

# Deslocamentos Horizontais e suas Velocidades em Cortinas de Contenção



**Marciano Lang Fraga**  
Engenheiro Civil • Especialista em Geotecnia

## 1. Introdução

Contenções em cortinas atirantadas são soluções corriqueiras para viabilizar escavações, quer em áreas urbanas ou fora delas. A literatura especializada é abundante sobre o assunto tanto na descrição da técnica como na proposição metodológica de dimensionamento. Entretanto as incertezas envolvidas, quer na investigação geotécnica, quer na obtenção dos parâmetros muitas vezes oriundos de correlações ou até mesmo na definição do método de avaliação dos carregamentos trazem à targa do projetista incertezas significativas. Nesse sentido o monitoramento dos deslocamentos e suas velocidades confere mais confiabilidade às premissas de projeto e segurança à obra.

## 2. Descrição

O caso de obra a seguir trata-se de um empreendimento residencial no bairro Auxiliadora em Porto Alegre/RS com dois subsolos. Como o terreno é em aclive, as alturas de escavação variaram de 7 a 12 m. (Figuras 1 e 2)



Figura 1. Escavação concluída.



Figura 2. Trecho da primeira laje concretada.

A estratigrafia é composta basicamente de um solo residual argiloso nos primeiros 3 a 5 m passando para uma alteração de rocha com forte presença de mica.

Os limites de sondagem foram bem variados devido a existência de matacões, chegando ao máximo de 15 m. Não foi observado nível d'água, mas durante as escavações vertia água pelos tirantes mais baixos. Como solução de contenção foram executadas lamelas de 40 cm que em alguns locais ficaram sem ficha ou com ficha menor que 1,5 m, mínimo recomendado pela antiga norma NBR 9.061 (ABNT, 1985).

Como reação aos empuxos foram executadas de 2 a 5 linhas de tirantes (NBR 5.629) com carga de trabalho variando entre 200 e 350 kN e comprimentos totais entre 8 e 19 m.

## 3. Monitoramentos

Nesta obra foram instalados 16 pontos de medição de deslocamentos em diversas etapas (Figura 3) ao longo de 268 dias. No período mais crítico alcançaram-se velocidades de até 430 µm/dia. As linhas verticais coloridas nas Figuras 4, 5 e 6 mostram os deslocamentos e indicam aproximadamente as datas de escavação de cada patamar, já as linhas verticais em preto indicam as datas de execução do primeiro trecho da primeira laje realizada em duas etapas iniciado nos fundos da obra em panos correspondendo a 2/3 e 1/3 do total respectivamente. O recuo no deslocamento do ponto 4 provavelmente se deve a um erro de leitura.

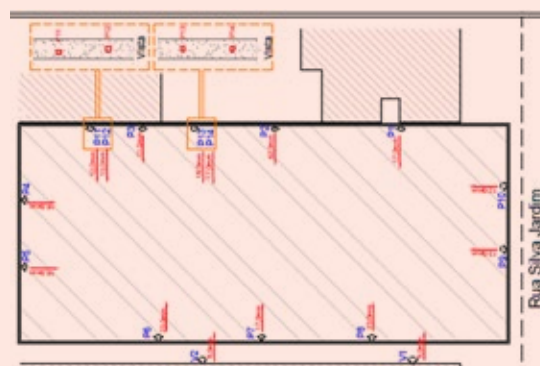


Figura 3. Planta de locação dos pinos de controle.

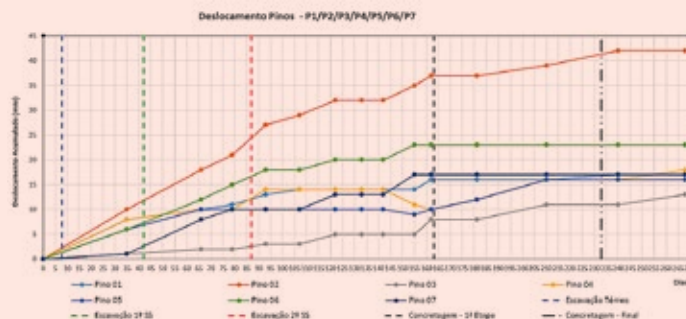


Figura 4. Deslocamento dos pontos P1 a P7.

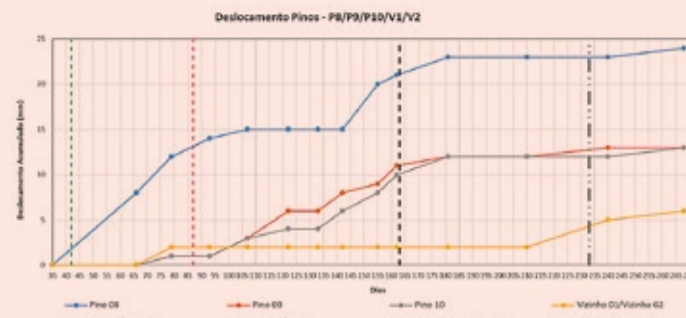


Figura 5. Velocidades dos pontos P1 a P7.

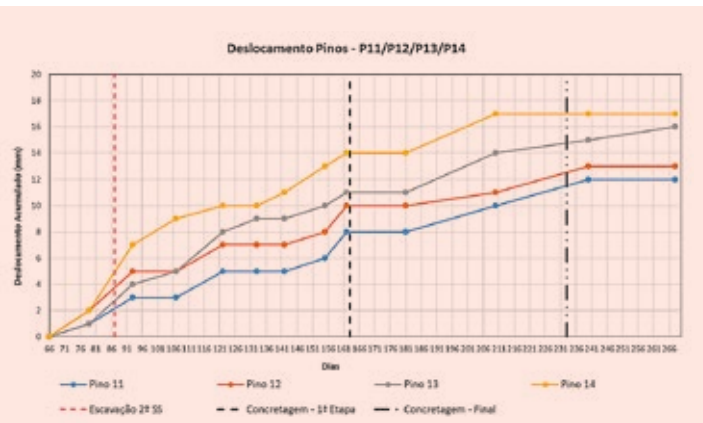


Figura 6. Deslocamento dos pontos P11 a P14.

Pode-se observar que os deslocamentos são progressivos durante a fase de escavação tendendo a se estabilizar, mas não de todo, após a concretagem da primeira laje.

#### 4. Deslocamentos

As deformações previstas para as cortinas foram estimadas segundo a modelagem realizada utilizando o programa Cype - Módulo Cortinas, da Cype Ingenieros, e para cada obra elaborou-se um perfil geotécnico ideal com base em correlações conhecidas. A Tabela 1 mostra os parâmetros geotécnicos adotados no modelo.

Camada	L(m)	$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sub}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	C (kPa)
Argila	4	19	9	16	16
Silte arenoso	12	19	10	21	16

A Tabela 2 compila os dados de todos os deslocamentos medidos durante o período de monitoramento que não iniciou no primeiro dia de escavação, mas um pouco depois. Também a apresenta a relação entre o deslocamento horizontal e a altura (deslocamento relativo).

Pin	Deslocamento Medido (µm)	Deslocamento Calculado (µm)	Desnível (m)	Deslocamento Relativo (%)
P1	17,0	-	7,55	0,225
P2	42,0	44,0	8,85	0,475
P3	11,0	-	10,45	0,105
P4	16,0	-	10,45	0,153
P5	16,0	-	10,45	0,153
P6	23,0	-	9,1	0,253
P7	17,0	6,0	9,17	0,185
P8	23,0	-	6,35	0,362
P9	13,0	-	5,27	0,247
P10	12,0	-	5,08	0,236
P11	12,0	-	10,65	0,113
P12	13,0	-	7,15	0,182
P13	15,0	-	9,85	0,152
P14	17,0	-	6,25	0,272

Da análise da Tabela 3 pode-se notar que a faixa de variação de valores é muito larga, entre 30 e 175 µm/dia sendo a média 84 µm/dia.

Outra análise pertinente é avaliar a relação entre as velocidades máximas e médias. O intervalo total de variação ficou entre 1,3 e 8,8 tendo como valor médio 3,2.

Pin	Desl. µm	Tempo dias	Velocidade média µm/dia	µm/dia máx.	Relação Vmáx/Vméd
1	17	240	71	286	4,0
2	42	240	175	429	2,4
3	13	268	49	429	8,8
4	18	268	67	286	4,3
5	16	210	76	171	2,2
6	23	155	148	231	1,6
7	17	155	110	308	2,8
8	24	233	103	385	3,7
9	13	174	75	286	3,8
10	13	202	64	286	4,4
11	12	174	69	286	4,1
12	13	174	75	286	3,8
13	16	202	79	214	2,7
14	17	144	118	154	1,3
V1	6	202	30	154	5,2
V2	6	202	30	154	5,2
		média	84	271	3,2

Não foi encontrada na literatura pesquisada referência sobre critérios de avaliação de velocidades de deslocamentos horizontais, mas apenas sobre recalques e suas velocidades nas fundações oriundas de escavações que numa primeira aproximação podem ser tomados como referência conforme abaixo:

- até 50 µm/dia: seguro;
- até 80 µm/dia a 100 µm/dia: razoável;
- entre 100 µm/dia e 200 µm/dia: necessária ajustar o processo executivo;
- acima de 200 µm/dia: situação de urgência;
- acima de 400 µm/dia: emergência e risco de acidente.

Cabe ressaltar que os valores absolutos são menos importantes que as médias e as tendências de aumento ou diminuição das velocidades desde que os intervalos de medições não sejam muito largos, usualmente semanais.

#### 5. Critérios de Aceitação

Segundo a NBR 11.682 (ABNT, 2009) existe a obrigatoriedade do monitoramento com instrumentação, mas a mesma não fornece um critério de avaliação. Esta norma se refere mais especificamente à Estabilidade de Encostas, mas abarca estruturas ancoradas com tirantes. Na literatura nacional especializada os valores de referência com base em estudos de caso variam geralmente entre 0,2 a 0,5% da altura de escavação, sempre chamando atenção que deslocamentos horizontais de cortinas estão associados a deslocamentos verticais a montante da escavação com implicações sobre as fundações lindéiras quando existirem.

#### 6. Conclusão

Pelo fato de que a previsão dos deslocamentos e, portanto, das velocidades médias seja uma tarefa complexa e imprecisa, a prática de obras acaba se ressentindo de referências para um acompanhamento mais seguro.

Ainda que os critérios de verificação estejam associados a deslocamentos totais e não a velocidades, a prática de elaborar previsões é muito útil para a avaliação de desempenho, devendo ser aplicada como rotina nos projetos de contenção.