

ESCAVAÇÕES EM OBRAS URBANAS

Não é raro que escavações subterrâneas sejam feitas por razões de falta de espaço na superfície. Cada vez mais edificações comerciais, residenciais e obras de infraestrutura demandam um melhor aproveitamento do terreno para tornarem-se economicamente viáveis. No entanto, antes de iniciar qualquer serviço de escavação em áreas urbanas é importante que sejam feitas avaliações no local, não só investigações geotécnicas, mas também consultas às plantas cadastrais da prefeitura e concessionárias, bem como aos projetos estruturais das edificações vizinhas.

Toda escavação, por mais controlada que seja, movimenta o maciço de solo em seu entorno, por isso o cadastramento de todas as edificações vizinhas é fundamental para que sejam identificadas todas as possíveis interferências com a obra antes do processo de escavação.

Informações como a presença de solos, tipo de fundações, obras de contenção definitivas, redes de instalações, altura e características dos sistemas estruturais do entorno ajudam a prevenir danos futuros, uma vez que tudo isso deve ser levado em conta na fase de projeto e

constantemente monitorado durante e após o término dos serviços.

Cada projeto deve ter uma análise específica, mas como regra geral é preciso conhecer, em primeiro lugar todas as suas peculiaridades: geometria, profundidade, níveis de escavação, cargas atuantes e eventuais condicionantes ambientais, legais, de acesso de materiais e/ou equipamentos.

INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

Escavações realizadas em perímetros urbanos estão diretamente conectadas às investigações geotécnicas do solo, imprescindíveis para viabilizar um empreendimento, cuja solução dependa da exploração e utilização do subsolo. Esta é, com certeza, a etapa mais cuidadosa e importante de todo o processo, pois seus resultados são responsáveis por nortear tanto o projeto, quanto a obra antes, durante e depois da sua conclusão.

Sem dúvida a primeira investigação geotécnica a ser realizada na área da escavação é o SPT (*Standard Penetration Test*). Trata-se de um ensaio econômico e que permite a identificação da consistência de solos coesivos, a densidade de solos granulares e até rochas brandas. Com seus resultados é possível definir as características do solo e sua estratigrafia ao longo de toda a área da obra, gerando assim um mapa geotécnico que será a referência inicial para todas as atividades seguintes.

Outro importante ensaio que precisa ser realizado é o CPTu (*Piezcone Penetration Test*), capaz de identificar além da estratigrafia do solo, propriedades dos materiais prospectados como resistência de ponta, atrito lateral



Acidente em obra de escavação

e medidas de poro-pressão geradas durante a cravação. Com todas estas informações associadas é possível, por exemplo, determinar a existência de camadas drenantes no solo de pequena espessura e camadas de argila mole, além da variação espacial das propriedades mecânicas e condições do nível d'água, características de adensamento, potencial de liquefação e histórico de tensões.

SEGURANÇA

A segurança de uma obra de escavação e do entorno é uma grande preocupação tanto dos projetistas, quanto dos construtores. Após a determinação de todas as características geotécnicas e estruturais que envolvem o empreendimento, é necessário realizar um plano de instrumentação da área, com o intuito de monitorar “tudo” relativo ao processo das escavações. Como o solo é um material heterogêneo e muito sensível, durante a obra são necessários monitoramentos contínuos de parâmetros que influenciam a qualidade e segurança do projeto.



Escavação de poço secante

O primeiro passo é definir os pontos de *benchmark* que caracterizam o marco zero e a zona de influência da escavação na vizinhança. Eles são instalados fora da zona de influência de uma forma que possibilite que as suas leituras permaneçam constantes ao longo de toda a obra. Um exemplo muito comum é a instalação de marcos superficiais no canteiro para avaliar o recalque vertical do solo na superfície em pontos previamente definidos no projeto.

Ao longo da escavação os valores dos recalques são comparados com os valores limites definidos no projeto e com as leituras contínuas da instrumentação. Em seguida são comparadas com os *benchmarks* para definição dos níveis de alerta e intervenção que podem comprometer a segurança da obra ou edificações vizinhas. Existem NRs (Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde do Trabalho) para a segurança dos operários e também as NBRs (Normas Técnicas) que abordam a segurança do projeto quanto à ruína ou desempenho.

RESULTADOS

A adoção de procedimentos de segurança em obras de escavação evita a ocorrência de sinistros no caso de danos às edificações vizinhas. Como enfatizado anteriormente, é sempre necessário fazer um cadastramento com a situação atual dos imóveis antes do início da obra. Este cadastro permite avaliar se durante a construção ocorreu algum dano ao imóvel. Caso



Vala a céu aberto

este cadastramento não seja feito, pode gerar sérios prejuízos ao empreendimento, uma vez que não há controle se as edificações vizinhas já tinham o dano antes da obra ou se apareceu após as intervenções.

Mais importante ainda são as adoções de medidas de segurança para evitar acidentes decorrentes do próprio processo de escavação. Acidentes em obras que envolvem o subsolo normalmente são trágicas e de grandes proporções. Nunca é demais dizer que todo o cuidado é pouco, principalmente relacionado ao depósito de materiais, tráfego de veículos pesados e posicionamento de guias próximo às escavações.

Um dos elementos cruciais em uma obra é o ATO (Apoio Técnico à Obra) que nada mais é do que a presença constante de um engenheiro



VCA – Estroncado

e/ou técnico da empresa projetista no canteiro de obras, auxiliando na interpretação e entendimento dos projetos no campo. Esse profissional tem a função de manter a segurança do processo de produção, criando um

elo de comunicação entre o projetista e o executor.

EXECUÇÃO

Atualmente existem diversos métodos de escavação em áreas urbanas. A escolha do melhor método depende das características do solo, geometria do terreno, interferências com edificações vizinhas, orçamento disponível entre outros elementos. Excluindo-se as escavações subterrâneas para túneis realizadas, por exemplo, por tuneladoras (*TBM – Tunnel Boring Machines*) ou pela técnica NATM (*New Austrian Tunneling Method*), as escavações em perímetro urbano mais utilizadas são as chamadas VCAs (Valas a Céu Aberto) que são divididas em dois tipos:

1) VCA – MÉTODO CUT AND COVER

Neste método, a escavação do perímetro da vala é iniciada, instalando-se, por exemplo, paredes diafragma atirantadas. Estas paredes são escavadas até a cota determinada em projeto incluindo a “ficha”, que é o comprimento



Escavação concluída do empreendimento residencial em Porto Alegre (RS)



Trecho da primeira laje concretada

enterrado além da cota de fundo da escavação para garantir a estabilidade da contenção. Após a execução do perímetro, é feita a escavação da vala propriamente dita. À medida que a cota de escavação vai se aprofundando, são instalados tirantes intermediários até chegar ao fundo da escavação.

2) VCA – MÉTODO INVERTIDO COVER AND CUT

Este método tem as mesmas características do anterior, porém com a vantagem de liberar a superfície para o trabalho mesmo antes do início das escavações. Após a execução do perímetro, a laje de topo é executada e são deixados acessos em determinados pontos por onde serão feitas as escavações. Guindastes posicionam as escavadeiras até o fundo da vala e posteriormente as estruturas internas são construídas até chegar ao nível do topo já executado.

CASO DE OBRA

Um caso de um empreendimento residencial no bairro Auxiliadora em

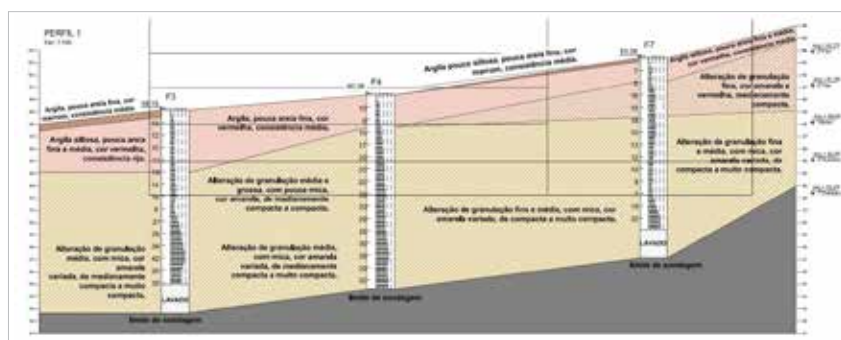
Porto Alegre (RS) com dois subsolos apresentou alguns desafios na etapa de escavação. Como o terreno é em aclive, as alturas de escavação variaram de 7 a 12 m. A Figura 3 apresenta uma seção geotécnica do terreno, elaborada dentro de uma campanha total de 14 sondagens SPT (NBR 6.484 e ABGE, 2013). A estratigrafia era composta basicamente de um solo residual argiloso nos primeiros 3 m a 5 m, passando para uma alteração de rocha com forte presença de mica.

Os limites de sondagem foram bem variados devido à existência de matações, 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. Como reação aos empuxos foram executadas de duas a cinco linhas de tirantes (NBR 5.629) com carga de trabalho variando entre 200 kN e 350 kN e comprimentos totais entre 8 m e 19 m.

Nesta obra foram instalados 16 pontos de medição de deslocamentos em diversas etapas ao longo de 268 dias. No período mais crítico alcançaram-se velocidades de até 430 $\mu\text{m}/\text{dia}$. As deformações previstas para as cortinas foram estimadas segundo a modelagem realizada utilizando o programa Cype – Módulo Cortinas. Para cada obra elaborou-se um perfil geotécnico ideal com base nas correlações apresentadas por Joppert Jr. (2007).

Gusmão Filho (2006) explica que os deslocamentos em cortinas são de dois tipos: de curto e longo prazo. Os primeiros são devido 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. Os primeiros são estimados de forma empírica e os



Seção geotécnica

segundos facilmente previstos, por meio da teoria de adensamento.

INOVAÇÕES

Os avanços tecnológicos na área de projetos e execuções de escavações urbanas têm passado por constantes modificações. Na área de projeto, os modelos numéricos de cálculo estão cada vez mais elaborados, permitindo que os dados experimentais tenham

boas correlações com os resultados experimentais e leituras de instrumentação. Métodos de cálculo clássicos estão sendo substituídos por métodos evolutivos, que levam em conta cada fase da escavação e incorporam efeitos da não-linearidade geométrica e física dos materiais, da plasticidade do solo e influência do lençol freático, por exemplo.

Na obra, cada vez mais os sistemas de instrumentação e controle estão

sofisticados. Máquinas e equipamentos de última geração são fabricados especificamente para este tipo de obra, resultando em mais produtividade sem abrir mão da segurança. Já existem nos grandes centros urbanos, equipamentos de escavação mais fortes e ensaios geotécnicos de campo com excelente resposta de informação, mas que na prática das obras de pequeno e médio porte ainda não estão presentes. ■

> **EDUARDO PEREIRA DE SOUZA** é engenheiro civil e de transportes pelo Centro Universitário FEI (Fundação Educacional Inaciana). Atualmente é engenheiro civil na empresa Arcadis.



Arquivo pessoal

> **JONATAN GARRIDO JUNG** é engenheiro civil pela UFRS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), onde também fez seu mestrado em engenharia com ênfase em geotecnia. Atualmente é sócio da empresa MLF Consultoria Geotécnica.



Arquivo pessoal

> **MARCIANO LANG FRAGA** é engenheiro civil pela UFPR (Universidade Federal do Paraná). Atualmente é diretor-técnico da empresa MLF Geotecnia Consultoria Geotécnica.



Arquivo pessoal

> **RAPHAEL FARIA DE MENDONÇA** é engenheiro civil pela UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora) e possui mestrado em estruturas pela COPPE-UFRJ (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Atualmente é diretor-técnico da empresa SESAN Engenharia e professor da pós-graduação em estruturas da UCEFF (Unidade Central de Educação Faem Faculdade).



Arquivo pessoal