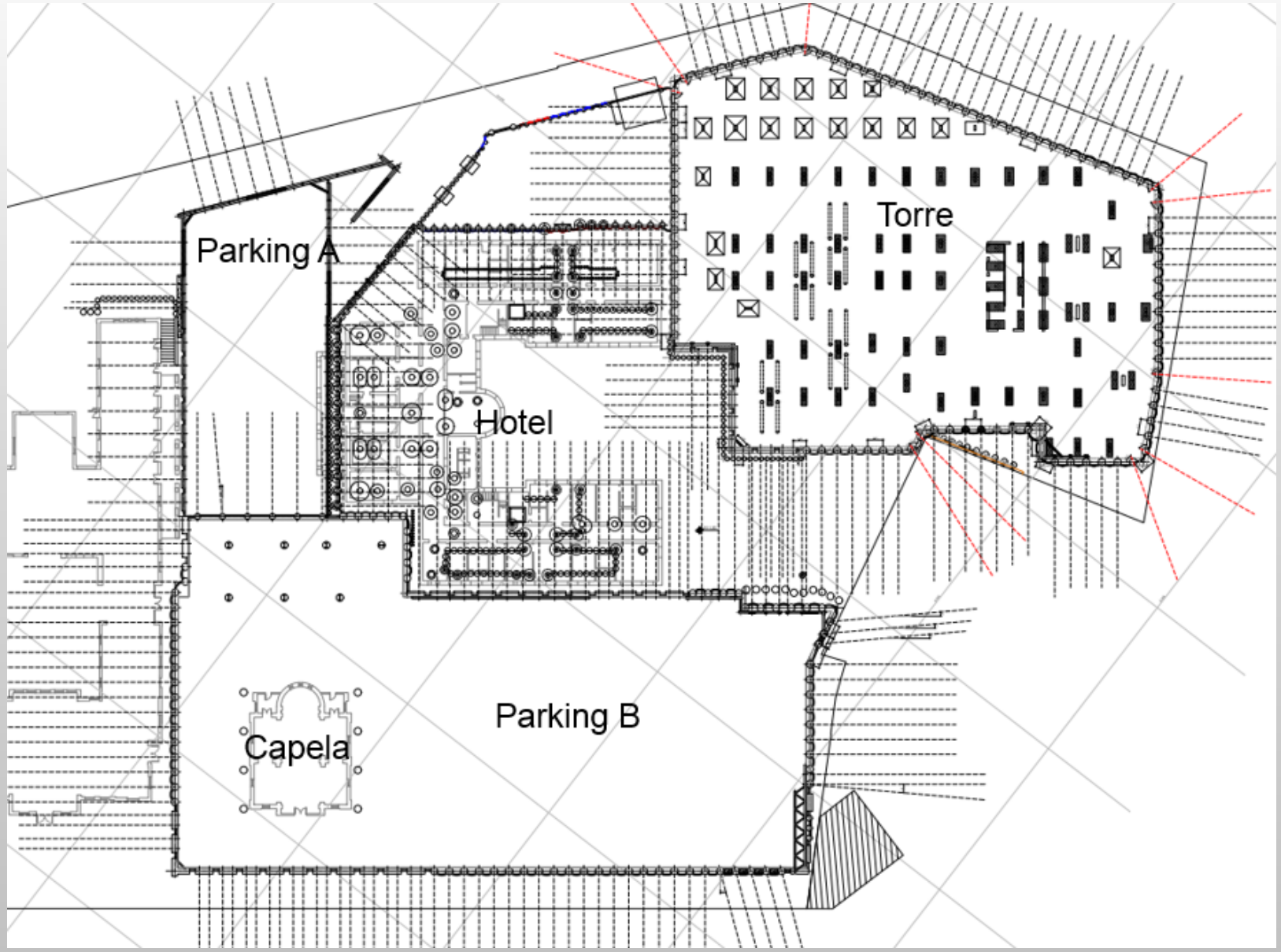
CIDADE MATARAZZO

Apresentação das principais soluções de contenção e fundação elaboradas para a obra

23 de Setembro de 2019

maffei
engenharia

Apresentação da Obra

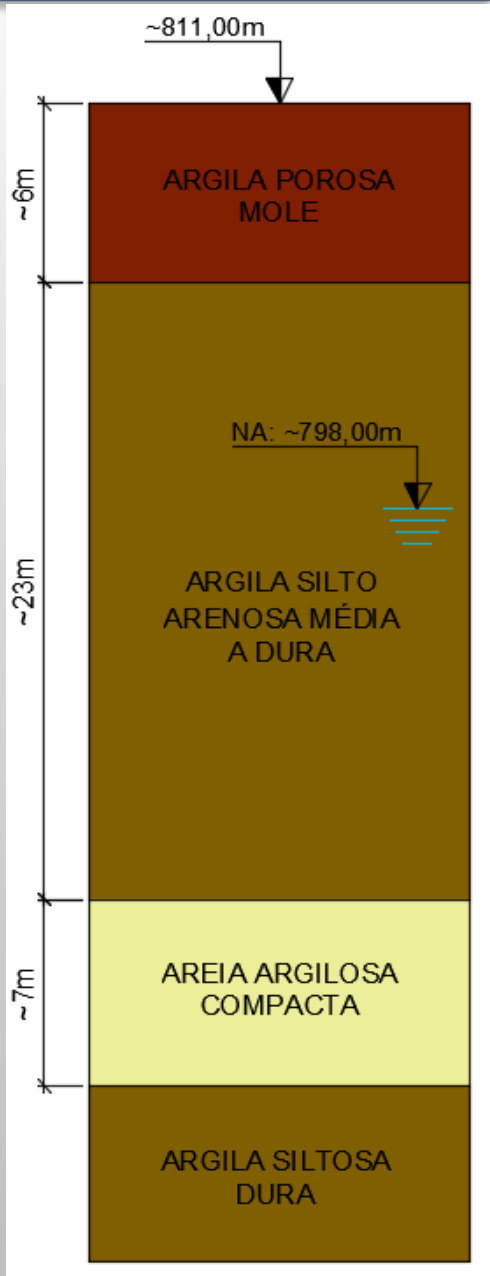


Desafios do Projeto

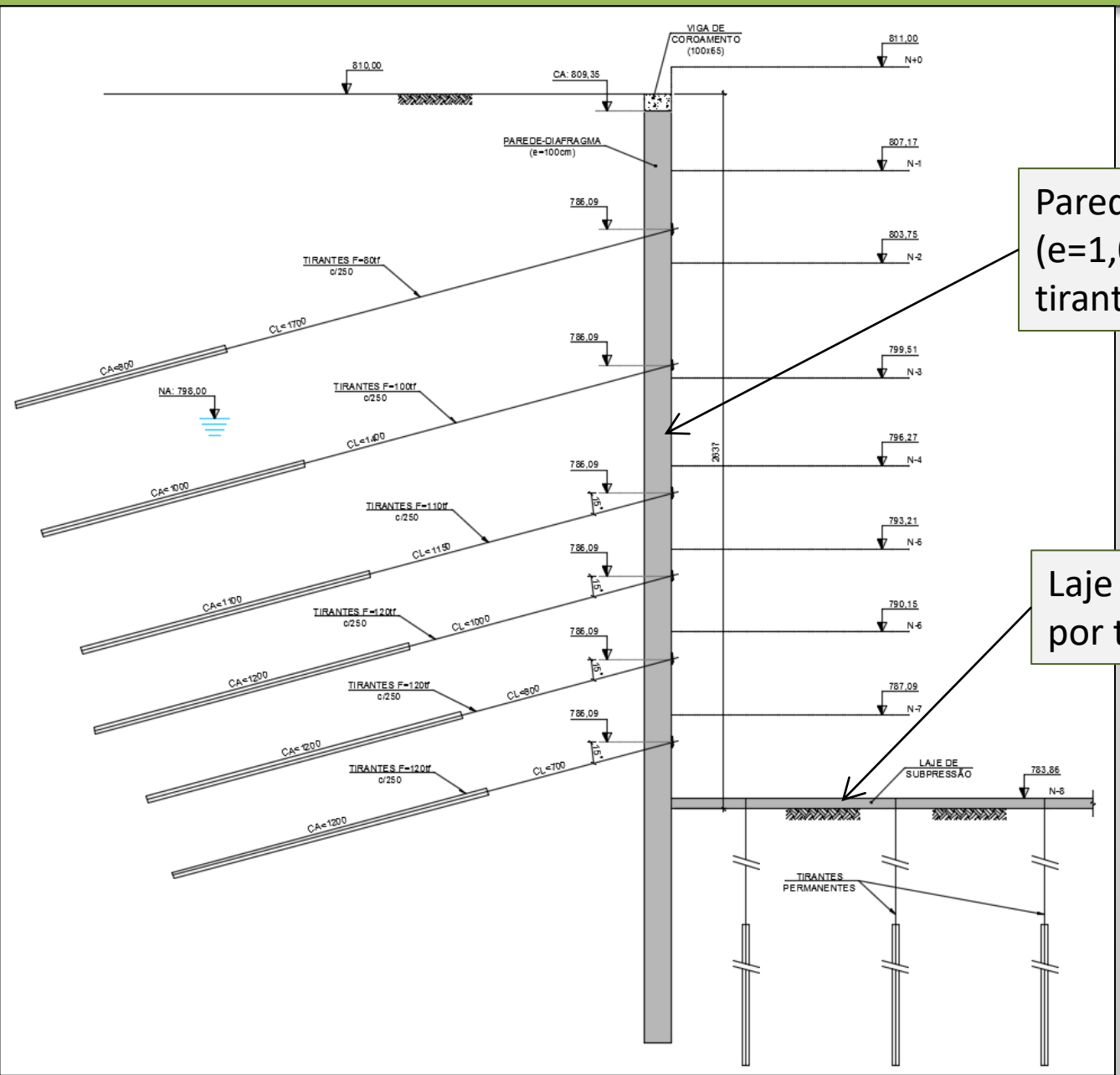
- Escavações de aproximadamente 28m de profundidade para a construção de estacionamentos com 8 subsolos.
  - Lençol freático localizado a 13m de profundidade.
  - Vizinhança composta por edifícios tombados, implicando a necessidade de contenções com pequenos deslocamentos horizontais.
- Fundações da torre Rosewood de 27 pavimentos.
  - Elevadas cargas verticais.
  - Região com restrição de tráfego de caminhões.
- Preservação e subfundação de estruturas tombadas.
- Interferência com fundações dos prédios vizinhos.

Contenções: Perfil Geológico Típico

- Escavação essencialmente em solos argilosos ($H_{esc.}$ = 28m).
  - As argilas porosas são solos colapsíveis quando saturadas.
  - As edificações existentes possuem fundação direta (sapatas corridas), apoiada sobre a argila porosa.
- Cerca de 3/5 das escavações encontram-se abaixo do nível d'água existente (NA).
- O fundo das escavações coincide, praticamente, com o topo da camada de areia argilosa.
  - Boa capacidade de fundação direta.
  - Permeabilidade elevada?



Contenções: Solução Inicial Existente

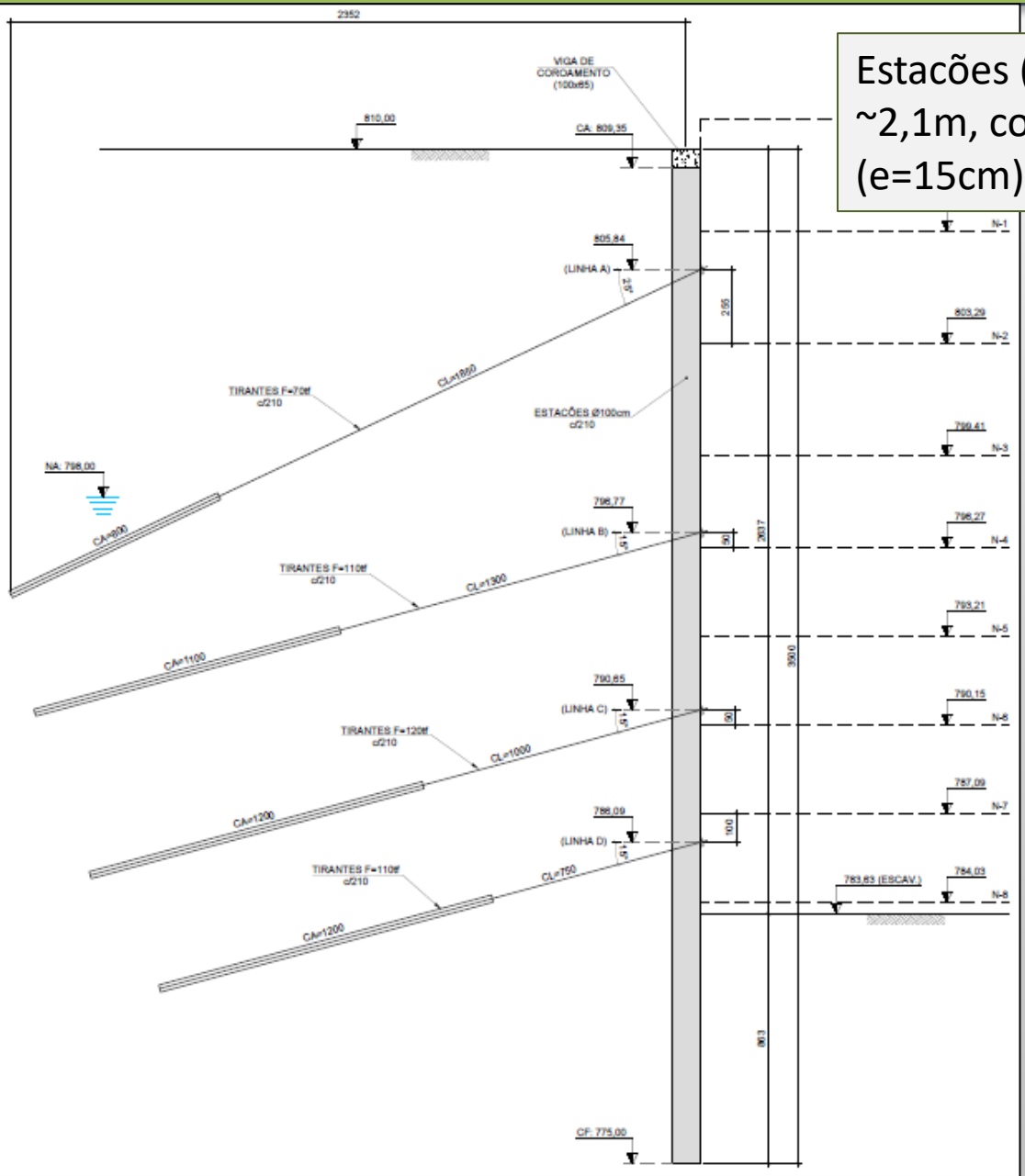


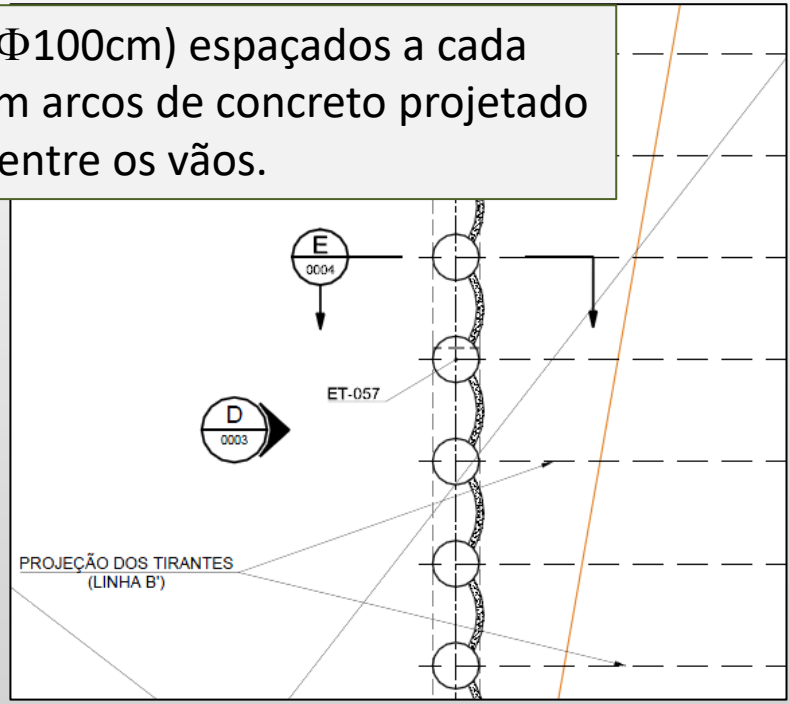
Parede-diafragma contínua (e=1,0m) com 6 linhas de tirantes

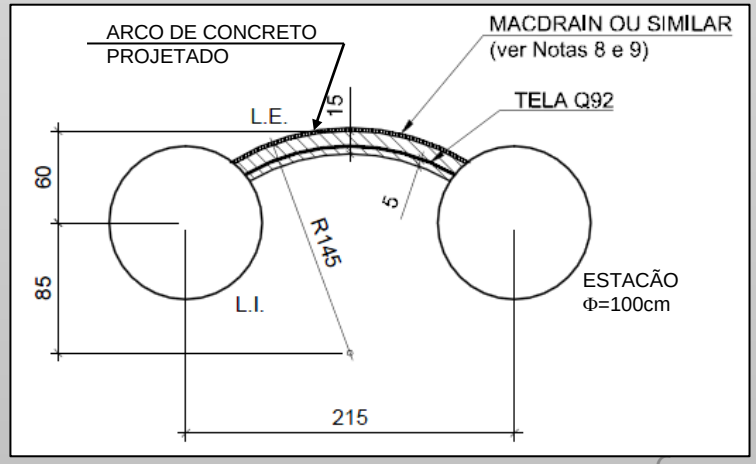
Laje de subpressão ancorada por tirantes de 100tf.

Contenções: Solução Alternativa Adotada

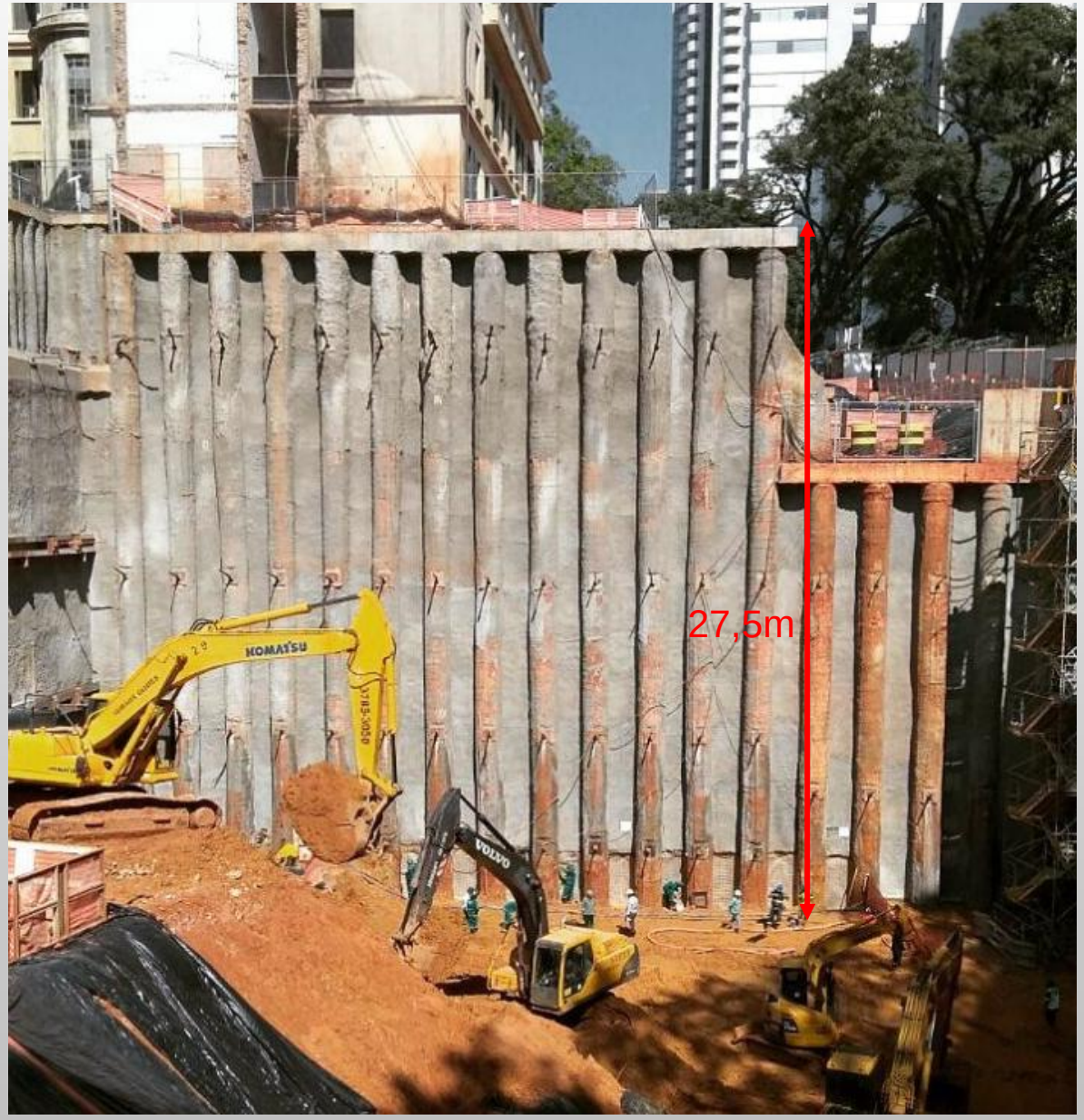
Estacões (Φ100cm) espaçados a cada ~2,1m, com arcos de concreto projetado (e=15cm) entre os vãos.







Contenções: Solução Alternativa Adotada



Contenções: Solução Alternativa Adotada



Contenções: Comparativo entre Soluções

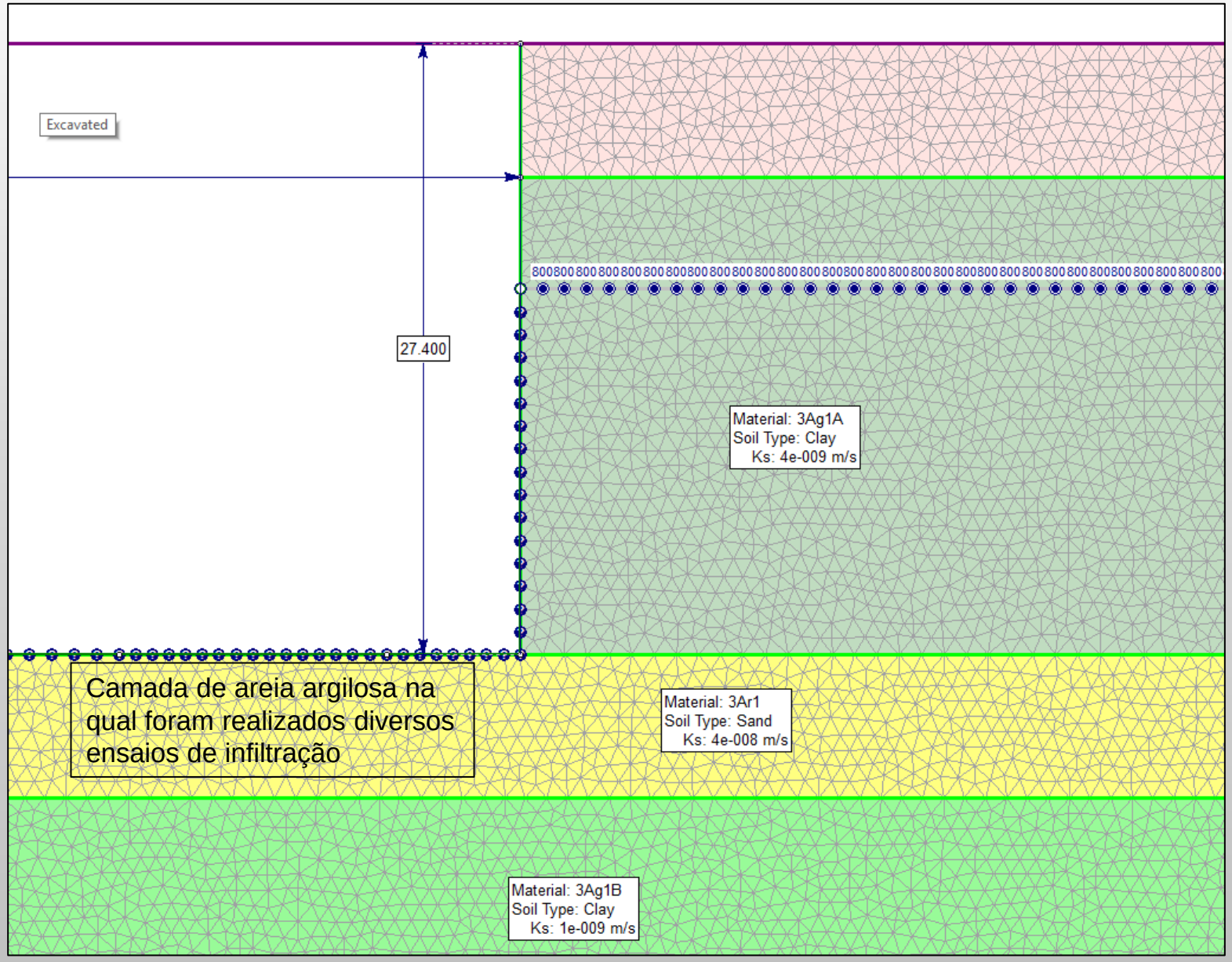
	Initial Solution Proposed	Maffei Alternative Solution
Levels of tiebacks	6	4
Concrete Volume	35 m^3/m of wall	16.7 m^3/m of wall
Reinforcement Steel	3500 kg/m of wall	2505 kg/m of wall
Tiedown Slab	Yes	No
Water drainage	No	Yes

- A solução alternativa reduziu significativamente as quantidades de aço (~28%), concreto (~52%) e tirantes nas paredes de contenção (~30%).
- A laje de subpressão foi suprimida com base em ensaios de infiltração e análises de percolação, resultando em grande economia de tirantes permanentes permanentes.

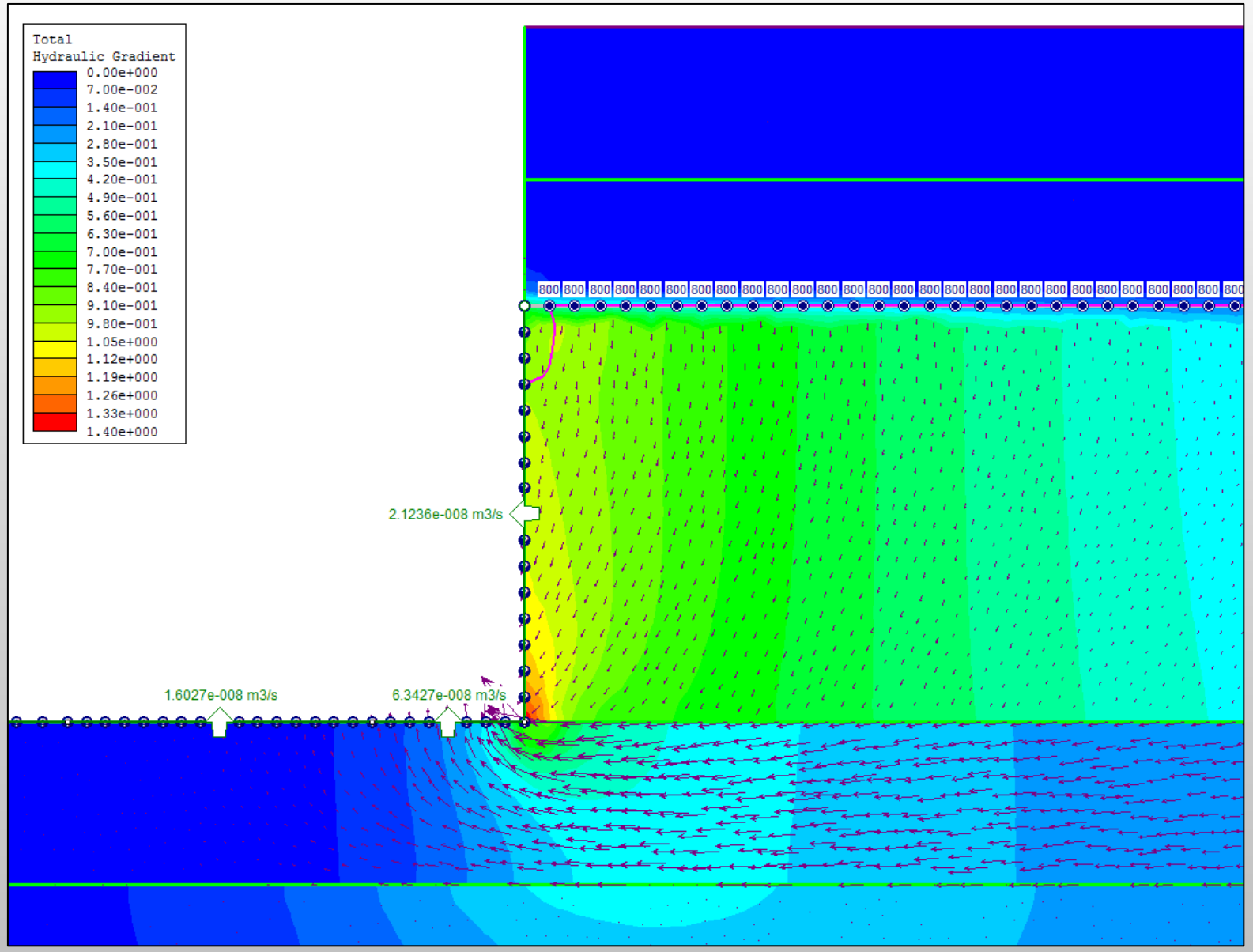
Contenções: O Diferencial da Solução Adotada

- A significativa redução nos custos de obra bruta deveu-se a um único fator: ***drenagem da água***.
- As argilas médias e rijas possuem elevada coesão, apresentam um bom “stand-up time” e baixa permeabilidade, permitindo uma escavação estável entre os estacões e a instalação de geogrelha drenante para alívio das pressões de água.
- Em outras palavras, é possível aliviar quase todo o empuxo de água das paredes de contenção apenas drenando o pequeno fluxo de água que percola através do maciço argiloso. Isto implica a redução do empuxo total e, consequentemente, a redução de tirantes e esforços solicitantes.
- A hipótese supracitada foi confirmada através de análises de percolação, as quais consideraram coeficientes de permeabilidade obtidos em campo e de bibliografias da CMSP.

Contenções: Análises de Percolação



Contenções: Análises de Percolação



Contenções: Análises de Percolação

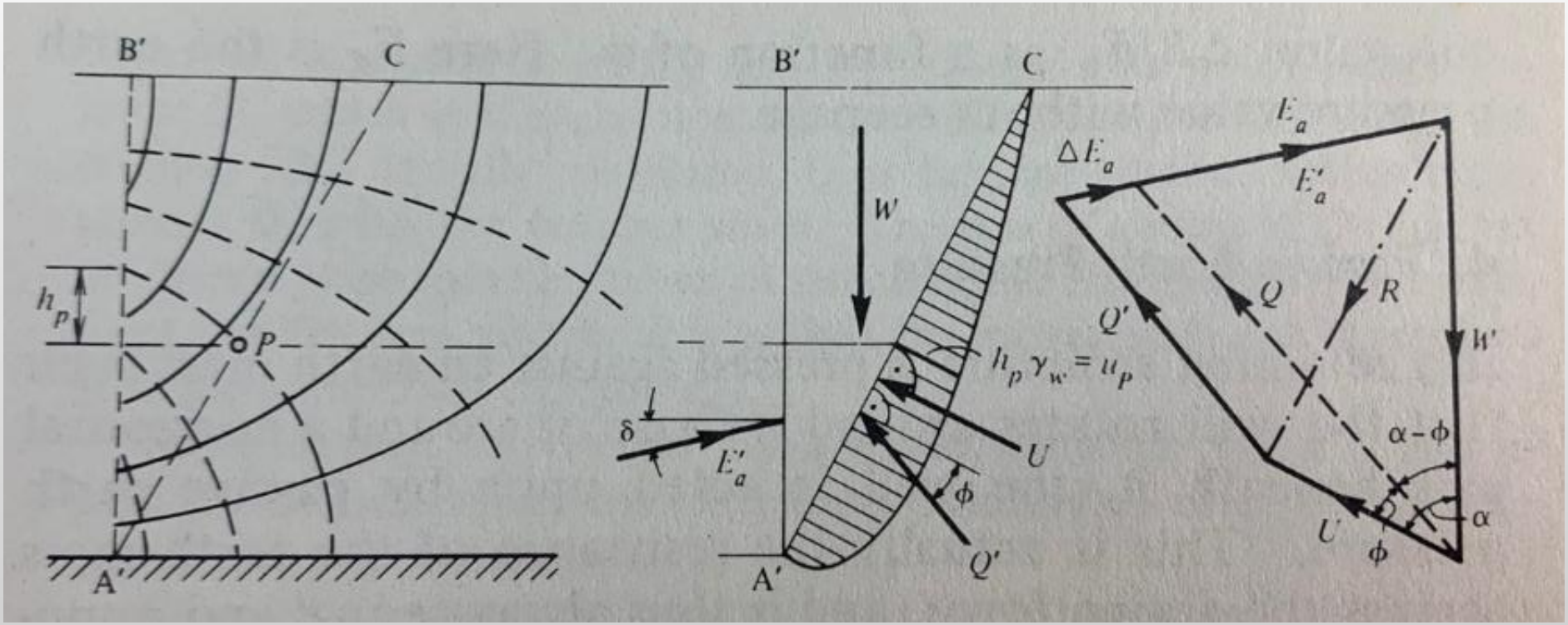
- As análises de percolação realizadas levaram às seguintes conclusões:
  - Mesmo com a presença da camada arenosa, a vazão total de percolação proveniente do fundo de escavação dos dois setores com escavações profundas não deverá ser superior a 7000 litros/dia.
  - Os gradientes hidráulicos nas camadas argilosas resultaram inferiores a 1,05 e, na camada arenosa, inferiores a 0,82, ou seja, não há riscos de ruptura hidráulica de fundo ($i < i_{crítico}$).
  - Os fundos de escavação podem ser continuamente drenados (por valetas “espinhas de peixe”), possibilitando a substituição das lajes de subpressão por lajes de piso.
  - A zona de potencial rebaixamento da linha freática está inserida em depósitos sedimentares sem a presença de argilas moles saturadas e veios de materiais granulares de elevada permeabilidade, o que implica a ocorrência de recalques superficiais desprezíveis.

Contenções: Análises de Percolação



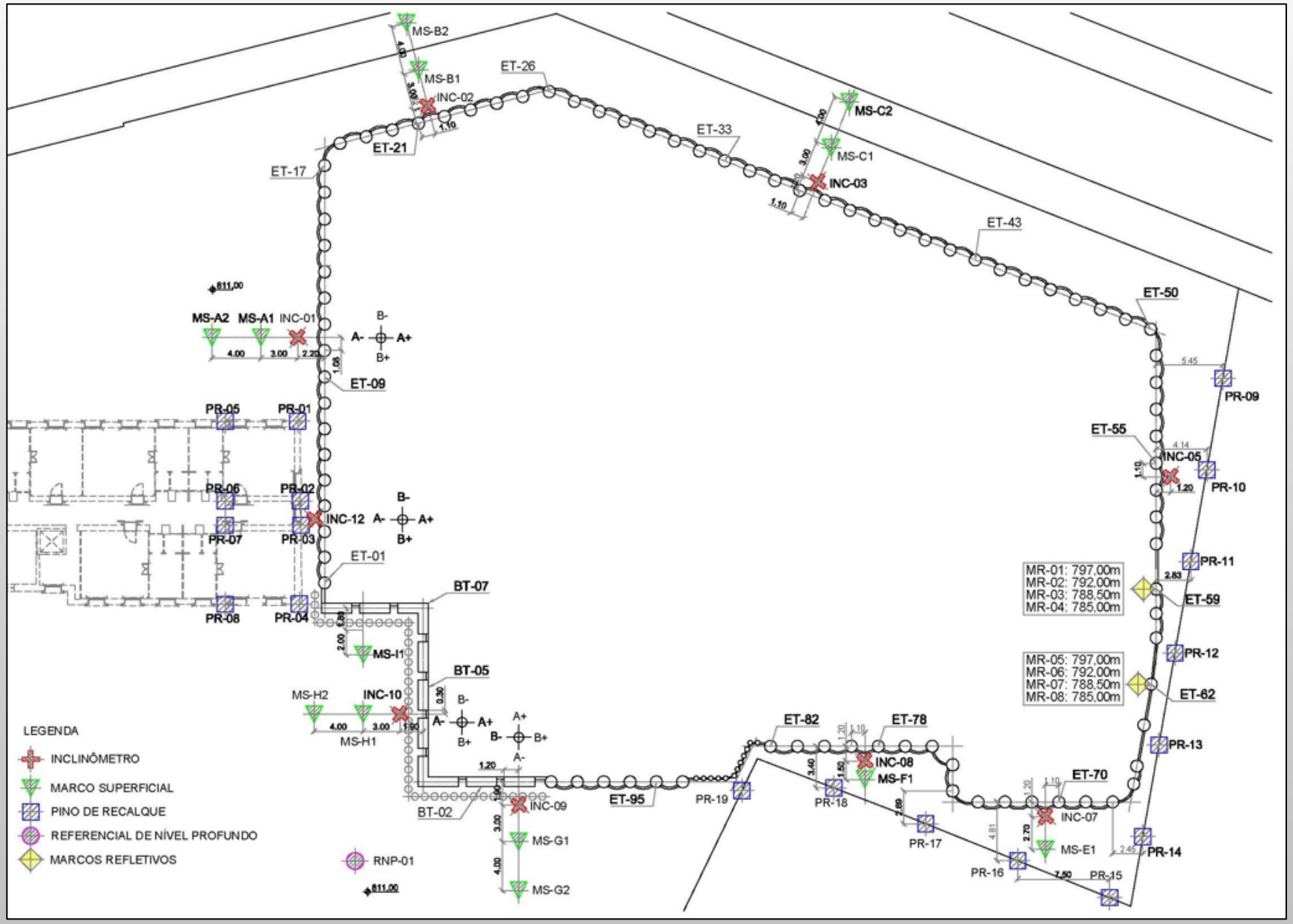
A vazão de percolação de água para o interior da escavação mostrou-se dentro do previsto.

Contenções: Pressões de Água

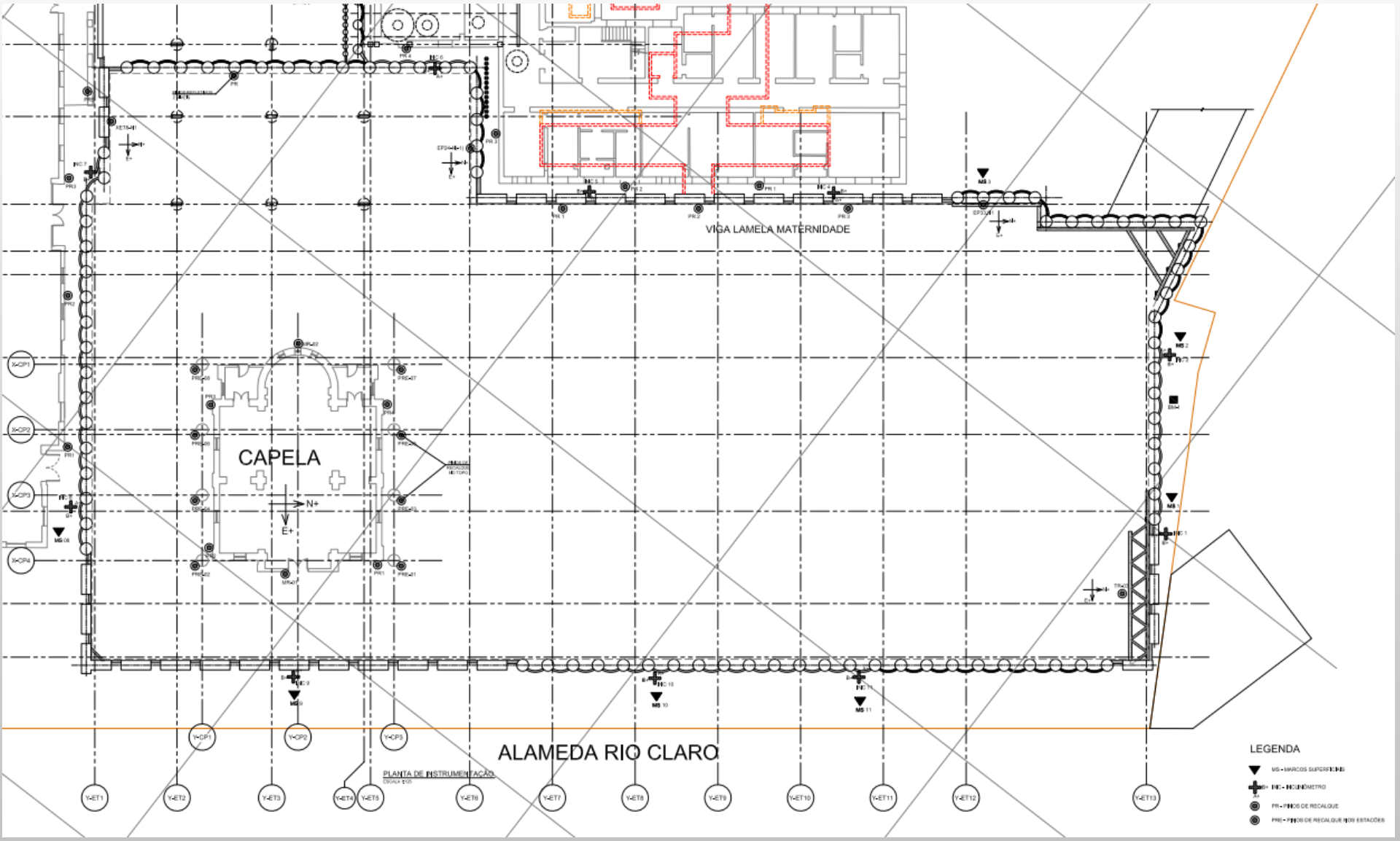


- É preciso entender a diferença entre aliviar a pressão de água no tardoz da contenção e aliviar a pressão de água atuante na cunha potencial de solo (cálculo do empuxo).

Contenções: Monitoramento



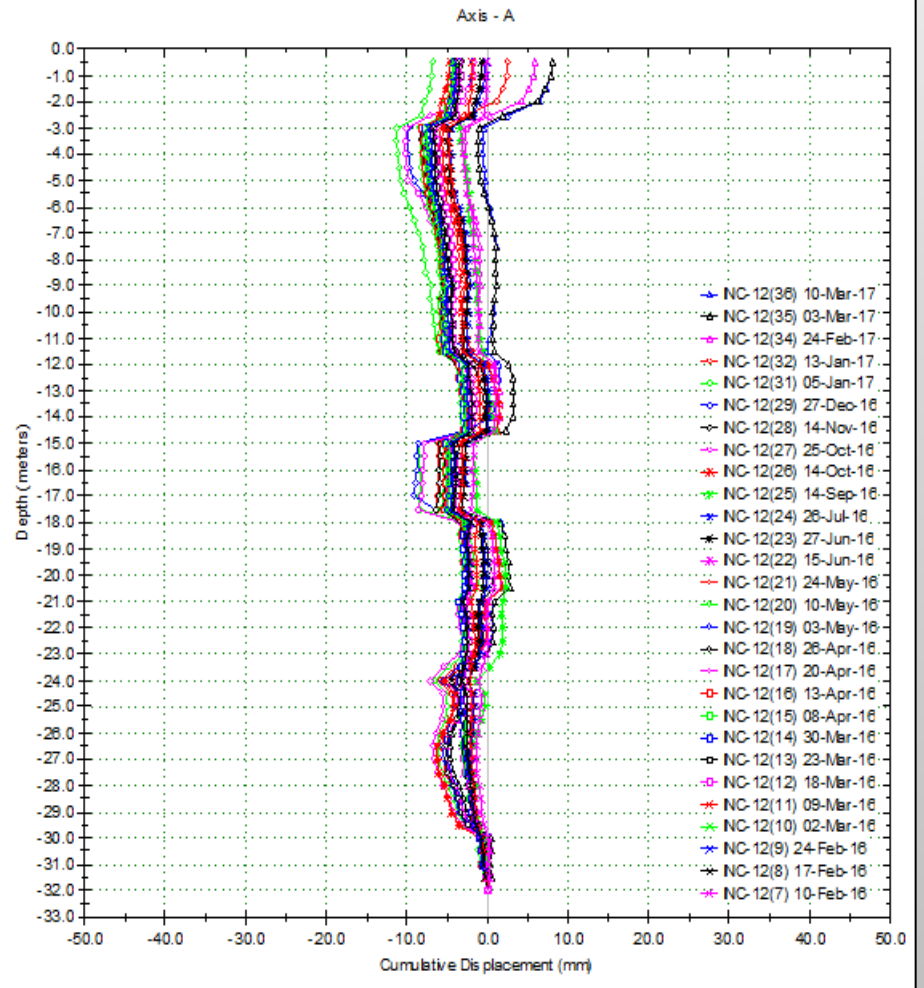
Contenções: Monitoramento



Contenções: Deslocamentos Horizontais

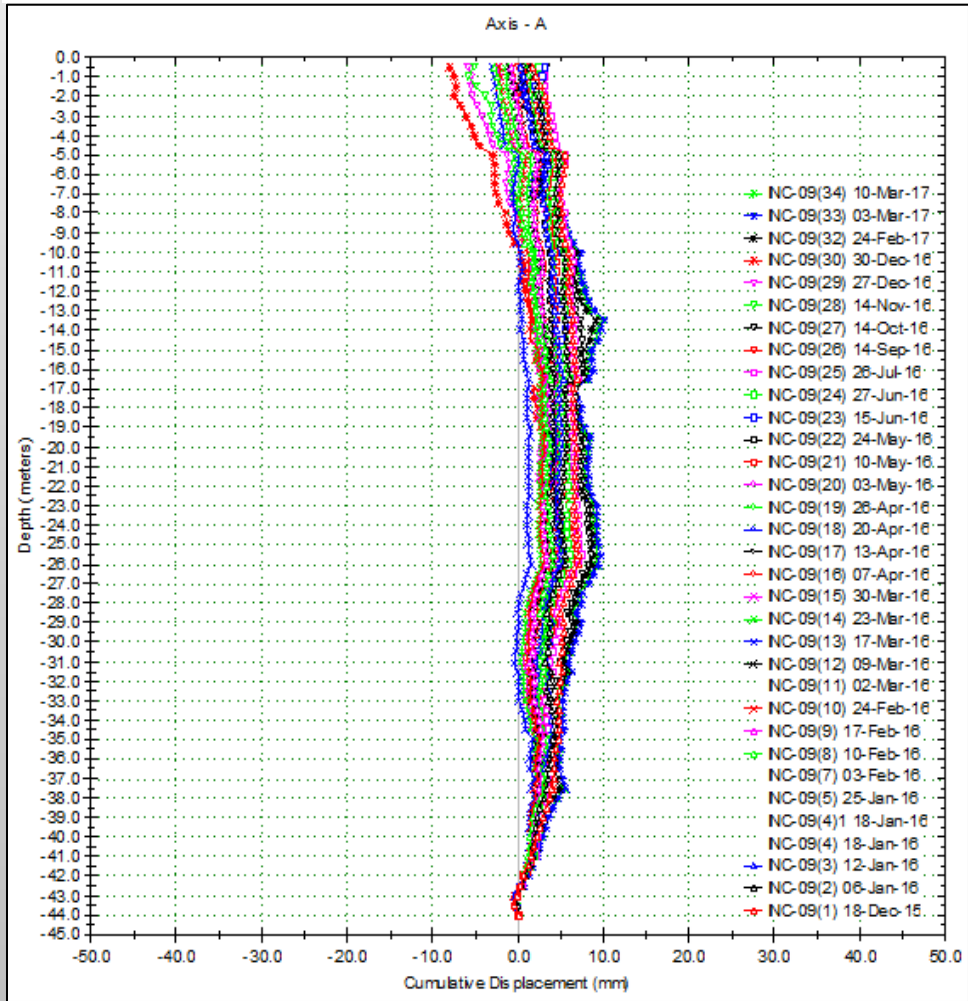
INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA

APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS INCLINÔMETROS TESSLER ENGENHARIA	DATA
LOCAL: CIDADE MATARAZZO - SP INCLINÔMETRO INC-12 - ACUMULADO - EIXO A	17/03/17



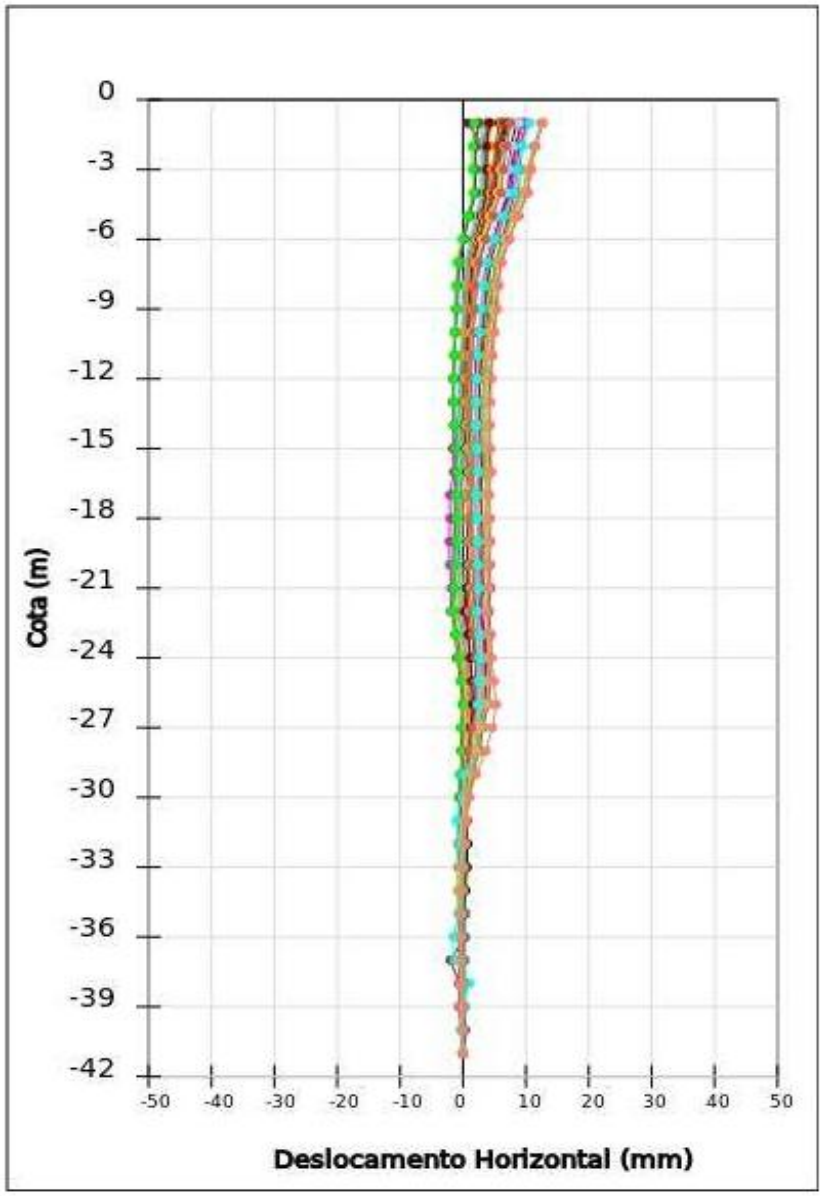
INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA

APRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS INCLINÔMETROS TESSLER ENGENHARIA	DATA
LOCAL: CIDADE MATARAZZO - SP INCLINÔMETRO INC-09 - ACUMULADO - EIXO A	10/03/17

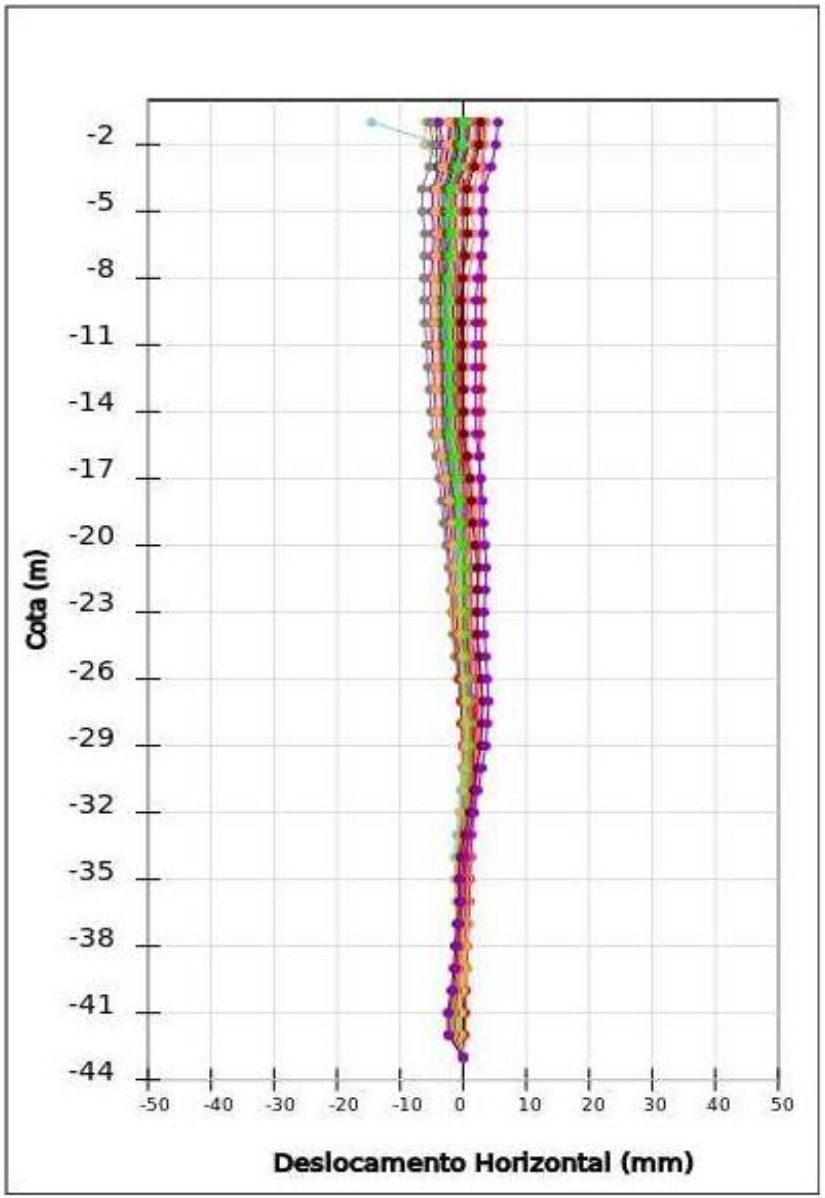


Contenções: Deslocamentos Horizontais

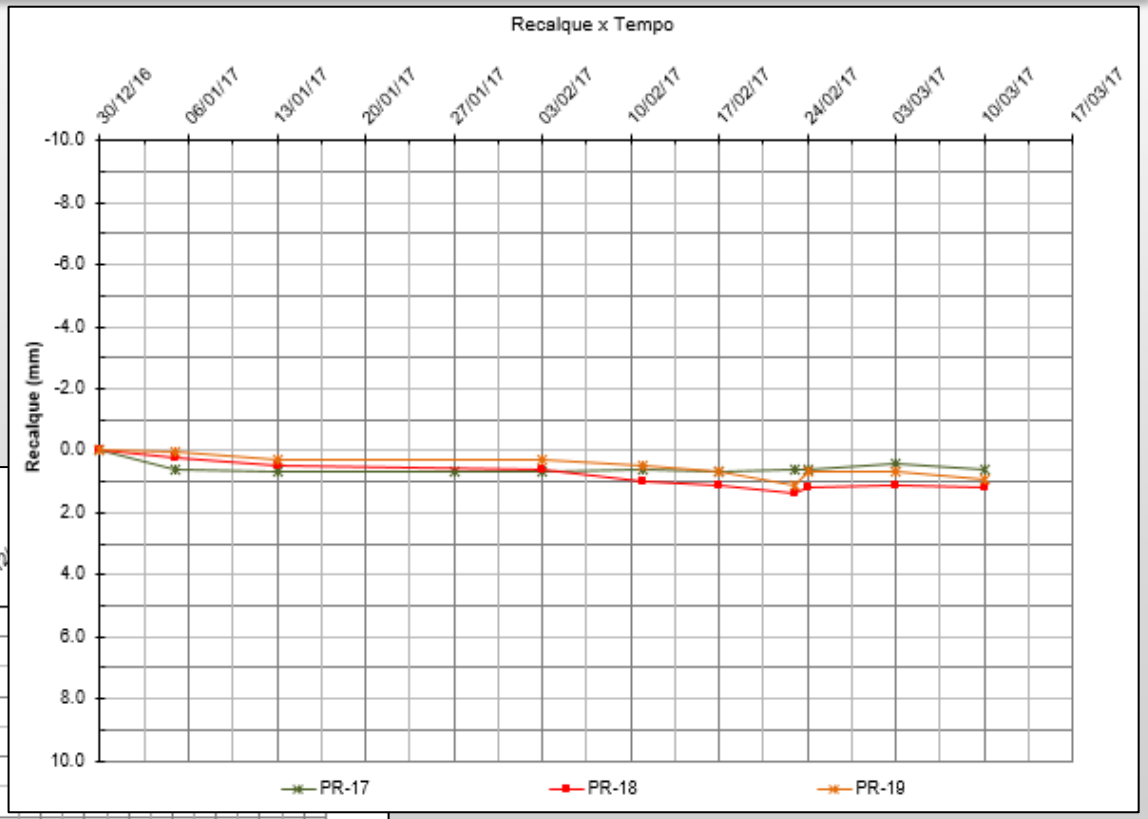
Grupo: INC - Inclinometros. Inst.: IN-05 - Inclinômetro 05. Eixo A

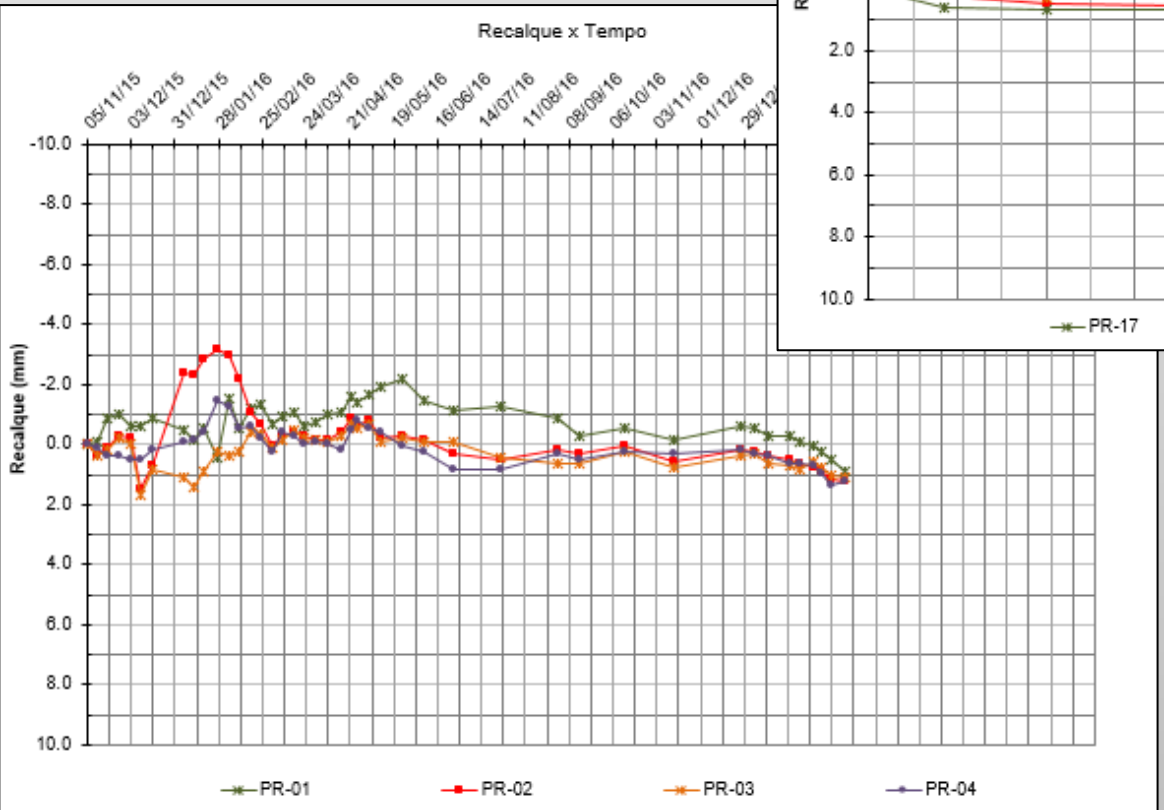


Grupo: INC - Inclinometros. Inst.: IN-10 - Inclinômetro 10. Eixo A



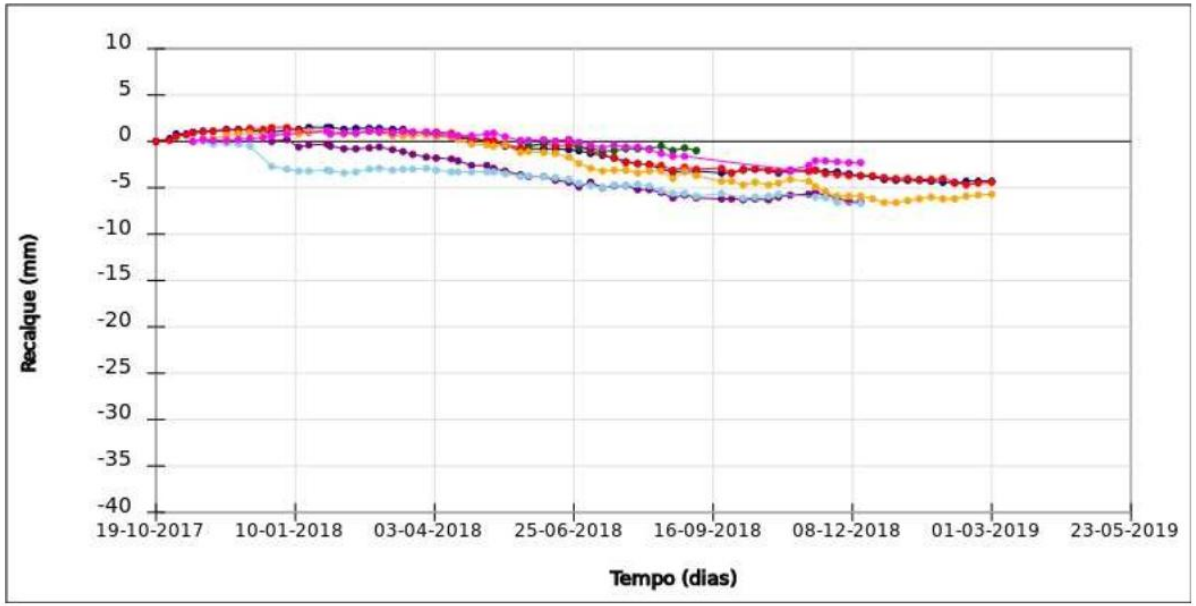
Contenções: Recalques de Edificações e do Terreno



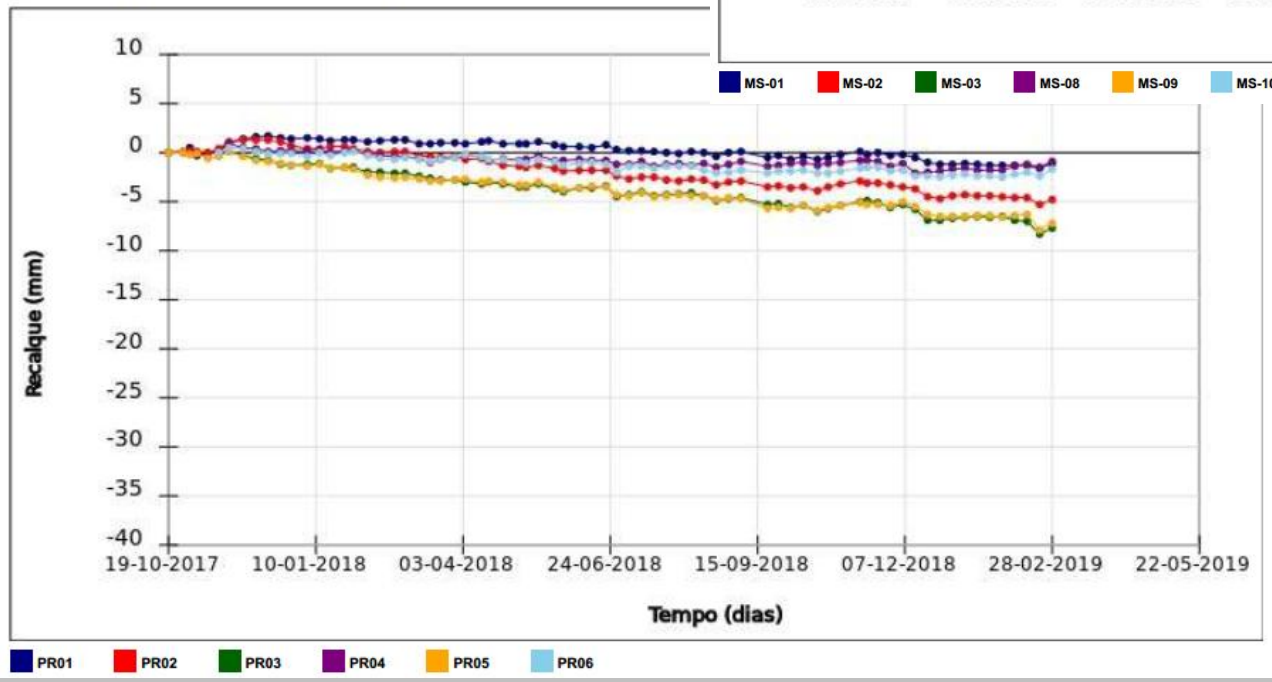


Contenções: Recalques de Edificações e do Terreno

Grupo: MS - Marcos Superficiais



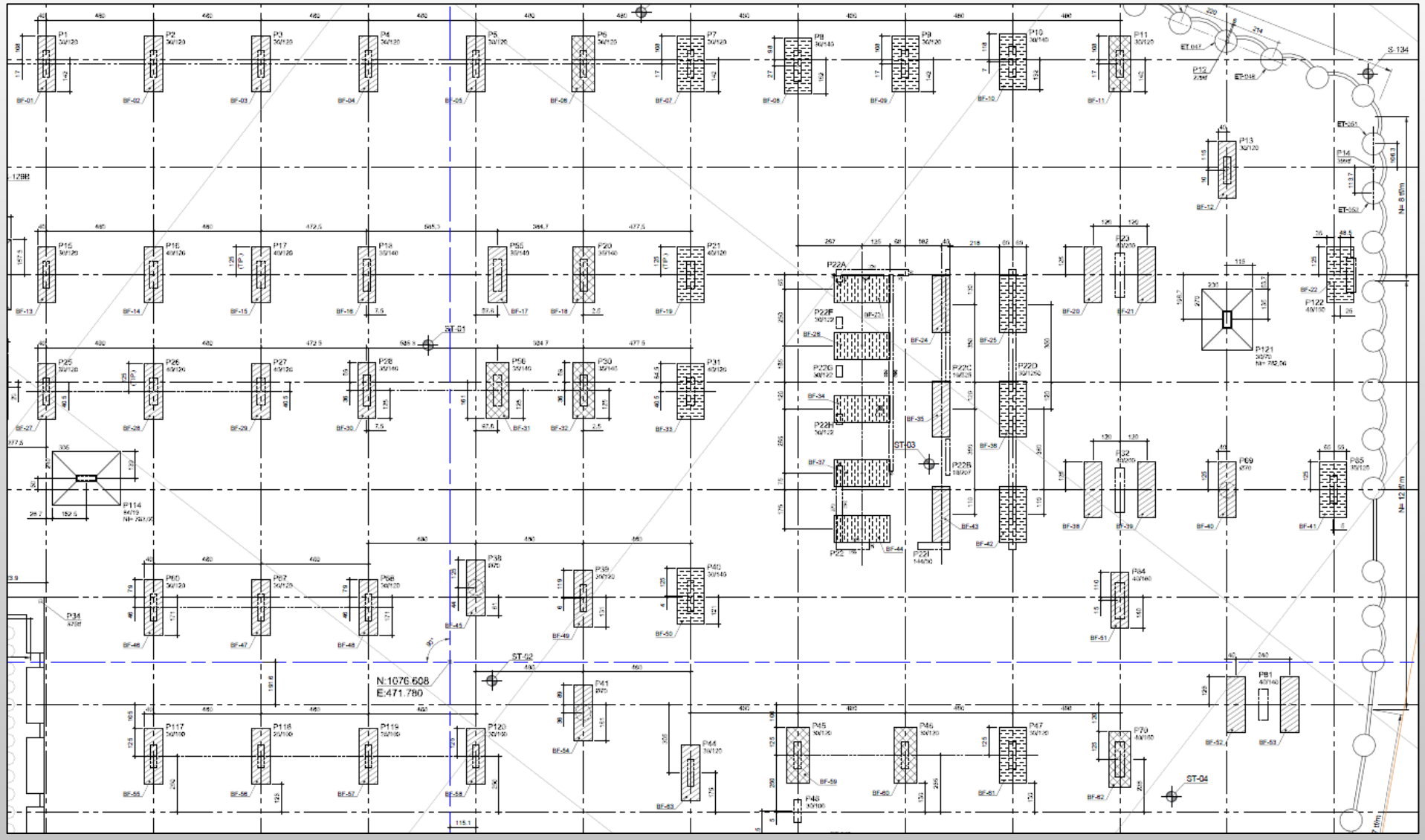
Grupo: BLOCO_E - Pinos de Recalque no Bloco E



Fundações da Torre: Escolha da Solução

- Uma solução inicialmente pensada consistia em sapatas e blocos de fundação direta.
- As elevadas cargas de fundação resultaram em blocos com grandes volumes de concreto (em especial o bloco do “core”, cujo volume calculado resultou em ~900m³).
- Em função da localização da obra e da restrição de horários para circulação de caminhões, o fornecimento contínuo de grandes volumes de concreto poderia ser problemático.
- Dessa forma, optou-se pela utilização de fundações profundas com elevadas capacidades de carga: estacas-barretes de dimensões 80x250, 100x250 e 120x250cm. Tais estacas permitiram uma importante redução nas dimensões dos blocos e, por conseguinte, viabilizaram a logística de concretagens.

Fundações da Torre: Solução em Estacas-Barretes



Fundações da Torre: Dimensionamento

- Uma vez que os tradicionais métodos de dimensionamento geotécnico de estacas não foram especificamente desenvolvidos para estacas-barretes e considerando-se a falta de dados bibliográficos sobre o assunto, optou-se pela realização de provas de carga estáticas.
- Para cargas de trabalho previstas de 1000, 1250 e 1500 tf (para barretes de 80x250, 100x250 e 120x250cm, respectivamente), as provas de carga devem atingir carregamentos de 2000, 2500 e 3000 tf (ABNT NBR 6122), o que praticamente inviabiliza o uso de ensaios estáticos tradicionais.
- Optou-se, dessa forma, pela realização de ensaios de carregamento bidirecional com células expansivas (“Osterberg cells”).

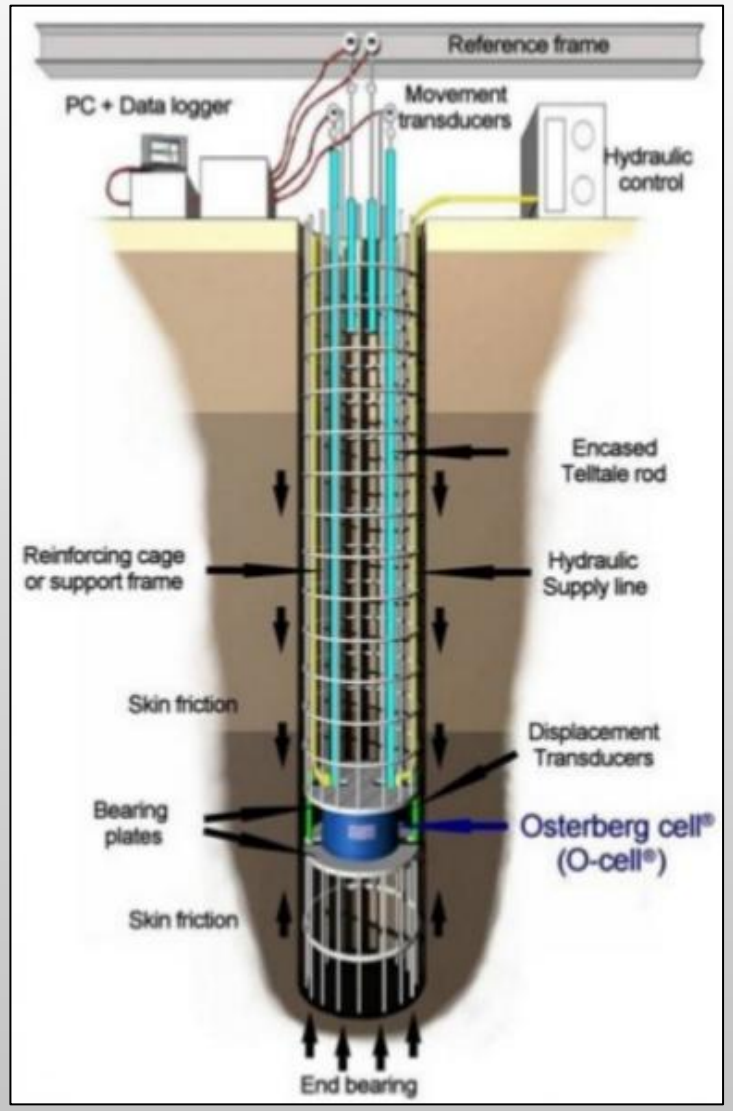
Fundações da Torre: Dimensionamento

- As células expansivas (macacos hidráulicos) devem ser posicionadas no "ponto de equilíbrio" da estaca, no qual:

$$Q_{l,sup.} = Q_{l,inf.} + Q_p$$

- Dessa forma, as células expansivas aplicam o mesmo carregamento nas porções superior e inferior da estaca, até que seja atingida a carga de trabalho (resultando em uma carga total equivalente a duas vezes a carga admissível).

- Dispensa, portanto, qualquer estrutura de reação, o que torna esse ensaio uma boa alternativa para situações de elevadas cargas de trabalho.

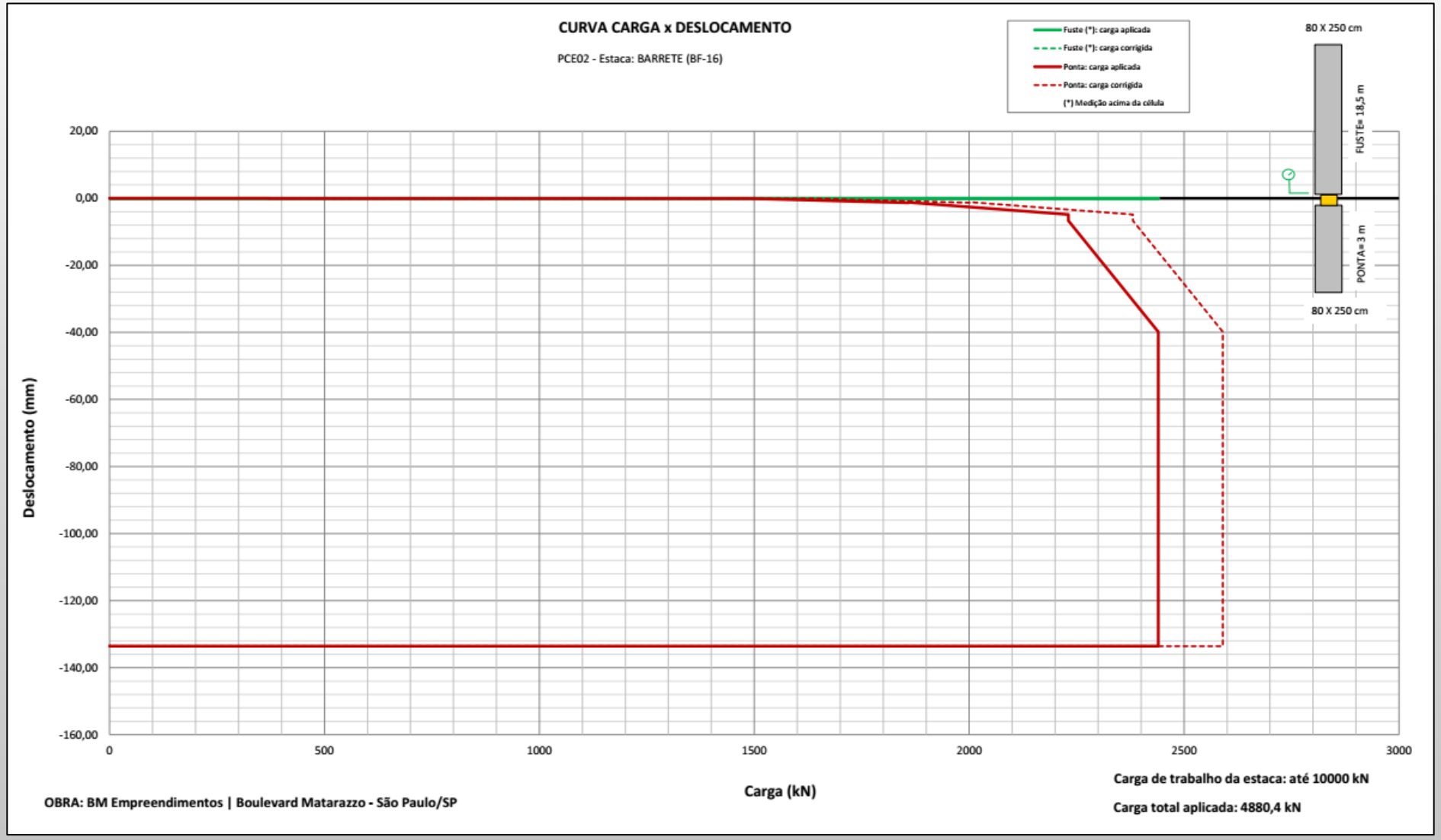


Fundações da Torre: Dimensionamento

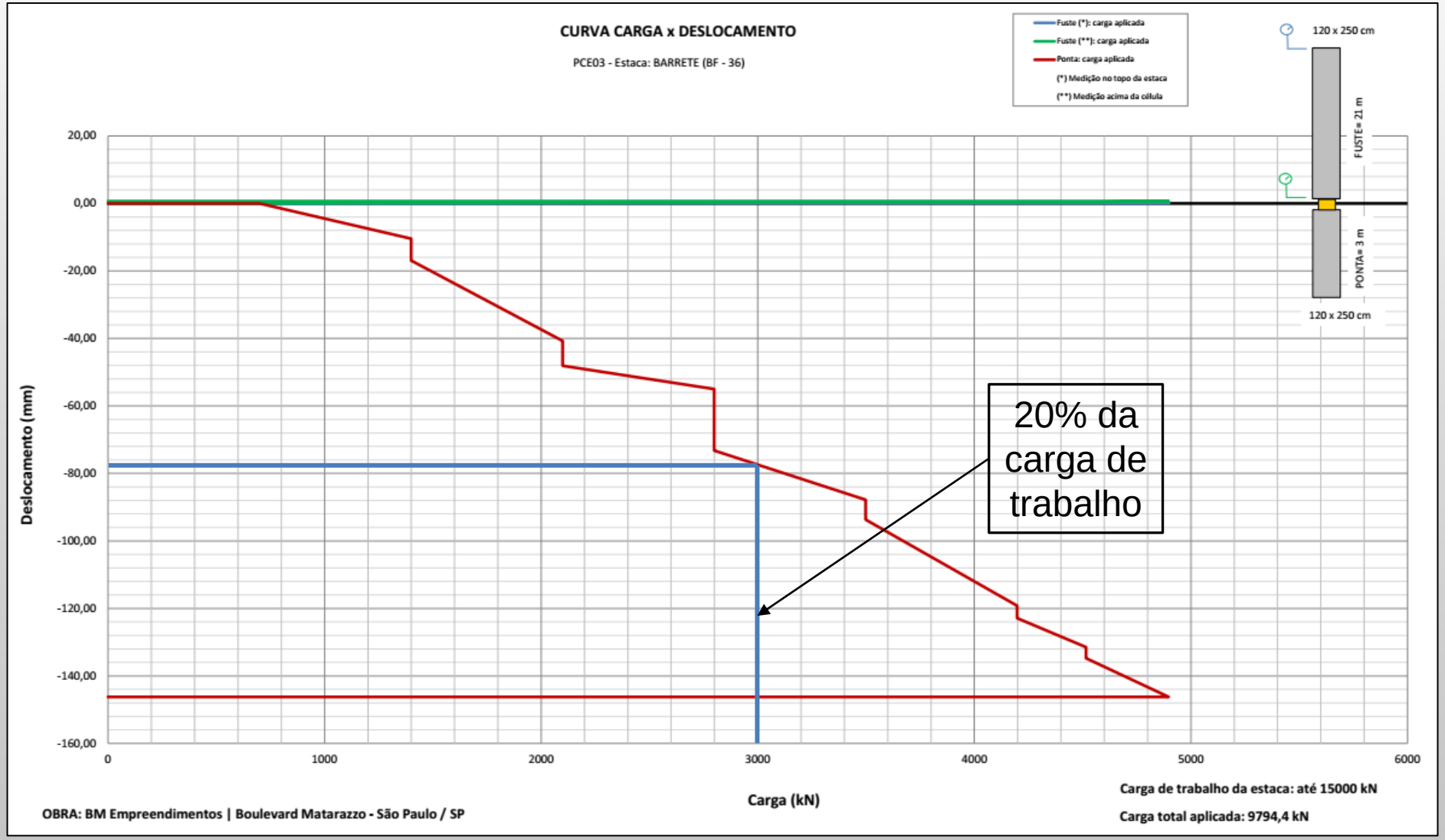


- A gaiola de armação deve ser seccionada no ponto de instalação dos macacos hidráulicos;
- Os macacos hidráulicos ficam “perdidos” dentro da estaca;
- Após o término do ensaio, o vazio deixado na estaca é preenchido com calda de cimento, o que garante que a estaca seja aproveitada.

Fundações da Torre: Curvas Carga x Recalque Iniciais



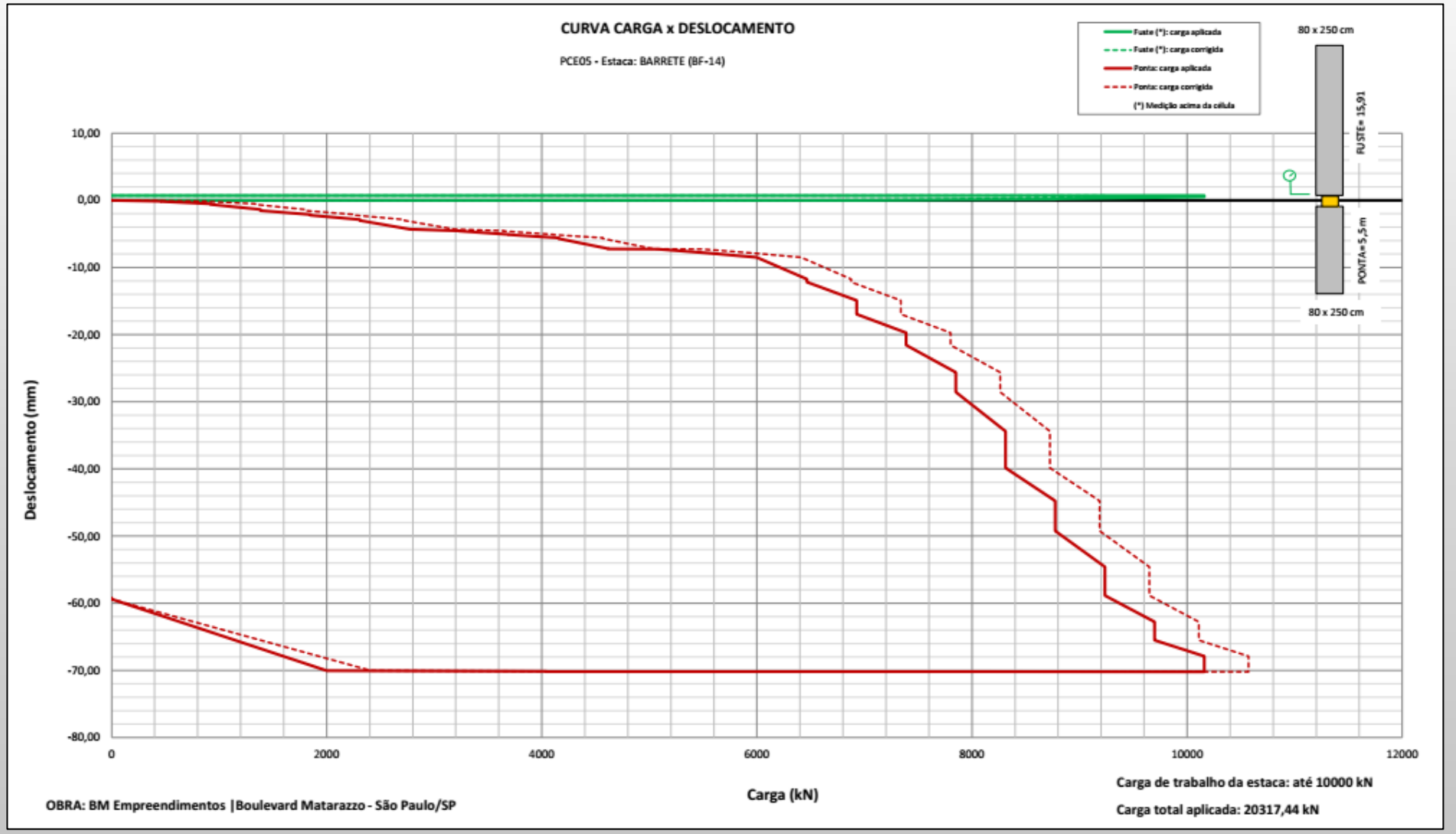
Fundações da Torre: Curvas Carga x Recalque Iniciais



Fundações da Torre: Análise dos Resultados Iniciais

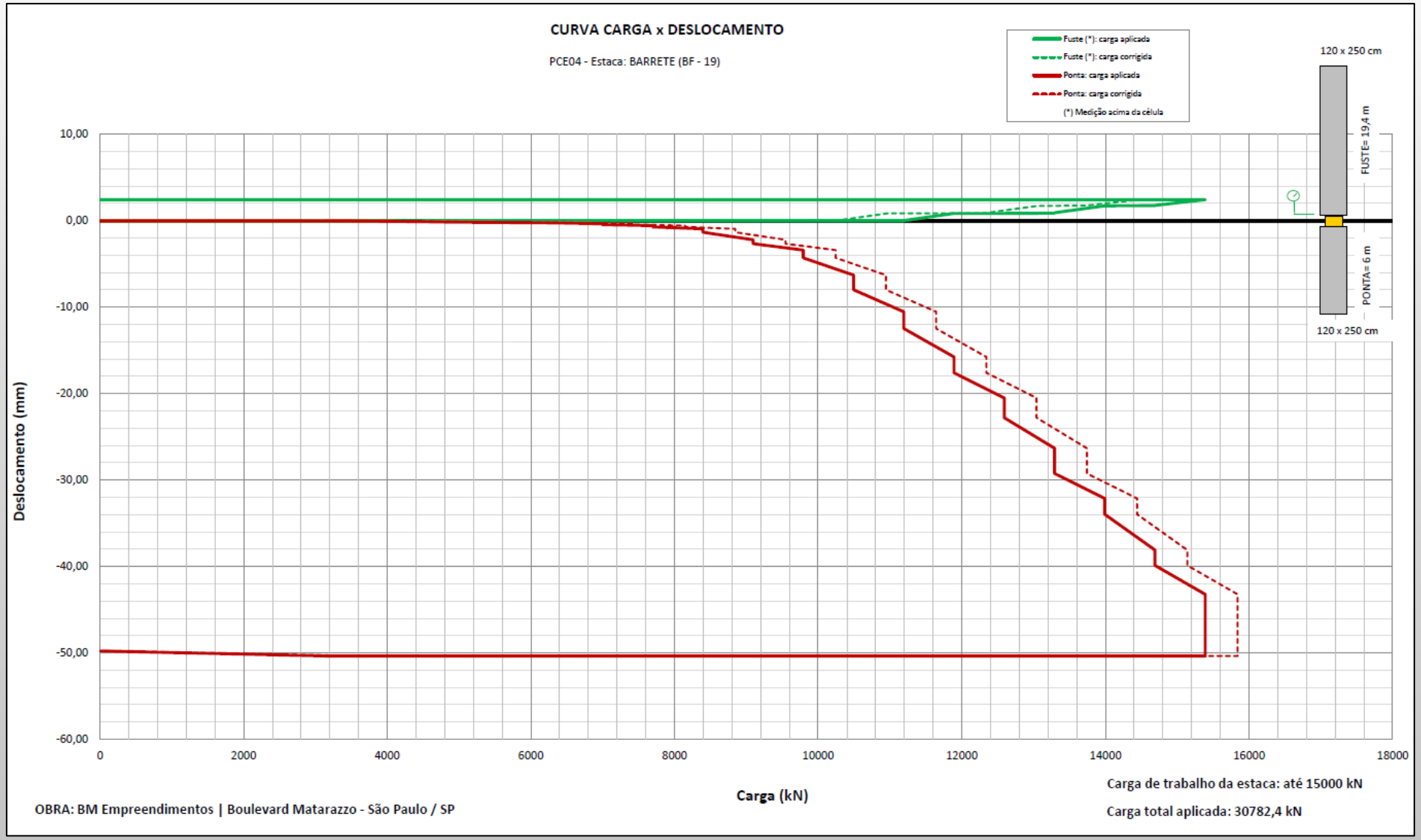
- Diferentemente da prova de carga estática tradicional, o ensaio bidirecional de fato solicita a ponta das estacas até sua capacidade última.
- No caso em questão, realizou-se o procedimento padrão de limpeza de fundo de estacas escavadas com fluído estabilizante, isto é, apenas foi feita a raspagem e a recirculação do fluído antes da concretagem.
- Os ensaios bidirecionais mostraram que as barretes estavam praticamente sem qualquer resistência de ponta, em função da decantação de finos do maciço escavado ("sujeira" de ponta).
- A NBR 6122:2010 permite que 20% da carga de trabalho seja suportada pela ponta de estacas escavadas. No caso do segundo ensaio, isso representaria a possibilidade de ocorrência de recalques totais da ordem de 80mm.

Fundações da Torre: Curvas Carga x Recalque Finais



Após realização de limpeza de fundo com “air-lift”.

Fundações da Torre: Curvas Carga x Recalque Finais



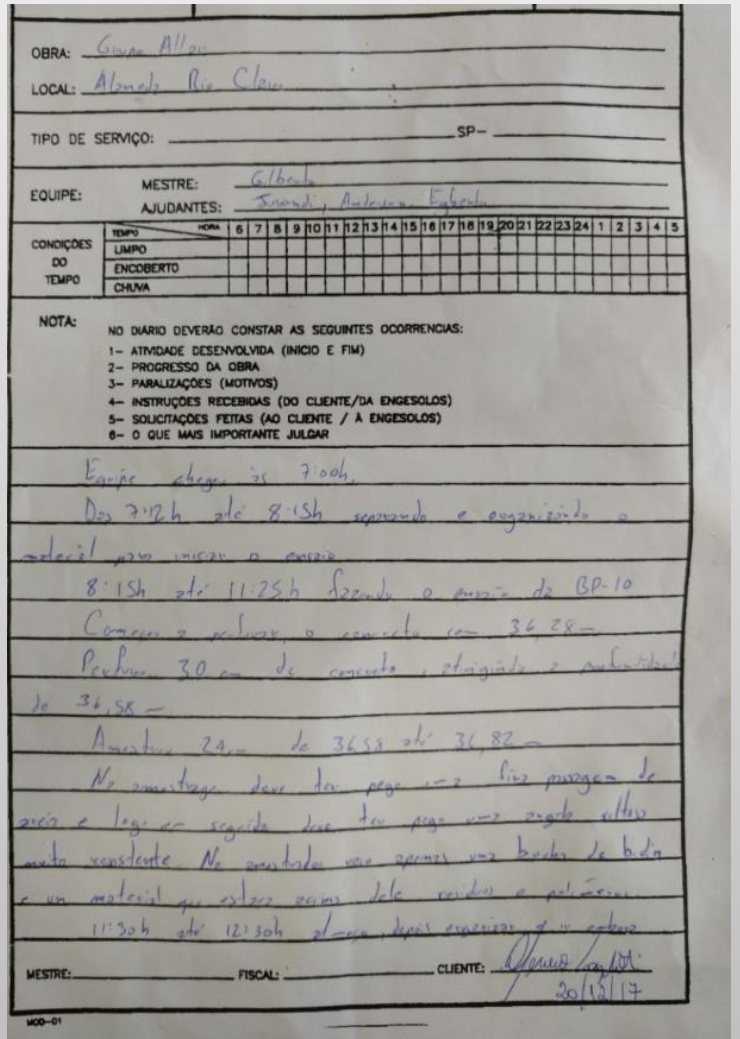
Após realização de limpeza de fundo com “air-lift”.

Fundações da Torre: Inspeções de Fundo

- Foram deixados, dentro de algumas barretes, tubos schedule para verificar a qualidade das pontas dessas estacas através da retirada de amostras com sondagem rotativa.







OBRA: Giuseppe Alleo

LOCAL: Alameda Rio Claro

TIPO DE SERVIÇO: _____ SP- _____

EQUIPE: MESTRE: Gilberto

AJUDANTES: Juvenal, Anderson, Egberto

CONDIÇÕES DO TEMPO	HORA	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
	TEMPO																								
	LIMPO																								
	ENCOBERTO																								
	CHUVA																								

NOTA:

NO DIÁRIO DEVERÃO CONSTAR AS SEGUINTES OCORRENCIAS:

1- ATIVIDADE DESENVOLVIDA (INICIO E FIM)
2- PROGRESSO DA OBRA
3- PARALIZAÇÕES (MOTIVOS)
4- INSTRUÇÕES RECEBIDAS (DO CLIENTE/DA ENGESOLOS)
5- SOLICITAÇÕES FEITAS (AO CLIENTE / À ENGESOLOS)
6- O QUE MAIS IMPORTANTE JULGAR

Equipe chega às 7:00h.

Das 7:12h até 8:15h separando e organizando o material para iniciar a escavação.

8:15h até 11:25h fazendo a escavação do BP-10

Começou a perfurar o concreto com 36,28 –

Perfurou 30 cm de concreto, atingindo o substrato de 36,58 –

Amostra 2A – de 36,58 até 36,82 –

No amostrador deve ter pego uns cinco pregos de aço e logo em seguida deve ter pego uma argila silto muito resistente. No amostrador veio apenas uns bocados de brita e um material que estava junto dele (areia e pedregulho).

11:30h até 12:30h almoço, depois organizar o setor

MESTRE: _____ FISCAL: _____ CLIENTE: _____ 20/12/17

MOD-01

Fundações da Torre: Dimensionamento

- Os novos ensaios bidirecionais, realizados em estacas que tiveram limpeza de fundo com “air-lift”, apresentaram curvas carga x recalque satisfatórias.
- Ademais, as 3 inspeções de fundo com sondagens rotativas também apresentaram resultados satisfatórios, uma vez que não foi encontrada “sujeira” na ponta das estacas, o que confirmou a eficácia da limpeza com “air-lift” (geralmente usada somente em terrenos de alteração de rocha).
- Após algumas modelagens axissimétricas de retroanálise, concluiu-se que a tensão de atrito lateral admissível poderia ser adotada como uniforme (fixada em 8,2 tf/m²), e que a ponta não deve ser solicitada por tensões superiores a 15 kgf/cm². Dentro destes limites, são esperados recalques da ordem de 10 a 12mm.

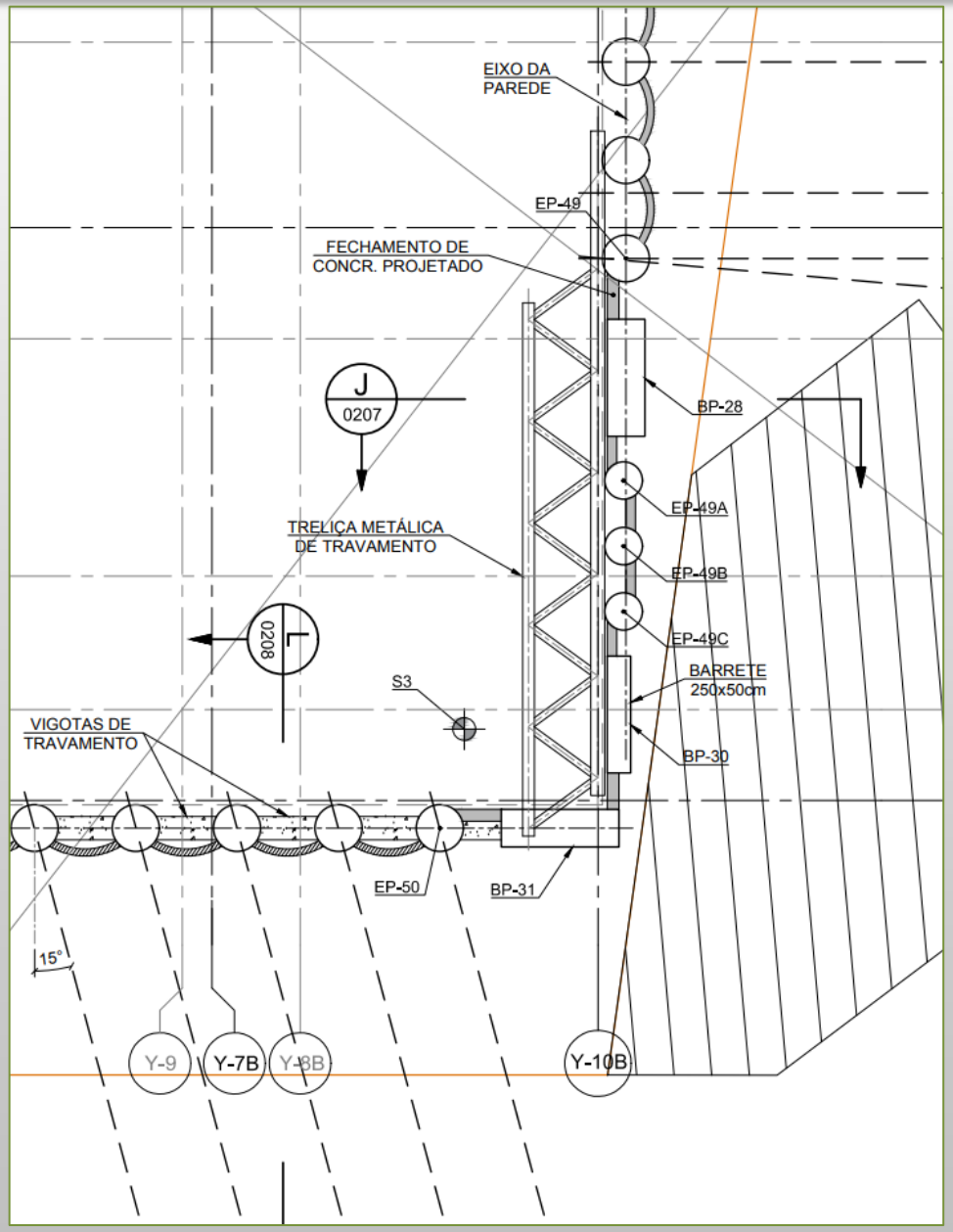
Soluções Especiais: Treliças Metálicas





Soluções Especiais: Treliças Metálicas

- As estacas de fundação do prédio vizinho (de 10 andares) possuíam distribuição errática;
- As longarinas treliçadas funcionaram como vigas biapoiadas com ~11,7m de vão, suportando elevadas cargas de empuxo;
- As reações dessas vigas foram equilibradas por tirantes (lado esq.) e pela contenção ortogonal (lado dir.), com tirantes inclinados na horizontal.



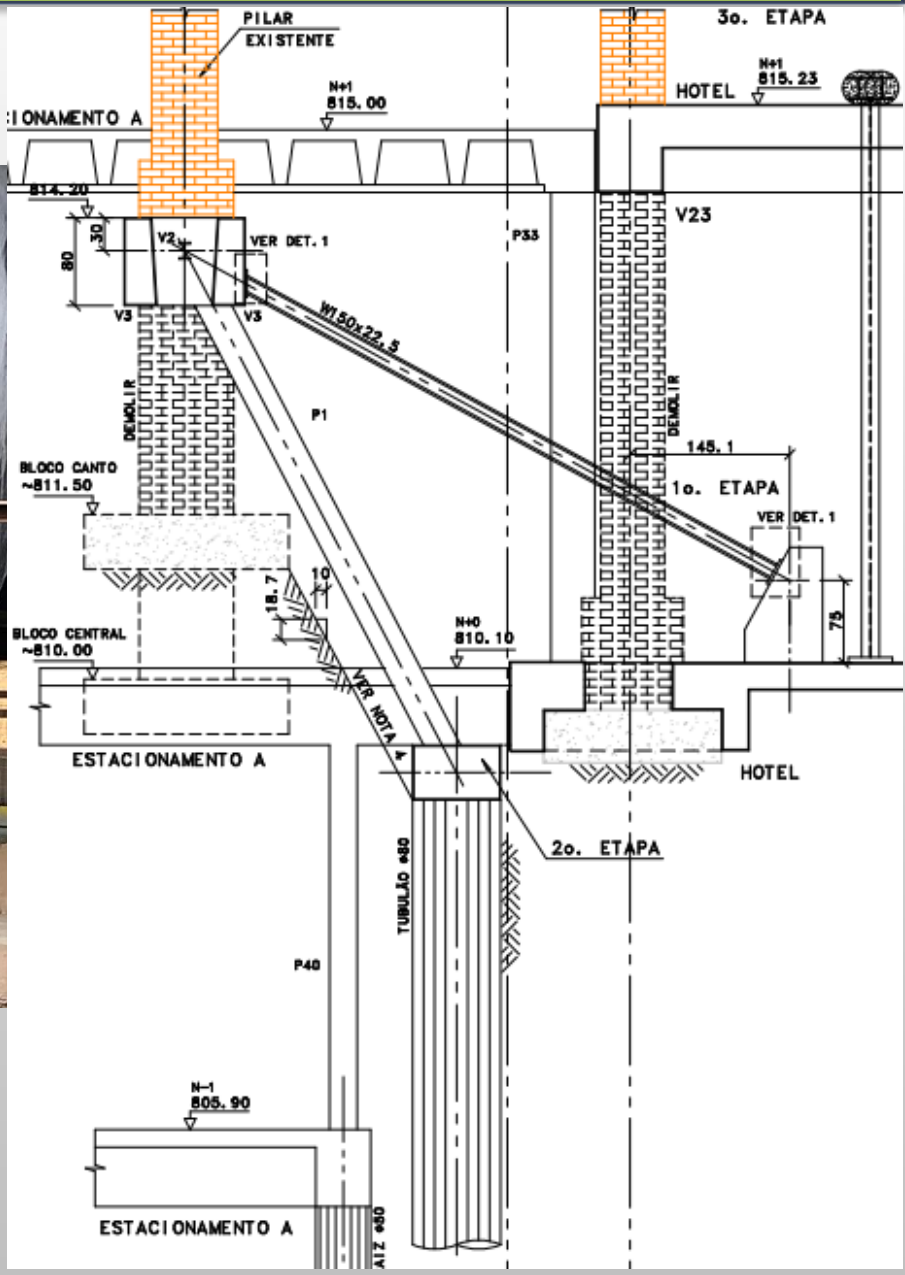
Soluções Especiais: Subfundação da Marquise





Soluções Especiais: Subfundação da Marquise





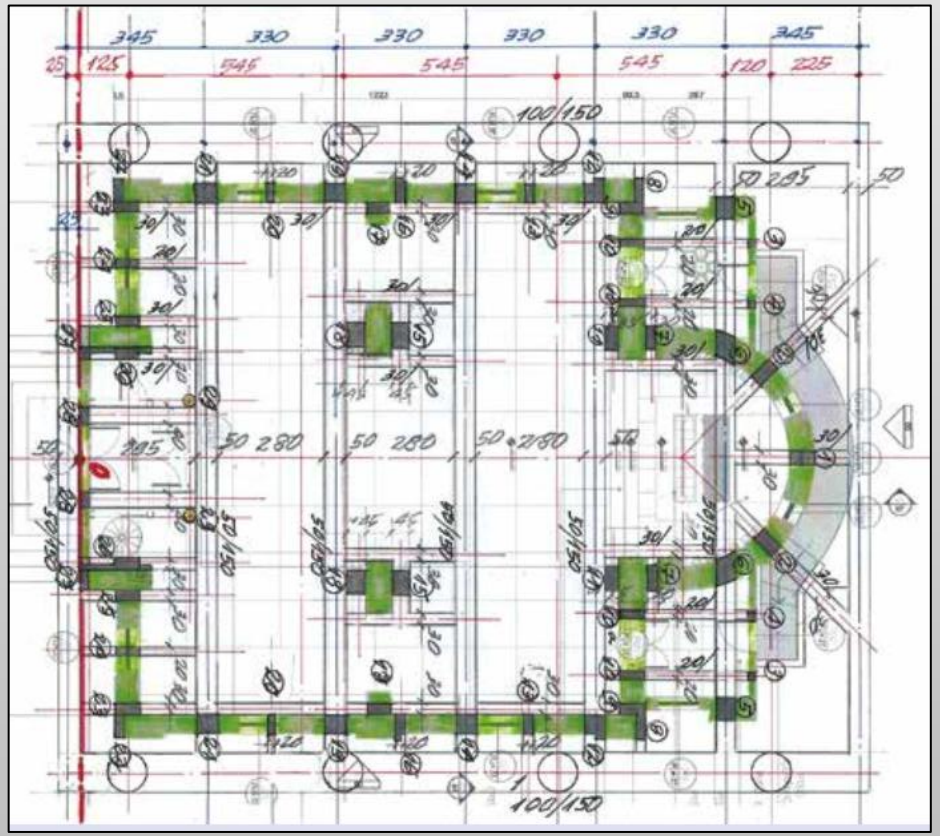
Soluções Especiais: Subfundação da Capela

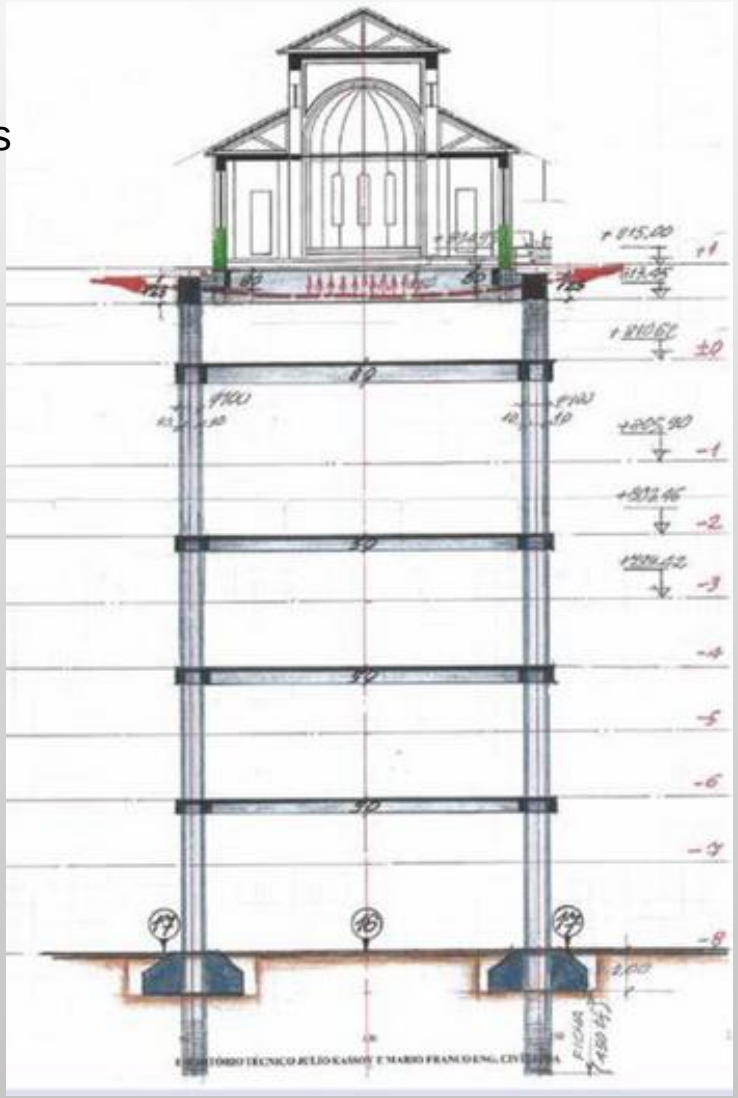




Soluções Especiais: Subfundação da Capela

- O peso da Capela foi estimado em 1000tf;
- A estrutura de transição foi feita em concreto armado e dimensionada para vencer um vão de 16m entre as novas fundações;
- As novas fundações da Capela consistem em 8 estacões (Φ100cm), dimensionados para cargas de 470tf, com cerca de 50m de comprimento.





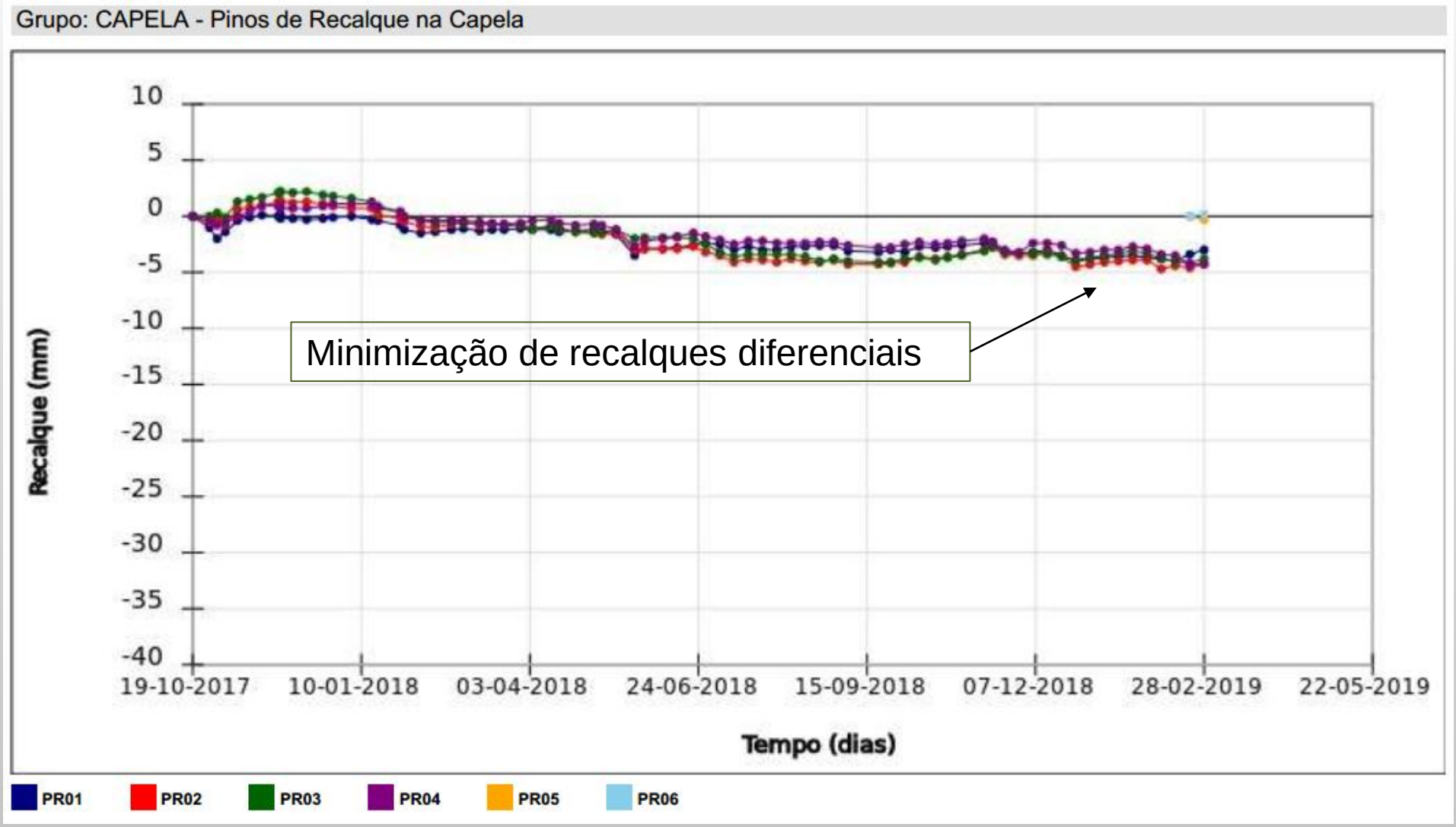
Croquis elaborados pelo prof. Dr. Mário Franco - JKMF

Soluções Especiais: Subfundação da Capela

- Para evitar a flambagem dos estacões, as lajes dos níveis N-0, N-2, N-4 e N-6 foram executadas conforme o avanço das escavações;
- Os estacões-pilares não possuíam capacidade de fundação suficiente para suportar as cargas finais de projeto, o que demandou a incorporação de blocos complementares de fundação (ver foto), caracterizando uma solução de fundações mistas.



Soluções Especiais: Subfundação da Capela



AGRADECIMENTOS

Escola Politécnica da USP

Maffei Engenharia

Dr. Paulo Franco Rocha (*in memoriam*)

Prof. Dr. Décio Leal de Zagottis (*in memoriam*)

Prof. Dr. Mário Franco (*in memoriam*)

Prof. Dr.ª Evelyna Bloem Souto Silveira (*in memoriam*)

Em especial, ao Instituto de Engenharia