

Aplicação da tecnologia de hidrofresa em grandes escavações urbanas

GERARDO MAROTE RAMOS*

DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE HIDROFRESA

O equipamento de perfuração de hidrofresa está baseado numa estrutura pesada de aço com duas rodas de corte localizadas num plano vertical na parte inferior. O acionamento hidráulico das rodas, com rotação em sentidos contrários, combinado com o empuxo vertical ligado ao peso da ferramenta, faz o corte do solo que, misturado com a lama de perfuração, é bombeado para a estação de tratamento pela bomba de sucção instalada na hidrofresa. Na estação são separados os detritos e a lama é reciclada e transferida aos tanques de armazenamento para posterior bombeamento para a perfuração.

A perfuração com hidrofresa, ao contrário do que acontece com todos os sistemas convencionais de perfuração com equipamentos de caçamba tipo “clam-shell”, é um

processo contínuo e perfeitamente estruturado. O ciclo de perfuração consiste em cinco fases interrelacionadas (figura 1).

- 1) Produção (1 e 2), bombeamento (3) e armazenamento (5) da lama de perfuração.
- 2) Bombeamento da lama (6) da usina ao painel de trabalho da hidrofresa.
- 3) Perfuração com hidrofresa (8) e bombeamento de retorno (7) da mistura de material escavado e lama de perfuração.
- 4) Separação dos detritos da lama de perfuração na estação desarenadora (4).
- 5) Tratamento da lama residual com filtro-prensa (9 e 10).

EQUIPAMENTOS

Para executar o procedimento de escavação descrito na figura 1 é necessário contar com os equipamentos principais relacionados a seguir.

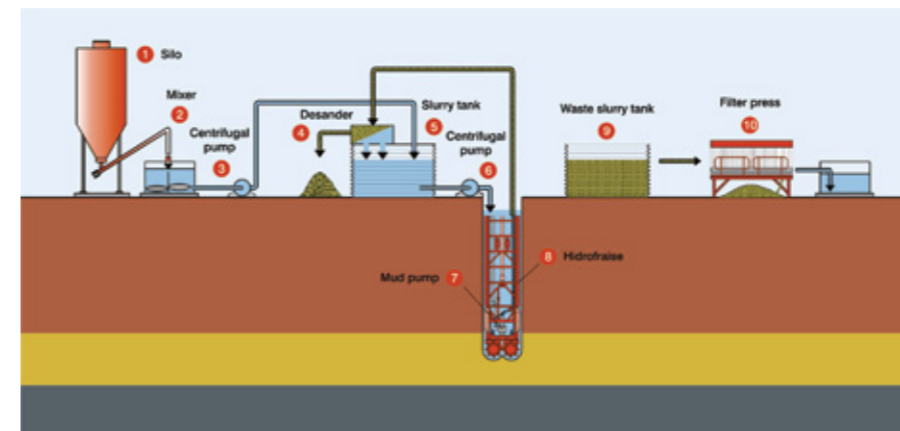


Figura 1 - Esquema de funcionamento do sistema de hidrofresa

Equipamento de hidrofresa - com três missões: executar o corte do solo; bombear a mistura detritos-lama até a estação de tratamento; limpar o fundo da escavação e substituir a lama contaminada antes da concretagem.

Usina de lamas - responsável pelas seguintes tarefas: produção e armazenagem da lama de perfuração; bombeamento da lama à frente de trabalho da hidrofresa; separação da mistura detritos-lama gerada pelo hidrofresa; purificação das lamas residuais.

Os equipamentos de hidrofresa permitem a execução de paredes-diafragma de até 2 metros de espessura e 150 metros de profundidade. Além disso, as rodas de corte instaladas na parte inferior da hidrofresa são especialmente projetadas para perfurar todos os tipos de solos e rocha, pois, dependendo da resistência do solo, as rodas podem adotar diversas configurações e estar equipadas com diferentes tipos de dentes. O peso da ferramenta, entre 30 e 50 toneladas, aliado ao torque elevado fornecido pelas transmissões (até 120 kN/m por roda), permite a perfuração de solos com resistências compressivas simples de até 200 MPa.

Além de ser um equipamento de alta potência e capacidade, a hidrofresa é o sistema de execução de paredes-diafragma com maior precisão durante a perfuração, graças aos sistemas embarcados de controle e correção de desvios. Esse controle é realizado através da ação combinada dos seguintes procedimentos e dispositivos: (1) colocação de um quadro guia fixado à mureta com macacos hidráulicos, que permite posicionar com precisão o equipamento e manter a verticalidade nos primeiros metros da escavação, que geralmente são os mais problemáticos; (2) instalação no quadro de um inclinômetro que fornece informação contínua sobre os desvios que ocorrem em relação ao

eixo vertical em dois planos perpendiculares entre si; (3) controle total sobre a perfuração pelo operador, através do monitor central da cabine que, além de registrar os parâmetros relativos ao avanço da hidrofresa, mostra a posição do equipamento na planta e os desvios instantâneos e acumulados da frente de escavação (figura 2).

A combinação desses sistemas permite executar escavações profundas com a confiabilidade necessária, sendo a hidrofresa uma alternativa interessante na execução de qualquer parede diafragma de mais de 40 metros de profundidade. Se na escavação com equipamentos convencionais as tolerâncias verticais ficam ao redor de 1,00%, com a tecnologia de hidrofresa esse valor pode ser reduzido até 0,30%.

O equipamento de hidrofresa é complementado com a usina de lamas, que deve contar com os dispositivos necessários para executar a produção, armazenagem e bombeamento da lama de perfuração, a separação da mistura detritos-lama e a purificação das lamas residuais.

Quando as lamas de perfuração estão excessivamente contaminadas com partículas finas que

não podem ser removidas com os equipamentos normais de tratamento, é necessário que sejam descartadas. Atualmente é muito difícil encontrar aterros nos quais seja possível despejar efluentes e o transporte para estações de tratamento é muito caro. Tais razões levaram à necessidade de fazer o tratamento de lamas residuais no canteiro de obra, para obter-se in loco água limpa e um resíduo sólido adequado para ser carregado em caminhão e transportado para um aterro convencional. O filtro-prensa resolve o problema de tratamento de lamas residuais. O princípio de funcionamento é a prensagem do efluente através de telas de filtração onde ocorre a separação das partículas sólidas, que ficam retidas no filtro, e a água purificada, que escoo por outro lado. Os filtros-prensa atuais podem tratar até 250 metros cúbicos de lamas residuais por dia de trabalho.

PROCESSO DE EXECUÇÃO

A execução de paredes-diafragma com hidrofresa consta de módulos primários e secundários. Nos painéis primários a hidro-



Estação de Gerona - Trem da Alta Velocidade (TAV)



Estação de metrô em Barcelona (Espanha)



Equipamento de hidrofresa Bauer BC 40

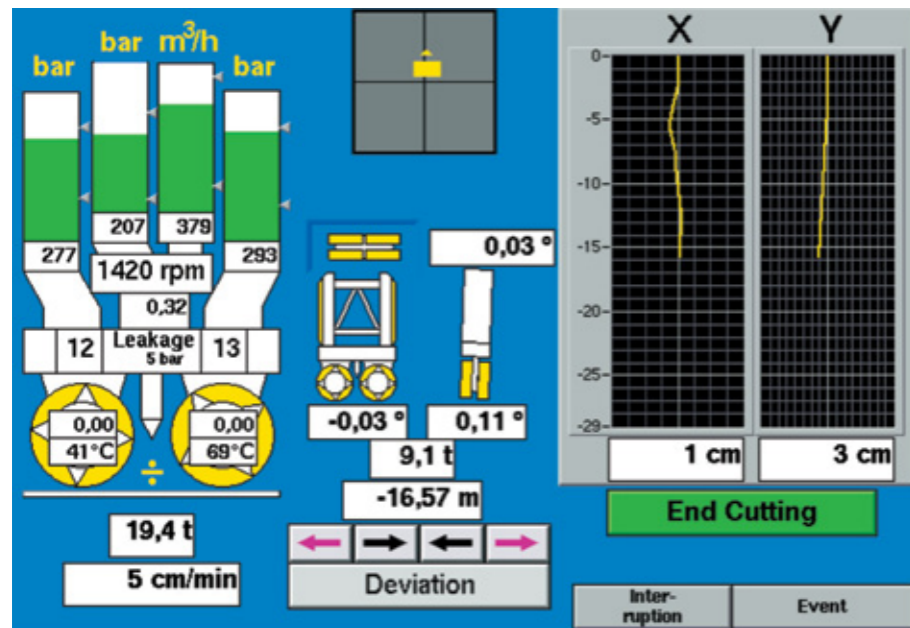


Figura 2 - Computador Central da Cabine (Possibilidade de correção, com placas hidráulicas localizadas na ferramenta, de qualquer desvio extraordinário que seja detectado; para tanto, em caso de serem ativadas, as placas exercem uma pressão localizada sobre diferentes áreas das paredes da escavação, forçando a hidrofresa a voltar à posição correta)

fresa executa duas perfurações laterais no solo, de comprimento igual ao da abertura da fresa (2,80 m) e uma descida central para remover a banda não perfurada. Assim, são escavados módulos entre 6,40 m e 7,00 m de comprimento em planta. Se as circunstâncias o exigirem, podem ser feitos painéis primários simples com uma única descida da hidrofresa. Em qualquer caso, a distância entre os painéis primários deve ser sempre inferior à abertura da fresa, de modo que quando sejam executados os módulos secundários, os painéis fiquem sobrepostos.

Os painéis secundários são executados com uma única descida da hidrofresa. Nesse tipo de painéis, além de perfurar o solo existente entre os dois módulos primários, a hidrofresa remove uma pequena parte do concreto dos painéis primários adjacentes (figura 3).

A sobreposição entre os painéis resulta

em uma junta rugosa, serrilhada, concreto contra concreto, de ótimo desempenho tanto estrutural como contra a entrada de água, oferecendo maior estanqueidade. Este tipo de junta apresenta comprimento superior ao de outros tipos e muito baixa permeabilidade, devido à rugosidade do concreto triturado pela hidrofresa. A junta sobreposta foi testada com pressões de água até 45 metros sem que ocorresse vazamentos através da mesma.

APLICAÇÃO DO SISTEMA DE HIDROFRESA EM GRANDES ESCAVAÇÕES URBANAS

A potência e confiabilidade da hidrofresa fazem com esta tecnologia seja um sistema apropriado para a execução de paredes-diafragma associadas a grandes escavações urbanas. As principais razões que comprovam que o sistema é adequado nesse tipo de

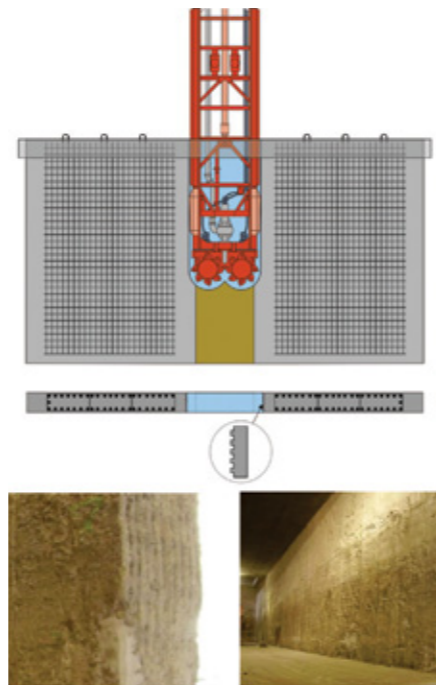


Figura 3 - Junta em forma de serra entre painéis

projetos são as seguintes:

- É um sistema contínuo de escavação, que não precisa que a ferramenta de perfuração seja extraída em cada passada, minimizando o risco de comprometer estruturas vizinhas e maximizando a estabilidade da escavação, pois não causa flutuações na lama de perfuração.
- Devido à elevada capacidade de perfuração da hidrofresa, mesmo em solos de massas de rochas, não é necessário utilizar broca para progredir em camadas adequadas. Isso minimiza o ruído e as vibrações, e o processo de perfuração tem uma influência mínima sobre o ambiente.
- A hidrofresa oferece a possibilidade de trabalhar em grandes escavações com alta confiabilidade, graças aos sistemas de controle de desvios instalados nos equipamentos. Para complementar esses sistemas, o



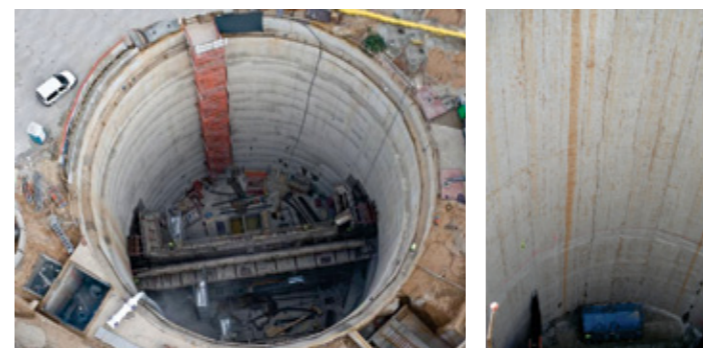
Tipos de rodas de hidrofresa



Tratamento de lodos descartados com filtro prensa



Sistema Koden



Poço de acesso a estação da linha 9 do metrô de Barcelona; Paredes diafragma de até 75 metros de profundidade com escavação interior de 45 metros



Vibrações mínimas



Material de escavação localizado junto ao "desarenador"

SOFTWARE ANAKO

- Devido à formação de uma junta de qualidade, por sobreposição, entre os painéis, não é necessária a utilização de formas de juntas planas ou circulares que, devido ao seu peso e dimensão, envolvem tarefas de instalação trabalhosas e até perigosas.
- Não é necessária a utilização de caminhões no interior do canteiro para extrair o material escavado, porque a área de despejo está limitada à parte inferior dos desarenadores. Evitando-se assim o tráfego de caminhões na frente de trabalho. Já o material escavado tem baixo teor de umidade após passar através do ciclo de remoção de areia, tornando o entulho mais fácil de transportar para a reutilização ou para o aterro.

CONCLUSÕES

A execução de paredes diafragma com hidrofresa é uma técnica muito interessante que se adapta perfeitamente à escavação de solos resistentes, grandes profundidades e projetos com tolerâncias rigorosas de execução. A verticalidade da parede diafragma executada, a estanqueidade das juntas entre os painéis, a confiabilidade do processo e a capacidade de produção em situações desfavoráveis, tornam esse sistema uma tecnologia adequada para lidar com grandes escavações em áreas urbanas. Além disso, a flexibilidade oferecida pelos diferentes tipos de hidrofresa permite executar uma grande variedade de projetos com a garantia de qualidade e desempenho exigida.

Grupo Terratest incorpora, em projetos especiais que requerem tolerâncias rigorosas de execução, a medição do perfil real de escavação com tecnologia Koden.

SISTEMA KODEN

O sistema Koden é constituído por uma estrutura

metálica de proteção e um guincho que suspende uma sonda emissora e receptora de ultrassom. O envio contínuo de sinais da sonda para as paredes da escavação e a recepção do eco desses sinais, ao longo de toda a profundidade do módulo de diafragma, permite calcular a distância real entre a sonda e as paredes. A análise em tempo real das distâncias torna-se um registro contínuo do perfil da escavação, no qual podem ser detectados os desvios que tenham ocorrido em relação à posição teórica.

A precisão da tecnologia Koden é um complemento ideal para as informações fornecidas pelos sistemas de controle instalados na hidrofresa. Além disso, o Grupo Terratest desenvolveu um software chamado Anako que, a partir dos resultados do Koden, permite calcular a sobreposição entre os painéis ao longo de toda a profundidade da escavação, definindo assim a configuração real da parede-diafragma executada (figura 4).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MAROTE (2008) - Aplicação da tecnologia de hidrofresa em grandes escavações urbanas. Conselho superior de Investigações Científicas (CSIC).
- BAUER MASCHINEN GMBH (2012) - Bauer trench cutter systems. Dados técnicos do produto.

*Gerardo Marote Ramos é engenheiro civil, mestre em mecânica de solos e engenharia de fundações, diretor técnico do grupo Terratest, especializado em fundações profundas (estacas de grande diâmetro, paredes diafragma e técnicas de hidrofresa)
E-mail: gerardo.mr@terratest.com