

## Contenção em Solo Grampeado permite a execução de quatro subsolos em empreendimento na cidade de Campinas

Guilherme Augusto Chaves Zacchello

Engenheiro Civil, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, guilherme.chaves@solotrat.com.br

George Joaquim Teles de Souza

Engenheiro Civil, Diretor, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, georgeteles@solotrat.com.br

Ricardo Brendolan

Engenheiro Civil, Solotrat Engenharia Geotécnica, São Paulo, Brasil, ricardo@solotrat.com.br

Ederaldo Batista de Sousa

Engenheiro Civil, Diretor, EBS Engenharia Geotécnica e Fundações, Santo André, Brasil, engenharia@ebsfundacoes.com.br

**RESUMO:** A crescente ocupação urbana, e a elevada valorização imobiliária, mostra que a máxima otimização dos espaços é premissa para qualquer projeto. Isto faz com que a utilização do subsolo dos terrenos se torne imprescindível. O presente artigo apresenta um estudo de caso de um edifício residencial com 04 níveis de subsolo, onde foi utilizado como contenção do terreno a técnica de solo grampeado. Para esta implantação foi necessária a escavação 14,00m abaixo do nível da rua. O lençol freático estava presente a 9,00m abaixo do mesmo nível. Serão apresentados todos os processos construtivos utilizados. Também serão abordados os problemas encontrados na execução dos serviços e as soluções para essas adversidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** contenção, solo grampeado, rebaixamento, drenagem, subsolo.

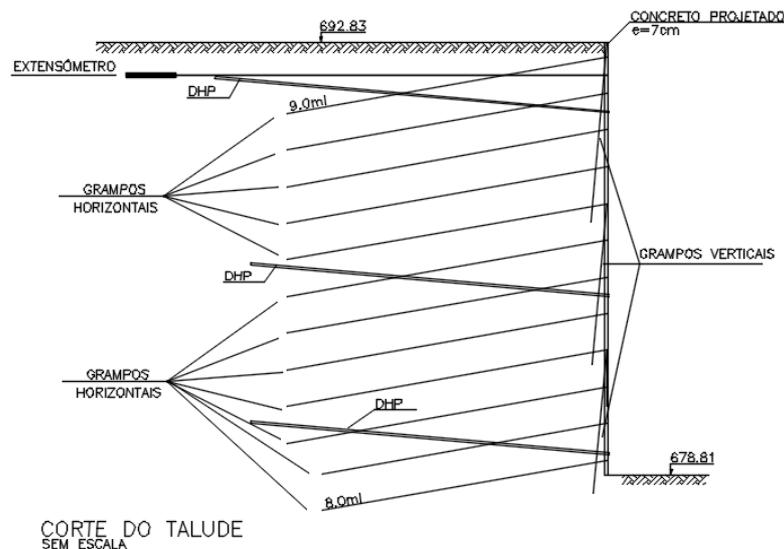
**ABSTRACT:** The urban occupation, and the real estate appreciation, shows that the maximum optimization of spaces is premise for any project and it makes essential the use of the subsoil. This article presents a study of a residential building with 4 subsoil levels, that was used soil nailing as soil containment. For this was necessary the excavation 14,00m below the street level and the use of containment in Soil Nailing. Ground water was at 9.00m below the street level. All construction processes used, the problems found implementing the techniques and solutions to these adversities will also be presented.

**KEYWORDS:** containment, soil nailing, retraction, drainage, subsoil.

## 1 Introdução

Contenções através da técnica do solo grampeado para edificações residenciais são cada vez mais frequentes no cotidiano da construção civil, devido principalmente ao seu baixo custo, versatilidade, alta velocidade de execução, e a aplicação em solos inconsistentes com presença de nível d'água. Para este artigo, será analisado uma obra no centro da cidade de Campinas, SP, região esta de grande densidade de prédios.

Trata-se de uma contenção de 2648 m<sup>2</sup> com 14,00 m, abaixo do nível da rua, sendo executados cerca de 2800 grampos sub horizontais.



**Figura 1:** Corte da contenção a prumo com 14,00 m de altura

## 2 Metodologia

Para o estudo de caso da obra, serão abordados os parâmetros para a escolha do solo grampeado, assim como os equipamentos utilizados, a forma de escavação utilizada, a execução da contenção e a instalação de instrumentos de aferição do comportamento da estrutura.

### 2.1 Estudos preliminares e características do solo

Para auxiliar na escolha do tipo de contenção foram realizadas 03 sondagens ao longo do terreno para se determinar as características do subsolo. Durante o processo registrou-se a cada metro, as resistências oferecidas pelo terreno à cravação de amostrador Terzaghi de diâmetros nominais interno e externos respectivamente de 34,9mm e 50,8mm, sob peso constante de 65 kg, em queda livre de altura de 75 cm, recolhendo-se simultaneamente amostras de material do subsolo.

A sondagem indicou uma camada inicial de argila muito arenosa, marrom clara e vermelha muito mole à média com espessura variando de 1,50 m à 9,30 m. A seguir foi encontrado argila siltosa vermelha, cinza e marrom clara rija com profundidade de até 11,80 m, e por fim um solo de silte argilo arenoso, vermelho, amarelo e cinza médio à duro até o limite das sondagens na profundidade de variando 23,45m à 26,45m. O nível d'água do lençol freático foi encontrado de 10,00 m a 11,72 m a partir a cota de execução das sondagens.

## 2.2 Escolha do tipo de contenção

Após estudo de estabilidade do solo, considerando os parâmetros em condição de umidade natural e condição saturada, foi escolhida como contenção a técnica do solo grampeado, técnica esta que se adapta muito bem ao tipo de implantação da edificação, com recortes, com custo relativamente mais baixo que outras alternativas, como a cravação de perfis metálicos, ou parede diafragma atirantada. Também como vantagem, o solo grampeado permite um rebaixamento do lençol freático sem a necessidade de ponteiros, além de causar patologias mais suaves e menos agressivas em edificações vizinhas. O projeto previu a utilização de grampos sub-verticais junto à crista da futura escavação, grampos sub-horizontais ao longo dos paramentos, e drenos horizontais profundos.

## 3 Solo Grampeado

Solo grampeado é uma técnica de melhoria de solos, que permite a contenção de taludes por meio da execução de grampos, concreto projetado e drenagem. Os grampos promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento e a drenagem age em ambos os casos (Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat, 2018, pag. 05).

### 3.1 Equipamentos utilizados

Para a execução do solo grampeado, são necessários alguns equipamentos específicos.

- Betoneira
- Compressor 900 pcm
- Bomba de concreto projetado CP-6
- Misturador duplo para calda de cimento
- Bomba de injeção de calda de cimento com estabilizador de pressão
- Bombas d'água
- Perfuratriz manual

### 3.2 Método de escavação

A escavação mecânica do terreno se deu de cima para baixo, em fases sucessivas (nichos), com profundidade média de 1,00 m, e largura variável de 1,00 a 2,00 m, dependendo do tipo de solo, pois durante a escavação, o solo deve permanecer sempre estável.



**Figura 2:** Escavação através de nichos

### 3.3 Perfuração do solo

Para a execução da perfuração em solo, foram utilizadas as perfuratrizes manuais, com diâmetros de 75mm, com água como fluido de limpeza do furo, observando quaisquer anomalias, como a perda d'água, resistência das camadas do solo, ou a própria estabilidade do furo. Nas duas primeiras linhas da contenção, e para alguns grampos, foi utilizado na perfuração um trado manual, para evitar possíveis danos em tubulações e instalações de serviços públicos, como água e esgoto.



Figura 3: perfuração através de perfuratriz manual

### 3.4 Grampos com injeção setorizada

Foram utilizadas barras de aço CA50 16mm. O preenchimento do furo (bainha) foi feito com calda de cimento (fator A/C de 0,6), de baixo para cima, com o auxílio de tubo de PVC rígido de pequeno diâmetro, introduzido no interior do furo. As injeções ao longo do furo foram setorizadas em no mínimo três mangueiras de injeção (mangueiras de polietileno de 8mm de diâmetro), com válvulas de injeção instaladas a cada 50 cm permitindo uma injeção mais uniforme.

DETALHE DA CABEÇA DOS CHUMBADORES  
ESC. 1:10

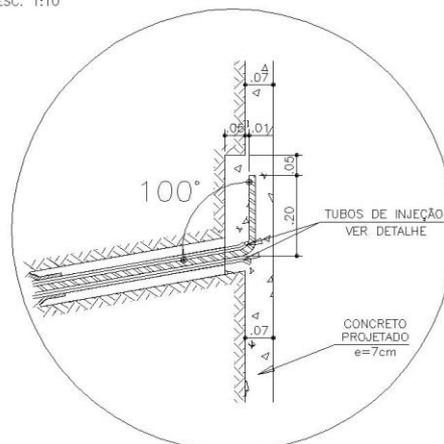
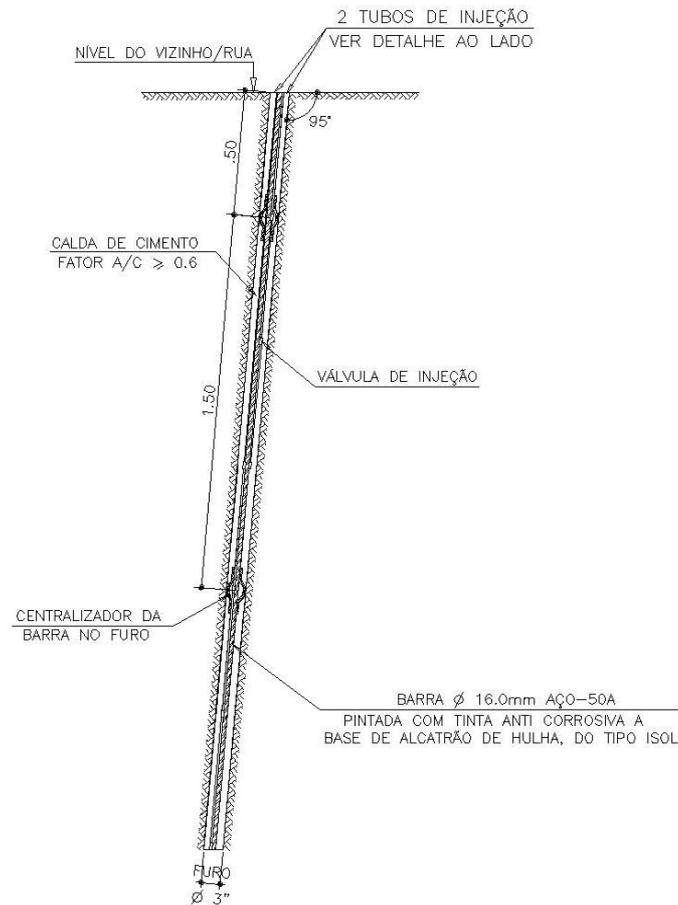
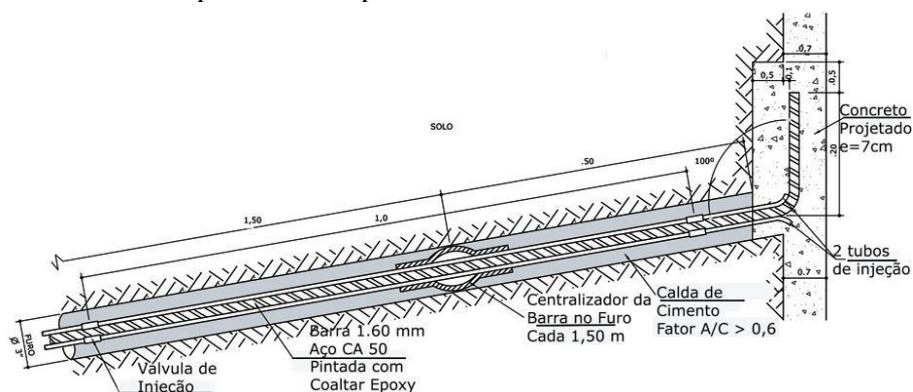


Figura 4: Detalhe da dobra dos grampos sub horizontais e corte do paramento de concreto projetado



**Figura 5:** Exemplo de grampo vertical

A instalação dos grampos sub verticais, além de visar uma maior produtividade, tratam com injeção a face da contenção, adensando-a previamente. É nessa face que os grampos sub-horizontais menos agem, devido ao fato de estarem muito próximas a superfície escavada.



**Figura 6:** Exemplo de montagem de grampo horizontal

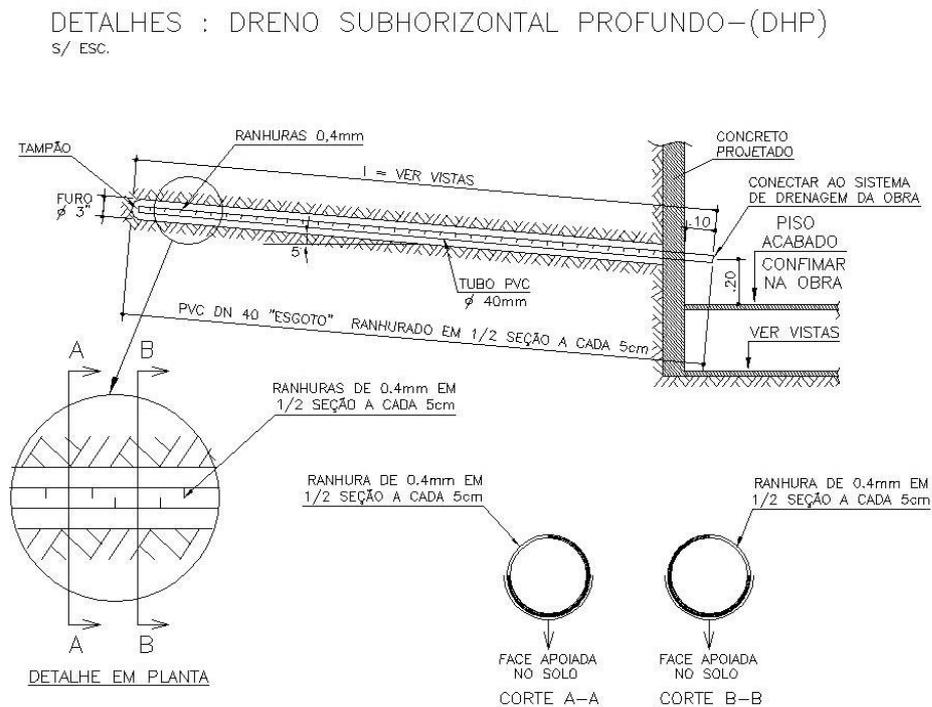
### 3.5 Aplicação de concreto projetado

O concreto projetado foi lançado por via seca, com a adição da água no bico de projeção, armado com fibras sintéticas, com espessura de 07 cm. O lançamento se deu com ar comprimido.

O traço do concreto, para um  $F_{ck} \geq 20,0$  Mpa, utilizado na obra foi o seguinte: Areia: 1150 Kg; Brita 0 (pedrisco limpo): 750 Kg; Cimento: 350Kg; Fibra de polietileno: 6Kg/m<sup>3</sup>; Fator Água / Cimento: 0,5

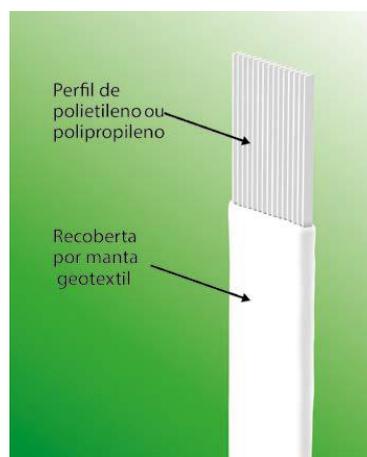
### 3.6 Os sistemas de drenagem aplicados

Para a drenagem, foram executadas 2 linhas de DHP's com tubos de 40mm, ranhurados, ao longo da obra.



**Figura 7:** detalhe do dreno subhorizontal profundo (DHP)

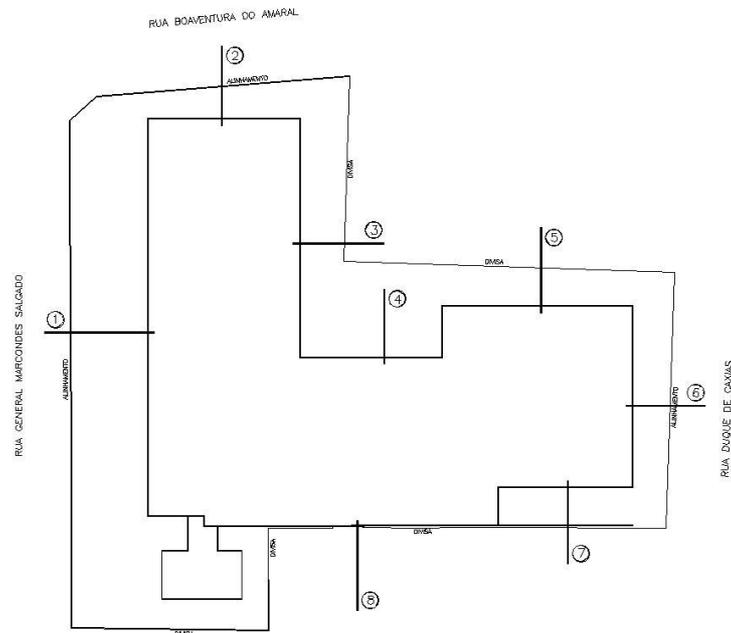
Também foram utilizados ao longo de todo o perímetro da obra, na direção vertical da crista até o pé da contenção, drenos fibroquímicos lineares de paramento com a função de promover o adequado fluxo da água vinda do topo do talude.



**Figura 8:** Dreno fibroquímico linear ou Fita Geodreno

### 3.7 Instrumentação através dos extensômetros

Foram instalados 8 extensômetros múltiplos nas maiores vistas da obra, permitindo aferir o comportamento da contenção como um todo.



**Figura 9:** Localização dos extensômetros

Esses extensômetros foram montados com 3 fios de 8mm, conforme figura 8, ancorados em pontos diferentes e livres na cabeça, onde seus alongamentos são medidos em relação ao paramento.



**Figura 10:** Exemplo de montagem do extensômetro instalado na obra

As leituras foram feitas diariamente durante todo o avanço da contenção e após a conclusão da obra, semanalmente durante os três meses seguintes. Esses resultados obtidos irão atestar ao longo do tempo, informações vitais sobre a qualidade executiva da contenção.

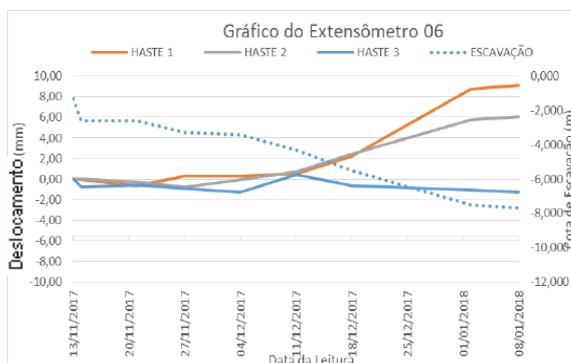


**Figura 11:** Leitura do extensômetro (fonte: Manual Solotrat, 2018, p. 19)

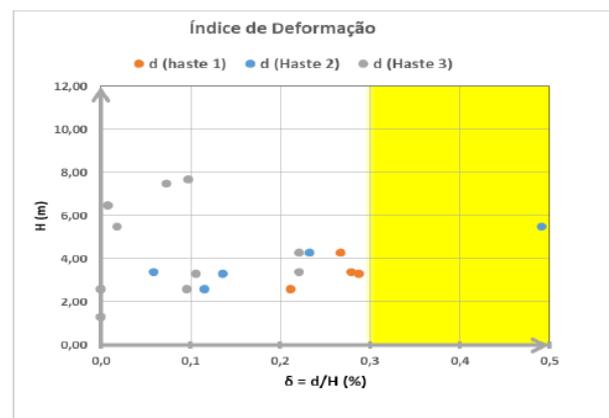
Para aferir a estabilidade do solo grampeado, com os dados obtidos em campo, calcula-se a deformação horizontal da crista, valor este representado pela relação em porcentagem entre a deformação medida e a altura escavada. Seguem abaixo as leituras realizadas em dois dos oito extensômetros instalados na obra, assim como seus respectivos gráficos.

**Tabela 1:** Leituras realizadas no extensômetro 06

Leitura diária antes do início das atividades		Extensômetro n°: 6			Vista: 07	
Data	Horário	Deslocamento (mm)			Altura em relação ao topo (m)	H=Altura em relação ao pé (m)
		Haste 1 c(m)= 14,00	Haste 2 c(m)= 9,00	Haste 3 c(m)= 4,00		
13/11/2017	08:23	16,80	15,20	21,00	2,50	1,30
14/11/2017	07:26	16,70	15,20	20,20	2,50	2,60
21/11/2017	08:03	16,15	14,90	20,45	2,50	2,60
27/11/2017	08:14	17,10	14,45	20,10	2,50	3,30
04/12/2017	08:06	17,10	15,10	19,70	2,50	3,40
11/12/2017	08:14	17,30	15,90	21,40	2,50	4,30
18/12/2017	08:02	19,05	17,60	20,35	2,50	5,50
26/01/2018	07:20	24,60	19,60	20,50	2,50	6,50
02/01/2018	07:42	25,55	20,95	19,90	2,50	7,50
08/01/2018	07:38	25,90	21,25	19,70	2,50	7,70



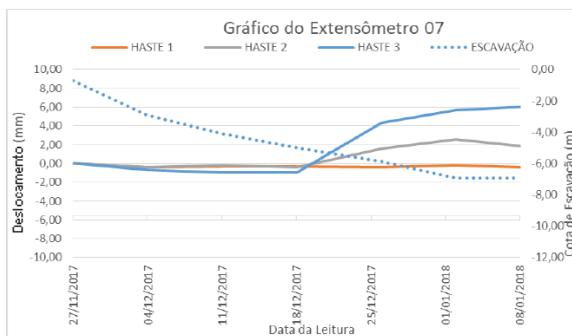
**Gráficos 1:** deslocamento em relação a altura



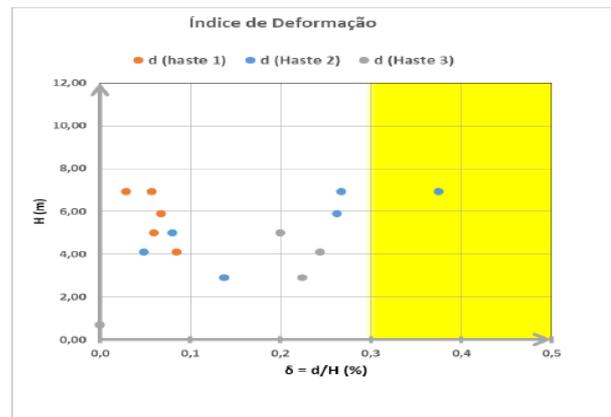
**Gráfico 2:** índice de deformação conforme escavação

**Tabela 2:** Leituras realizadas no extensômetro 07

Leitura diária antes do início das atividades		Extensômetro n°: 7			Vista: 08	
Data	Horário	Deslocamento (mm)			Altura em relação ao topo (m)	H=Altura em relação ao pé (m)
		Haste 1 c(m)= 14,00	Haste 2 c(m)= 9,00	Haste 3 c(m)= 4,00		
27/11/2017	08:29	3,30	4,30	2,10	1,90	0,70
04/12/2017	08:22	2,90	3,90	1,45	1,90	2,90
11/12/2017	07:50	2,95	4,10	1,10	1,90	4,10
18/12/2017	08:16	3,00	3,90	1,10	1,90	5,00
26/12/2017	08:38	2,90	5,85	6,45	1,90	5,90
02/01/2018	08:49	3,10	6,90	7,80	1,90	6,93
08/01/2018	07:08	2,90	6,15	8,15	1,90	6,93



**Gráficos 3:** deslocamento em relação a altura



**Gráfico 4:** índice de deformação conforme escavação

#### 4 Considerações finais

A contenção através do Solo grampeado vem se mostrando cada vez mais viável em casos de escavações de subsolos, apresentando muitas vantagens em relação a outras técnicas. No caso da obra em questão, houve um grande ganho de área por subsolo, com um paramento de apenas 7cm de espessura. Com relação ao prazo, devido ao paramento em concreto projetado sarrafeado, a contenção, assim que concluída pode ser imediatamente utilizada, sem a necessidade de se aplicar novos revestimentos.

Outro aspecto importante é a versatilidade geométrica, pois o terreno exigia grandes recortes e reentrâncias ao longo de todo o perímetro. Com isso a contenção pode se adaptar ao projeto, e não o contrário.



**Figura 12:** Contenção concluída

A produtividade também foi outro fator bastante importante na escolha para a obra em questão, com uma média de 300 m<sup>2</sup> por mês de execução, mesmo trabalhando em solos considerados moles e a presença constante do lençol freático ao longo de todo o terreno. A técnica escolhida também é bastante drenante, com a instalação dos drenos horizontais profundos e drenos fibroquímicos.

A utilização dos grampos injetados em múltiplas fases oferece maior confiança na capacidade de ancoragem, além do perfeito tratamento do solo.

A utilização da fibra sintética no concreto projetado, além de garantir maior produtividade, também permitiu maior ajuste ao corte do talude.

Com os dados obtidos através dos 08 extensômetros instalados, ao longo de toda a obra, pode-se assegurar, a estabilidade do Solo Grampeado executado, conforme os índices de deformações apresentados.

Por fim, o sucesso dessa técnica como contenção permanente, vem em grande parte, da sinergia da interação entre projetista e executor, onde a boa prática executiva, como o respeito aos comprimentos dos chumbadores e as múltiplas injeções, está diretamente ligada a um projeto bem elaborado, baseado em estudos minuciosos do comportamento do solo e as necessidades da obra.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a todos os colaboradores da empresa Solotrat Engenharia Geotécnica, pelo empenho e estímulo demonstrado no dia a dia, e que sem eles, direta ou indiretamente, esse artigo não seria possível.

Agradecemos também à Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia-ABEF - pelo incentivo e grande ajuda com o fornecimento de material para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF – Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. *Manual de execução de fundações e geotecnia: Práticas recomendadas*. Editora Pini. 1. Edição. São Paulo, 2012

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). NBR 14026: 2012. *Concreto projetado - Especificação*. Rio de Janeiro.

PITTA, Cairbar Azzi; SOUZA, George Joaquim Teles de; ZIRLIS, Alberto Casati; *Alguns Detalhes da Prática de Execução do Solo Grampeado*, 2013. p. 1 – 25.

PITTA, Cairbar Azzi; SOUZA, George Joaquim Teles de; ZIRLIS, Alberto Casati; *Solo Grampeado. Alguns Detalhes Executivos. Ensaios – Casos de Obras*. 2003. p. 1 – 20.

SOLOTRAT ENGENHARIA GEOTÉCNICA. *Manual de Serviços Geotécnicos*. 6. Edição. São Paulo: Solotrat Engenharia Geotécnica, 2018. p. 4 – 21.