

# **UM CASO DE OBRA ESPECIAL: CONTENÇÃO PELO MÉTODO DE SOLO GRAMPEADO, SUBJACENTE A UM SOLO GRAMPEADO PRÉ-EXISTENTE**

## **AUTORES**

Engenheiro Alberto Casati Zirlis, diretor da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda.

[zirlis@solotrat.com.br](mailto:zirlis@solotrat.com.br)

Engenheiro George Joaquim Teles de Souza, diretor da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda.

[georgeteles@solotrat.com.br](mailto:georgeteles@solotrat.com.br)

Geólogo Cairbar Azzi Pitta, diretor da Solotrat Engenharia Geotécnica Ltda.

[azzi@solotrat.com.br](mailto:azzi@solotrat.com.br)

## **RESUMO**

Entre julho de 2007 e abril de 2008 foi realizada uma obra inédita, usando-se o Solo Grampeado como técnica de arrimo.

Na cidade de Santo André (SP), foi escavado verticalmente subsolo com profundidade entre 3,10 e 10,35 metros, sendo que duas das faces dos taludes escavados são subjacentes a Solo Grampeado executado anteriormente.

A execução bem sucedida desta obra respondeu à questão colocada por consultores e construtores: o quê acontecerá quando um talude contido por Solo Grampeado tiver seus chumbadores cortados?

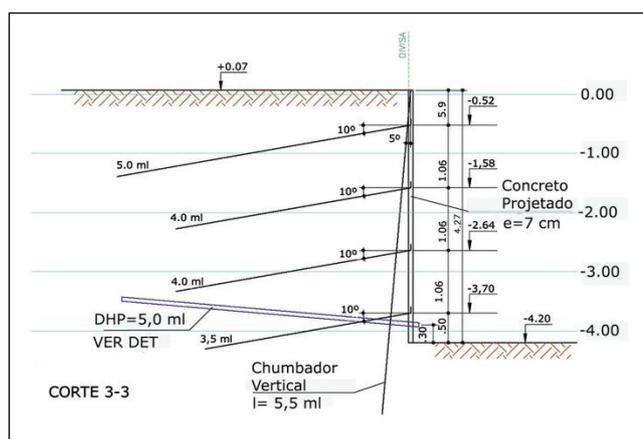
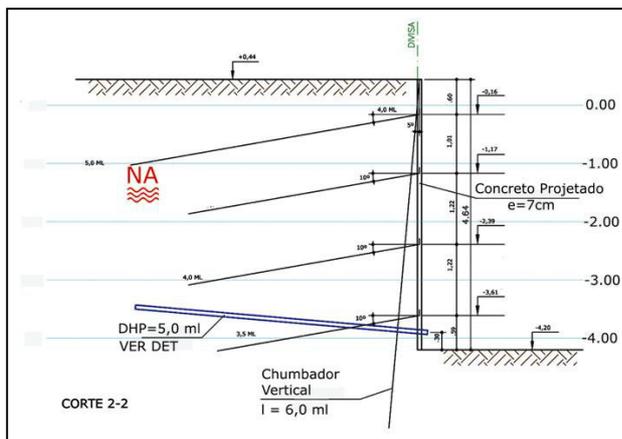
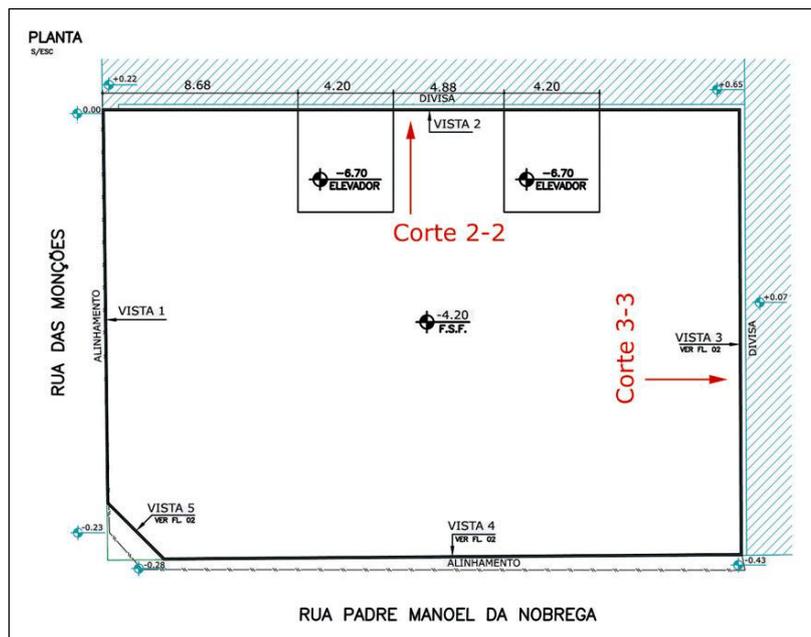
A resposta foi dada com a execução desta obra, amplamente documentada por meio de fotos e filmagens. Parte dos estudos realizados e das imagens obtidas estão relatadas neste caso especial de obra.

# UM CASO DE OBRA ESPECIAL: CONTENÇÃO PELO MÉTODO DE SOLO GRAMPEADO, SUBJACENTE A UM SOLO GRAMPEADO PRÉ-EXISTENTE

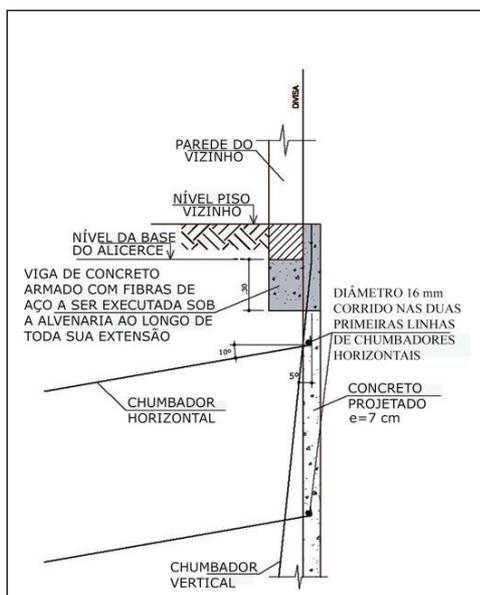
## INTRODUÇÃO

Em julho de 2005, executamos a contenção das paredes verticais de subsolo para a construção de um prédio comercial na cidade de Santo André (SP). Mais precisamente, a obra, de nome Edifício Astor, está localizada na rua Monções, esquina com a rua Padre Manoel da Nóbrega.

O projeto geotécnico, de autoria da M. Hosken Consultoria de Fundações e Mecânica de Solos, previa a contenção das escavações verticais por solo grampeado, cujo projeto pode ser visualizado nas Figuras 1, 1A e 1B. A contratante da obra foi a Dalla Construções e Empreendimentos.



Figuras 1, 1A e 1B: Planta do projeto das contenções, com detalhes dos cortes 2-2 e 3-3.



Detalhe do reforço para fundação das construções vizinhas.

Pedimos especial atenção para os cortes 2-2 (Vista 2) e 3-3 (Vista 3), com alturas de 4,64 e 4,27 metros, respectivamente, pois eles serão retomados à frente como protagonistas primeiros deste artigo.

Estes dois cortes estavam adjacentes a outras construções, casas de alvenaria muito antigas. Para evitar problemas foram feitos reforços nas fundações dos muros lindeiros, conforme mostra a Figura 2.

Na região das ruas, foram tomados cuidados especiais para não se atingir tubulações de água, esgoto, gás, telefone etc.

A área escavada verticalmente, que compreende o corte 2-2 (Vista 2), tem 28,09 metros de extensão e profundidade entre 4,42 e 4,64 metros. A composição do solo era a seguinte: até 1 metro de profundidade, Aterro de Entulho; de 1 a 2 metros, Argila Arenosa, Porosa, Marrom; de 2 a 5,50 metros, Argila Silto Arenosa; e, abaixo disso, Argila Siltosa, Cinza, Amarela e Vermelha.

Conforme especificado em projeto, foram instaladas quatro linhas de chumbadores com inclinação de  $10^\circ$ , cada uma delas com 24 chumbadores, distantes 1,17 metros. A primeira linha com

5 metros de profundidade, a segunda e terceira com 4 metros, e a quarta com 3,5 metros.

Para o suporte do muro de divisa e pré-contenções, foram instalados também 24 chumbadores verticais, com 6 metros de profundidade cada um.

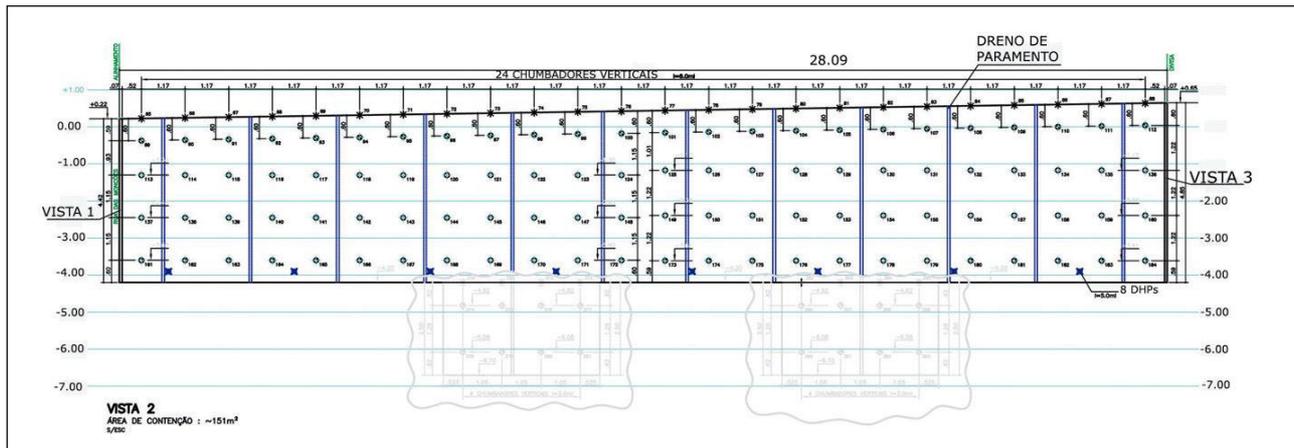


Figura 3: Vista 2 da área de contenção executada.

Foram executadas doze linhas de dreno de paramento, com drenos fibroquímicos, e introduzidos oito drenos sub horizontais profundos, a 5 metros de profundidade, abaixo da última linha de chumbadores.

O revestimento final foi feito com uma camada de 7 cm de concreto projetado, tendo como armação

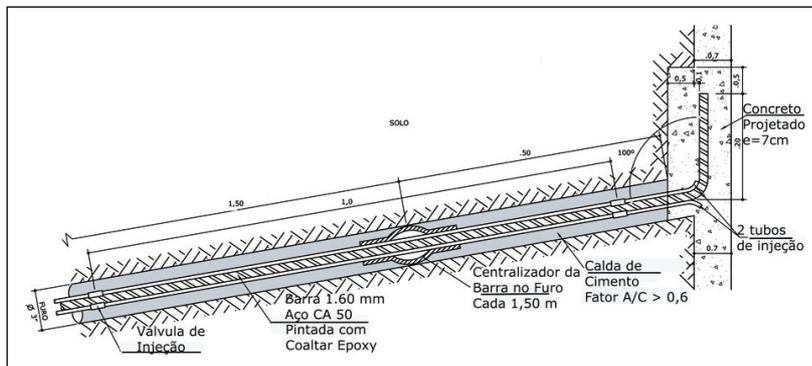


Figura 4: Detalhe da cabeça dos chumbadores.

fibras sintéticas de polietileno de alta resistência. Todos estes detalhes podem ser vistos nas Figuras 3 e 4.

A área escavada verticalmente no corte 3-3 (Vista 3) tem 19,77 metros de extensão, e atingiu 4,27 metros de profundidade. A composição do solo era a seguinte: até 0,40 cm de profundidade, Aterro de Entulho; de 0,40 a 1,46 metro, Argila Arenosa, Porosa, Marrom Clara; de 1,46 a 5,50 metros, Argila Silto Arenosa; de 5,50 a 6,80 m, Argila Siltosa, Cinza e Vermelha; e abaixo

disso Areia Fina, Argilosa, Amarela, Marrom, com Pedregulhos.

Conforme especificado em projeto, foram instaladas quatro linhas de chumbadores com inclinação horizontal descendente de 10°, cada uma delas com dezesseis chumbadores, distantes 1,23 metros. A primeira linha com 5 metros de profundidade, a segunda e terceira com 4 metros, e a quarta com 3,5 metros.

Para o suporte do muro de divisa e pré-contenção, foram instalados também 16 chumbadores verticais, com 5,50 metros de profundidade cada um.

Foram executadas oito colunas de dreno de paramento, com drenos fibroquímicos, e introduzidos seis drenos sub horizontais profundos, a 5 metros de profundidade, abaixo da última linha de chumbadores.

O revestimento final foi feito com uma camada de 7 cm de concreto projetado, tendo como armação fibras sintéticas.

Todos estes detalhes podem ser vistos na Figura 5, no topo da próxima página.



Foto1: Edifício Astor, que teve suas obras concluídas no primeiro semestre de 2008.

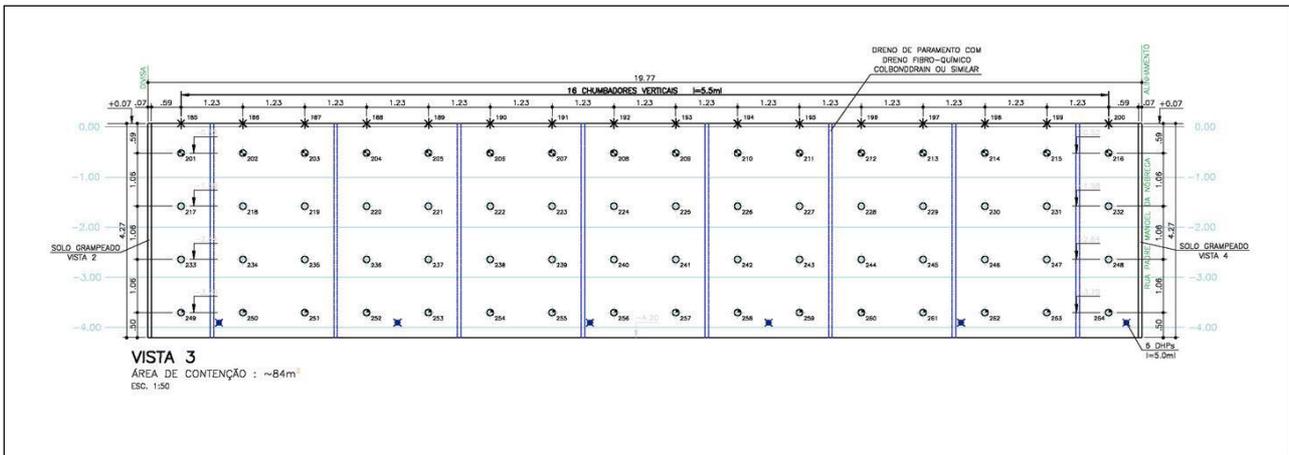


Figura 5: Vista da área 3 da contenção executada.

### A NOVA OBRA – BABY BEEF

Em agosto de 2007, fomos chamados novamente pelo mesmo projetista, para dar um parecer sobre uma nova obra, vizinha ao Edifício Astor, onde deveriam ser escavadas verticalmente paredes com até 10,35 metros de profundidade, onde será erguido um estabelecimento comercial, o Baby Beef Buffet.

Ou seja, para realizar a nova obra seria necessário um procedimento até então inédito em obras de contenções por solo grampeado em subsolos de edifícios, cortar os chumbadores da edificação já concluída e fazer a contenção embaixo desta região.

Como temos uma larga experiência na execução de contenções com esta técnica e já efetuamos muitos ensaios em diversas obras e em campos de provas, aceitamos com satisfação o novo desafio.

As obras foram iniciadas com as escavações da Vista 4, Vista 1, Vista 2 e Vista 3 (esta, adjacente ao corte 2-2 do Astor), nesta ordem. Veja a Figura 6.

É relevante informar, que o lençol freático ocorre a (-) 1,80 m da superfície, conforme pode ser observado nas Fotos 2, 3 e 4.

Quando as escavações da Vista 3 estavam adiantadas, inclusive já tendo atingido a área dos chumbadores a serem cortados, o proprietário da obra adquiriu um imóvel vizinho e houve uma modificação no projeto, com a inclusão das Vistas 2A, 5 e 6. Veja as Fotos 5 e 6, na próxima página.

Com isso, uma nova área de contenção do Edifício Astor foi afetada, com mais chumbadores a serem cortados (Vista 6, que está adjacente ao Corte 3-3 do Astor). Veja a Figura 7, na próxima página.

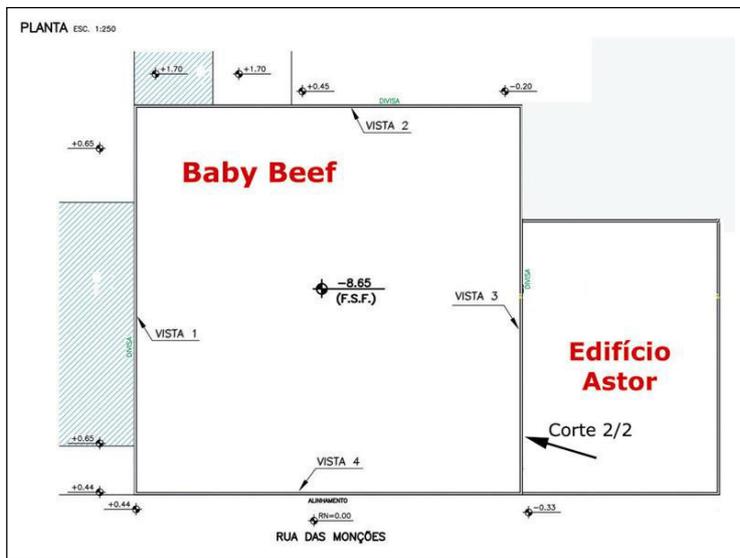


Figura 6: Planta do primeiro projeto geotécnico do Baby Beef.



Foto 2: Vista 4, presença de água



Foto 3: Vista 1, escavação em fase adiantada, com presença de água.



Foto 4: Detalhe da Vista 1, com destaque para DHPs.



Foto 5: Escavações e contenções em fases adiantadas (Vistas 1 e 2).



Foto 6: Primeira linha de chumbadores à mostra, antes da modificação no projeto. (Vista 3).

### Os detalhes da obra nas paredes adjacentes ao Edifício Astor

A área escavada na Vista 3 tem extensão de 28,50 metros e desceu a 9 metros de profundidade, ou 4,30 metros abaixo da linha escavada no Astor. Então tiveram de ser colocadas, embaixo do Astor, quatro linhas com 23 chumbadores cada, com inclinação horizontal descendente de 10° e profundidades entre 3 e 5 metros. Foram necessários ainda de 23 chumbadores verticais a 9,50 metros de profundidade e doze drenos de paramento.

Nas escavações foram cortadas as quatro linhas de chumbadores do Astor, conforme mostra a Foto 4.

A composição do solo: até 1 metro de profundidade Argila Plástica pouco Arenosa, Marrom Clara; de 1 a 2,60 metros Argila Plástica pouco Arenosa, com Pedregulhos Médios, Variegada (Vermelha); de 2,60 a 3,65 metros Argila Plástica muito Arenosa Variegada (Cinza Clara); de 3,65 a 6,95 metros Argila Arenosa Variegada (Rósea); de 6,95 a 8,30 metros Areia Média pouco Argilosa, com Pedregulhos Grossos, Variegada (Cinza Amarelada); abaixo disso Argila Plástica Siltosa pouco Arenosa, Variegada (Vermelha).

Conforme especificado em projeto, o revestimento foi feito com camada de 7 cm de concreto projetado armado com fibras sintéticas.



Foto 7: Primeiros chumbadores cortados (Vista 3).

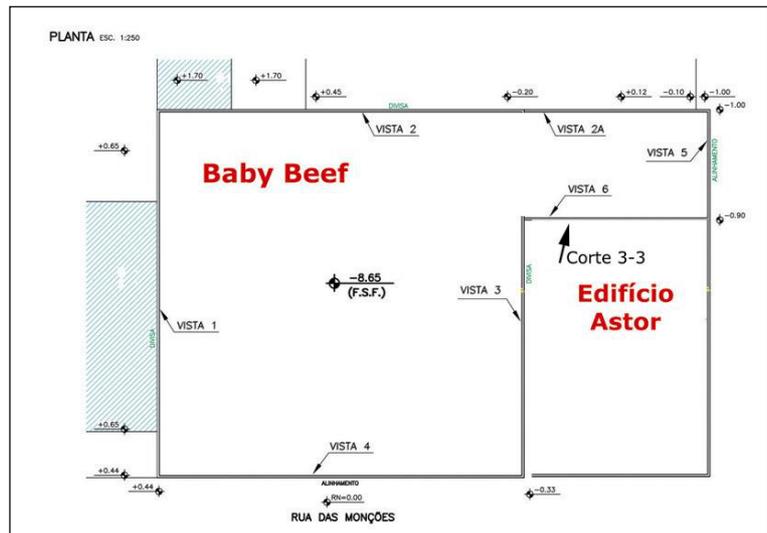


Figura 7: Alteração do projeto geotécnico devido a incorporação de nova área (Vistas 2A, 5 e 6).

A área da Vista 6 tem extensão de 20 metros e desceu a 9 metros de profundidade. Nas escavações foram cortadas as 4 linhas de chumbadores do Astor. Veja a Foto 8, na próxima página.

Para fazer a contenção foram executadas, embaixo do Astor, quatro linhas com dezoito chumbadores cada uma, distando um do outro 1,14 metro, com inclinação horizontal descendente de 10° e comprimentos entre 3 e 5 metros. Foram instalados também dezoito chumbadores verticais com 5 metros de profundidade, a partir da cota (-) 4,46 metros. Veja a Foto 9, na próxima página.

Nove drenos de paramento e seis drenos sub horizontais profundos foram instalados.



Foto 8: Vistas 2A, 5 e 6 – da direita para a esquerda. Na Vista 6, linhas de chumbadores cortados.



Foto 9: Vista 6, já com os chumbadores instalados embaixo do Astor e revestida de concreto projetado.

A composição do solo é idêntica à da Vista 3.

Ressalte-se aqui a importância fundamental da injeção do chumbador. Cada um deles tem todas as suas informações de construção registradas: perfurações, volumes e pressões de injeção. Desta forma temos uma imagem de como o solo se caracteriza.

O grupo das Figuras 7 (na página anterior), 8 (abaixo), e os Gráficos 1 e 2 (ambos na próxima página) ilustra esta colocação, adotando a parede 6 como exemplo.

O Gráfico 9 representa as curvas de igual volume total que cada chumbador recebeu. Esta mesma representação se dá no Gráfico 10, apresentado em três dimensões.

Para acompanhar as possíveis deformações durante as escavações, foi instalado um extensômetro com comprimento livre de 6 metros. Veja na próxima página o Gráfico 3, que se refere às deformações observadas na Vista 6, e a Figura 8, com as características do extensômetro instalado.

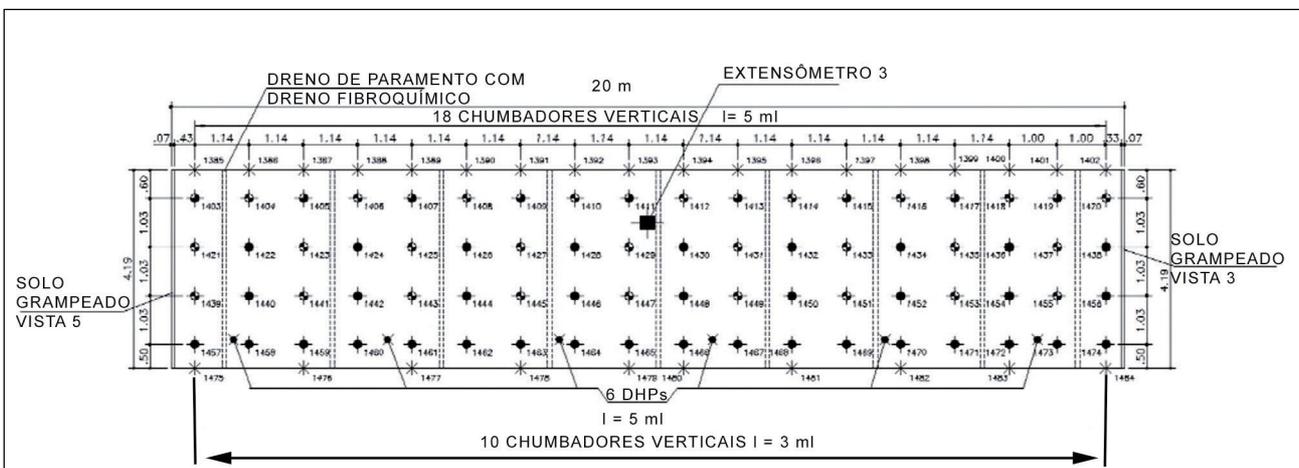


Figura 8: Vista 6, com extensão de 20 m, altura de 4,19 m e área de contenção de aproximadamente 84 m<sup>2</sup>.



Gráfico 1: Gráfico isovolumétrico das injeções de calda de cimento nos chumbadores da Vista 6.

### O uso do extensômetro múltiplo

A medida de deformação é a informação que indica o desempenho da obra. Temos buscado um sistema prático para a obtenção destes dados.

Desenvolvemos um sistema de hastes ancoradas a diferentes profundidades, com variados trechos livres (Veja as Figuras 9, 10 e 11, todas na próxima página). Para cada teste, mede-se com um paquímetro o deslocamento ao longo do seu eixo, com relação à face do concreto.

Embora esta seja uma informação passível de críticas com relação ao movimento real do maciço, trata-se de uma medida expedita, que poderá, com o tempo, ser muito utilizada. Até porque o seu desempenho relativo indica, pelo menos, se houve movimento e se este movimento cessou ou não.

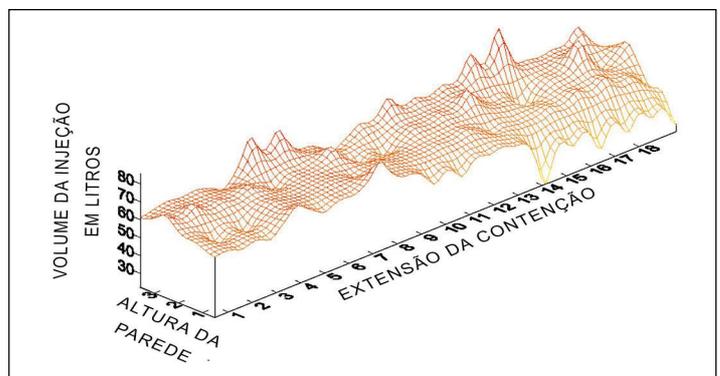


Gráfico 2: Gráfico Isovolumétrico das injeções de calda de cimento nos chumbadores.

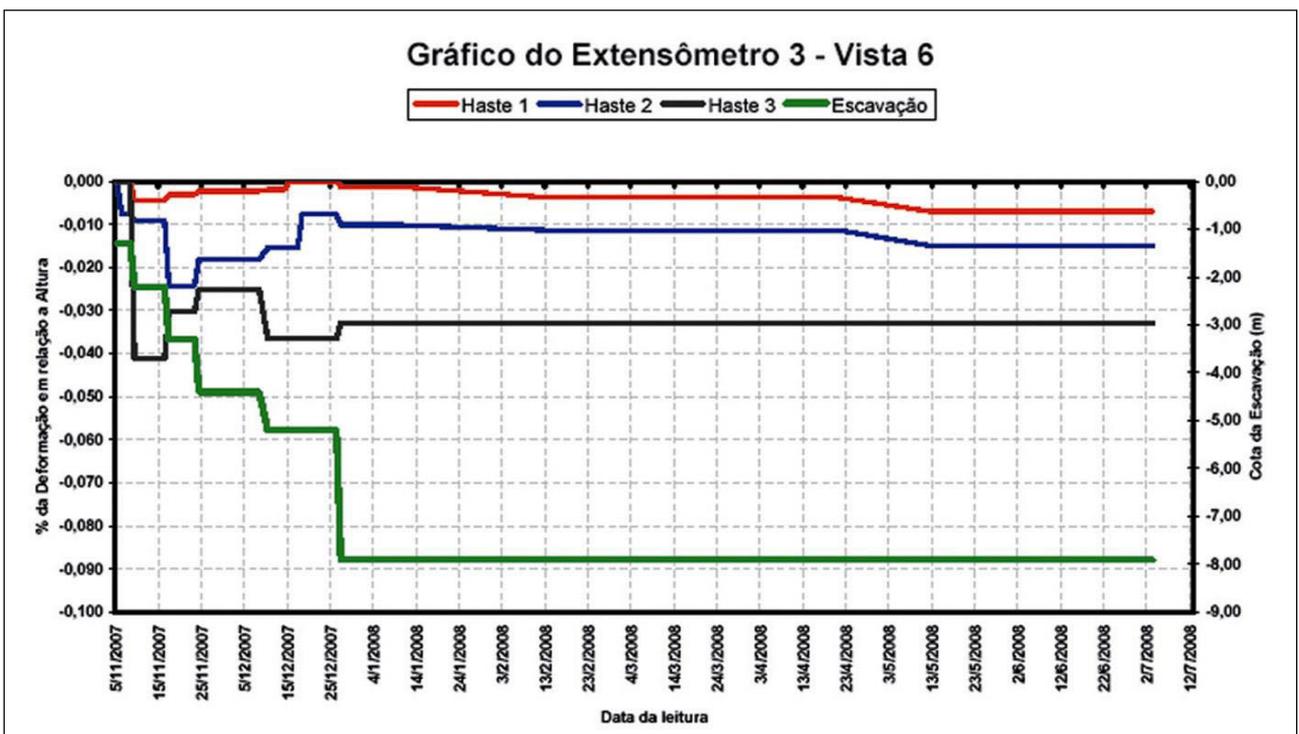
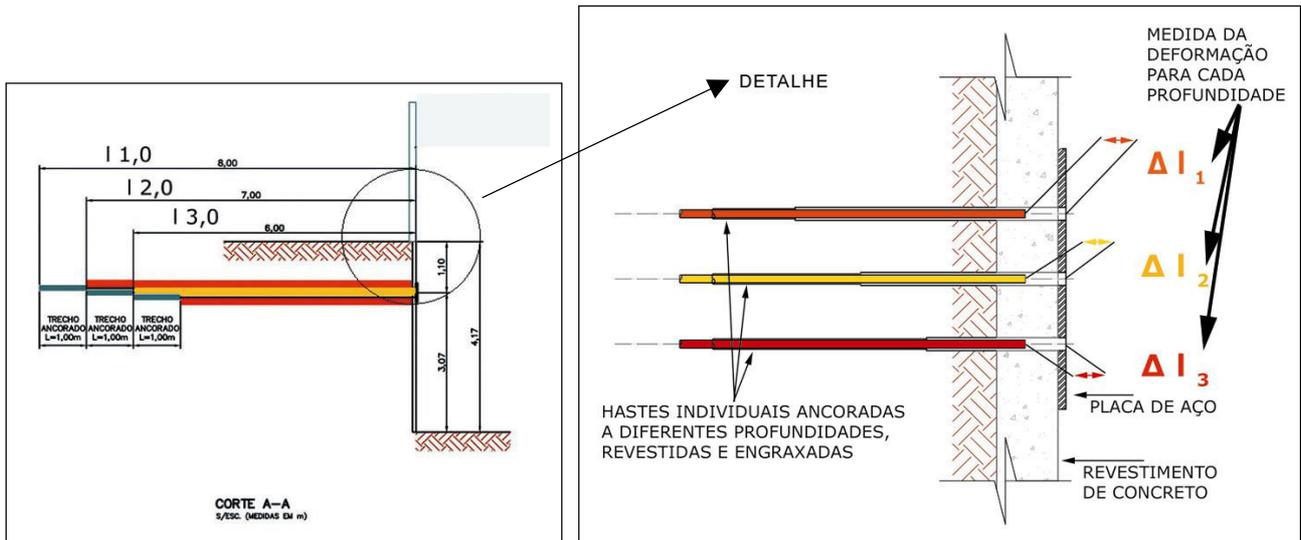


Gráfico 3: Resultados das leituras de deformações feitas com o extensômetro múltiplo na Vista 6.



Figuras 9 e 10: Detalhe do ponto de medida do extensômetro.

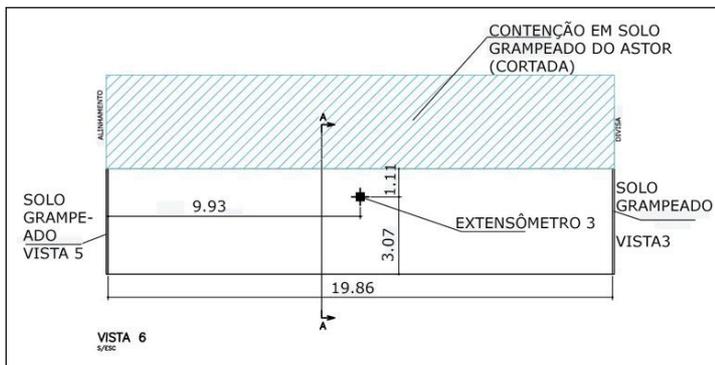


Figura 11: Características do extensômetro múltiplo instalado na Vista 6.

## CONCLUSÃO

Toda a obra do Baby Beef foi executada sem nenhuma repercussão na edificação vizinha, o Edifício Astor. As escavações foram realizadas, as quatro linhas de chumbadores adjacentes foram cortadas, e outras quatro linhas de chumbadores foram instaladas embaixo do Astor, com NA a (-) 1,80 da superfície.

Estamos desenvolvendo um método expedito de medida de deformações e, embora sua referência seja relativa, ele oferece informações muito úteis.

Com isso, respondemos aos questionamentos que consultores e construtores fazem em relação à efetividade do Solo Grampeado como método de contenção para subsolos de edifícios: e quando houver necessidade de se escavar o terreno adjacente, é possível usar o Solo Grampeado? E quando há ocorrência de lençol freático ao longo da escavação, também é possível?

A resposta foi dada nesta obra, totalmente bem sucedida.

A seguir, apresentamos algumas fotos das obras e uma seqüência ilustrativa dos trabalhos executados.



Foto 10: Plano geral da obra de Solo Grampeado do Baby Beef concluída.



Foto 11: Escavações da obra do Astor, quando já foi observada a presença do lençol freático a (-) 1,80 m da superfície.



Foto 12: Acompanhamento periódico com registros de deformações tomadas através do extensômetro, no Baby Beef.



Foto 13: Detalhe da Vista 3 do Baby Beef, com os chumbadores do solo grampeado do Astor já cortados.



Foto 14: Instalação de chumbador na obra do Baby Beef.

Foto 15: O Astor e as paredes adjacentes (Vistas 3 e 6) ao Baby Beef, com o novo solo grampeado, subjacente.



## SEQÜÊNCIA ILUSTRATIVA

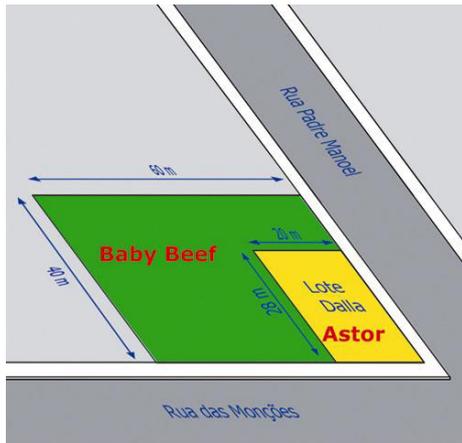


Figura 11: Áreas onde foram feitas as obras.

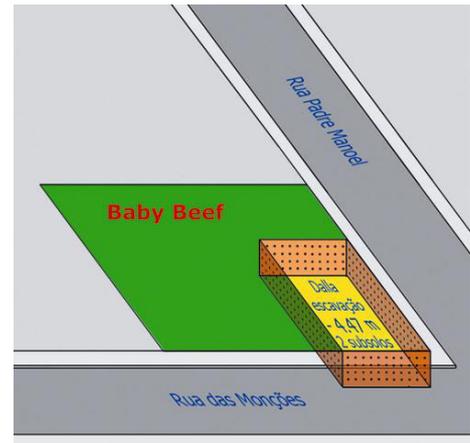


Figura 12: Solo grampeado do Astor.

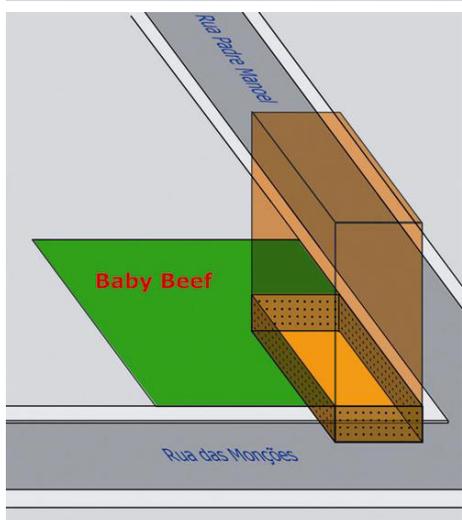


Figura 13: Edifício Astor concluído.

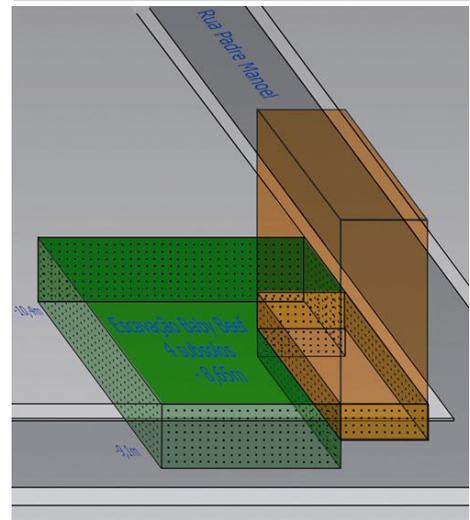


Figura 14: Solo grampeado do Baby Beef, adjacente e subjacente ao Astor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Zirlis, A.C.; Pitta, C.A., 1992, *Soil Nailing, Chumbamento de Solos: Experiência de Uma Equipe na Aplicação do Método*, na I Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (Cobrae), Rio de Janeiro (RJ).

Zirlis, A.C., 1998, *Solo Grampeado*, no livro *Fundações, Teoria e Prática*, Editora Pini, São Paulo (SP).

Pitta, C.A.; Zirlis, A.C., 2000, *Chumbadores Injetados: A Qualidade do Solo Grampeado*, no IV SEFE, São Paulo (SP).

Souza, G.J.T.; Pitta, C.A.; Zirlis, A.C., 2003, *Solo Grampeado, Alguns Detalhes Executivos, Ensaio – Casos de Obras*, no Workshop Solo Grampeado: Projeto, Execução, Instrumentação e Comportamento, ABMS-Sinduscon, São Paulo (SP).

Teixeira, A.H.; Teixeira, A.A.H.; Zirlis, A.C.; Pitta, C.A.; Souza, G.J.T.; Dechen, M., 2004, *Aeródromo Caiapó: Solo Grampeado em Vala Profunda*, na *Revista Engenharia*, número 565, São Paulo (SP).

Souza, G.J.T.; Pitta, C.A.; Zirlis, A.C., 2005, *Solo Grampeado: Aspectos Executivos do Chumbador*, na IV Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (Cobrae), Salvador (BA).

## AGRADECIMENTOS

Jornalista Ricardo Buono, pela preparação do texto, e engenheiro José Eduardo Moeller Hosken.