

Relato de uma Contenção Utilizando Lamelas com Função de Contraforte

Marciano Lang Fraga

MLF Consultoria Geotécnica, Porto Alegre, Brasil, marciano@mlfgeotecnia.com.br

Jonatan Garrido Jung

MLF Consultoria Geotécnica, Porto Alegre, Brasil, jonatan@mlfgeotecnia.com.br

RESUMO: As contenções empregando paredes diafragmas atirantadas estão entre as mais utilizadas para conter escavações em solos. Este trabalho apresenta a um caso de obra onde não foi permitido o uso de tirantes em escavações da ordem de 8,0 metros de altura para construção de um empreendimento imobiliário. O solo no local é composto por uma camada de argila com areia de consistência média à dura, seguida por outra de alteração com granulação variada, siltosa, com pedregulhos. Como alternativa aos tirantes foi adotada a construção de contrafortes empregando o mesmo método construtivo de parede diafragma, construindo-se lamelas perpendiculares para servirem de apoio. A solução adotada diante da impossibilidade de instalação de tirantes se mostrou satisfatória do ponto de vista de estabilidade global e de deformações. A escolha representou em uma vantagem executiva permitindo a construção da contenção antes da escavação total do terreno, diferentemente das contenções usuais empregando contrafortes. Também são apresentadas outras soluções de contenção adotadas nesta obra.

PALAVRAS-CHAVE: Contenções, Parede diafragma, Lamelas, Tirantes, Estaca raiz.

1 INTRODUÇÃO

Para a construção de um empreendimento imobiliário na cidade de Porto Alegre em um terreno de grande aclave, foi necessário projeto de contenções para escavações da ordem de 8,0 m de altura.

Um dos tipos de contenções de solo mais usadas atualmente são as paredes diafragmas atirantadas. Esta solução requer geralmente a instalação de tirantes no subsolo de terrenos vizinhos. Por não ter sido obtida a autorização do vizinho para a instalação dos tirantes, não foi possível a execução destes elementos de ancoragem além das divisas. Por este motivo foi necessário lançar mão de uma solução não convencional, empregando cortinas de parede diafragma com contrafortes.

Nos itens subsequentes é feita uma descrição geotécnica do local da obra e de questões envolvendo o projeto e execução das soluções adotadas no empreendimento.

2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

2.1 Descrição do empreendimento:

O empreendimento em estudo localiza-se na rua Doutor Mário Totta, 701 em Porto Alegre/RS. A obra consiste em um edifício residencial de cinco pavimentos, cada um com área de aproximadamente 1.100 m², com dois subsolos e uma galeria de lojas comerciais.

O terreno de implantação do empreendimento possui um aclave da rua até os fundos, sendo o desnível de aproximadamente 8 m. O volume de material a ser removido pelas escavações é de cerca de 9.500 m³.

2.2 Investigação geotécnica:

No terreno foram executados seis furos de sondagens à percussão. Os resultados mostraram que o solo local é composto por uma camada de argila com areia de granulação

variada, com a presença de alguns pedregulhos. A consistência da argila varia de média à dura, e a espessura desta camada varia de 4,70 a 9,10 m. Foram obtidos valores de N_{spt} de 6 a 29.

Sob a argila encontra-se alteração de granulação variada, siltsosa, com pedregulhos, predominando a cor amarela variada, que parte de um $N_{spt}=28$ e se estende até o impenetrável à percussão encontrado entre 7,90 e 10,20 m de profundidade.

O nível d'água, medido após 24 horas, variou entre 2,50 e 5,60 m de profundidade.

A Figura 1 apresenta o perfil geotécnico do solo na região onde foram executadas as contenções em estudo, localizada no setor B (Figura 2).

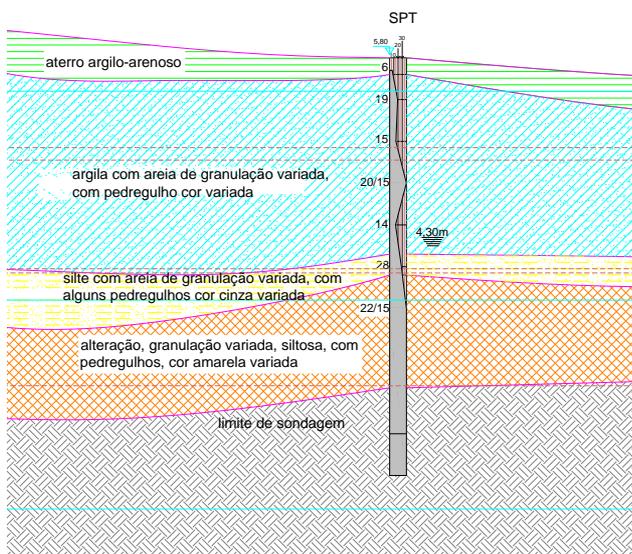


Figura 1: perfil geotécnico do solo no setor B

3 SOLUÇÕES ADOTADAS

Para a implantação do empreendimento apresentado neste estudo, foi realizada uma escavação tendo como base a cota da calçada para o local da galeria de lojas comerciais, e a cota -1,50 m para o subsolo da torre residencial.

As escavações e contenções foram divididas em setores conforme apresentado na Figura 2.

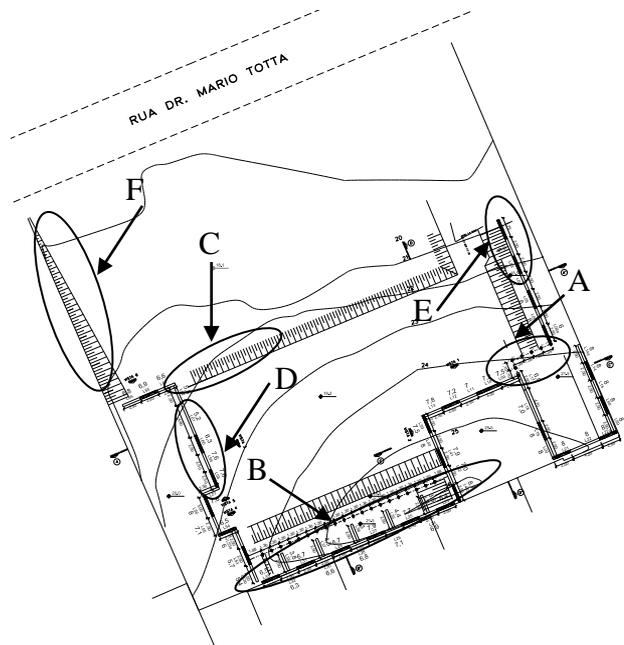


Figura 2: localização dos setores de escavação e contenção

A seguir são apresentadas as soluções para as escavações e contenções adotadas no projeto do empreendimento em estudo.

3.1 Contenções empregando lamelas como contrafortes

Foi concebida uma contenção com cortina em Paredes Diafragma Atirantada e Contraventada com as lajes da estrutura para escavações da ordem de até 8,0 m de altura. Esse sistema apresenta a grande vantagem de permitir a construção das contenções antes da execução da escavação. A Figura 3 ilustra o sistema executivo.

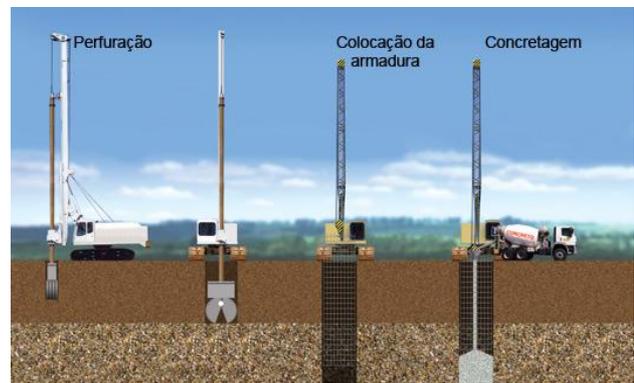


Figura 3: sistema executivo das paredes diafragma (lamelas)

Tabela 1: parâmetros geotécnicos das camadas da seções transversais analisadas

Camada	Peso específico		Ângulo de atrito interno (°)	Coesão efetiva (kPa)
	natural (kN/m ³)	saturado (kN/m ³)		
Argila média com areia e pedregulhos	18	18	15	20
Argila dura com areia e pedregulhos	19	19	20	30
Alteração de granulação variada com pedregulhos	20	20	25	30

Inicialmente foi verificada a estabilidade do talude superior junto à divisa (Figura 7) que forneceu fator de segurança 1,37. De acordo com a norma brasileira de estabilidade taludes NBR 11682 (ABNT, 2009), este valor é insuficiente, o que motivou a construção da contenção para o talude superior.

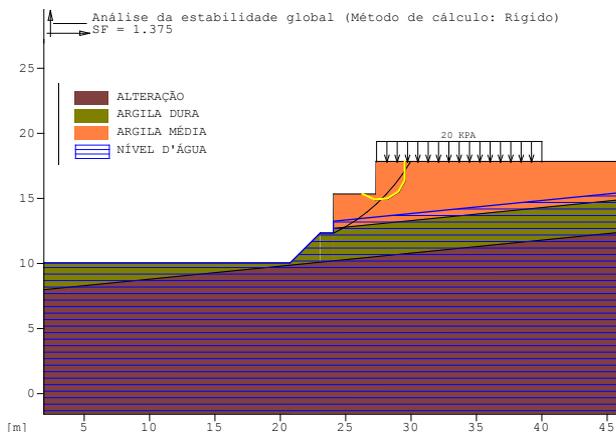


Figura 7: análise de estabilidade do talude superior junto à divisa com superfícies circulares de acordo com o método de Bishop

A estabilidade quanto a uma ruptura global foi também analisada, e na Figura 8 é apresentada a superfície crítica para a seção transversal calculada pelo método de Bishop, que forneceu fator de segurança igual a 2,25.

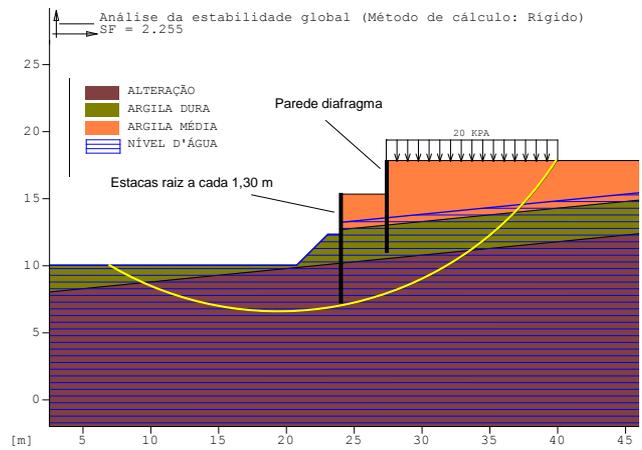


Figura 8: análise de estabilidade global com superfícies circulares de acordo com o método de Bishop

3.2 Contenções utilizando estacas raiz com perfil metálico embutido

Em dois trechos do terreno, setores A e B da planta de escavação (Figura 2), constatou-se a presença de rocha o que impedia a utilização da conclusão desse sistema de contenção originalmente projetado. Optou-se então pela execução de uma cortina em estacas raiz, que também são perfuradas antes escavação do terreno. Dentro destas estacas foram embutidos perfis metálicos W200x71.

A Figura 9 ilustra uma configuração típica para a solução em estacas raiz com perfis metálicos.

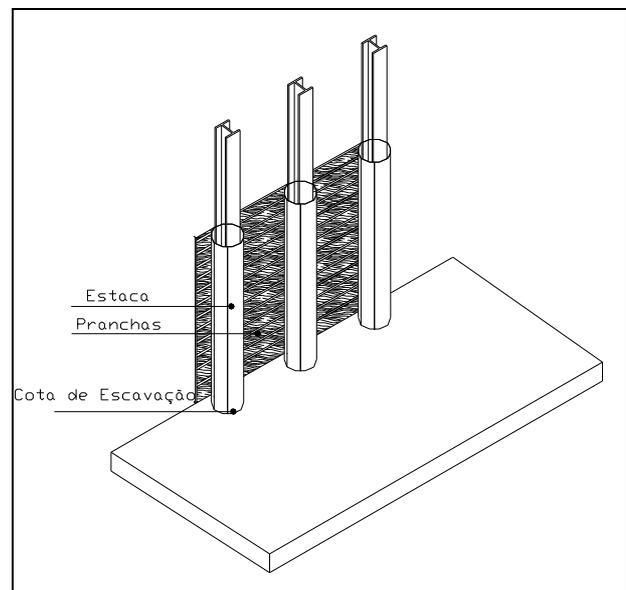


Figura 9: detalhe do pranchamento de uma contenção com estacas e perfis metálicos

Nesse sistema a execução da cortina é feita após a escavação do terreno sendo necessário proteger o corte contra eventuais quedas e desmoronamentos com o uso de pranchas de madeira entre os perfis.

Porém quando o terreno se mostra estável e seco e pode-se contar com segurança que a montagem das formas e armaduras se dará com rapidez, é possível não executar o pranchamento, realizando a concretagem diretamente contra o terreno. Tal é, por exemplo, a situação ocorrida no trecho mostrado pela Figura 10. A sondagem indicava um terreno estável, mas a decisão de suprimir o pranchamento é tomada durante a execução.



Figura 10: execução da contenção no setor A

A Figura 11 apresenta esquematicamente a contenção com perfis metálicos e pranchamento.

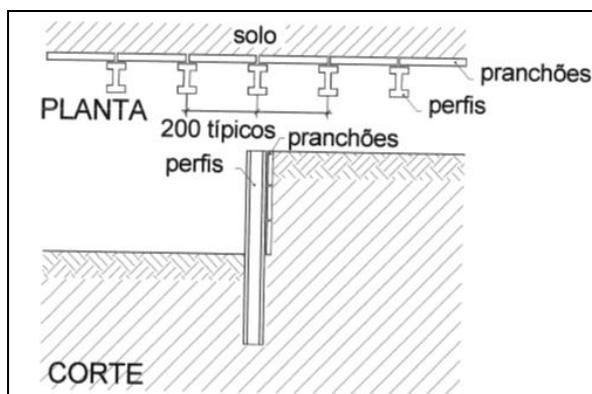


Figura 11: representação esquemática da contenção com perfis metálicos e pranchamento

Situação semelhante ocorre quando temos pequenos trechos de panos de concretagem. Repare que essa solução só pode ser adotada, e

o foi neste caso, em terrenos estáveis que permitam corte à prumo, dentro é claro de uma altura limite.

No caso desta obra as alturas foram estudadas e avaliadas com inspeções ao local da escavação.

As imagens da Figura 12 mostram a sistemática adotada de concretagem por pequenos panos em módulos horizontais e verticais.



Figura 12: concretagem das contenções em módulos horizontais e verticais (setor B)

A estabilidade das escavações sem a necessidade de contenção foi avaliada para taludes cortados à prumo com até 3 metros de altura. Foi empregado o método de Culmann para análise de taludes finitos com superfície de ruptura plana (BRAJA, 2007; GERSCOVICH, 2012). Esta metodologia tem como base a hipótese de que a ruptura de um talude ocorre ao longo de um plano quando a tensão de cisalhamento que tende a causar o deslizamento é maior que a resistência ao cisalhamento do solo. Além disso, o plano mais crítico é aquele que tem uma relação mínima entre a tensão média de cisalhamento que tende a causar a ruptura e a resistência ao cisalhamento do solo.

A altura máxima do talude para o qual o equilíbrio crítico ocorre é:

$$H_{cr} = \frac{4c'}{\gamma} \left[\frac{\text{sen}\beta \cdot \text{cos}\phi}{1 - \text{cos}(\beta - \phi')} \right] \quad (1)$$

onde:

H_{cr} : altura crítica até a qual a talude é estável;

c' : coesão do solo;

γ : peso específico do solo no estado natural;

β : inclinação da face do talude em relação à

horizontal;

Φ : ângulo de atrito interno do solo.

Assim adotou-se:

$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ (peso específico do solo natural);

$\Phi = 15^\circ$ (ângulo de atrito do solo);

$\beta = 90^\circ$ (talude na vertical);

$c' = 20 \text{ kPa}$ (coesão do solo).

Com os parâmetros adotados, obtém-se $H_{cr} = 5,78 \text{ m}$. Com essa altura crítica calculada descobre-se o fator de segurança do talude, que é:

$$FS = \frac{H_{cr}}{H} = \frac{5,78}{3} = 1,92 \quad (2)$$

onde:

H_{cr} : altura crítica calculada para o talude com inclinação 1:1 (H:V);

H: altura do talude existente.

Como o fator de segurança obtido foi maior do que 1,5 adotamos essa altura de corte como aceitável para a obra.



Figura 13: talude do setor C

3.3.1 Escavação em taludes

Como o sistema de contenção (paredes diafragmas) não conseguiu atingir a cota de implantação da obra devido à presença de camada impenetrável deixou-se um talude (ou berma) de equilíbrio, que tem a função de contrapeso ao empuxo atuante. Esse maciço de terra é estável pela sua geometria e exerce um importante fator de segurança para a obra. Sua remoção se dá após a execução da laje do subsolo.

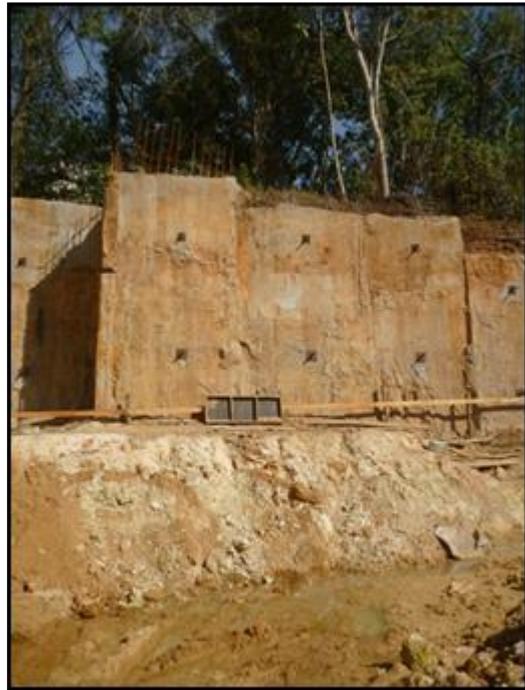


Figura 14: parede diafragma com berma de equilíbrio (setor D)

3.3 Outras situações encontradas na obra

Adicionalmente, existem outras quatro situações de escavação na obra em análise, que são apresentadas nos itens a seguir.

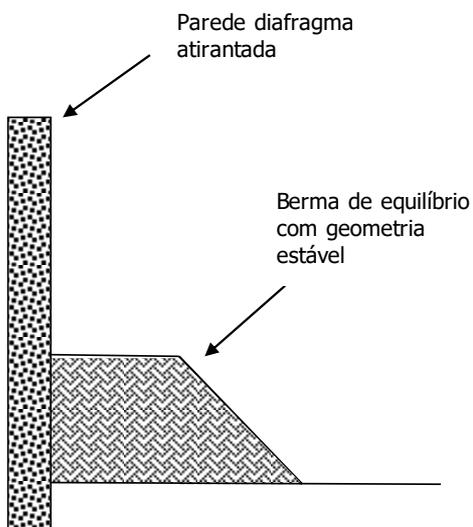


Figura 15: representação esquemática da solução em parede diafragma com bermagem de equilíbrio (setor D)

3.3.2 Escavação de pequena altura

Taludes de pequenas alturas em solos bastante coesivos (como é o caso desta obra) são estáveis mesmo à prumo, conforme pode ser observado na foto.



Figura 16: escavações de taludes de pequena altura (setor E)

3.2.3 Escavação aparente

A Figura 17 ilustra uma situação onde aparentemente temos uma grande escavação (área à direita da linha tracejada), contudo o desnível de fato em relação ao vizinho é pequeno, sendo apenas a altura compreendida abaixo da linha pontilhada horizontal.



Figura 17: escavação aparente (setor F)

Porém o mesmo não ocorre na faixa à esquerda da foto (Figura 17) onde medidas de contenção devem ser tomadas.

3.2.4 Escavação de risco

Para a situação apresentada no item 3.2.3 a medida imediata a ser tomada é o escoramento do talude com pranchas de madeira travadas com pontaltes ancorados no terreno conforme detalhe da Figura 18.

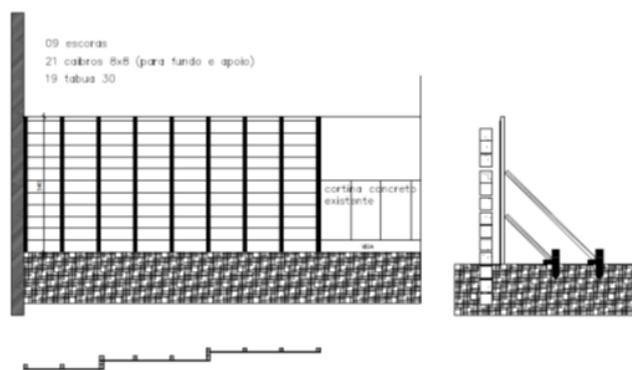


Figura 18: escoramento do talude com pranchas de madeira

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A solução adotada empregando paredes diafragmas (lamelas) com contrafortes, adotada como alternativa devido a impossibilidade do uso de tirantes, se mostrou satisfatória do ponto de vista de estabilidade global e de deformações.

Este método constituiu uma vantagem executiva permitindo a construção da contenção

antes da escavação total do terreno, diferentemente das contenções usuais empregando contrafortes.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11682: estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.
- Braja, M. D. Fundamentos de engenharia geotécnica. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- Gerscovich, D. M. Estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de textos, 2012.
- Joppert Jr., I. Fundações e contenções de edifícios. São Paulo: PINI, 2007.
- Lambe, T. W.; Whitman, R. V. *Soil mechanics*. John Wiley e Sons, 1969.
- Ortigão, J. A. R. Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos. Editora LTC, 1993.
- Penna, A. S. D. Apostila de Fundações I – Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie, 2001.
- Schnaid, F.; Nacci, D.; Milititsky, J. Aeroporto internacional Salgado Filho: infra-estrutura civil e geotécnica. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 2001.