

# DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E SUAS VELOCIDADES EM CORTINAS DE CONTENÇÃO

Marciano Lang Fraga<sup>1</sup>; Jonatan Garrido Jung<sup>2</sup>

## RESUMO

Tendo notado uma carência na literatura técnica, este artigo discute e faz uma proposição sobre a análise de velocidades de deslocamentos horizontais em paredes diafragma a partir de dois casos de obra de contenções para implantação de subsolos. Diante do acompanhamento e análise dos dados de deslocamento constatou-se que velocidades médias de até 200  $\mu$ /dia podem ser razoáveis para projetos com tempo de execução entre 150 e 210 dias, respeitando um deslocamento máximo entre 0,2 e 0,5% da altura de escavação. Velocidades máximas da ordem de 2 a 3 vezes a velocidade média, mas sem ultrapassar um limite de 500  $\mu$ /dia, podem ser admitidas para períodos de até 10% do tempo de projeto.

**Palavras-chave:** *Paredes Diafragma. Deslocamentos horizontais. Velocidades*

## ABSTRACT

Having noticed a lack in the technical literature, this article discusses and makes a proposal on the analysis of horizontal displacement velocities in diaphragm walls from two cases of earth retaining structures for subsoil implantation. Due to the monitoring and analysis of the displacement data, it was found that average speeds of up to 200  $\mu$ /day can be acceptable for projects with execution time between 150 and 210 days, not exceeding a maximum displacement between 0.2 and 0.5% of the excavation height. Maximum speeds about 2 to 3 times the average speed, but not exceeding a limit of 500  $\mu$ /day, may be tolerated for periods of up to 10% of the design time.

**Keywords:** *Diaphragm Wall. Horizontal Displacement. Speeds*

---

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

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, mestre em geotecnia e sócio da MLF Consultoria Geotécnica Ltda – [jonatan@mlfgeotecnia.com.br](mailto:jonatan@mlfgeotecnia.com.br)

## 1 – INTRODUÇÃO

Contenções em cortinas atirantadas são soluções corriqueiras para viabilizar escavações quer em áreas urbanas ou fora delas. A importância da previsão e do monitoramento dos deslocamentos foi discutido por Fraga et al (2017) porém a análise das velocidades encontra um vazio na literatura técnica e por conseguinte na prática de obra. Diante disto este artigo irá apresentar dois casos de obras na cidade de Porto Alegre com contenções em paredes diafragma (ABEF, 2012) executadas para implantação de subsolos. Ambas as obras foram monitoradas com a instalação de pinos e leituras de deslocamento através de equipamento topográfico.

## 2 – DESCRIÇÃO DAS OBRAS

### 2.1 – EDIFÍCIO RESIDENCIAL

A primeira obra a ser analisada consta de um empreendimento residencial no bairro Auxiliadora com 2 subsolos. Como o terreno é em aclave as alturas de escavação variaram de 7 a 12 m.



Figura 1. Escavação concluída

A Figura 2 apresenta uma seção geotécnica do terreno, elaborada dentro de uma campanha total de 14 sondagens SPT (NBR 6484 e ABGE, 2013). A estratigrafia é composta basicamente de um solo residual argiloso nos primeiros 3 a 5m 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 9061 (ABNT, 1985). Como reação aos empuxos foram executadas de 2 a 5 linhas de tirantes (NBR 5629) com carga de trabalho variando entre 200 e 350 kN e comprimentos totais entre 8 e 19 m.

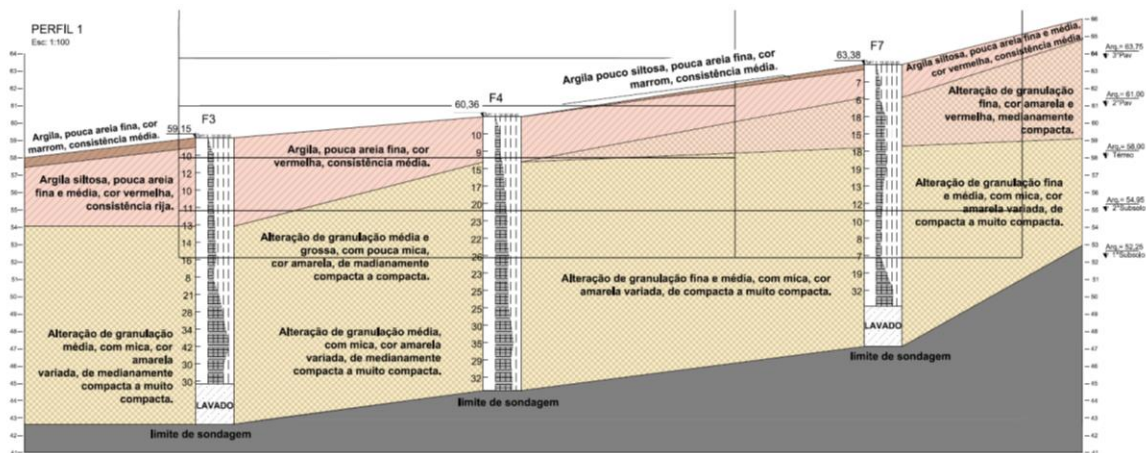


Figura 2. Seção geotécnica

## 2.2 – EDIFÍCIO COMERCIAL

A segunda obra é um empreendimento comercial no bairro Higienópolis que para a implantação de 2 subsolos foram escavados cerca de 8m a 9m. Executaram-se lamelas de 30 cm com comprimentos de até 12 m. Os tirantes estavam dispostos em 2 ou 3 linhas com cargas de trabalho variando entre 100 e 330 kN e comprimentos totais entre 8 e 17 m.

A seção geotécnica mostrada na Figura 3 é típico de solo residual constando de uma primeira camada argilosa de consistência média a rija seguida de uma alteração de rocha marcada pela presença de mica. O impenetrável variou entre 16 e 19 m. A leitura de nível d'água foi errática e durante a escavação não foi encontrada água, mas ao seu final observou-se o contínuo encharcamento do fundo da escavação.

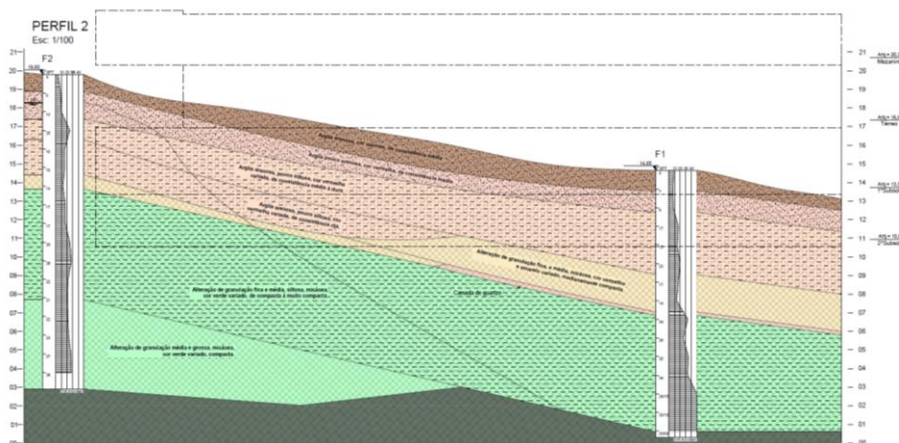


Figura 3. Seção geotécnica

## 3 – MONITORAMENTOS

Em ambas as obras foram utilizados equipamentos topográficos para medição dos deslocamentos.

### 3.1 – EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Nesta obra foram instalados 16 pinos de medição de deslocamentos em diversas etapas (Figura 5) ao longo de 268 dias. No período mais crítico alcançaram-se velocidades de até 430µm/dia. As linhas verticais coloridas nas Figuras 6, 8 e 10 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 pino 4 provavelmente se deve a um erro de leitura. Já as figuras 7, 9 e 11 mostram as velocidades de deslocamento em cada pino.

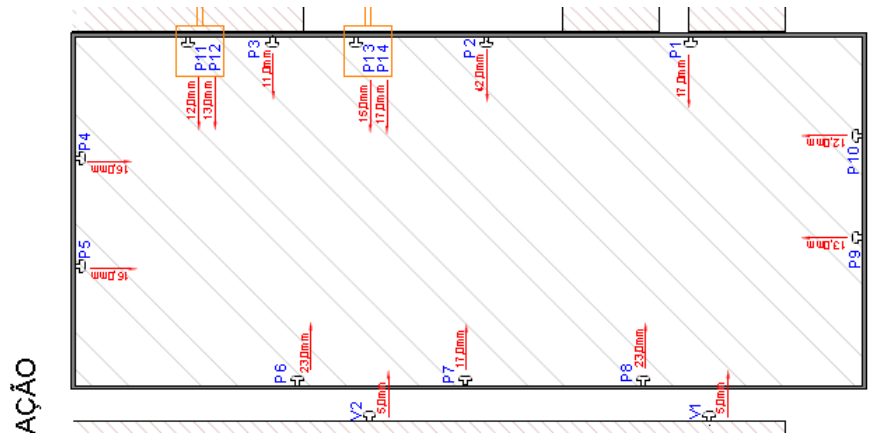


Figura 5. Planta de localização dos pinos de controle

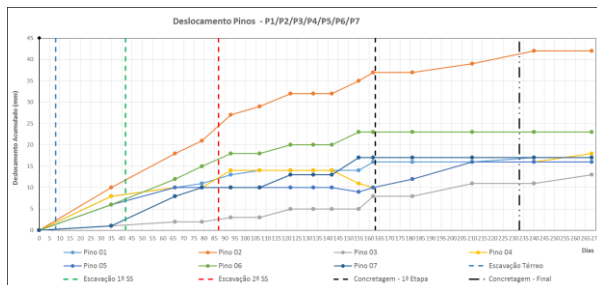


Figura 6. Deslocamento dos pinos P1 a P7

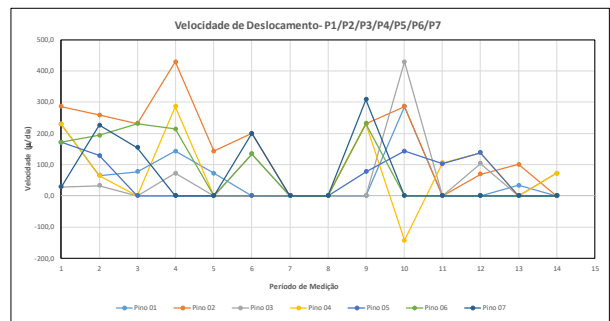


Figura 7. Velocidades dos pinos P1 a P7

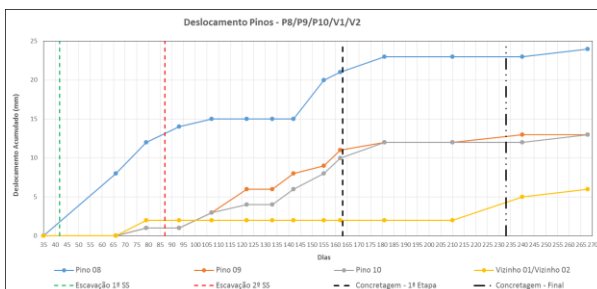


Figura 8. Deslocamento do P8 a P10 e V1, V2

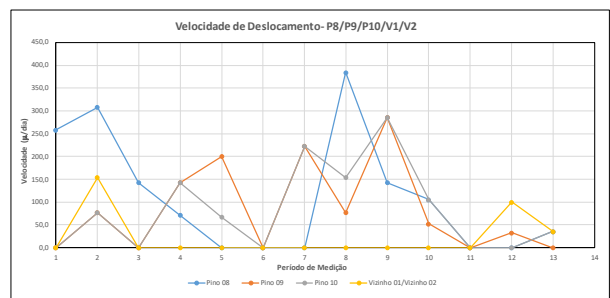


Figura 9. Velocidade dos pinos P8 a P10 e V1, V2

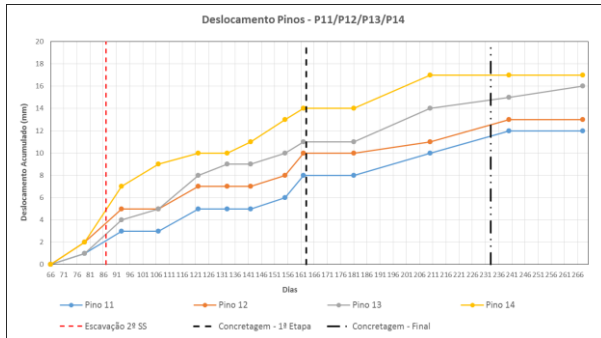


Figura 10. Deslocamento dos pinos P11 a P14

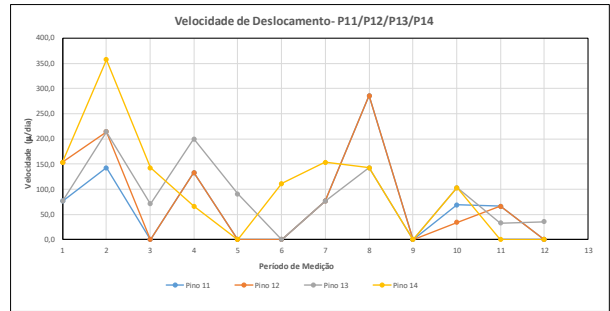


Figura 11. Velocidade dos pinos P11 a P14

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.

### 3.2 – EDIFÍCIO COMERCIAL

Foram fixados 19 pinos para um período de leitura de 321 dias. As nas Figuras 11, 13 e 15 mostram os deslocamentos totais dos pinos linha tracejada vertical indica a concretagem da primeira laje naquela região. Leituras “negativas” se devem à imprecisão do equipamento ou sistema de medida. As Figuras 12, 14 e 16 mostram as velocidades de deslocamento dos pinos.

A figura 12 mostra a locação dos pinos de controle bem como a sequência executiva da concretagem da laje.

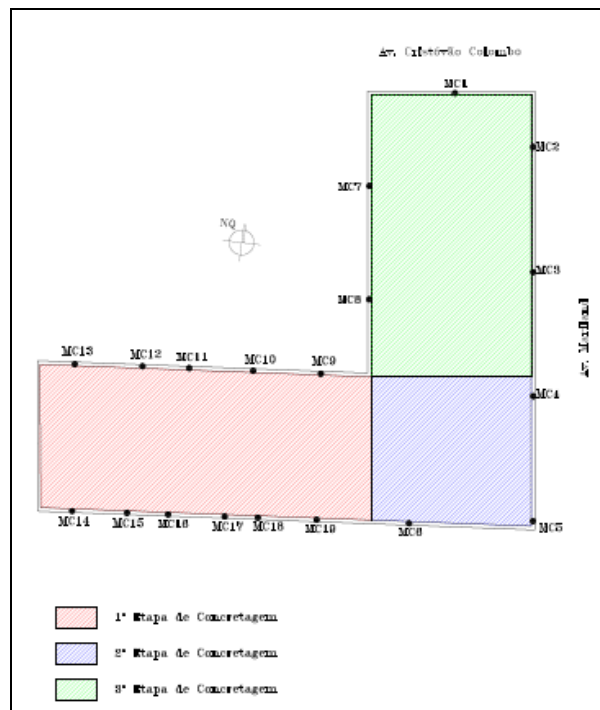


Figura 12. Locação dos pinos de monitoramento

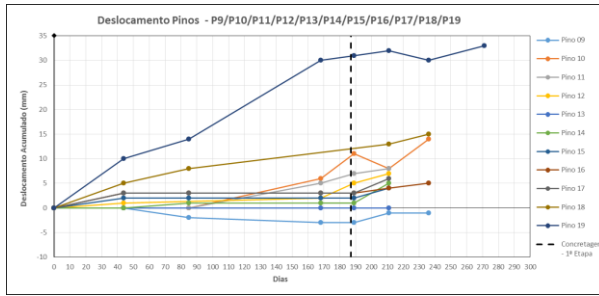


Figura 11. Deslocamento dos pinos MC9 ao MC19

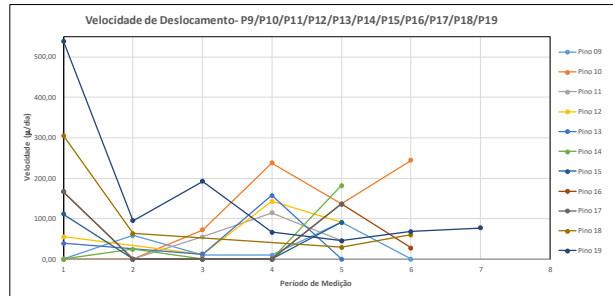


Figura 12. Velocidade dos pinos MC9 ao MC19

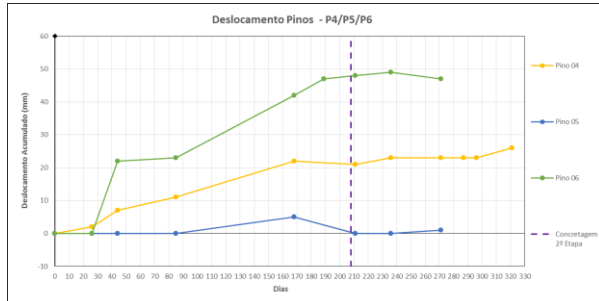


Figura 13. Deslocamento dos pinos MC4 a MC6

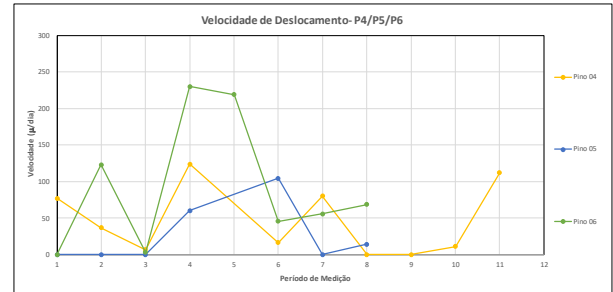


Figura 14. Velocidade dos pinos MC4 a MC6

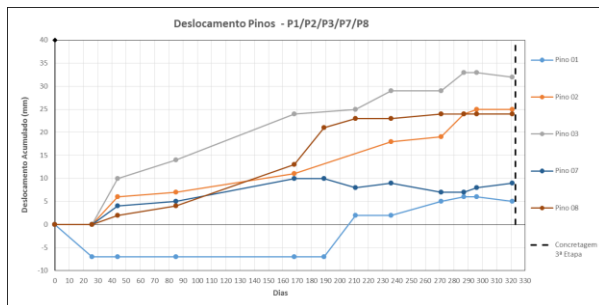


Figura 15. Deslocamento do MC1 a MC3, MC7 e MC8

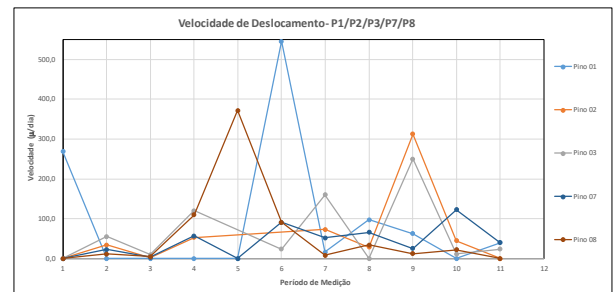


Figura 16. Velocidade dos pinos MC1 a MC3, MC7 e MCP8

Apesar de um deslocamento medido de 47mm, em campo não se observou na região do P6 nenhuma patologia junto ao lindeiro, quer seja afundamento de piso ou fissuras junto ao muro.

#### 4 – VELOCIDADES DE DESLOCAMENTOS

Gusmão Filho (2006) explica que os deslocamentos em cortinas são de dois tipos: de curto e longo prazo. Os primeiros são devidos às alterações no estado de tensões *in situ* decorrentes do alívio de pressões. Já os do segundo tipo estão ligados aos processos de adensamento e drenagem do solo. Ensina também que os primeiros são estimados de forma empírica e os segundos facilmente previstos através da teoria de adensamento.

Para o caso de cortinas atirantadas os principais movimentos são devidos à flexão horizontal e por deformação excessiva das ancoragens.

À parte o problema da previsão dos deslocamentos é necessário prever o tempo em que eles se darão. Para o caso de cortinas atirantadas para implantação de subsolos é facilmente percebido que esse período coincide com o intervalo que vai desde o início das

escavações até o estroncamento definitivo com a estrutura do prédio.

Os dados obtidos nos dois monitoramentos apresentados foram tabulados considerando apenas o período de “movimento”, ou seja, desprezando o tempo anterior ao primeiro movimento e posterior ao último.

Da análise das Tabelas 1 e 2 pode-se notar que a faixa de variação de valores é muito larga, entre 30 e 224  $\mu\text{m}/\text{dia}$  e que as médias ficaram em 84 e 73  $\mu\text{m}/\text{dia}$  respectivamente para cada obra.

Outra análise pertinente é avaliar a relação entre as velocidades máximas e médias. O intervalo total de variação para as duas obras ficou entre 1,0 e 8,8 tendo como valores médios 3,2 e 3,0 para cada obra.

Pino	Desl. mm	Tempo dias	Velocidade $\mu\text{m}/\text{dia}$		Relação Vmáx/Vméd
			média	máxima	
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

Tabela 1. Velocidades médias no prédio residencial

MC	Desl. mm	Tempo dias	Velocidade $\mu\text{m}/\text{dia}$		Relação Vmáx/Vméd
			média	máxima	
1	14,0	287	49	409	8,4
2	25,0	270	93	313	3,4
3	32,0	261	123	250	2,0
4	26,0	321	81	124	1,5
5	5,0	83	60	105	1,7
6	47,0	210	224	230	1,0
7	10,0	142	70	122	1,7
8	24,0	245	98	371	3,8
9	2,0	47	43	91	2,1
10	14,0	151	93	244	2,6
11	8,0	126	63	114	1,8
12	7,0	211	33	143	4,3
13	0,0				
14	5,0	167	30	182	6,1
15	4,0	211	19	111	5,9
16	5,0	236	21	167	7,9
17	6,0	211	28	167	5,9
18	15,0	236	64	306	4,8
19	33,0	271	122	539	4,4
		média	73	221	3,0

Tabela 2. Velocidades no prédio comercial

## 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.

Os dados apresentados neste trabalho são reconhecidamente ainda escassos para se tentar elaborar uma lei geral, mas espera-se que sirvam como uma primeira aproximação em vista de novas contribuições.

Velocidades médias de até 200  $\mu\text{m}/\text{dia}$  podem ser razoáveis para projetos com tempo de execução entre 150 e 210 dias desde que respeitados os deslocamentos totais entre 0,2 e 0,5% da altura de escavação.

Velocidades máximas da ordem de 2 a 3 vezes a velocidade média, mas sem ultrapassar um limite de 500 µm/dia podem ser admitidas para períodos de até 10% do tempo de projeto.

Como os deslocamentos são proporcionais às alturas de escavação esses critérios podem ser aplicados apenas para obras semelhantes. Uma generalização requererá a normalização dos valores em relação à altura de escavação, mas preferiu-se não fazê-lo por considerar ainda poucos os elementos de análise.

É preciso estar atento pois as medidas corretivas e de ajuste devem ser tomadas enquanto os equipamentos estiverem na obra. Além dessa etapa é praticamente impossível, dados os custos envolvidos, alguma ação.

Assim é fundamental o Acompanhamento Técnico de Obra, com coleta de informações precisas e tempestivas.

## REFERÊNCIAS

- ABEF. Manual de Execução de Fundações e Geotecnia – São Paulo: Pini, 2012. 499p.
- ABGE. Manual de Sondagens – 5ª ed. São Paulo, 2013 ISBN 978-85-7270-059-7. 203p.
- ABNT. NBR 5629: Execução de Tirantes Ancorados no Terreno. Rio de Janeiro, 2006. 32p.
- 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 9061: Segurança de Escavação a Céu Aberto – Procedimento. Rio de Janeiro 1985. 31p.
- ABNT. NBR 11682: Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, 2009. 33p.
- 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.
- GUSMÃO FILHO, JAIME. Desempenho de Obras Geotécnicas – Recife: Editora Universitária, 2006. ISBN 85-7315-334-2. 523p.