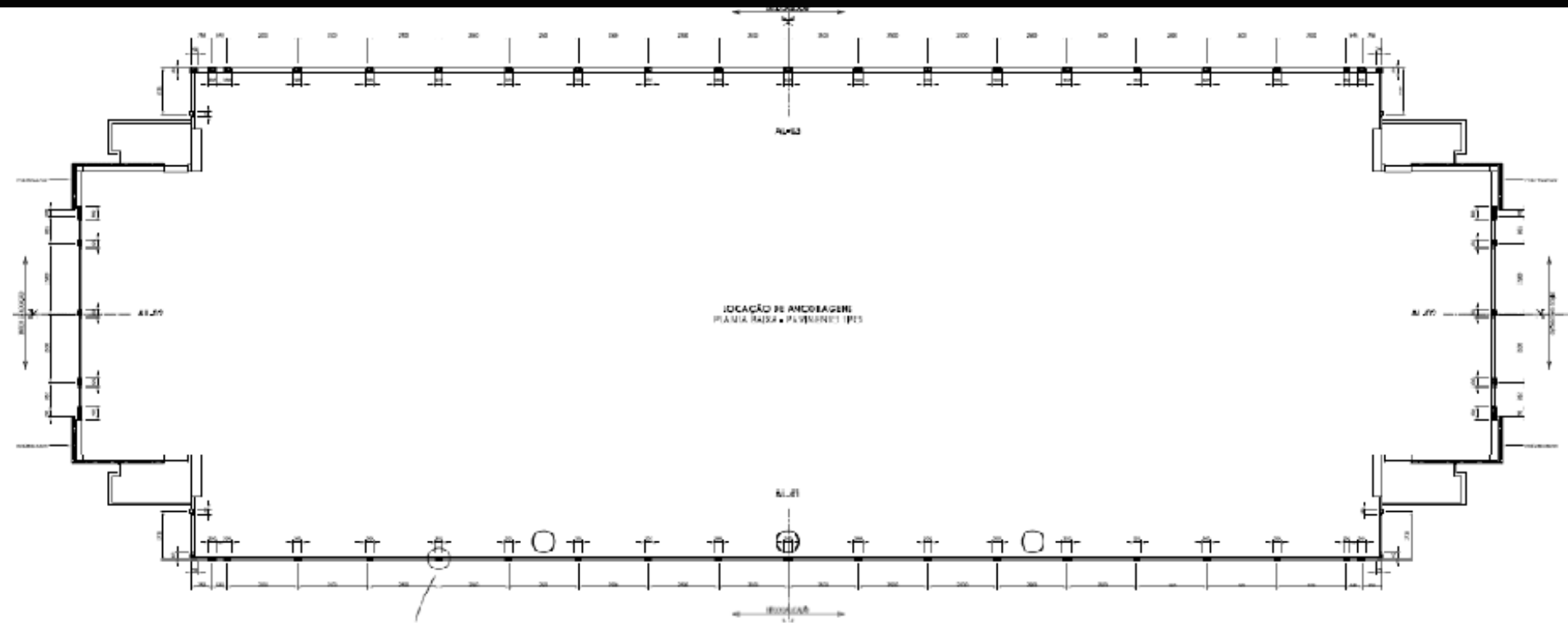


# *Projeto dos Inserts para Fixação da Pele de Vidro*





# *Planta de Localização dos Inserts de fixação da Fachada*

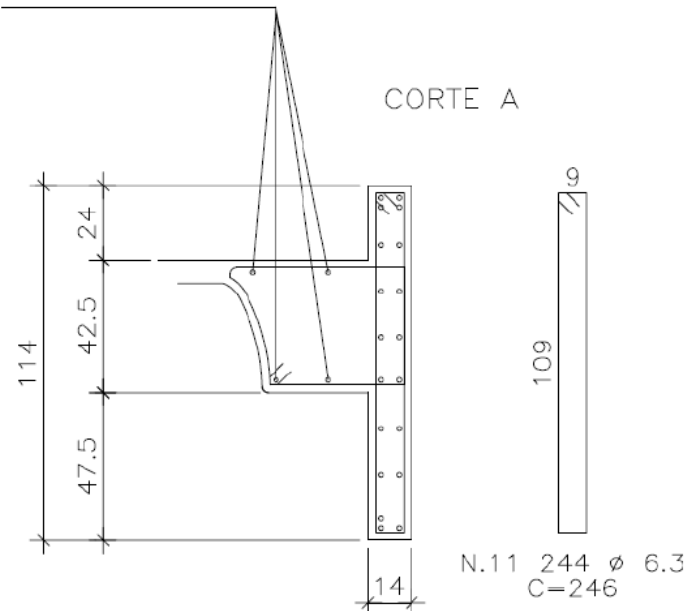


# Projeto Estrutural das Vigas Invertidas

➤ No Projeto não eram previstos os nichos para os inserts da pele de vidro;

2x2  $\phi$  10 C=1150

CORTE A

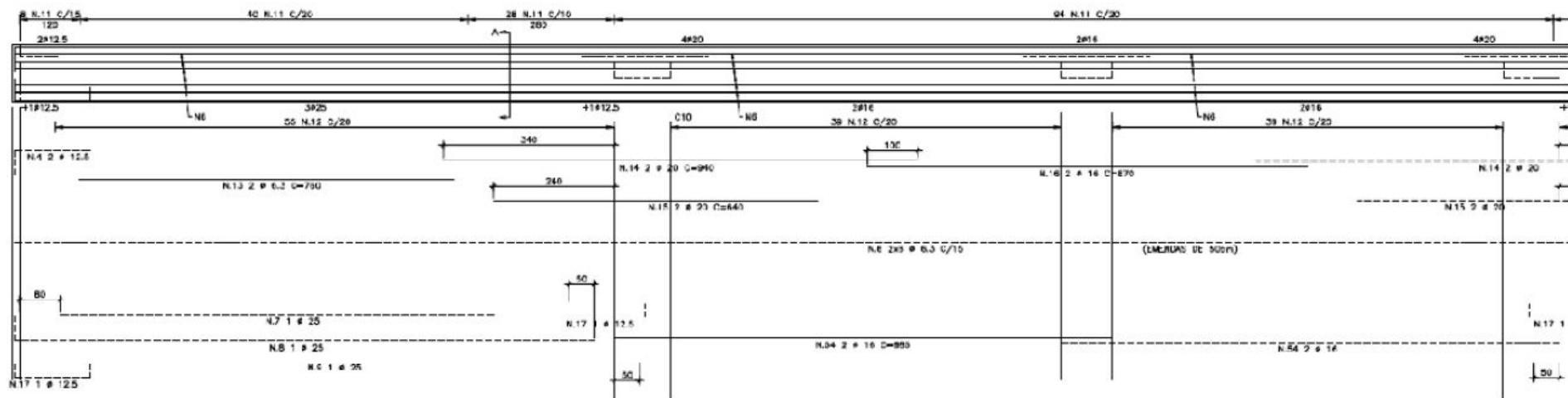


Detalhe Seção da Viga de Borda

V.15 (14/114)

V.16 (14/114)

V.17 (14/114)



Exemplo Armação da Viga de Borda

*Vigas sendo Demolidas e Cortadas suas Armaduras  
sem Conhecimento do Projetista*



*Vigas sendo Demolidas e Cortadas suas Armaduras  
sem Consentimento do Projetista*



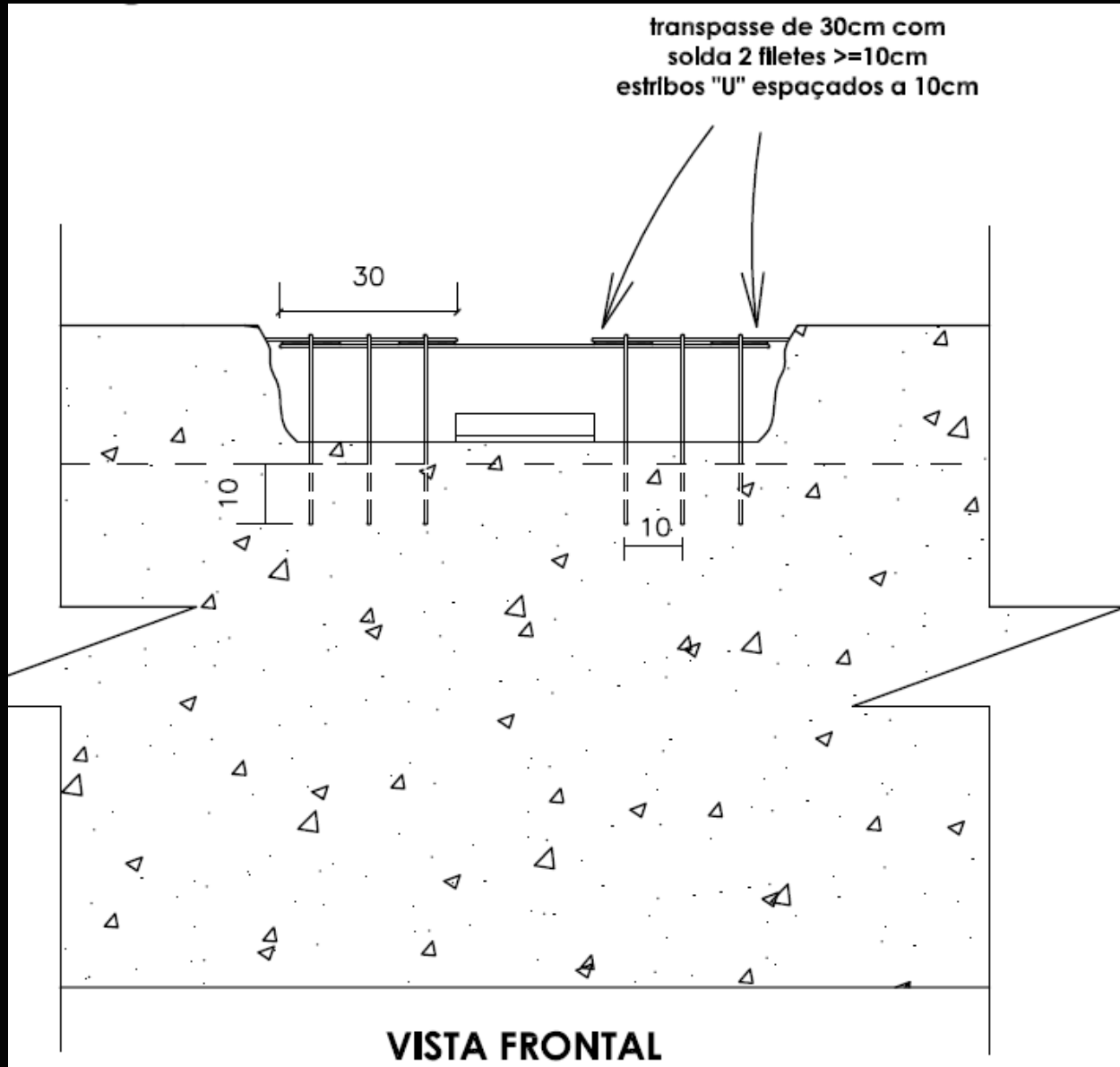




# *Recomposição com Graute e Sacos de Papel Vazios*

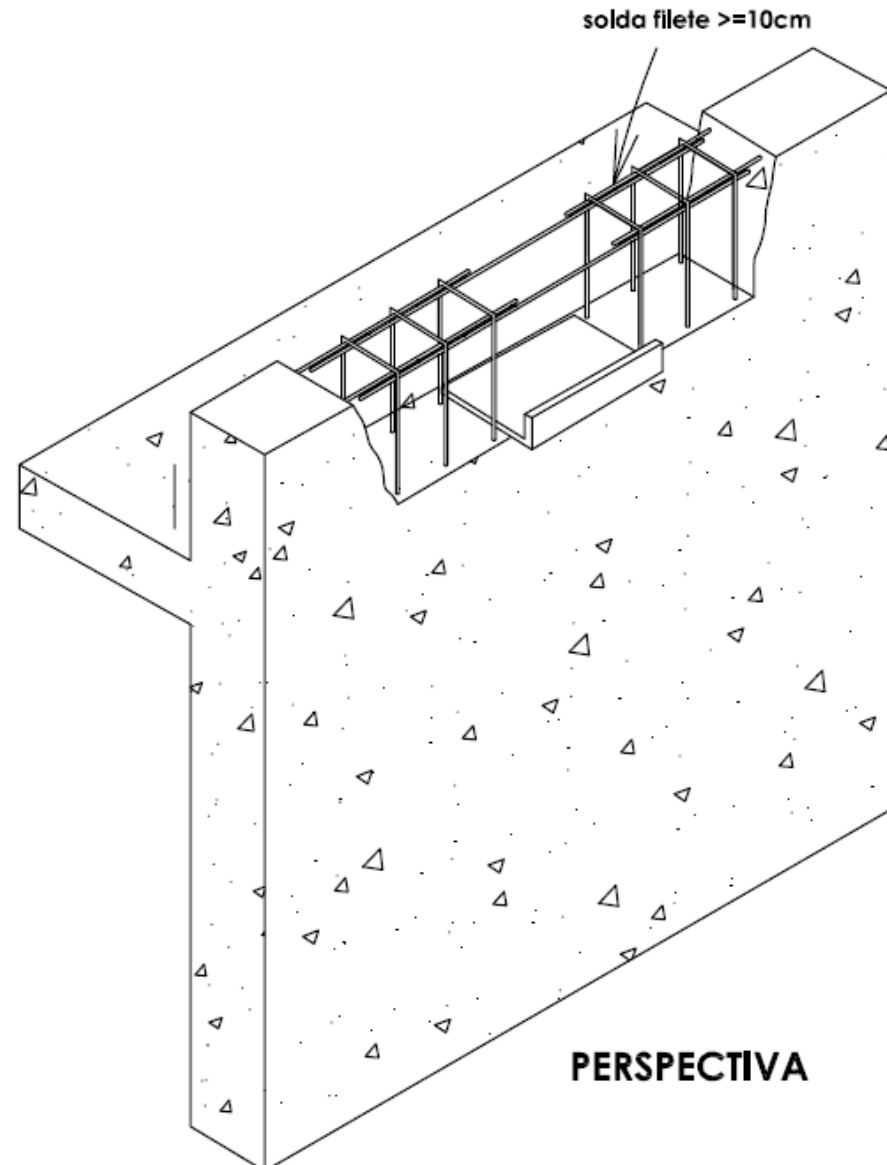
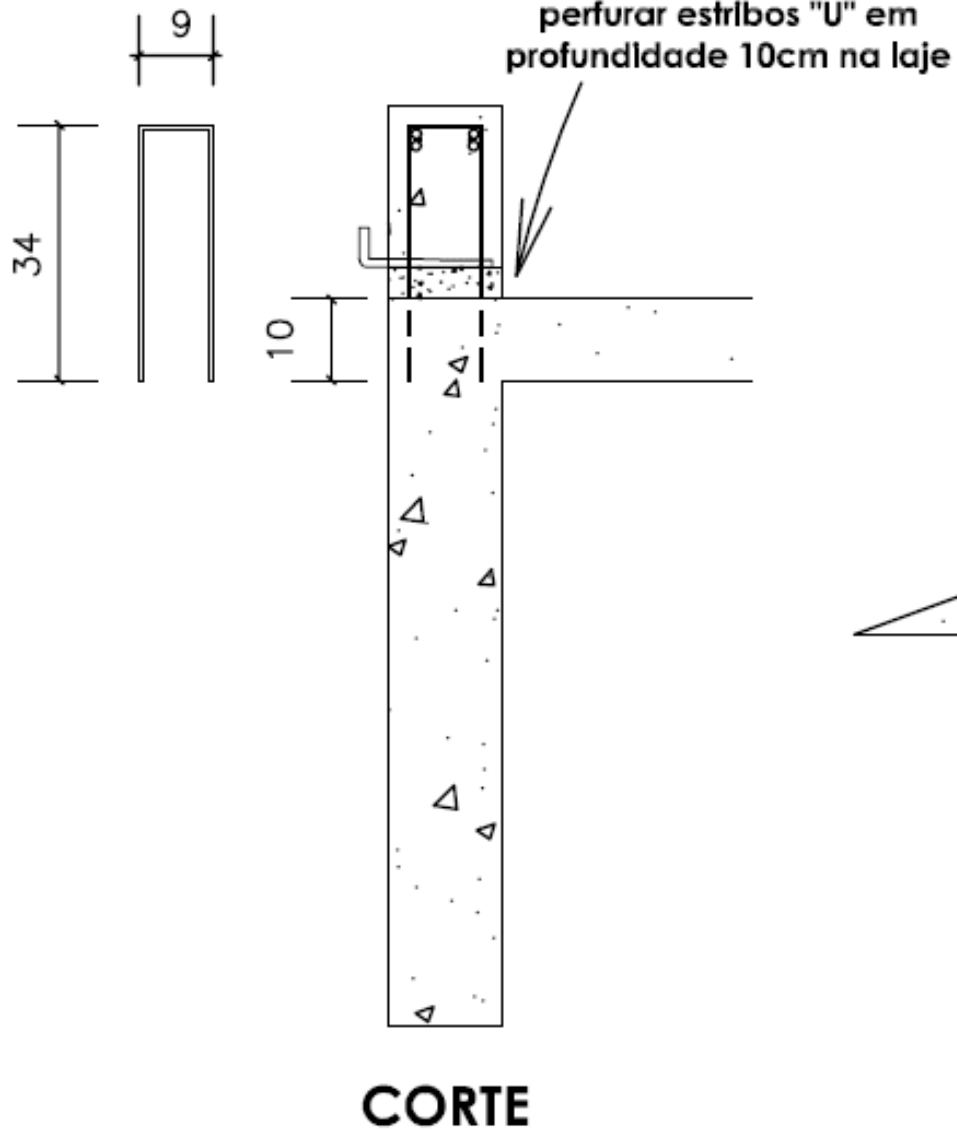


# *Projeto de Recomposição da Armadura*





# *Projeto de Recomposição da Armadura*





# *Reconstituição das armaduras*



# *Recomposição das Armaduras Cortadas*



# CONSTRUTOR

Não entendeu → PERGUNTA

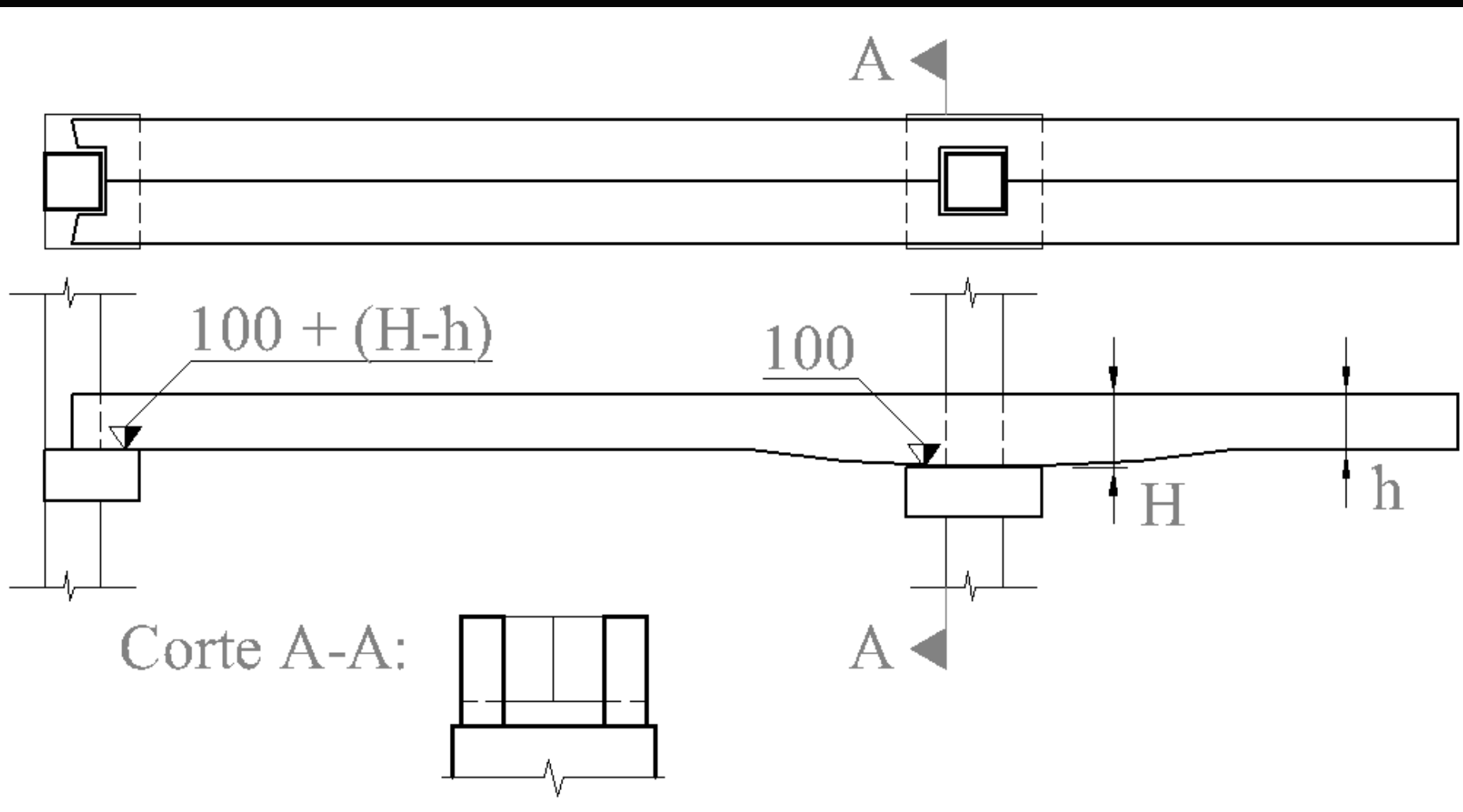
Não achou o detalhe → COBRA

Deve estudar os projetos e  
antecipar-se aos problemas!

# Caso dos capitéis com cota incorreta

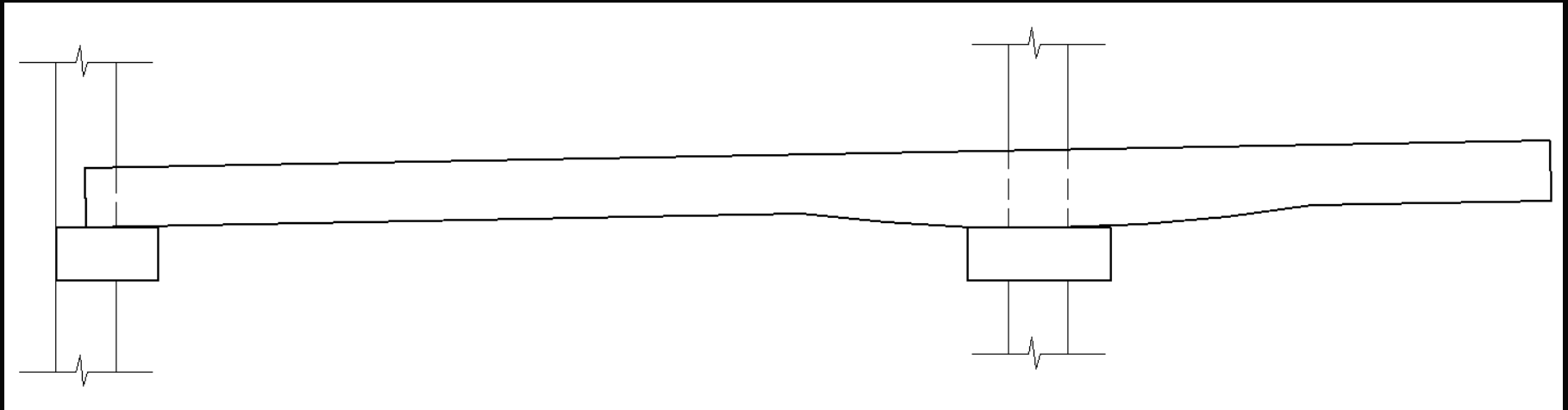


# Croqui da viga com trecho em balanço



# Situação dos consoles em nível

→ Vigas fora de nível



# Macaqueamento da viga e corte parcial do console





# Apicoamento superfície do console



# Armadura adicional do console fôrmas + grauteamento



# Custos

**Segundo o Engenheiro da Construtora o custo direto da correção desse problema foi de 250 mil reais e atraso estimado de 10 dias, graças a uma manobra de remanejamento das equipes de montagem para outros setores da obra.**

# Lições Aprendidas

1. É melhor aprender com os erros dos outros;
2. Sem conhecimento não há evolução;
3. Vale a pena desenvolver o prazer por aprender;
4. Sempre é bom pensar holísticamente.

Qual a  
**MISSÃO** do  
Construtor?

# *Piramides de Giza*

**147 m**

*Faraó Khufu*

*Queóps*

*Egito*

*2.580 aC*



**Farol de  
Alexandria**

**Arquitecto**

***Sóstrato* de Cnido**

**Ilha de Faros**

**O primeiro farol  
do mundo.**

**A sua luz era  
visível a mais de  
50 km de  
distância.**

***120 m***

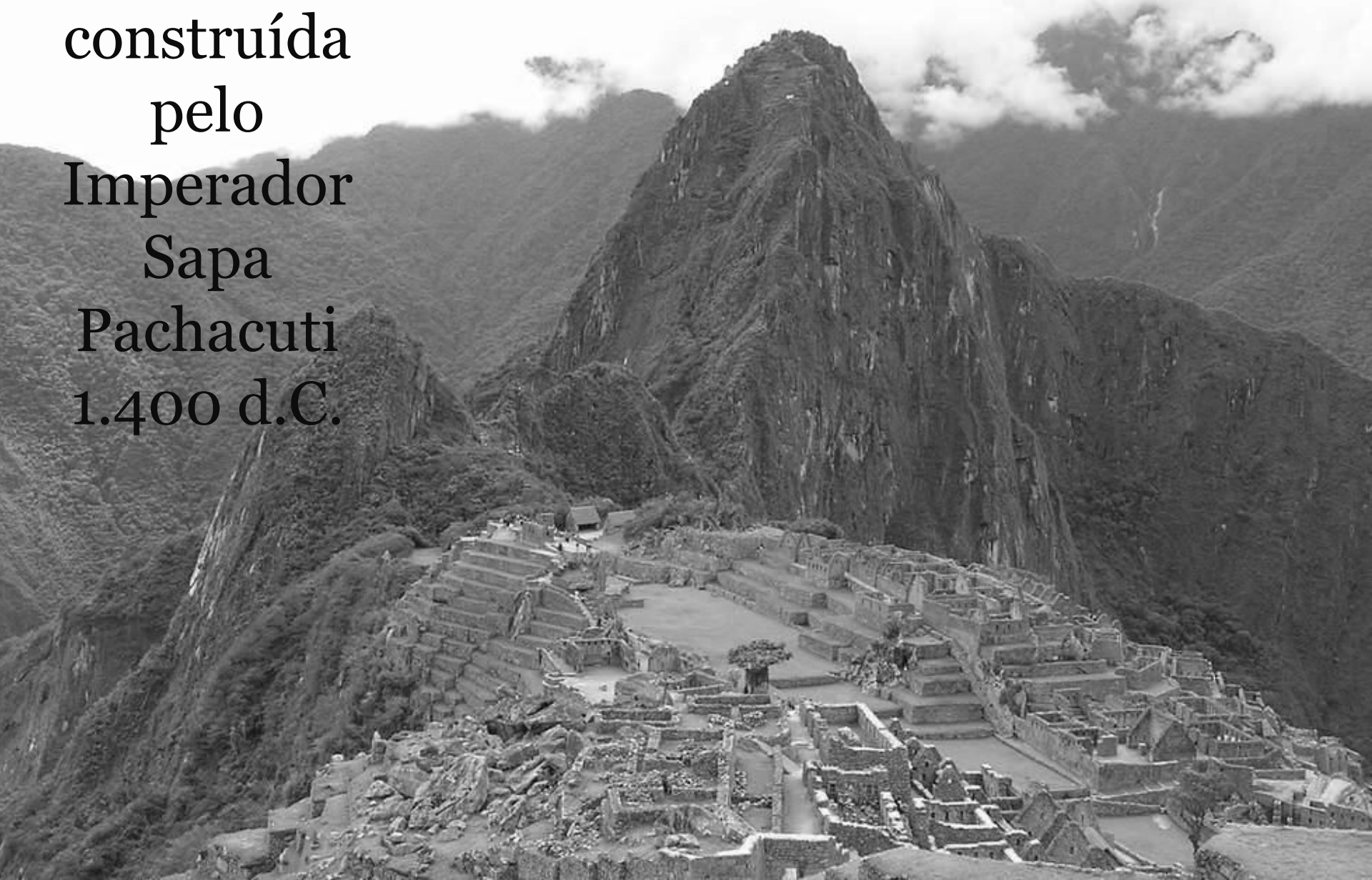
*Egito*

*200 A.C.*



Machu  
Picchu  
construída  
pelo  
Imperador  
Sapa  
Pachacuti  
1.400 d.C.

500.000 turistas  
2007







*Pirâmide de  
Chichen Itza  
Kukulcán  
Imperador  
Maya*

*850.000  
visiting tourists  
2006*

*México 1.100 – 1.300 d.C.*

# O CONCEITO DE CONSTRUIR COM DURABILIDADE EXISTE NAS OBRAS DESDE A ANTIGUIDADE

*razão áurea  $C/L = 1,618$  número phi (Phidias)*

Arquitetos Ictinos de Mileto e Calícrates (*escultor Fídias*)



**Pártenon, 440 aC**  
**“século de Péricles”**



Panteão  
de  
Roma





# Cúpula do Panteão de Roma

Século II dC → Diâmetro de 44m



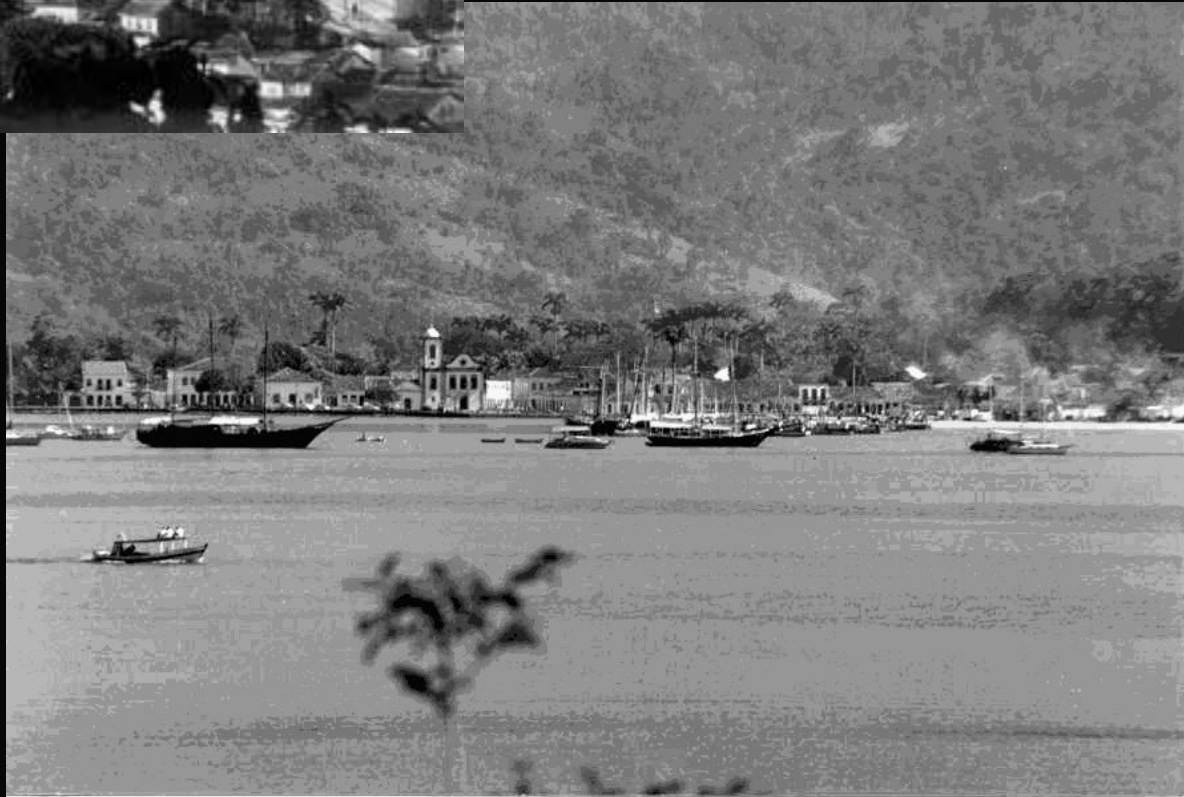


# Ouro Preto



Foto De Laila

# Parati





# *Catedral de Notre Dame*



1163-1330

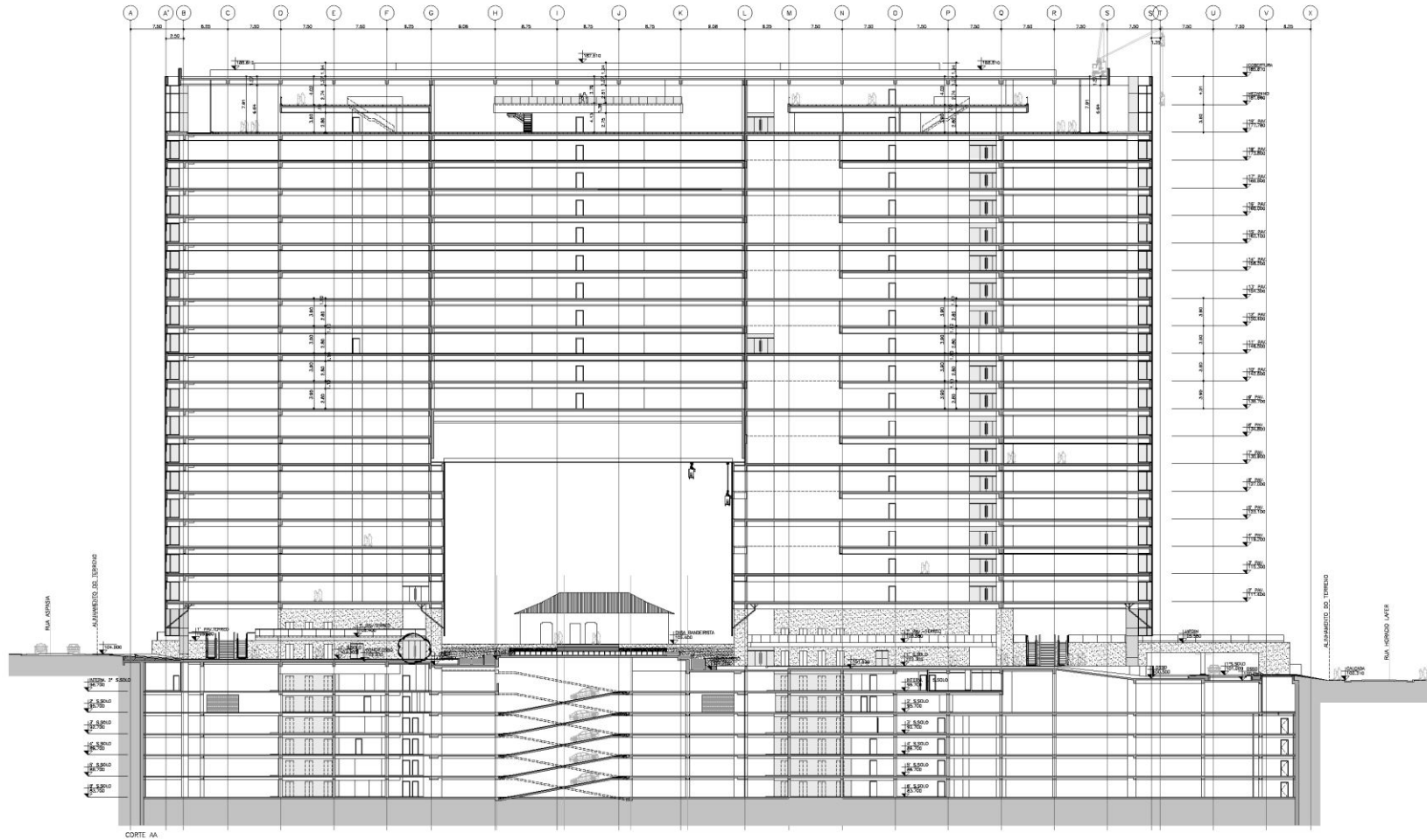
Abóbada da nave central → 35 m de altura



# Qual a MISSÃO do Construtor?

- ✓ Sem dúvida a mais nobre
- ✓ Sem dúvida a mais importante
- ✓ Sem dúvida a mais difícil
- ✓ Sem dúvida a mais cara
- ✓ Sem dúvida a de maior  
responsabilidade

# Corte longitudinal



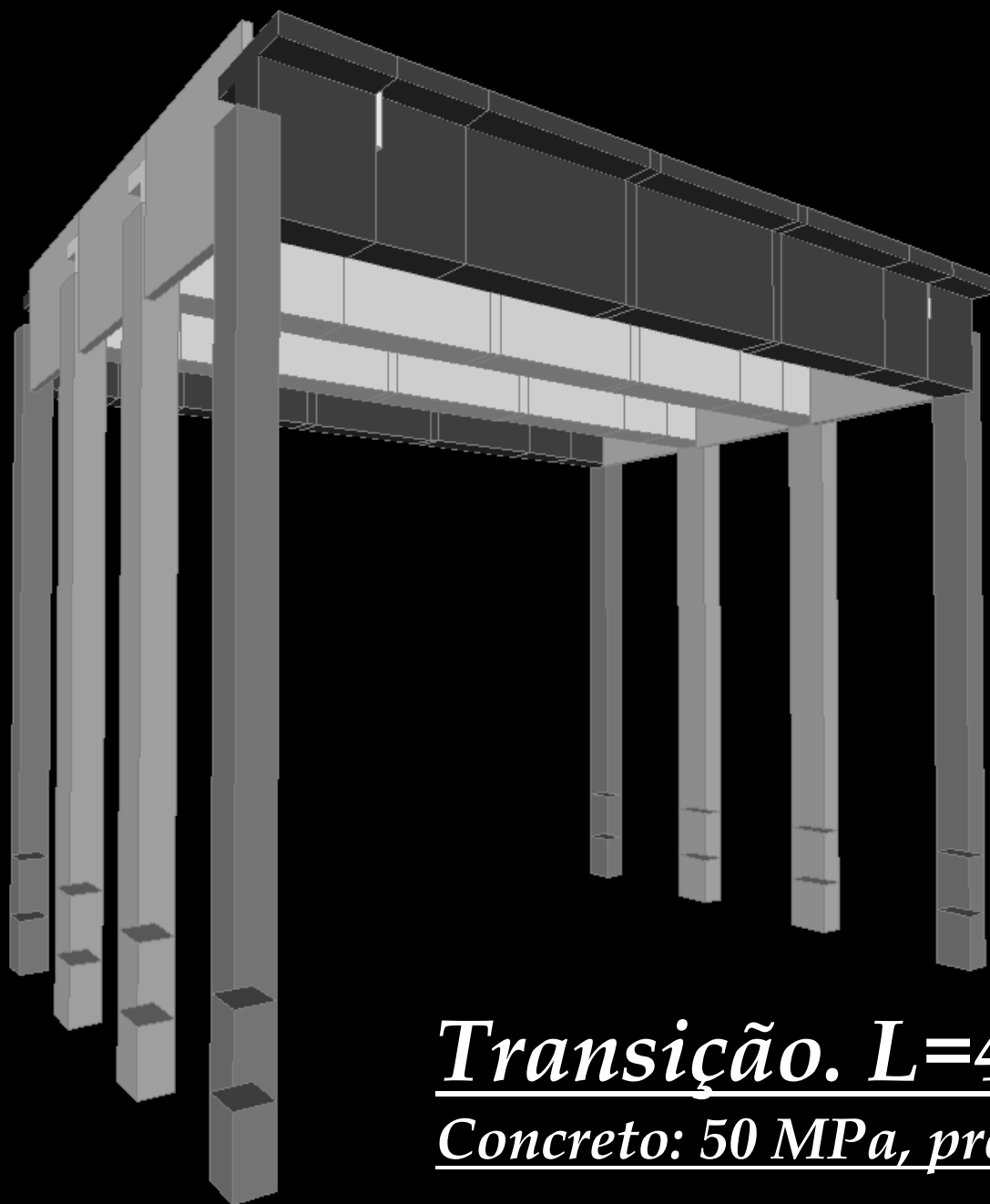


2 vigas centrais  
mesa 5,5m  
2,5m x 6m  
770m<sup>3</sup>

2 vigas  
mesa 5m  
2m x 6m  
640m<sup>3</sup>

pilares centrais  
2,5m x 1,5m  
35MPa

4 pilares  
2m x 1,5m  
35MPa

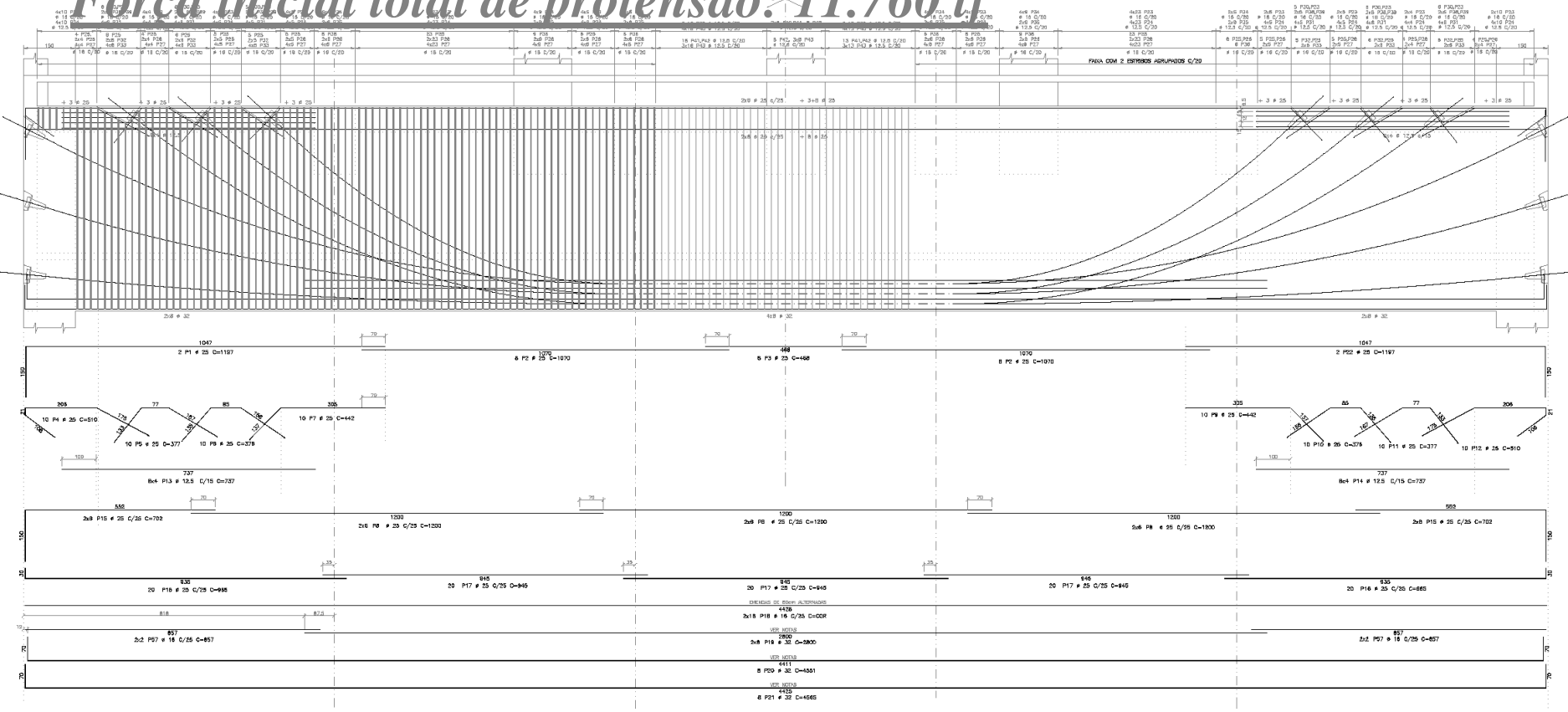


*Transição. L=44,4 m*  
*Concreto: 50 MPa, protendido*

# Cabos de protensão: 24 cabos x 24 cordoalhas 15.2 mm

Protensão  
 1/3 → até 4 andares  
 2/3 → até 8o andar  
 3/3 --.

Força inicial total de protensão: **11.760 tf**





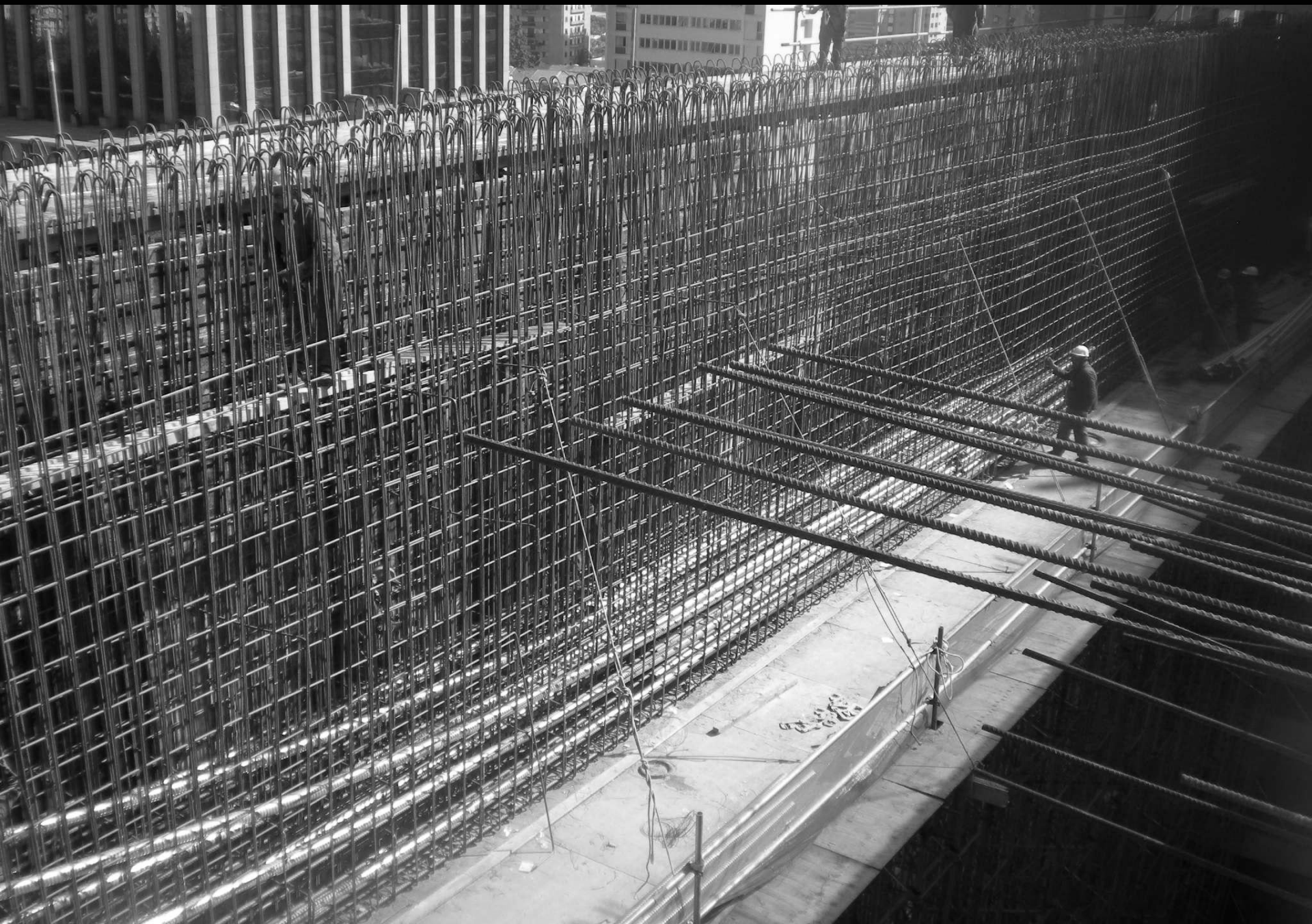


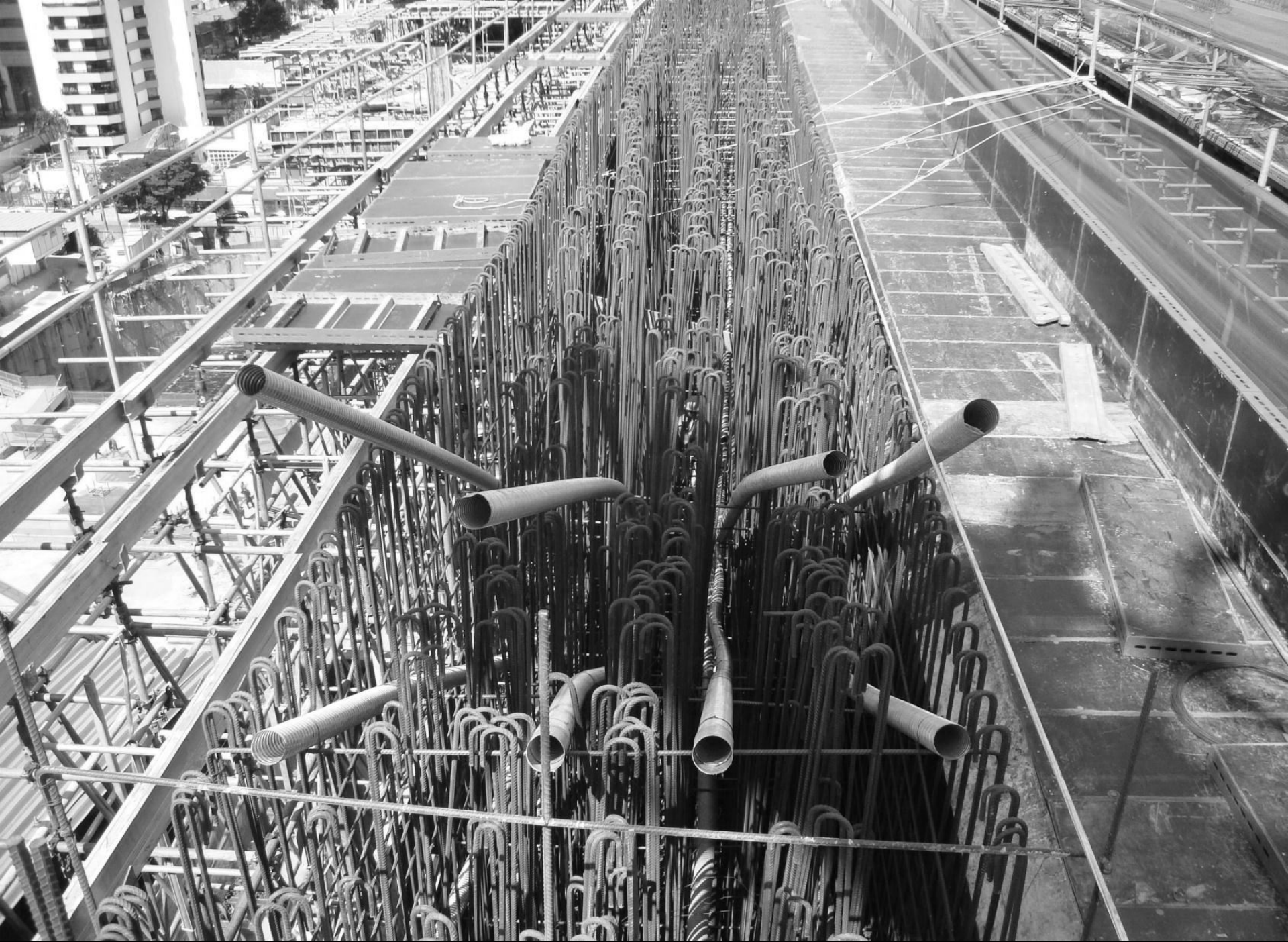


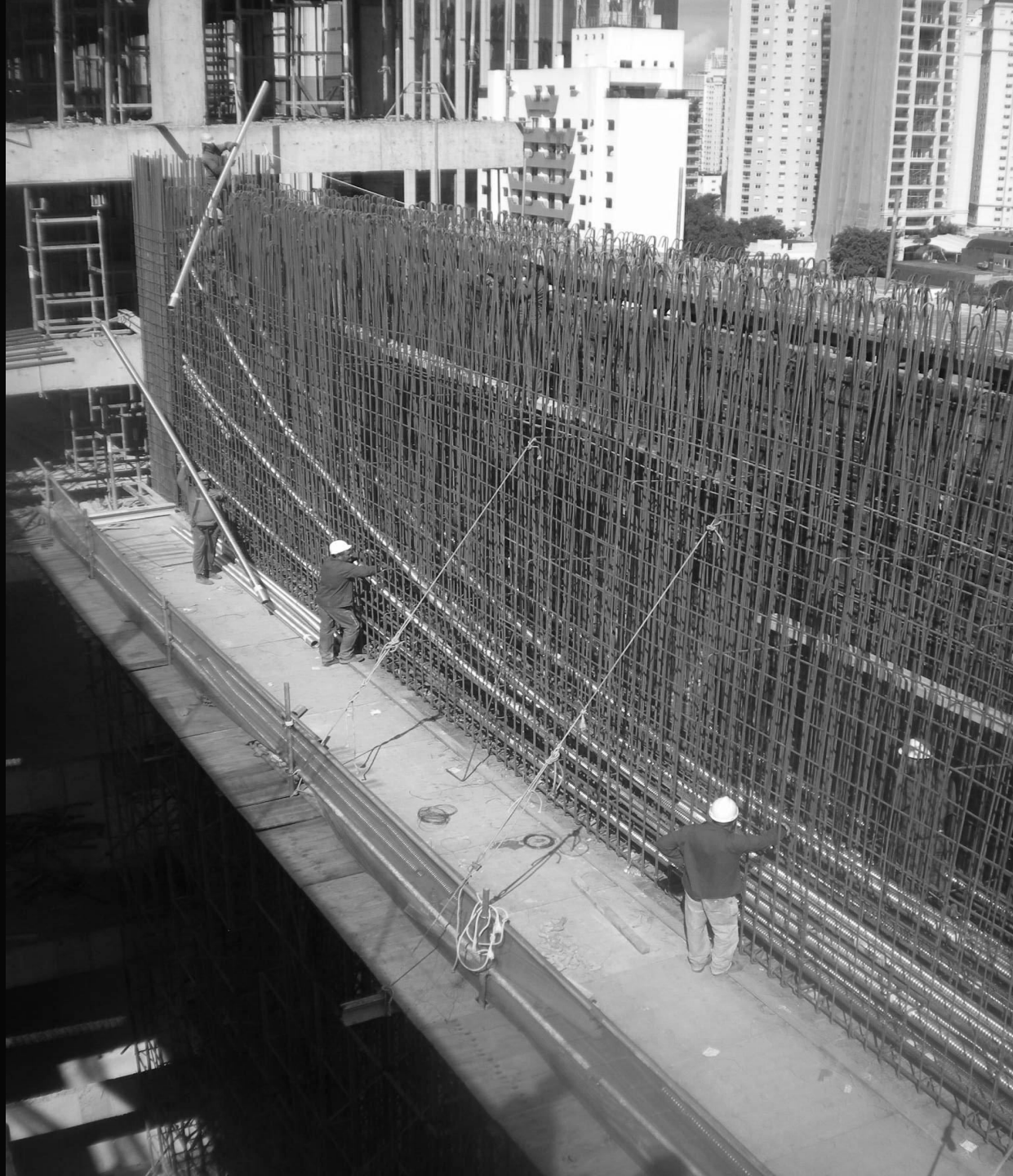
2 pilares  
2,0m x 1,5m

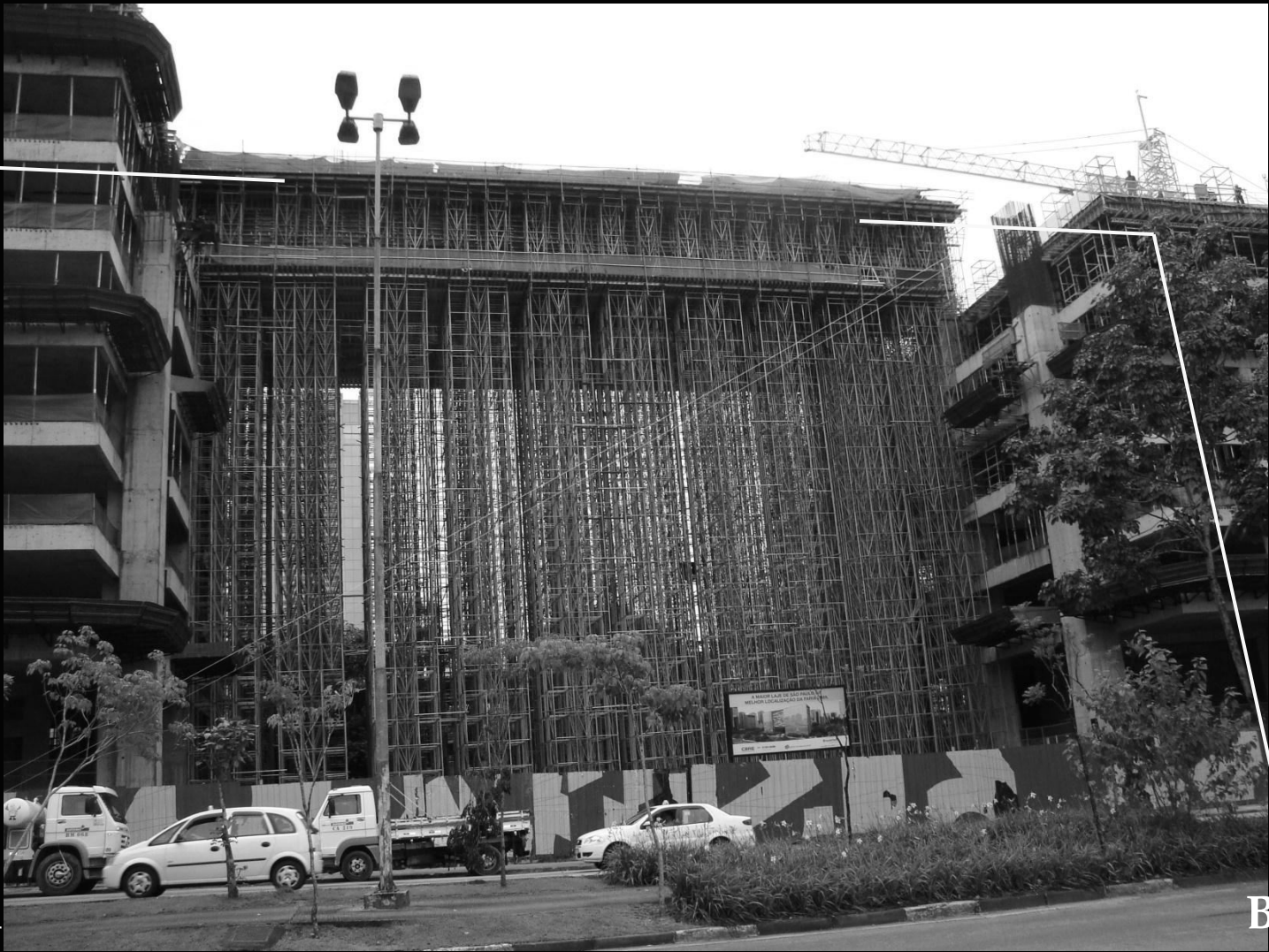
2 pilares centrais  
2,5m x 1,5m











**Bomba A**

**Bomba B**





**proteção contra a chuva**





**escoramento em balanço**

# *Temperatura de lançamento*

- ✓ depende do consumo dos materiais (traço)
- ✓ depende do calor específico dos materiais
- ✓ depende da temperatura natural dos materiais
- ✓ depende da logística (fator tempo)\*

*\* tempo associado a transporte e descarga do concreto*

dado de entrada mutável

# Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m³	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m³.°C)	T (°C)	Q (kcal/m³)
Cimento.CPII E-40	365	0,240	87,60	55	4818
Microssílica	29,6	0,200	5,92	40	236,8
Areia Artif.	525,3	0,200	105,06	22	2311,32
Areia Nat.	525,3	0,200	105,06	22	2311,32
Brita 0	336,5	0,200	67,30	22	1480,6
Brita 1	504,7	0,200	100,94	22	2220,68
Água	119,8	1,000	119,84	25	2996,1
Umidade Miúdo Art.	13,1	1,000	13,13	25	328,3
Umidade Miúdo Nat.	42,0	1,000	42,02	25	1050,6
Umidade Graúdo	0	1,000	0	25	0
Betoneira					2000
Total			646,88		19753,72
Transporte (Ganho)		10,0°C			
T Lançamento=		40,5°C			

sem gelo

# Temperatura de lançamento

Material	Consumo kg/m <sup>3</sup>	Calor específico kcal/kg.°C	q=m.c (kcal/m <sup>3</sup> .°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti -Tf (°C)	Q (kcal/m <sup>3</sup> )
Cimento.CPII E-40	365	0,240	87,60	55	0	55	4818
Microsílica	29,6	0,200	5,92	40	0	40	236,8
Areia Artif.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Areia Nat.	525,3	0,200	105,06	22	0	22	2311,32
Brita 0	336,5	0,200	67,3	22	0	22	1480,6
Brita 1	504,7	0,200	100,94	22	0	22	2220,68
Água	0	1,000	0	25	0	25	0
Umidade Miúdo Art.	13,1	1,000	13,13	25	0	25	328,31
Umidade Miúdo Nat.	42,0	1,000	42,02	25	0	25	1050,6
Umidade Graúdo	0	1,000	0	25	0	25	0
Gelo	119,8	0,500	59,92	0	0	0	0
Fusão Gelo	119,8	1,000	119,84	0	0	0	-9587,48
Gelo + Água	119,8	1,000	119,84	0	18	-18	-2157,18
Betoneira							2000
Total			826,65				5012,97
Transporte (Ganho)		10,0°C					
T Lançamento=		16,1°C					

com gelo: redução de 60%

# *Temperatura de lançamento*



é possível ...

# *Acabamento*



# *Acabamento*



# *Acabamento*





# *O concreto autoadensável*



*CEB-FIP  
Bulletin 38, 2007*



**Comprometimento!**

**Do your best!**

Obrigado!

