

# CONTENÇÕES E FUNDAÇÕES DE UM EDIFÍCIO PÚBLICO NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS

Marciano Lang Fraga<sup>1</sup>; Matheus Campos Pompermayer<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo apresenta o caso de um prédio público na cidade de Porto Alegre/RS onde se implantou um subsolo de 3 pavimentos. Devido ao porte especial da obra algumas soluções de projeto foram pouco usuais como o uso de estacas barrete. A obra também contou com investigação geotécnica complementar, plano de monitoramento das contenções e medição de recalques dos vizinhos, além de provas de carga nas fundações. O trabalho mostra por fim que algumas soluções de projeto são modificadas pela obra quer pela otimização dos equipamentos quer pela simples busca de economia.

**Palavras-chave:** *Estacas Barrete. Paredes Diafragma. Tirantes*

## ABSTRACT

This article presents the case of a public building in the city of Porto Alegre/RS, where a subsoil of 3 floors was installed. Due to the special size of the work some design solutions are little used as the use of bark stakes. The work also counted on the complementary geotechnical investigation, the plan of monitoring of the containments and the measurement of requirements of the neighbors, besides evidence of load in the foundations. The work finally shows that some design solutions are modified by the work or by the optimization of the equipment by simple economics searches.

**Keywords:** *Barrett Piles. Diaphragm wall. Ground Anchors.*

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil e diretor da MLF Consultoria Geotécnica Ltda – [marciano@mlfgeotecnia.com.br](mailto:marciano@mlfgeotecnia.com.br)

<sup>2</sup> Estudante de Eng. Civil na PUCRS e estagiário da MLF Consultoria Geotécnica Ltda – [pompermayer.matheus@gmail.com](mailto:pompermayer.matheus@gmail.com)

## 1 - INTRODUÇÃO

Na cidade de Porto Alegre ainda são poucas as obras com três subsolos ou mais. Esta apresenta além disso o interesse de ter sido implantada em região de antigo aterro hidráulico em zona muito próxima ao lago Guaíba. Inusitadas também foram as grandezas das cargas aplicadas nas fundações. Como complicador final havia a proximidade com outro edifício de grande porte gerando interferência entre os tirantes de contenção e suas fundações.

## 2 - DESCRIÇÃO DA OBRA

### 2.1 – ARQUITETURA

Trata-se de um edifício de 14 pavimentos e três subsolos com uma escavação de aproximadamente 11 m para implantação de 3 subsolos num prédio público no bairro Praia de Belas. Abaixo do piso do 3º subsolo previa-se a implantação de uma galeria para reservatório de amortecimento gerando uma escavação total de aproximadamente 12,5m.

### 2.2 – GEOTECNIA E INVESTIGAÇÃO

Dentro do que preconiza a NBR 8044 (ABNT, 1983), foram realizadas duas campanhas de sondagem, uma com 10 ensaios tipo SPT realizados conforme a NBR 6484 (ABNT, 2001) e mais 9 ensaios tipo CPT.

Trata-se de uma zona de deposição de camadas intercaladas e irregulares de areia e argila com baixos índices de compactação e consistência nos primeiros metros crescendo gradualmente até atingir o impenetrável entre 30 e 40 m. O nível d'água apresenta-se quase superficialmente e já durante as perfurações foi encontrada muita água que continuou jorrando abundante pelos furos dos tirantes.

A Figura 1 mostra um dos perfis de sondagem da campanha SPT e a Figura 2 outro da campanha CPT, este limitado a 15m pois o objetivo maior era o de subsidiar o dimensionamento dos tirantes.

## 3 - ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO

### 3.1 - PROJETO

O volume geométrico calculado de remoção foi de 50.000 m<sup>3</sup>. Havia a preocupação com o empuxo hidráulico sobre as contenções e o efeito de pressão negativa no fundo da escavação. Para tanto previu-se uma série de poços de rebaixamento do lençol freático tanto externos como internos à obra bem como uma camada de material granular na cota final. Ambas as medidas acabaram não sendo implantadas. A Figura 3 mostra o início dos trabalhos de escavação.

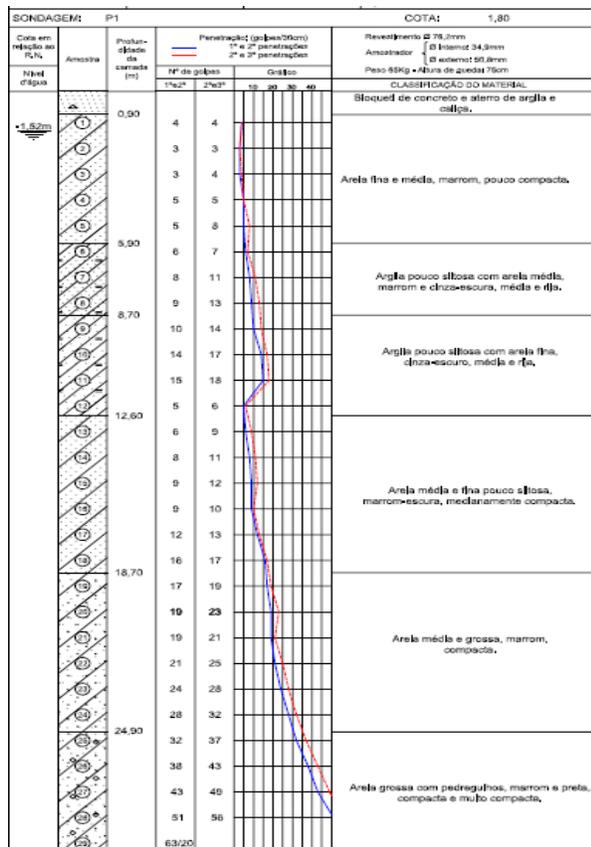


Figura 1. Perfil geotécnico pelo SPT

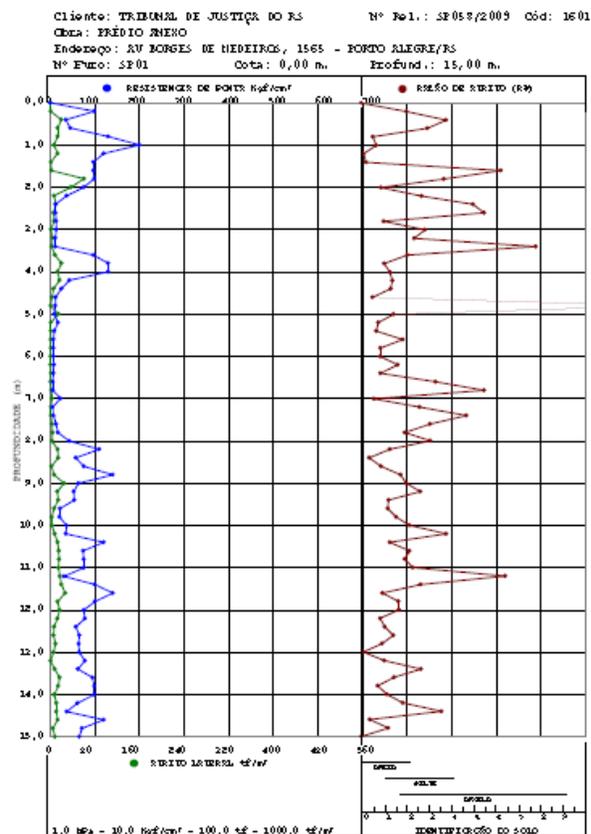


Figura 2. Perfil geotécnico pelo CPT

Como solução das contenções foram executadas lamelas moldadas *in loco* com 60 cm de espessura e 17 m de profundidade coroadas por uma viga gerando um consumo de 3.300 m<sup>3</sup> de concreto e 210 ton de aço. A concretagem submersa, foi realizada com auxílio de tubo tremonha e para o posicionamento das armaduras contou-se com um guindaste específico. Pode-se consultar para o assunto: Budhu (2013), Caputo (1988), Craig (2014), Tschebotarioff, (1978), Ranzini e Negro Jr. (1998) tanto para descrição da técnica como para a critérios de dimensionamento. A condição de equilíbrio se obteve em modelagem realizada utilizando o programa Cype – Módulo Cortinas, da Cype Ingenieros.

Para contrabalançar os empuxos foram projetados 490 tirantes (Figura 4) pela metodologia de Joppert (2007) aplicados em 4 ou 5 linhas com cargas entre 300 e 800 kN executados segundo a NBR 5629 (ABNT, 2009). Posteriormente houve uma alteração na solução, passando para 3 linhas de tirantes com cargas de 400, 800 e 900 kN cada.

Uma das preocupações na fase de projeto era a possível interferência dos tirantes da face leste com as fundações do prédio existente distante aproximadamente 12 m da linha de escavação. Para tanto buscou-se nos arquivos do proprietário as plantas de blocos e se fez um estudo minucioso do posicionamento dos tirantes (Figura 6) criando uma viga de transição para apoio destes uma vez que não estariam mais centralizados com as lamelas. Ao final a obra não adotou essa solução realizando o método de “tentativa e erro”, perfurando os tirantes e desviando aqueles que encontrassem obstáculos ou reforçando lamelas contíguas àquelas que tiveram problemas.



Figura 3. Início da escavação



Figura 4. Perfuração dos tirantes

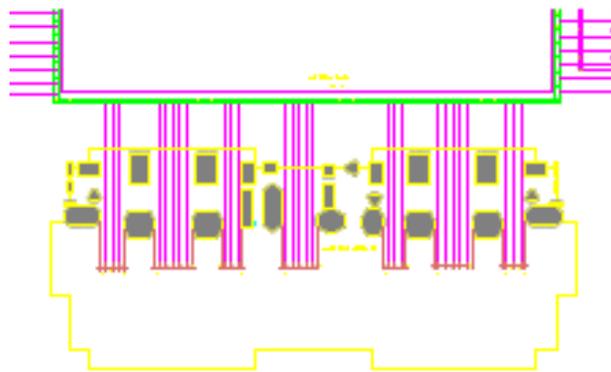


Figura 6. Posicionamento dos tirantes entre blocos de fundação do prédio próximo

### 3.2 – MONITORAMENTO DA CORTINA

Um plano de instrumentação foi previsto com instalação de inclinômetros, piezômetros, medição de recalques do prédio vizinho e dos pisos das regiões do entorno, entretanto algumas destas proposições não foram levadas adiante.

Instalaram-se 14 inclinômetros para o acompanhamento dos deslocamentos, mas danificados em certo momento do andamento da obra. Durante esse período os deslocamentos observados estiveram entre 18 a 20 mm próximos ao pé da cortina. Depois, seguiu-se ao monitoramento com leituras através de equipamento topográfico em 30 pontos. As Figura 7a e 7b mostram as leituras dos inclinômetro 8 e 3 respectivamente.

A segunda fase das medições apontou deslocamentos máximos na região da cortina da ordem de 8 mm. Somando a estes valores as deflexões medidas no topo da cortina pelos inclinômetros mais próximos, podemos ter uma estimativa do deslocamento total acumulado no topo da cortina. Uma discussão mais aprofundada sobre os deslocamentos pode ser vista em Fraga et al (2017).

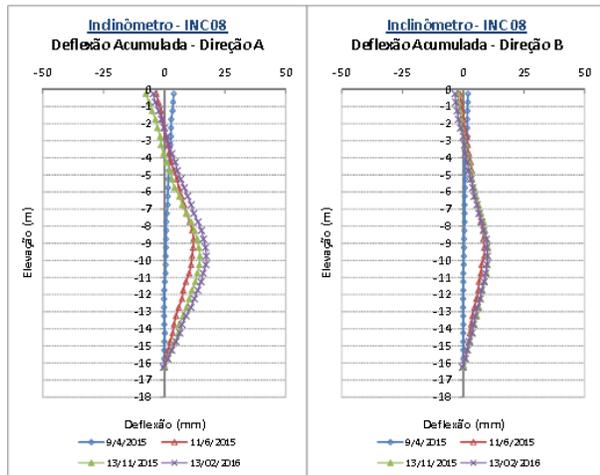


Figura 7a. Medição do inclinômetro 8

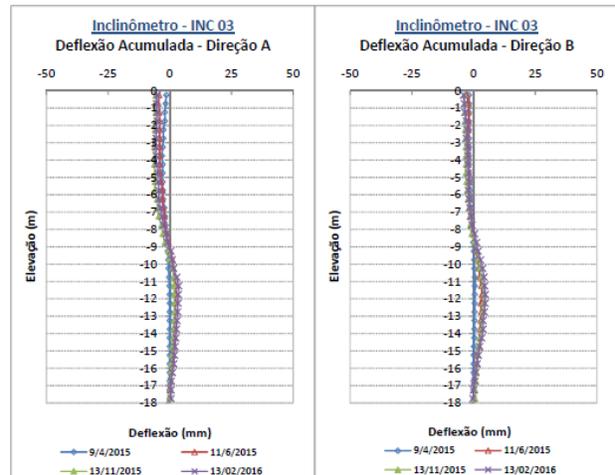


Figura 7b. Medição do inclinômetro 3

No edifício lindeiro foram medidos fortes recalques no piso do térreo (Figura 8), mas não observados pelas medições de recalques dos pilares. A situação do térreo se explica pela fuga de solo devido ao forte fluxo de água pelos furos dos tirantes (Figura 9) além de o piso não se encontrar apoiado sobre fundações profundas. Já a inexistência de recalques na estrutura do edifício vizinho se deve ao fato de o mesmo ter fundações em estacas apoiadas abaixo da cota de escavação.



Figura 8. Patologia no prédio vizinho



Figura 9. Fluxo de água pelo tirante

## 4 - FUNDAÇÕES

### 4.1 - Projeto

Com cargas não usuais onde cerca de metade dos pilares tinha entre 10 e 34 MN de carga vertical e alguns com momentos entre 12 e 19 MNm, qualquer solução com blocos de estacas geraria volumes enorme e inclusive n'alguns casos inviabilizava a disposição geométrica pela superposição de estacas. Assim a solução adotada foi tendo em vista a disponibilidade do equipamento de *clam shell*, o uso de estacas tipo barrete.

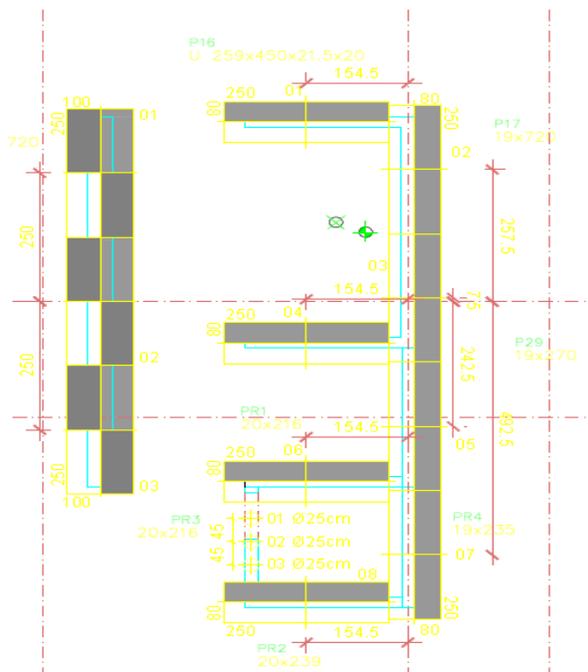


Figura 10. Detalhe da solução de fundação para 2 pilares

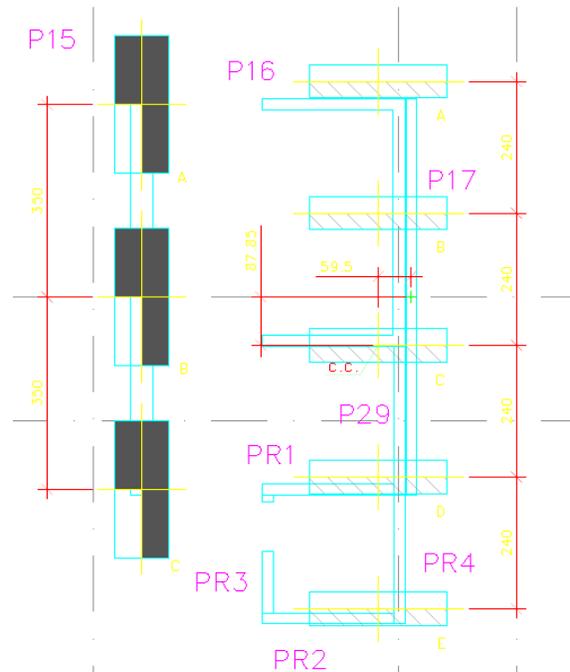


Figura 11. Detalhe da nova solução de fundação para 2 pilares

Para dimensionamento foi adotada a metodologia proposta por Decourt e Quaresma (1978) conforme Schnaid e Odebrecht (2012) e observando as prescrições da NBR 6122 (ABNT, 2010). O projeto tinha como premissa acompanhar com as estacas a geometria do pilar. Para tanto foram previstas barretes de 40 a 120cm de largura por 250cm de comprimento. As profundidades variavam de 19 a 27m a partir da cota de escavação. Com isso o consumo de materiais seria de 5.370m<sup>3</sup> de concreto e 125 ton de aço. A Figura 10 mostra dois pilares e suas respectivas estacas.

Entretanto uma nova disposição de estacas foi adotada pela obra, partindo já da cota do terreno natural e alterando em parte o projeto, mas mantendo em termos gerais a ideia original. A Figura 11 traz a nova concepção do projeto.

Além destas projetaram-se as fundações para a laje de subpressão constituída por 588 estacas tipo raiz  $\phi$  25cm e 20m de comprimento. Parte das mesmas foram armadas de forma convencional e parte com barra única de tirante e placa na zona de embutimento. Essa alternativa mostrou-se muito mais ágil na montagem e execução.

#### 4.2 - Provas de Carga

Foram realizadas duas provas de carga estáticas conforme a NBR 12.131 (ABNT, 2006), com valores finais muito baixos de deslocamentos máximo: 4,02 e 8,91mm para um carregamento 8.000 kN.

A Figura 13 mostra o gráfico da prova de carga do P69.

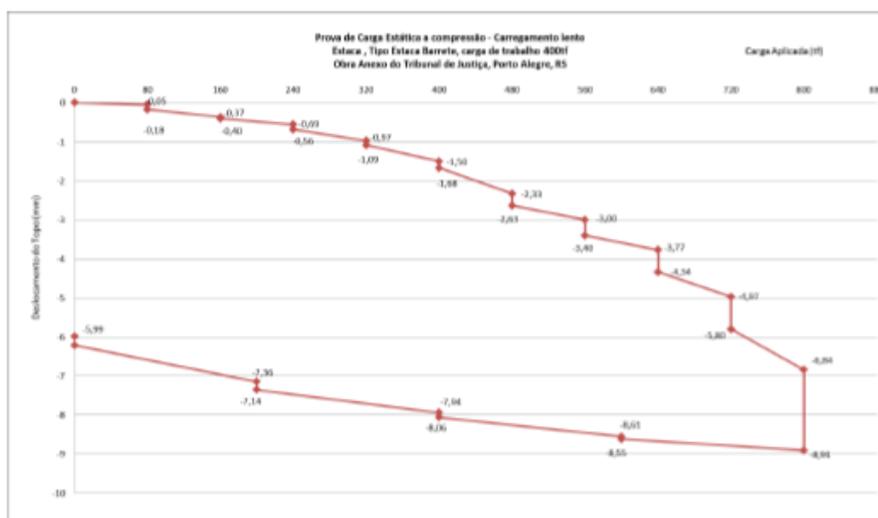


Figura 13. Prova de carga do P69

## 5 - AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul e à Tecnobase Serviços de Engenharia que autorizarem o uso das informações de projeto para este artigo.

## 6 - CONCLUSÃO

Uma obra especial requer uma solução especial. O uso de estacas barrete ainda que bastante referenciada na bibliografia é pouco usual na região. Entretanto a solução mostrou-se conveniente para dar conta dos elevadíssimos carregamentos tendo seu comportamento comprovado por prova de carga.

Quanto às contenções o uso de paredes diafragma é corriqueiro, mas com espessuras menores. Neste caso o projeto de diafragma de 60cm requereu equipamentos não encontrados na cidade. Também os tirantes com cargas de 900 kN e comprimentos de até 40m em cordoalhas de aço são raros bem como prova de carga de 8.000 kN. Cabe observar que originalmente foram projetados e executados como provisórios mas permaneceram ativos por quase quatro anos devido à paralisação ocorrida pela troca de empreiteira.

Os autores aproveitam também para compartilhar algumas experiências oriundas da obra apresentada que servem outrossim como alerta:

i) Existem várias concepções possíveis para um projeto e ajustes de obra podem ser benéficos no sentido de otimizar o uso dos equipamentos disponíveis, porém é preciso que sempre seja documentado e acompanhado de memória de cálculo;

ii) Em obras de grande porte, mas nas médias também, é muito bem-vinda a figura do revisor de projetos, ainda não incorporado em nossa cultura técnica;

iii) O acompanhamento da execução da obra projetada é uma prática recomendada pela NBR 8044 (ABNT, 1983), mas muitas vezes negligenciada. Sua prática é muito importante para garantir o desempenho das estruturas;

iv) As ocorrências de obra que alteram o projeto nem sempre são imediatamente comunicadas ao projetista. Isto tem um impacto direto no controle de obra pois qualquer tipo de ajuste de projeto ou reforço deverá ser feito enquanto os equipamentos estiverem no campo. Além dessa etapa é praticamente impossível, dado os custos envolvidos, alguma ação.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5629: Execução de Tirantes Ancorados no Terreno. Rio de Janeiro, 2006. 32p.

ABNT. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010. 91p.

ABNT. NBR 6484: Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2001. 17p.

ABNT. NBR 8044: Projeto Geotécnico. Rio de Janeiro, 1983. 58p.

ABNT. NBR 12131: Estacas - Prova de carga estática - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

BUDHU, MUNI. Fundações e Estruturas de Contenção. 1ª ed. – Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A ISBN 978-85-216-2284-4, 2013. 427p.

CAPUTO, HOMERO PINTO. Mecânica dos Solos e suas aplicações. 6ª ed. – Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1988. Vol 2.

CRAIG, R. F e KNAPPET, J.A. Mecânica dos Solos. 8ª ed. – Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A ISBN 978-0-415-56126-6, 2014. 419p.

FRAGA, MARCIANO LANG, JUNG, JONATAN GARRIDO e POMPERMAYER, MATHEUS CAMPOS. A importância da medição dos deslocamentos horizontais em cortinas de contenção. In: IX Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul – GEORS, 2017

JOPPERT JR, IVAN. Fundações e Contensões de Edifícios – São Paulo: Pini ISBN 978-85-7266-177-5, 2007. 221p.

RANZINI, STELVIO M. T e NEGRO JR., ARSÊNIO. Obras de Contenção: tipos, métodos executivos, dificuldades executivas In: **Fundações: teoria e prática**. 2ª ed. – São Paulo: Pini, 1998 ISBN 85-7266-098-4. 751p.

SCHNAID, FERNANDO e ODEBRECHT, EDGAR. Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. 2ª ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2012 ISBN 978-85-7975-059-5. 223p.

TSCHEBOTARIOFF, GREGORY P. Fundações, Estruturas de Arrimo e Obras de Terra – São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 513p.