



## Vantagens da execução de pré-furos de alívio para embutimento de parede diafragma em solos resistentes e alteração de rocha

Jhonatan Eduardo Dutra Garcia

Engenheiro Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,  
jhonatan.garcia@geofix.com.br

Victória Silva Dias

Engenheira Civil, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,  
victoria.dias@geofix.com.br

Denis Gonzaga Bayona

Engenheiro Coordenador do Setor Lama, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,  
denis.bayona@geofix.com.br

Marcio Abreu de Freitas

Engenheiro Civil Geotécnico, Geofix Engenharia e Fundações LTDA, São Paulo, Brasil,  
marcio.freitas@geofix.com.br

**RESUMO:** Esse artigo apresenta um caso de obra de contenção em São Paulo/SP com a obrigatoriedade de escavar cinco subsolos, situado na região sul da cidade de São Paulo, próximo do Rio Pinheiros. A região em questão é conhecida por apresentar perfil rochoso (gnaisse cinza pouco alterado) a partir de, aproximadamente, 17 metros de profundidade em relação ao nível da rua. O projeto definiu a solução de contenção em Parede Diafragma com a espessura de 50 cm e comprimento mínimo de 18,00 metros, visando o embutimento da ficha da parede na rocha alterada. Foi adotada uma técnica que consiste na realização de pré-furos de alívio com perfuratriz hidráulica para garantir que a cota de ponta da Parede Diafragma em solos com resistência  $N_{SPT} \geq 50$  e alteração de rocha seja atingida. Este trabalho tem como objetivo retratar as vantagens da execução de pré-furos através de análise dos projetos geotécnicos, relatórios de sondagens mistas e experiências reais em outros casos.

Em relação aos fatos mencionados anteriormente, é possível reconhecer que a técnica em referência permite prosseguir com a escavação além do que uma diafragmadora tradicional (clam-shell mecânica ou hidráulica) avançariam, garantindo a ficha da solução e consequentemente, uma produção mais eficiente in loco.

**PALAVRAS-CHAVE:** pré-furos; parede diafragma; escavação; solos resistentes, alteração de rocha.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



# sefe 10

**ABSTRAC:** This article will present a case of retaining structure work in São Paulo/SP with the necessity to excavate the soil in order to obtain 5 underground floors, located in the southern region of the city of São Paulo, near Pinheiros River. This region is known to have a rocky profile (gray gneiss slightly altered) from approximately 17 meters deep from street level. A diaphragm wall has been defined as a solution. The structure must have 50 centimeters thick and at least 18 meters depth, in order to build the diaphragm wall tip in the decomposed rock. The technique that has been adopted consists of making pre-relief holes with a hydraulic CFA to ensure that the diaphragm Wall tip was in soils with  $NSPT \geq 50$  resistance and decomposed rock is reached. This article has as a purpose to describe the advantages of executing pre-holes through the analysis of geotechnical projects, rotary drilling reports and real experiences in other cases.

In relation to the facts mentioned previously, it is possible to recognize that the technique in reference allows to proceed with the excavation more than a what a traditional diaphragm wall (using a mechanical or a hydraulic clam-shell) would advance, guaranteeing the solution depth and therefore, more efficient production on the site.

**KEYWORDS:** pre-holes; diaphragm wall; excavation; resistant soils, decomposed rock.



# sefe 10

## 1 Introdução

No dinâmico cenário de crescimento urbano em São Paulo / SP, regularmente, empreendimentos são desafiados a se adaptar ao espaço disponível e às características geotécnicas peculiares da região.

Ao longo desta explanação, discutiremos um caso emblemático de obra de contenção, situado na Avenida Faria Lima, região sul da cidade, na qual sua composição de solo pode variar consideravelmente. No estudo em referência, através de relatórios de sondagens mistas, encontrou-se características geológicas como gnaisses cinza e granitos formando a base rochosa do terreno.

A complexidade desse cenário geológico impôs um desafio adicional ao projeto, pois se tratava da construção de um empreendimento com a exigência de escavar e conter cinco subsolos.

Diante dessa realidade, a equipe de engenharia e geotecnia optou por uma solução eficaz: parede diafragma com a utilização de pré-furos de alívio.

Desde os anos 2000, a técnica tem sido empregada com o propósito de aprimorar o embutimento de contenções profundas em solos resistentes e alteração de rocha, bem como auxiliar na verticalidade da solução executada com a tradicional ferramenta clam-shell. Sua aplicação tem se mostrado uma escolha assertiva, assegurando estabilidade e segurança nas obras e consolidando-se como um avanço na engenharia geotécnica.

O objetivo deste trabalho é analisar em detalhes esse caso de obra, descrever as soluções adotadas, os principais desafios enfrentados e resultados alcançados, almejando a possibilidade de contribuir com o conhecimento e experiência acumulados para futuras obras na região e em áreas geologicamente similares, proporcionando uma base sólida para o planejamento e execução de projetos de contenção em ambientes urbanos.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.





## 2 Definições

### 2.1 Parede Diafragma

A parede diafragma é uma estrutura de contenção permanente utilizada na engenharia civil para criar barreiras verticais subterrâneas capazes de suportar cargas laterais do solo e empuxos hidráulicos em obras de construção civil e projetos de infraestrutura.

A escavação de um painel de parede diafragma convencional, ou seja, com o uso de clam-shell, consiste basicamente em retirar o solo do painel inicial locado no terreno com o clam-shell. Durante a escavação, deve-se preencher a vala com fluido estabilizante de forma que ele fique sempre com o nível distante no máximo 0,5 m da cota superior da mureta guia, garantindo sempre o gradiente hidráulico de dentro para escavação para o solo. O preenchimento do buraco da escavação com fluido é feito com o objetivo de estabilizar a vala escavada e impedir o desbarrancamento de solo para dentro da escavação (MAFFEI, 1998).

De acordo com Geosonda (2018), após a escavação dos painéis é realizado o preenchimento com concreto armado, onde a concretagem da parede diafragma é submersa, ou seja, executada de baixo para cima, continuamente com o auxílio de mangotes ou diretamente do caminhão betoneira no funil de concretagem, que por meio de tubos tremonha leva o concreto até o fundo da escavação. Sendo o concreto mais denso que os fluidos estabilizantes, ele expulsa-os sem que ambos se misturem. À medida que o concreto preenche a escavação, o fluido é bombeado de volta para os reservatórios da central e alguns segmentos do tubo tremonha são retirados. No entanto, deve-se atentar para que sua extremidade inferior fique imersa pelo menos 2 m dentro do concreto para garantir que não se formem juntas frias, ou se misture concreto com fluido estabilizante. Esses painéis são moldados in loco e suas juntas são conectadas pelo sistema “macho-fêmea”.

Ainda, segundo Maffei (1998), o painel inicial necessita de duas juntas e isso ocorre por ele ser o primeiro painel a ser executado em um determinado trecho, inexistindo juntas já executadas. O painel seguinte é executado ao lado de seu inicial correspondente, necessitando assim de junta apenas na lateral oposta ao inicial. Já o painel de fechamento é o único que não necessita de juntas pois é executado no espaço entre dois painéis seguintes.

Conforme Falconi (2014), as paredes diafragma são muito indicadas para edifícios que apresentem grande quantidade de subsolos, isso porque a esse nível de escavação a chance de se alcançar o lençol freático é grande; e, ao se utilizar paredes diafragma como tecnologia de contenção, permite-se a execução de uma obra limpa e seca, sem necessidade do uso de laje de subpressão.

Além de atuar como um elemento de contenção rígida em escavações provisórias ou permanentes, a técnica pode ser empregada como elemento impermeabilizante visando o controle da percolação de escavações em solos contaminados e de fundação, transmitindo cargas verticais a camadas de solo mais profundas.

#### 2.1.1 Mureta-Guia

Antes de serem iniciadas as escavações, devem ser executadas muretas de concreto armado por todo o perímetro onde será escavada a parede diafragma. De acordo com ao manual da ABEF (2012, p.308), mureta guia é uma “Parede de concreto armado... Com a função de manter estável a parte superior dos painéis bem como servir de guia inicial para ferramenta de escavação”.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



## 2.1.2 Hora de Trepanação

Ao atingir camadas de solo onde não é possível obter avanço com a ferramenta clam-shell utiliza-se o trépano. O trépano é uma ferramenta metálica de formato cilíndrico de aproximadamente 8tn que se assemelha a um pilão. Essa ferramenta é posicionada dentro das muretas guia e solta em queda livre até atingir a cota de fundo da escavação, fragmentando assim a camada de solo para posterior remoção com clam-shell. Essa ferramenta, no entanto, não tem a capacidade de coletar amostras, nem de medir a resistência do solo. A hora de trepanação pode ser definida como o período de tempo medido em horas (h) no qual utilizou-se a ferramenta para fragmentar o solo.



Figura 1. Trépano.

## 2.2 Pré-furos de Alívio

Os pré-furos de alívio são perfurações realizadas em pontos específicos na extensão da parede diafragma antes de sua escavação. Os furos são realizados com uma perfuratriz de torque elevado com sistema de perfuração com trados e ponteiros especiais com BIT's, tratando-se do mesmo equipamento que executa estacas hélice contínua no mercado da construção civil.

Seu uso é especialmente relevante em projetos que envolvem solos resistentes e alteração de rocha, tornando sua escavação difícil. Essas perfurações tem o objetivo de aliviar a área de escavação, facilitando a escavação e remoção do solo com as ferramentas tradicionais (clam-shell mecânico ou hidráulico), tornando possível reduzir o tempo de escavação dos painéis.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.





Figura 2. Ponteira com BIT's utilizada para execução de pré-furos

### 3 Caso de Obra

#### 3.1 Contexto

A Av. Faria Lima, localizada em São Paulo / SP, é uma área estratégica para o desenvolvimento urbano e comercial. Diante da crescente demanda por espaço, um empreendimento imobiliário foi planejado nessa região. O projeto envolve a construção de um complexo com a obrigatoriedade de escavar cinco subsolos destinados a estacionamento e espaços comerciais.

A geologia da área apresentou características desafiadoras para a escavação. O solo, apesar de ser resistente, exibia zonas de alteração de rocha, o que tornou necessário o uso de técnicas especializadas para a criação de uma base sólida e segura para os subsolos.

A fim de superar esses desafios, foi adotado a solução de parede diafragma, onde cada painel exigiu no mínimo três pré-furos de alívio.

Tabela 1. Quantitativo total executado.

Contenção	e(cm)	L <sub>TOTAL</sub> (m <sup>2</sup> )
Parede Diafragma - N <sub>SPT</sub> ≤ 50	50	3.136,00
Parede Diafragma - N <sub>SPT</sub> ≥ 50	50	1.525,00

O perímetro total da contenção foi de 223,70 m e houve a variação de 17 a 20,00 no comprimento dos painéis devido ao topo rochoso, considerando que a obra em questão possuía a obrigatoriedade de escavar 5 subsolos, ou seja, 15,00 m abaixo do nível da rua. Tendo em vista a profundidade escavada, uma das premissas do projeto era a necessidade do embutimento da ficha das paredes Diafragma em ao menos 2,00 m em rocha, garantindo assim a estanqueidade da estrutura de contenção.

Durante a execução das paredes diafragma obra foram necessários quatro equipamentos de grande porte. Dois guindastes com capacidade de carga de 80 tn, onde um foi utilizado para escavação e outro para auxílio de concretagem, uma diafragmadora hidráulica, e uma perfuratriz

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



de alto torque. Aliados à esses equipamentos foram utilizadas as seguintes ferramentas: Clamshell mecânico a cabo; Clam-shell hidráulico a cabo, trado helicoidal com ponteira especial e trépano.

O equipamento de pré-furo foi empregado continuamente ao longo de um período de dois meses para acompanhar a execução da parede diafragma.



Figura 3. Execução de parede diafragma na edificação

A utilização da parede diafragma com a técnica de pré-furos de alívio permitiu a construção segura e eficiente dos cinco subsolos necessários para o empreendimento. A abordagem cuidadosa em relação às características do solo e da alteração rocha garantiu a estabilidade da escavação e a integridade estrutural da construção. A obra foi concluída dentro dos prazos estabelecidos e proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento comercial da região.

### 3.2 Embutimento da parede diagrama em topo rochoso

Foi identificado em uma região específica do terreno uma resistência excepcionalmente alta do solo, causando atrasos significativos no progresso da escavação. O trecho mencionado está destacado na figura 4, abaixo:

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



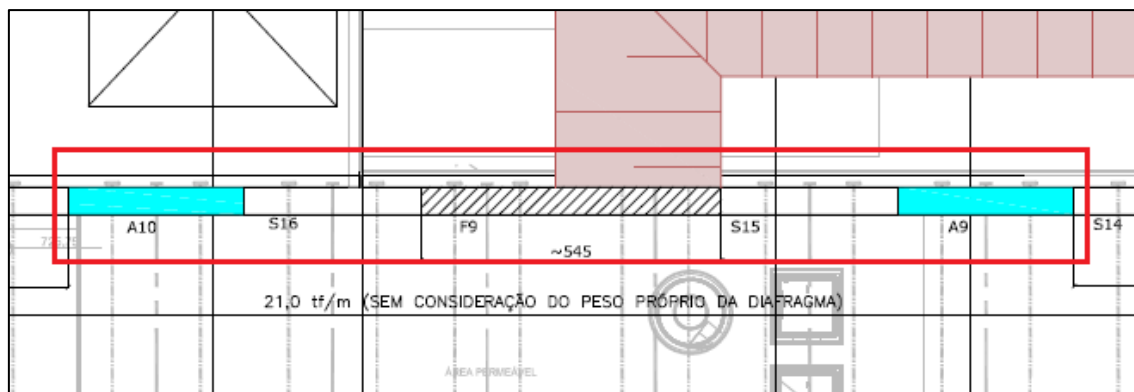


Figura 4. Detalhe do projeto de contenção.

Durante a execução dos painéis “A10, A9, S17, S16 e F9”, além da diafragmadora convencional e utilização dos furos de alívio, foi utilizado o trépano para atingir a cota mínima final de escavação em função do topo rochoso ~708,00.

No total, foram empregadas 28 horas de “trepanação” para escavação total dos painéis em referência. Em específico, o painel S16 atingiu a cota mínima após um período de 10 horas de trepanação, momento em que foi considerado pronto para a concretagem.

A região em referência possui o furo de sondagem mista “SM7” mais próximo do trecho, na qual teve seu início na cota 725,80 e final na cota 698,25 após 27,55 metros perfurados. Seu perfil geológico apresentou as seguintes características:

Tabela 2. Descrição da sondagem SM7.

Camada	L (m)	Descrição
Aterro de argila silto-arenosa	0,00 – 1,50	Aterro Superficial
Piso de concreto	1,50 – 1,75	Interferência
Silte arenoso pouco argiloso, pouco micáceo	4,40 – 17,65	Solo Residual, onde o $N_{SPT} \geq 50$ foi localizado a aproximadamente 14 m do topo do furo ( $C_{SPT} \geq 50 = \sim 712,00$ ).
Gnaise cinza, rocha pouco alterada	17,65 – 27,55	Alteração de Rocha

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





Durante a escavação do painel S16 foi possível a amostra de solo evidenciada na figura 5 abaixo, nela é possível verificar que foi atingida a camada de alteração de rocha, indo ao encontro das sondagens e investigações de solo realizadas previamente ao período da obra.

Na foto abaixo é possível observar uma rocha de aspecto acinzentado escuro, característica dos Gnaisses da região da margem do rio Pinheiros em SP.



Figura 5. Amostra de solo retirada da escavação do painel S16 – Cota aproximada 709,00.

## 6 Considerações Finais

Considerando o atual cenário da construção civil na cidade de São Paulo/SP, caracterizado por terrenos cada vez mais reduzidos em área e, simultaneamente, pela crescente necessidade de maior espaço, especialmente em subsolos, destaca-se o uso das paredes diafragma como estruturas de contenção de solos. Essas paredes são projetadas para suportar os empuxos de solo e hidráulicos que atuam sobre elas. Além disso, tornou-se comum a absorção de cargas verticais por essas paredes, cargas provenientes da estrutura do edifício, que, anteriormente, eram praticamente totalmente descarregadas na fundação do prédio.

A escolha estratégica de ancorar as paredes diafragma em solos com alta capacidade de suporte ou em camadas de rocha decomposta possui diversas vantagens. Dentre estas, destacam-se a distribuição eficaz de cargas, a redução do risco de recalques excessivos na estrutura de contenção, o embutimento da parede em um solo impermeável, assegurando uma execução de fundação direta mais seca e limpa. Além disso, há a possibilidade de absorção das cargas provenientes da estrutura do prédio.

Durante a execução da obra em questão, percebeu-se que a utilização da técnica de pré-furos de alívio foi essencial para concluir o projeto dentro do período planejado no cronograma.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.



Isso se tornou especialmente relevante em pontos onde não seria viável alcançar as profundidades necessárias sem a fragmentação do topo rochoso, como no caso do painel S16.

Assim sendo, a aplicação dessa técnica torna-se uma alternativa promissora para aumentar a capacidade de avanço das ferramentas de escavação de parede diafragma convencionais, como o clam-shell mecânico e hidráulico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA. *Manual de execução de fundações e geotecnia – Práticas recomendadas*. 1 ed. São Paulo, Pini, 2012.

GEOSONDA. *Procedimento interno de execução de parede diafragma*. Disponível em: < <http://www.geosonda.com.br/ParedeDiafragma.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2018.

MAFFEI, C. E. M.; et al . *Análise, projeto e execução de escavações e contenções*. In: HACHICH, Waldemar et al. (Org.). *Fundações: Teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998. cap. 15, p. 537-581.

Aponte a câmera do seu  
smartphone para o  
QR Code ao lado e salve o  
evento na sua agenda.

