



O pipe jacking abre uma janela

Para fornecer uma visão o mais abrangente possível sobre a tecnologia de minitúneis em tubos cravados de concreto, pipe jacking – largamente adotada em países adiantados, mas de uso ainda embrionário no Brasil, a **REVISITA ENGENHARIA** ouviu 15 especialistas envolvidos não apenas na construção dessas passagens subterrâneas, como também nas várias atividades desenvolvidas pela cadeia produtiva do segmento. Se ainda não é adotado em escala maior, o simples surgimento da tecnologia pipe jacking no mercado brasileiro foi, no entanto, uma das consequências do acirramento de competitividade imposto a todo o setor de saneamento básico ao longo da última década. O ambiente competitivo trouxe assim a demanda por tecnologias capazes de assegurar ganhos de produtividade e economia, sob padrões de qualidade e segurança elevados. Para os executantes de obras tais parâmetros passaram a ser imperativos, na esteira da nova ótica dos concessionários e investidores. Nesse contexto, fatores como durabilidade, custo operacional, impacto ambiental e social passaram a ser observados com extrema atenção.

A tecnologia pipe jacking teve o seu desenvolvimento quase simultâneo no Japão e Alemanha ao longo da década de 1970 e sofreu intensa evolução ao longo dos anos 1980 e 1990, com a incorporação de sistemas de informática, automação e direcionamento a laser. Para a execução de túneis por esse sistema necessita-se de um escavador (shield) e um cravador (pipe jacking) e, no mínimo, dois poços para entrada e saída dos materiais e equipamentos (emboque e desemboque). Depois de construídos os poços, instala-se o cravador no emboque e inicia-se o trabalho com o escavador. Em seguida, são cravados os tubos de concreto que empurrarão o escavador até o poço de desemboque. Podem haver muitos outros poços no caminho, dependendo da extensão do túnel.

Depois de uma introdução geral sobre o método construtivo – que se define como tecnologia não-destrutiva –, suas vantagens, e as razões pelas quais ainda não é utilizado em larga escala no país (fora das grandes metrópoles, em especial do eixo São Paulo-Rio, o pipe jacking é praticamente desconhecido), esta reportagem especial está dividida em dois grandes segmentos. O primeiro é “*A experiência de cada um*”,

em que os especialistas entrevistados compartilham suas experiências e conhecimentos acumulados e relatam singularidades de casos em que o sistema foi utilizado – assim como os resultados (geralmente bons) obtidos. O segundo é “*A técnica, passo a passo*”, com o detalhamento teórico de todas as etapas e aspectos da execução da tecnologia slurry pipe jacking – muito usual dentro desse sistema.

Os túneis são considerados uma solução de grande eficiência na transposição de obstáculos naturais, com reduzido grau de agressividade à natureza e excelente qualidade da solução final. Dentre os métodos existentes para a execução de túneis em áreas urbanas, um dos resultantes do desenvolvimento tecnológico recente é o sistema de tubos cravados de concreto.

Esse método – mais intensivamente usado no Japão e Europa – permite a execução de obras nas cidades sem a interrupção do trânsito, evitando desapropriações de terrenos e edificações, e facilitando a transposição das interferências representadas pelas instalações existentes de distribuição de água, esgoto, energia elétrica, telefonia e drenagem – os chamados equipamentos ou utilidades urbanas.



para o futuro

Por Juan Garrido

O sistema apresenta ainda vantagens adicionais em relação aos demais métodos atualmente existentes. Os tipos e a versatilidade dos equipamentos de cravação disponíveis permitem a execução de túneis em todos os tipos de solos, com todas as variedades de argilas, siltes, areias, inclusive com pedregulhos e até em rochas – na presença ou não de água. Além disso, as obras têm acabamento instantâneo, imediatamente após a execução; os túneis são absolutamente estanques; e a qualidade do revestimento dos túneis corresponde à qualidade dos tubos. O pipe jacking é executado por meio da cravação de tubos de concreto de alta resistência, permitindo a realização de obras em uma grande variedade de diâmetros. O método é apropriado, portanto, para construção de redes coletoras e coletores-tronco de esgotos, galerias de drenagem pluvial, adutoras, dutos para passagem de cabos elétricos, telefônicos e fibra ótica, tubulações de gás, passagens subterrâneas para pedestres, tubulações de uso múltiplo, transporte subterrâneo em plantas industriais e obras de recuperação ambiental.

O processo construtivo inicia-se com o lançamento do equipamento de cravação no interior de um poço de ser-

viço. Lá dentro, o tubo é impulsionado por macacos hidráulicos e cravado no solo. A escavação é processada por uma cortadeira rotativa equipada com dentes metálicos. Com o avanço da máquina, o solo vai sendo recolhido por meio de comportas de aberturas variáveis, comandadas hidráulicamente, de maneira a controlar a quantidade de material escavado recolhido no interior da máquina. Esta continua avançando, apoiando-se para isso no trecho de túnel revestido, liberando espaço na sua parte traseira, para posicionamento de outro tubo.

Na Europa, particularmente na Alemanha, o método é adotado desde os anos 1960 e tem tido uma participação no mercado de aproximadamente 20% do total de tubos produzidos. O sistema vem sendo cada vez mais utilizado em São Paulo, mas o Rio de Janeiro já acordou para seus excelentes resultados – tanto do ponto de vista da qualidade da obra, como em relação à superação dos vários problemas gerados pelo método cut and cover (vala aberta).

Segundo o site econômico-financeiro *Panorama Brasil*, o sistema pipe jacking cresceu 20% este ano, em relação a 2002. Nesse período, o setor de tubos de concreto sofreu retração de 12%, pelos da-

Se forem anunciados – como se espera – novos investimentos em obras de saneamento pelo Brasil a fora, tenderão a crescer as chances de maior utilização de modernas tecnologias não destrutivas, como a de minitúneis em tubos cravados de concreto (pipe jacking), para substituir o velho sistema de furar valas a céu aberto para a colocação dos canos sob a terra. O método evita a buraqueira infernal nas vias urbanas – com as interrupções de trânsito e outros contratempos daí decorrentes – e é largamente usado em países adiantados há muitos anos. No Brasil o pipe jacking só começou a ser adotado nos anos 1990 e seu uso continua praticamente confinado ao eixo São Paulo-Rio. O sistema pode utilizar vários diâmetros de tubos de concreto, de 300 a 2 000 milímetros, ainda que vários especialistas defendam sua utilização para diâmetros de 2 500 e até de 3 000 milímetros

dos da Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto, ABTC.

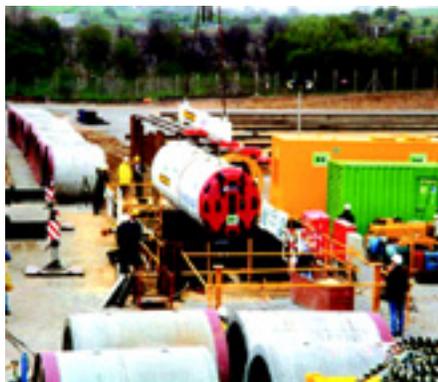
Entretanto, para usar o sistema, as empreiteiras têm que desembolsar entre 1 milhão e 2 milhões de dólares por máquina – podendo ainda chegar a valores mais altos. A ABTC, que congrega empresas da cadeia de tubulações de concreto, fez demonstração da nova tecnologia à Prefeitura do Município de São Paulo, no final de setembro passado. De acordo com a entidade, atualmente já são sete empresas trabalhando com o sistema pipe jacking e quatro fabricantes das tubulações específicas, que precisam ser mais resistentes, caso contrário podem romper quando cravados.

Com a apresentação da tecnologia a órgãos governamentais, os empresários do setor de saneamento pretendem reduzir a ociosidade das máquinas. Sabino Freitas Corrêa, coordenador de obras da ECL, disse a *Panorama Brasil* que mudanças no sistema de licitações podem beneficiar o uso do pipe jacking que, embora represente um investimento inicial mais elevado, reduz o tempo e o transtorno da obra e diminui custos com manutenção, trazendo ganho e economia a médio e longo prazos. Ou seja, tem custo-benefício interessante. A empresa possui três cortadeiras rotativas, utilizadas na cravação de tubos, mas atualmente apenas uma está em operação. Corrêa confirma que o sistema já foi usado para instalar mais de 100 quilômetros de tubulações no Brasil, mas ainda não é conhecido por muitos prováveis clientes.

Outra empreiteira, a Enotec, também realiza obras com a tecnologia. De acordo com o engenheiro Renato Franceschini – em informações divulgadas pelo mesmo site – a principal vantagem do sistema é a redução do tempo de execução da obra, que em alguns casos chega a ser 80% menor. A empresa está iniciando obra da Sabesp na cidade de Embu. Já segundo a ABTC, que reúne cerca de 35% das empresas do ramo de tubulações de concreto, o setor faturou 500 milhões de reais no ano passado, e consumiu mais de 1,5 milhão de metros cúbicos de concreto. Mas, para este ano, a entidade espera, na melhor das hipóteses, números iguais aos de 2002.

Despoluição do Tietê

O caso mais marcante de utilização da tecnologia pipe jacking em São Paulo é o do Programa de Despoluição do Tietê, que está sendo executado em sua segunda etapa pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Sabesp, e deverá durar até 2005 (investimento de 400 milhões de dólares, com financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento, BID, e contrapartida de 50% do governo paulista). Cerca de 70% das obras estão ocorrendo na bacia do Rio Pinheiros. O restante fica na região oeste do Rio Tietê. Em sua maior parte, as intervenções são obras de interceptação de esgotos, de coletores-tronco, de re-



des coletoras e ligações domiciliares. O programa complementa o iniciado na primeira etapa, concluída em 1998, na qual foram inauguradas três grandes estações de tratamento de esgoto, a do Parque Novo Mundo, a de São Miguel e a do ABC, que complementam a operação das estações de Barueri e Suzano, que já existiam.

As obras em andamento, em especial as de coletores-tronco e interceptores (de maior porte), estão sendo executadas, em grande parte (60 a 65%), com métodos não-destrutivos – ou subterrâneos –, previstos em projeto. A intenção é provocar o mínimo de transtorno na área urbana. Dentro desse escopo, boa parte das empresas contratadas toca as obras com a tecnologia pipe-jacking. Dos 34 quilômetros de interceptores, pelo menos uns 40% estão previstos para serem executados em tubos cravados de concreto. Em algumas áreas, o método não será utilizado por causa da geologia do terreno, com muita rocha, ou pelo fato de

os diâmetros serem superiores a 1 500 mm. Nestes casos, as empreiteiras executam os túneis pelo sistema austríaco NATM (New Austrian Tunneling Method), em concreto projetado.

Esses dados são suficientes para mostrar que a tecnologia se consolidou, pelo menos em São Paulo. Na primeira etapa do Programa de Despoluição do Tietê houve aplicação de pipe jacking, mas em incidência bem menor, já que o método não estava tão desenvolvido na época. Os técnicos da Sabesp confirmam que o sistema de cravação de tubos sob a terra oferece maior rapidez à obra e, em função da menor quantidade de juntas em relação as outras metodologias, evita pro-

A tecnologia pipe jacking teve o seu desenvolvimento quase simultâneo no Japão e Alemanha ao longo da década de 1970 e sofreu intensa evolução ao longo dos anos 1980 e 1990, com a incorporação de sistemas de informática, automação e laser

blemas de estanqueidade e reduz os custos de manutenção. Eles acreditam que esta segunda etapa poderá ser concluída antes dos prazos estipulados justamente em função da maior rapidez do pipe jacking.

Segundo consultores na área de tubos cravados, o uso da tecnologia de construção de túneis em pipe jacking ocorre, na maioria das vezes, exatamente quando se pretende preservar o meio ambiente, evitar obstruções de vias, e se tem necessidade de cumprimento de prazos rígidos de execução. Caso típico das obras do Projeto Tietê, próximas a uma via de tráfego intenso como a Marginal. Na avaliação deles, seria impossível executar valas, escoramentos, rebaixamento de lençol freático, escavação, remoção e reposição de terra, comuns no método tradicional. Isso sem se falar das interferências que ocorrem ao longo da vala.

Na verdade, o processo está sendo utilizado no Brasil desde o início dos anos 1990. O tipo de tubo utilizado é o

de ponta de concreto e bolsa de aço, fabricado com cimento resistente a sulfatos, com baixa absorção de água (abaixo de 4%) e concreto de alta resistência (acima de 45 MPa). Isso permite aos tubos resistir aos esforços de cravação, além de proporcionar uma vida útil longa. Quanto à manutenção, ela praticamente inexistente, pois sua execução é controlada por nivelamento e alinhamento a laser, garantindo precisão de 0,2% em toda a extensão do trecho. Em função do uso de junta elástica entre os tubos, obtém-se estanqueidade absoluta, evitando-se infiltrações ou vazamento na rede.

O objetivo principal da despoluição do Tietê, do ponto de vista da Sabesp, é melhorar a qualidade da água do rio. Na primeira etapa já houve uma relativa melhoria da água. Mas após 2005 ela deve ser acentuada. Há estudos que mostram que a água será bem mais clara, com melhoria de sua qualidade na Grande São Paulo.

Paralelamente, o rebaixamento da calha, obra executada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAAE, é um reforço a mais para a melhoria da qualidade das águas, em razão do aumento da vazão e velocidade do rio. Além disso, há até a possibilidade de navegação do Tietê, como tem anunciado o governador paulista, Geraldo Alckmin. A Sabesp prevê que em 2005 estará coletando 80% de todo o esgoto e tratando esse volume, o que representa um avanço considerável. Na terceira etapa de despoluição, deverá ser necessário ampliar a capacidade de tratamento de esgotos das estações, e dar continuidade ao trabalho de construção de interceptores, coletores e redes. As áreas a serem beneficiadas são Guarapiranga, na Região Sul; Pirituba e Perus, na Região Oeste; e Mogi das Cruzes, Arujá e Itaquaquecetuba, na Região Leste.

As diversas opções de pipe jacking

A tecnologia de pipe jacking é muito ampla nos dias de hoje, havendo diversas técnicas e equipamentos no mercado. Segundo o coordenador de obras da ECL, Sabino Freitas Corrêa, as opções vão desde os antigos shields adaptados para cravação, até os modernos

equipamentos tipo slurry, passando por variantes como EPB (sigla de Earth Pressure Balanced ou pressão de solo balanceada). A rigor – cita ele – a denominação EPB pode ser aplicada a todos os equipamentos com balanceamento da pressão na frente de escavação. O mais convencional, entretanto, é atribuir esta nomenclatura a equipamentos de médio e grande diâmetros, nos quais o solo é transportado diretamente do cone de escavação, por meio de sistema de rosca sem fim instalado no shield para carrinhos, vagonetas ou bombas de recalque de lama. Outras variantes: auger machine (equipamentos com transporte do solo, por meio de um conjunto contínuo de rosca sem fim, desde a cabeça de corte até o poço de serviços); mix shield (denominação dada a equipamentos com mais de uma tecnologia combinadas, como, por exemplo, a combinação de TBM e slurry); ou TBM (sigla de Tunnel Boring Machine), ou seja, equipamentos de perfuração de túneis em rocha que, além de contar com ferramentas próprias para rocha, utilizam dispositivos adicionais de empuxo no shield, para garantia da aplicação da pressão necessária para esmagamento da rocha no disco de corte.

A grande variedade de tecnologias se deve à diversidade de características geológicas existentes. O recomendável é que se estude, caso a caso, o melhor método a ser empregado em função das

características do projeto. O fato de um equipamento incorporar mais avanços tecnológicos, não significa, necessariamente, que a sua utilização trará melhores resultados. A melhor solução depende de um estudo profundo de cada caso. Dentre as diversas variações de cravação de tubos de concreto desenvolvidas até hoje, a técnica de slurry machines é a que incorpora o maior avanço tecnológico, por sua versatilidade e por ser a mais difundida em nosso país.

O método slurry pipe jacking foi desenvolvido no início da década de 1980, para túneis de diâmetro até 3 000 mm, resultante da combinação da técnica de instalação de dutos subterrâneos por meio de cravação de tubos pipe jacking com a técnica de escavações com couraça mecanizada de pressões balanceadas por lama bentonítica (slurry shield).

Numa visão compacta do método slurry pipe jacking, o eng^o Marcelo Massaki Matsui, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, explica (em trabalho de alguns anos atrás) que a cravação dos tubos de concreto no maciço é feita por uma estação de cravação, constituída por pistões hidráulicos, que é instalada no poço de serviço e partida. A escavação é executada juntamente com a cravação, por um shield de pressões balanceadas por lama bentonítica. A lama utilizada mantém a frente de escavação estável, além de fazer o transporte hidráulico do material

Os tipos e a versatilidade dos equipamentos de cravação disponíveis permitem a execução de túneis em todos os tipos de solos, como argilas, siltes, areias, inclusive com pedregulhos e até em alterações de rochas – na presença ou não de água



O caso mais marcante de utilização da tecnologia pipe jacking em São Paulo é o do Programa de Despoluição do Tietê, que está sendo executado em sua segunda etapa pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Sabesp, e deverá durar até 2005

escavado. Esse material é bombeado para a superfície onde a lama é reciclada e reutilizada. O comprimento máximo que a composição do shield mais os tubos pode ser cravada depende da capacidade da estação de cravação e da resistência dos tubos. O esforço de cravação é composto principalmente pela resistência gerada pelo atrito do maciço com a composição, e a resistência oferecida pela face da escavação. Para minimizar os esforços de cravação, é executada a injeção de fluido lubrificante (geralmente bentonita) no contato do tubo com o maciço. A metodologia proposta para determinação dos parâmetros operacionais do slurry pipe jacking, consiste na definição de dois requisitos básicos de projeto: estimativa dos esforços de cravação e a magnitude dos recalques induzidos pela construção do túnel. Estes são os requisitos que definem a ca-

pacidade do sistema de cravação, espessura dos tubos cravados e o potencial de danos induzidos nas estruturas superficiais e utilidades enterradas. Os procedimentos usuais são empíricos e não permitem retroanálise da instrumentação de campo. Para superar este problema, foram utilizados os conceitos da Curva de Reação do Maciço, para associar os esforços de cravação com as tensões do maciço e os deslocamentos. O modelo elasto-plástico de simetria axial ou simetria esférica pode ser utilizado. O modelo constitutivo com perda de resistência após o pico foi adotado juntamente com o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, com fluxo plástico não associado. A magnitude dos recalques admissíveis é definida em função dos danos aceitáveis nas estruturas lindeiras. Com a determinação dos recalques admissíveis, as tensões do ma-

ciço são calculadas para a face ou para o contorno do túnel escavado. Estas são as tensões mínimas que podem ser aplicadas. As tensões máximas são estimadas para condição de repouso (geostático), para evitar o levantamento do maciço. Estas tensões, juntamente com o conhecimento do atrito na interface revestimento-lama-maciço, permite a estimativa dos esforços de cravação. Utilizando este método analítico simplificado propõe-se uma definição das regras operacionais para o slurry pipe jacking, associadas com os requisitos de desempenho de construção desejados. A metodologia proposta foi aplicada num trecho experimental e foram obtidos resultados satisfatórios para a estimativa dos esforços de cravação. Com os dados de instrumentação efetuou-se retroanálise do coeficiente de atrito na interface tubo-lama-maciço.

A experiência de cada um

Neste segmento, os especialistas entrevistados pela **REVISTA ENGENHARIA** demonstram, com suas experiências de campo e o conhecimento acumulado a partir delas, que a tecnologia de túneis em pipe jacking tem uma extensa gama de aplicações, podendo ser utilizada praticamente em todas as situações onde é necessária a execução de obras por método não destrutivo. Entre as desvantagens do sistema estão o investimento inicial na compra do equipamento – geralmente importado e caro –, a mão-de-obra muito especializada – escassa e, portanto, cara – e necessidade de que a construtora tenha escala de produção, ou seja, ganhe contratos grandes que permitam amortizar o investimento inicial com compra das máquinas. O método tem maior vantagem competitiva em situações em que há restrição ou inconveniência à abertura de valas no local; necessidade de precisão no túnel ao longo de todo o traçado; necessida-

de de durabilidade, resistência e estanqueidade do conduto; profundidades acima de 4 metros; proximidade de edificações e/ou sob outras instalações; travessias sob vias ou rodovias; trabalho em solo colapsível; e trabalho abaixo do nível do lençol freático.

Capobianco, da Construcap

O vice-presidente da Construcap, Roberto Capobianco, vê como um dos aspectos mais importantes do método pipe jacking – por tratar-se de técnica não destrutiva – a preservação do meio ambiente, ao contrário do sistema de abertura de valas nas vias públicas, que têm um impacto muito grande sobre vida da população. A Construcap executa atualmente obras em três lotes da segunda etapa do Programa de Despoluição do Tietê, para a Sabesp.

Quando fala em meio ambiente, Capobianco esclarece que está incluindo aí o cidadão. Ele não leva em conta apenas a questão ambiental

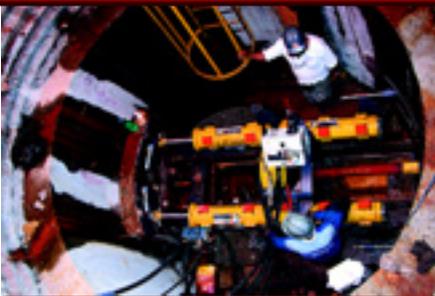
“natureza”, mas também a questão ambiental “ambiente em que a pessoa vive”. Em consonância com a opinião majoritária, ele diz que a vala a céu aberto apresenta grandes inconvenientes porque interrompe o trânsito, dificulta o acesso às residências e suja demais as ruas. “A gente vê isso o tempo todo em muitas obras por aí e por mais cuidado que se tome, o impacto é sempre ruim.”

Ele lembra aspectos como a necessidade de se depositar a terra resultante da abertura da vala em algum local distante, e também a inevitabilidade de se voltar com a terra depois, para fechar a vala. Além do que o método tradicional apresenta muito mais riscos de recalques e fissuramento em pavimentos e residências. “Em resumo, tubo cravado é uma técnica infinitamente melhor do que a de vala aberta.”

Por outro lado, ele enxerga que o principal problema do pipe jacking ainda é o preço do equipamento. “Além

disso, o pipe jacking exhibe uma dificuldade que está ausente no caso da vala comum. Ou seja, ao se fazer uma cravação de tubo, por mais que se sonde o terreno e se faça um levantamento da geologia do local, raramente se deixará de deparar com surpresas pelo caminho." E não apenas de rochas e matações – diz –, mas também restos de construções, aterros que foram feitos com materiais impróprios e outros inconvenientes. "Isso causa bastante transtorno na execução e também encarece o trabalho", certifica.

Essa informação poderia chegar a surpreender, quando se sabe que os levantamentos geotécnicos já alcançam expressivo grau de precisão. Ele concorda que houve grandes progressos em geotecnia e admite que hoje em dia se consegue detectar grande parte dos obstáculos. "Mas não todos." Ele revela que muitas vezes se faz uma sondagem a cada 15 metros e nesse espaço, entre uma sondagem e outra, aparece um matação que não se detectou na pesquisa preliminar.



Dentre as diversas variações de cravação de tubos de concreto desenvolvidas até hoje, a técnica de slurry machines é a que incorpora o maior avanço tecnológico, por sua versatilidade e por ser a mais difundida em nosso país

Enquanto o pipe jacking é uma tecnologia muito sofisticada e complexa (porque exige conhecimentos de geologia, de mecânica do solo, de mecânica de equipamentos, de hidráulica, de computador...), a vala aberta – comenta ele – é uma tecnologia totalmente

dominada, com um custo muito baixo de investimento. "No caso da vala precisa-se basicamente de uma máquina escavadeira – que pode ser muito facilmente encontrada no mercado de locação ou de compra – e de material de escoramento." As máquinas de tubos cravados, por sua vez, são computadorizadas, caras e muito sensíveis.

Com e sem tripulação – Quando fala de máquinas altamente sensíveis, Capobianco está se referindo às máquinas não tripuladas. "Porque hoje trabalhamos também com pipe jacking tripulado", diz. Ele explica que o que determina se uma máquina de tubos cravados pode ou não ser tripulada é o diâmetro desejado do túnel. "Há um único tipo de diâmetro de cravação em que se pode escolher um equipamento tripulado ou não tripulado: o de 1 200 milímetros." Desse diâmetro para cima normalmente se opta pelo tripulado, porque a máquina acaba custando menos.

Segundo ele, uma máquina de 2 000 milímetros não tripulada resulta carís-

Indústrias

Estradas

Saneamento

Energia

59 anos
TRABALHANDO PELO MEIO AMBIENTE

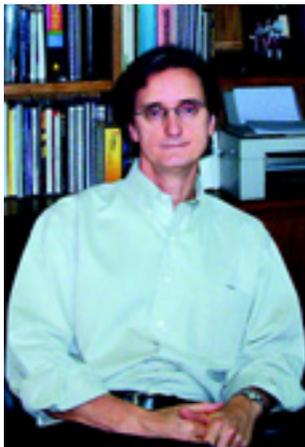
Rua Belo Cintra, 24
Consolação - São Paulo - SP
Fone: (55 11) 3017-8000
www.construcap.com.br
comercial@construcap.com.br

CONSTRUCAP

www.construcap.com.br

sima e de difícil operação. “O pipe jacking legítimo vai até 1 800 milímetros, pelo menos na concepção da Construcap. A partir dessa medida já é mais conveniente – se for o caso de se trabalhar com shield – adotar a técnica de anel segmentado, que é o caso do metrô. Ele explica que não existe máquina para pipe jacking operando em obra nenhuma de metrô no mundo, porque não teria sentido se fazer um tubo com 4 ou 5 metros de diâmetro por esse método. Mas até 2 000 milímetros, o tubo cravado é teoricamente viável. “Nas nossas obras para a Sabesp vamos até 1 500 milímetros com tubo cravado.”

Ao descrever o pipe jacking tripulado, Capobianco diz que se trata basicamente de uma máquina que tem uma cabine interna, de onde o trabalhador aciona os comandos hidráulicos. “No caso dos equipamentos da Construcap, há todo um sistema de ventilação e exaustão de ar, para que o operador tenha condições de permanecer no seu interior sem sucumbir à temperatura nem à falta de oxigenação”, diz. Além



Roberto Capobianco, vice-presidente da Construcap

Nas máquinas não tripuladas, o sistema de retirada do material é por lama. São os pipe jacking tipo slurry machine, as máquinas de lamas. As slurry machines são muito caras porque são todas monitoradas por computador. O operador comanda e controla o equipamento de fora, algo bastante sofisticado. “Tomando-se com base o diâmetro médio de 600 milímetros, esse tipo de

Das cinco obras de túneis em andamento na segunda etapa do Projeto Tietê, a Construcap participa nos lotes 2, 3 e 4. Somando-se todos os lotes do programa de despoluição do Rio Tietê, tem-se uma extensão de 80 quilômetros. Os túneis têm diâmetros que vão desde 300 até 2 500 milímetros. “São 80 quilômetros de canalização mas na verdade são 50 quilômetros de túneis, dos quais já foram executados 45%.” Alguns têm diâmetro maior, mas a maior parte não ultrapassa os 2,5 metros.

Ainda sobre as características da tecnologia pipe jacking, Capobianco concorda que ela não constitui propriamente o método mais rápido, mas sim o mais seguro. Dependendo da profundidade, a técnica de vala aberta é mais rápida que o tubo cravado, mas não tem segurança e o impacto ambiental, como já se viu, é muito alto. “Abrir uma vala na Avenida Paulista, por exemplo, ou nos Jardins, é algo impensável. Cavar uma vala na Marginal e deixá-la aberta por lá durante um ano, também não dá: paralisaria a cidade de São Paulo.”



Das cinco obras de túneis em andamento na segunda etapa do Projeto Tietê, a Construcap participa nos lotes 2, 3 e 4. Somando-se todos os lotes do programa de despoluição do rio, tem-se uma extensão de 80 quilômetros - com túneis de diâmetros desde 300 até 2 500 milímetros

disso, toda a escavação é monitorada em relação aos gases existentes no subsolo, ou seja, busca-se identificar se existe algum gás diferente dos que constituem o ar que o homem respira. A terra, por sua vez, é retirada por meio de uma correia transportadora que enche uma carreta puxada por uma pequena locomotiva elétrica, que vai até o poço e retira dali o material sem que ele se misture com água, ou seja, se transforme em lama.

A máquina tripulada não é, portanto, teleguiada, como no caso dos equipamentos para diâmetros menores e ela é mais barata porque o sistema de retirada de material é mais simples e econômico.

máquina está custando hoje 3,5 milhões de reais, aproximadamente.”

Capobianco conta que a Construcap trabalha atualmente com 10 máquinas. “As não tripuladas são de procedência alemã, mas as tripuladas são nacionais, fabricadas pela Unideutch.” Ele revela que sua construtora também transforma equipamentos originalmente concebidos para anel segmentado, para a modalidade tubo cravado. “A máquina original não contava com sistema de cravação e nossa adaptação consiste, entre outras coisas, em reforçá-la para que possa suportar as cargas do macaco hidráulico; tem funcionado muito bem.”

Problemas podem acontecer – Pela experiência da Construcap, a parte mais difícil de enfrentar, no caso da Marginal, é a da logística dos transportes. “Temos feito os poços geralmente nos canteiros centrais e o traçado do túnel é aquele que está definido no projeto; e aí não importa se estamos embaixo da pista ou não”, diz Capobianco. Ele confirma que tem aparecido muita surpresa pelo caminho, empecilhos que não estavam previstos originariamente: alterações de solo, rocha, restos de fundações de construções etc. “Na verdade, esses percalços não estão previstos nos custos, porque o nosso custo se baseia na sondagem que o cliente realizou.”

Ao desenvolver um projeto, o cliente – a Sabesp, por exemplo – faz sondagens e caracteriza o material a ser escavado de uma determinada forma. Mas a construtora acaba encontrando, na execução, alterações significativas, não só na questão de geologia mas também quanto a obras civis e outras interferências. Esses eventos geralmente determinam variações no traçado original.

Mirando para o futuro, Capobianco vê um grande potencial de crescimento

para o pipe jacking fora do eixo São Paulo-Rio de Janeiro. Mas há o gargalo do alto preço das máquinas. “É preciso imobilizar um capital grande para executar esse tipo de obra.” A maior possibilidade de negócios, segundo ele, se situa entre os diâmetros de 300 e 1 200 milímetros, que são os que apresentam maior volume de aplicações. “Acima disso, exige-se as caras slurry machines e há mais um detalhe: elas são relativamente restritas também no mercado internacional, justamente por causa do preço.”

Outro fator delicado no caso do pipe jacking é o de que a operação da máquina exige pessoas muito habilitadas para trabalhar nesse nível de sofisticação técnica. O operador tem que entender um pouco de geologia, o mí-

cia de lama, até o poço – mas que só se aplicam para pequenos diâmetros de 300 ou 400 milímetros. “Daí se cair forçosamente no pipe jacking.”

Num balanço dos fatores que muitas vezes impedem a adoção do tubo cravado aparecem o preço inicial do equipamento, a mão-de-obra especializada escassa e cara e a necessidade de se alcançar escala de produção, ou seja, contratos que permitam amortizar o investimento na compra das máquinas importadas. Aquele que está contratando – caso do cliente público –, por sua vez, tem que pesar bem as vantagens que ele está obtendo em escolher (ainda que não explicitamente, nos editais) o pipe jacking. Precisa considerar o alto custo social e ambiental da

por conta de grandes companhias de saneamento dos grandes centros urbanos, como Sabesp, Copasa, Sedae, Sanepar e Embasa. Entretanto – ressalta ele – alguns órgãos públicos ainda aceitam metodologias ultrapassadas, baseadas em escavação manual. No caso de túneis, existem companhias que ainda adotam, por exemplo, o tunnel liner e o NATM, que são métodos que expõem os operários aos riscos de um desmoronamento, além de sujeitá-los a um ambiente insalubre. Corrêa conta que ele já passou por experiências desagradáveis, no caso do tunnel liner. “Entre em túneis de pequeno diâmetro, em que o operário precisa andar agachado e trabalhar de cócoras dentro de um subterrâneo com extensão

Corrêa, da ECL, confirma que atualmente uma grande parcela de obras executadas por meio de métodos não destrutivos são contratadas de grandes companhias de saneamento dos maiores centros urbanos, como Sabesp, Copasa, Sedae, Sanepar e Embasa



nimo indispensável de mecânica do solo, de mecânica de equipamento, de hidráulica e de informática, para estar gabaritado a trabalhar sem fazer com que o equipamento pare ou tenha algum outro tipo de contratempo.

No caso da Sabesp, os editais exigem sempre o método não destrutivo. “Todos eles são, na verdade, complexos”, diz. Na sua visão, o NATM para diâmetros pequenos, por exemplo, não se aplica, porque há dificuldades para se colocar uma pessoa lá dentro escavando. “O método tunnel liner também não se aplica para diâmetros menores do que 1 500 milímetros.” O anel segmentado, por seu lado, não está sendo aplicado mais para pequenos diâmetros, pois há o grave problema do tratamento das juntas do anel, o que levou os construtores a utilizar a técnica apenas nas obras de maior porte. Além desses, há também o furo direcional, máquinas de cravação direcional para passar tubos que não necessitam do controle de declividade. E as máquinas com rosca sem fim, que puxam o material para fora e o levam, sem que adquira a consistên-

vala aberta e se levar tudo para a ponta do lápis vai constatar que o custo-benefício do tubo cravado é bom. “Essa é a nossa esperança e já temos observado uma tendência nessa direção em algumas capitais estaduais em que cresce a preocupação em interferir minimamente com a sociedade, no caso de grandes projetos.”

Corrêa, da ECL

Sabino Freitas Corrêa, coordenador de obras da ECL Engenharia, é outro dos especialistas que avalia haver hoje em operação no país 20 ou 25 equipamentos de pipe jacking, suficientes para atender o mercado atual. “A perspectiva de expansão desse mercado depende da conscientização dos principais órgãos contratantes, em geral entes públicos”, diz. Ou seja, a partir do momento que houver consciência e compromisso com a qualidade, esse mercado deve se expandir de forma muito significativa.

Ele confirma que atualmente uma grande parcela de obras executadas por meio de métodos não destrutivos fica

superior a 100 metros, em muitos casos com má ventilação.” Inconvenientes desse tipo não ocorrem quando o método é o pipe jacking, pois não há trabalho de escavação dentro do túnel. “A técnica é toda automatizada e mecanizada e os operários só trabalham no interior do shaft – ou poço de serviço – que é um ambiente aberto e limpo.”

Sobre o método austríaco (NATM), ele esclarece que é aceito para execução de túneis com diâmetro mínimo de 1,80 metros, mas que mesmo esse diâmetro pode ser considerado, hoje em dia, inapropriado para a atividade humana intensiva em seu interior. Esse diâmetro mínimo é determinado em função da reflexão do concreto projetado. O sistema é baseado na projeção do concreto, trabalho que é feito com a utilização de uma mangueira que conduz todos os componentes do concreto – o cimento, os agregados e a água –, de onde são propulidos por ar comprimido.

Ele cita esse aspecto do NATM para enfatizar que o diâmetro mínimo é fixado em função unicamente do aumento da taxa de reflexão, e não de

Os tubos usados no pipe jacking são ensaiados conforme norma NBR 8890, testados em laboratório quanto à ruptura, estanqueidade, absorção de água, precisão dimensional e rugosidade interna – e só as unidades aprovadas são aplicadas



uma preocupação com a saúde dos homens que trabalham dentro dos túneis. “Em 1,80 metros de diâmetro não há como dar ventilação adequada e o sistema, por definição, é insalubre e gera riscos à saúde, uma vez que o composto lançado a alta velocidade produz uma poeira terrível.”

Já sob o ponto de vista da qualidade da execução da obra, Corrêa diz que o pipe jacking é o único método de execução de túneis nessa faixa de diâmetro em que se permite um controle total da qualidade. “Isso porque se é obrigado a utilizar tubos de concreto com uma especificação altíssima”, diz. Segundo ele, os tubos precisam ter uma resistência enorme, o que obriga a cuidados especiais e minucioso controle na moldagem e cura, além de uma taxa de cimento bastante elevada. “Isso favorece a qualidade do concreto e a resistência ao sulfato, presente no ambiente agressivo que é o conduto de esgoto.”

Corrêa comenta que os outros métodos de abertura de túneis não permitem esse controle prévio. Os tubos usados no pipe jacking são ensaiados conforme norma NBR 8890, testados em laboratório quanto à ruptura, estanqueidade, absorção de água, precisão dimensional, rugosidade interna etc., e só as unidades aprovadas são

aplicadas. “No caso de outros métodos, como NATM e tunnel liner, é impossível o controle prévio, porque eles são moldados in loco, o que só permite remediar ou reparar um problema, nunca evitar que ele ocorra.” Além disso, o tubo do pipe jacking é feito numa fábrica – diz. Já no caso do túnel artesanal, a execução é realizada em condições extremamente adversas, debaixo da terra, sob pressão de água, ambiente confinado, mal iluminado e uma série de outros fatores negativos.

O coordenador da ECL lembra que a Sabesp proibiu há mais de 20 anos o uso de concreto moldado in loco para execução de tubulações em valas a céu aberto. Por essa época era muito comum o famoso “salsichão”, que consistia em se fazer uma fôrma externa (ou a fôrma externa era a própria parede da vala), colocar-se as armaduras, sendo que a fôrma interna era um tubo inflável, com o formato da seção do túnel, e tudo aquilo é concretado no local. Isso foi vetado porque o concreto moldado in loco em vala aberta apresenta uma série de problemas de qualidade. “E estamos falando do caso da vala, em que se pode descer lá, pois se tem pleno acesso, pode-se olhar, inspecionar... Agora, imagine-se usar o sistema de concreto moldado in loco para túneis! É uma completa incoerência, porque no túnel nem ao menos se tem a possibilidade de inspecionar.”

Mal-entendidos comuns – Uma pergunta que sempre aflora é por que ainda soa como novidade o assunto tecnologia não destrutiva, se o metrô de São Paulo foi feito há mais de 30 anos, em sua maior parte com essa metodologia? “Por falta de divulgação, tanto que há até engenheiros da área de saneamento que não sabem que existem essas técnicas disponíveis no mercado nacional”, responde Corrêa.



Outro mal-entendido recorrente é associar tecnologia não destrutiva com as empresas de telecomunicações e as infovias. O coordenador da ECL acha que a confusão chega a ser natural, porque na área de telecomunicações houve um grande boom recentemente, com centenas de quilômetros sendo executados num intervalo de tempo bastante curto. Com isso ele quer dizer que os dutos subterrâneos para equipamentos de telecom são geralmente construídos por meio do furo direcional, que a seu ver é uma técnica com uma taxa de precisão bem menor, com um erro admissível muito mais alto do que se admite para um conduto livre (casos de galerias de esgoto e de drenagem).



Sabino Freitas Corrêa,
coordenador de obras da
ECL Engenharia

Quanto à aplicação do pipe jacking levando em conta o aspecto do custo-benefício (evita, por exemplo, o dispendioso processo de desapropriações de terrenos e edificações urbanas), Corrêa destaca que a técnica é adequada para praticamente todo tipo de intervenção subterrânea em regiões densamente urbanizadas. “Em regiões de taxa de urbanização baixa, ela passa a ser viável economicamente a partir de

No primeiro trecho com máquina de pipe jacking que a ECL executou no país – em 1996, na divisa de Santo André com São Caetano –, foram cravados 1 500 metros de tubos em argila orgânica e não houve uma única ocorrência de desvio do equipamento

profundidades de 3,5 a 4 metros, dependendo das condições geológicas”, diz.

Ele destaca também o importante aspecto do método permitir a execução de obras sem grandes interrupções de trânsito. Os shafts podem ser posicionados em locais onde se minimize o impacto sobre o trânsito. E, de qualquer forma, trata-se de pontos extremamente reduzidos, em contraposição ao que acontece com o método de abertura de valas, com seus característicos e intensos movimentos de terra sendo conduzida por caminhões.

Corrêa conta que a ECL já executou obras para coletores no centro de Santo André, no ABC, ocasião em que a maioria dos poços foram colocados em ilhas de trânsito, na faixa central das vias públicas, sem obtruir em nada o trânsito. “No único ponto onde não havia ponto central, numa das ruas de maior movimento comercial da cidade, nós deslocamos o shaft para a calçada e cravamos um bom trecho por baixo das linhas dos postes... o pipe jacking permite esse tipo de ousadia.”

Sobre as dúvidas sobre se o sistema de tubos cravados se aplica a todo tipo de solos, Corrêa confirma que sim e comenta que há um tabu, ou “fantasma”, quanto às argilas moles. “Mas no primeiro trecho com máquina de pipe jacking que a ECL executou no país - em 1996, na divisa de Santo André com São Caetano -, foram cravados 1 500 metros de tubos em argila orgânica e não houve uma única ocorrência de desvio do equipamento por falta de suporte ou de afundamento da máquina.”



TUNNEL LINER ARMCO STACO



A solução mais rápida, versátil, econômica para construção de túneis.

Com tecnologia exclusiva de projeto e produção ARMCO STACO, o TUNNEL LINER é o processo não-destrutivo que reduz prazos e custos na construção de túneis. Características principais:

- Fabricado em aço estrutural de alta resistência;
- Galvanização por imersão a quente, pós-conformação ou revestido em EPOXY HR;
- Dimensionados pelas Normas AASHTO e AISI;
- Os dois modelos TL460 e o recém-lançado TL500 permitem alta produtividade e progressão rápida na montagem;
- Tem alta resistência a cargas estáticas e pressões transversais e absorvem as cargas dinâmicas;
- Permite a construção em diâmetros até 5 metros no formato circular e diâmetros maiores em outros formatos, inclusive para passagem de veículos;
- Não interfere na superfície e no tráfego;
- Pode ser utilizado na maioria dos tipos de solos;
- Milhares de obras já realizadas comprovam sua longa durabilidade.

Consulte a ARMCO STACO.



Rio: Tel.: 21 2472-9100 - Fax: 21 3372-1160 - e-mail: rj.armco@staco.ind.br
São Paulo: Tel.: 11 6941-9862 - Fax: 11 6191-3671 - e-mail: sp.armco@staco.ind.br
www.armcostaco.com.br

Casos especiais – Em seu relato, Corrêa cita casos de aplicações especiais de pipe jacking, como os de cravação nas argilas muito moles da Baixada Santista, em rochas e matacões, nas obras de grandes diâmetros (2 000 milímetros ou mais), nas execuções nos solos terciários de São Paulo e nas travessias sob metrô e trens urbanos em operação. “No caso da Baixada Santista estamos falando da pior situação que pode existir para abertura de túneis.” Ele cita, com bom humor, que quando um professor de mecânica de solos quer referir-se ao pior dos mundos, o tema escolhido é o das argilas orgânicas da Baixada. “Mas há empresas, como a Aliter, que cravaram tubos no Guarujá sem o menor problema.”

Quanto às rochas e matacões, ele conta que a primeira cabeça de rocha (ferramentas especiais) que a ECL está utilizando no Brasil ocorre na execução do coletor-tronco Aricanduva. “Eu diria que essa aplicação especial ainda é um tabu no país”, cita. Isso porque se não se puder contar com uma cabeça própria para rocha, com ferramentas especiais direcionadas para isso (que são caras, cada ferramenta custa em torno de 20 000 dólares e são necessárias várias delas para compor um conjunto), é líquido e certo que se a máquina bater numa rocha ou matacão, ela pára, fica imobilizada.

Como no Brasil a maioria dos equipamentos de pipe jacking não está dotada desse tipo de ferramental, há todo um histórico de casos em que a máquina topou com um matacão e obrigou os construtores a abrir um poço de resgate para remover a interferência. “No Aricanduva, a ECL está executando com sucesso um trecho já dentro de rocha, numa bacia aluvionar com frequência de blocos de quartzo; mas a única forma de enfrentar o desafio foi dotar as máquinas dessas ferramentas especiais.” (Ler o box “Um caso de pipe jacking em solo com matacões”)

No caso das obras com diâmetros de 2 metros em pipe jacking, Corrêa comenta que a maioria dos técnicos desconhece as experiências já feitas no país com essa dimensão. Ele conta que atualmente há três contratos em andamento nessa faixa de diâmetro. São os coletores-tronco do sistema Alegria, (4 quilômetros com diâmetro 2 000 milí-

metros e 8 quilômetros com diâmetro 1 500 milímetros), o coletor-tronco de Sarapuí e o coletor-tronco da Pavuna, todos no Rio de Janeiro.

Quanto às experiências nos solos terciários de São Paulo, ele nota que também são cercadas por dificuldades, mas informa que já existem no país empresas capacitadas para executar o serviço. Ele explica que o terciário de São Paulo é conhecido como taguá, um solo argilo-arenoso. “O problema do taguá é que, além de ter uma consistência muito dura, ele é extremamente coesivo e aderente e obstrui a fresa e outras ferramentas.” Mas há um dispositivo acessório chamado bomba de alta pressão, que permite que a pulverização na frente da máquina ajude a lavar as ferramentas e a desmontar o solo.

Kochen, da GeoCompany

Ao referir-se aos métodos não destrutivos para túneis, Roberto Kochen, diretor técnico da GeoCompany Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente, certifica que, mesmo incluindo-se máquinas para perfuração direcional para bem pequenos diâmetros, o número de equipamentos em operação no Brasil não chega a 500. “A tendência, no entanto, é de que esses sistemas sejam utilizados cada vez mais.” Com

relação ao pipe jacking, especificamente, ele prevê sua crescente adoção para redes de água e esgoto, em virtude de vantagens flagrantes como a precisão na perfuração – muito superior à da técnica de furo direcional.

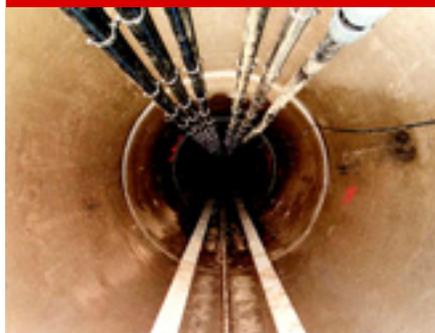
Professor da Escola Politécnica da USP, com vasta experiência em túneis, Kochen foi contratado pela Companhia do Metrô em 1985 – junto com um grupo de especialistas – para analisar os túneis da extensão norte, os primeiros feitos em NATM. “Fizemos um relatório sobre a adequação desses túneis que depois foi usada e continua muito útil até hoje”, informa. Antes da GeoCompany, ele trabalhou como consultor de empresas como a Figueiredo Ferraz, a Promon e a Maubertec.

Do alto de sua experiência profissional, Kochen admite que se apenas se computar o custo direto do tradicional sistema de vala aberta e o custo direto do pipe jacking, o segundo sai mais caro. Mas que, ao se calcular o custo de tudo – desvio e perturbação do tráfego, além de outros transtornos à vida urbana – o tubo cravado apresenta melhor custo-benefício. “Acho que o pipe jacking acaba sendo, na verdade, uma metodologia muito mais barata, porque perturba muito menos a população.”

Kochen avalia que o sistema de tubos cravados, para túneis menores (abaixo de 1,20 metro de diâmetro) já atende de 30% a 40% do mercado nas áreas urbanas de São Paulo e Rio. Ele só não é adotado em grande escala para diâmetros maiores, acima de 1,20 metros. “Nestes casos, a vala aberta ou o túnel convencional ainda é bastante utilizado”, diz. Para as áreas não urbanas, é praticamente consenso que a vala é sempre mais barata, pois lá não existem impactos sobre a superfície, interferências, tráfego etc.

Para ele, falar-se em tecnologia não destrutiva ainda soa como novidade para muita gente, por tratar-se de uma tecnologia que não “aparece”. Daí, as pessoas não tomam conhecimento de que o processo está sendo usado em um determinado local. No caso das tubulações para fiação de telecomunicações e infovias, os diâmetros costumam ser pequenos – 20, 30 ou 40 centímetros – e utilizam métodos não destrutivos.

Kochen, da GeoCompany, avalia que para túneis menores o sistema de tubos cravados já atende de 30% a 40% do mercado nas áreas urbanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Ele só não é adotado em grande escala para diâmetros maiores, acima de 1,20 metros



Para esses casos, as pessoas costumam fazer a associação com o método empregado, caso que não acontece com relação a saneamento, com obras historicamente feitas por valas, o que ficou impregnado na mente da maioria. “Res-salto, porém, que alguns tipos de obras ainda só podem ser executadas por vala aberta, como, por exemplo, quando se tem tubulações em terrenos muito complicados ou bifurcações de tubulação; mas em 95% dos casos o método não destrutivo, seja pipe jacking ou furo direcional, pode ser adotado.”

Sobre as diferenças entre os dois métodos não destrutivos, Kochen explica que, enquanto no pipe jacking se instala shafts por onde descem tubos pré-moldados que são cravados em linha reta, no furo direcional tem-se uma perfuratriz tipo sonda que realiza curvas. “Inclusive pode-se começar o furo na superfície e ir ‘desenhando’ curvas na vertical e na horizontal.” Segundo ele, o furo direcional é muito útil para os tipos de instalação que não exigem de uma geometria muito rigorosa,

Sobre mapeamento do solo, Kochen considera que ainda não existe um bom raio X das instalações subterrâneas de São Paulo. Ele lembra que chegou a existir um projeto nesse sentido no município, pelo qual o mapa seria feito e gerenciado por empresa One Call – mas sem sucesso

como um cabo de telecomunicações ou um feixe de fibra ótica. “Quando se trata de uma geometria rigorosa, como nos casos da água e esgoto, aí o pipe jacking é a única saída” diz.

Sobre se o sistema pode ser aplicado em todo tipo de solo, ele diz ser mais comum utilizá-lo em solos de consistência média. “Aplica-se melhor em areias nem muito duras nem muito moles.” Ao se deparar com um solo muito duro ou uma rocha, não se consegue utilizar o equipamento, a menos que se tenha uma cabeça de corte especial, o que resulta muito caro. Também o furo direcional em rocha enfrenta problemas, pois o desgaste sofrido pela ferramenta de corte é muito grande. Há problemas também no caso de solos muito

moles. “Ao se cravar uma tubulação nesses casos, a máquina shield pode ter dificuldades em manter a direção, desviando-se ou até mesmo afundando.”

Pesquisa geotécnica – A GeoCompany, Kochen detalha que é uma empresa especializada em geotecnia e meio ambiente, prestando consultoria e realizando projetos, acompanhamento de contenções de túneis, escavações e a parte ambiental dessas obras civis. A pergunta que se faz é se a pesquisa geotécnica para as obras é cem por cento confiável a ponto de eliminar surpresas, como aparecimento de rochas no meio do caminho?

Kochen responde que surpresas, de fato, acontecem. Por isso é essencial que se faça um detalhado estudo do

ENOTEC MARCA PRESENÇA NO PROJETO TIETÊ II



**Especializada
em método
não destrutivo**



Enotec Engenharia Obras e Tecnologia Ltda.
Rua Cel. Paul Vachet, 421 - CEP 03471-070
Tel./Fax: (11) 6783-0022 - São Paulo - SP
E-mail: enotec@picture.com.br

projeto da geologia e geotecnia da obra – diz ele. Ou seja, não é mais admissível que a construtora vá ordenando que o engenheiro execute a obra apressadamente, porque é grande o risco de se encontrar pelo caminho blocos de rocha e matacões – o que inviabilizaria o trabalho das máquinas. “Se o equipamento já estiver instalado no local, isso vira um sério problema.”

Estará já bem difundida a necessidade do trabalho de geotecnia antes de se decidir as obras, ou muita gente ainda pula essa etapa? “Infelizmente, muitos ainda pulam essa parte”, responde Kochen. Aí o risco da obra não poder ser executada, ou resultar muito cara no final, aumenta bastante. “Houve um caso recente, não vou citar a empresa, da execução de uma passagem para gasoduto no rio Uruguai, entre Brasil e Argentina. Havia uma empresa argentina e outra brasileira, cada uma fazendo uma perfuração não direcional com 500 milímetros, diâmetro considerado grande para

ta de alinhamento, e assim por diante.”

Sobre a questão do mapeamento do solo, Kochen considera que ainda não existe um bom raio X das instalações subterrâneas de São Paulo. Ele lembra que chegou a existir um projeto de mapeamento do subsolo do município de São Paulo, pelo qual o mapa seria feito e gerenciado por empresa One Call, nos moldes das existentes nos Estados Unidos e outros países. Seria uma radiografia detalhada do emaranhado de dutos e cabos espalhados pela cidade, o que facilitaria as atividades na operação dos serviços de infra-estrutura urbana e contribuiria para evitar acidentes.

Atualmente cada empresa precisa fazer seu próprio levantamento na hora de perfurar o solo com base em cadastros das companhias que mantêm instalações em uma determinada região. Mas esses cadastros nem sempre são precisos e às vezes estão desatualizados, causando acidentes e transtornos para a população.



Atualmente, a Enotec está executando obras para a Sabesp na cidade de São Paulo, dentro do projeto de despoluição do Rio Tietê, tendo a seu cargo o lote 1 (coletor Água Espriada) e lote 5 (coletores-tronco Aricanduva, Franquinho e Lageado), e crava tubos de 300, 600, 800 e 1 200 milímetros

esse método construtivo. Resultado: a empresa brasileira teve que abrir mão do contrato, porque não previu – por meio de estudo geotécnico – uma série de custos necessários para fazer a obra.”

Outro caso citado por ele, envolve a própria GeoCompany. “Fizemos estudos de viabilidade para um furo direcional na travessia Santos/Guarujá, visando a instalação de uma adutora da Sabesp. Como resultado, foram previstos uma série de custos que teriam que ser detalhados no projeto executivo da obra, caso contrário o empreiteiro pode achar que é só atravessar um tubo de um lado para o outro, o que resultaria em problemas sérios, como máquina travando ou desviando, necessidade de fazer a perfuração várias vezes por fal-

A idéia original era envolver as próprias empresas de infra-estrutura na composição societária da One Call brasileira – telefonia, energia, gás, TV a cabo etc. –, que ficaria responsável pela atualização de todos os cadastros existentes. Como empresa com fins lucrativos, ela passaria a atender às solicitações de qualquer interessado nesses serviços. “Isso era um projeto de dois ou três anos atrás, mas, infelizmente, não foi para a frente”, diz Kochen.

Ele lembra, para exemplificar, um caso da GeoCompany, que trabalhou no estudo de viabilidade da linha 5 da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos, CPTM, que vai do Largo 13 de Maio, no bairro de Santo Amaro, até a Chácara Klabin. “Há locais, perto do Alto da Boa

Vista que têm uma infinidade de interferências, túneis de água, esgoto, rede de alta tensão, telefonia etc., e tivemos que percorrer cada uma das concessionárias para checar as instalações subterrâneas que iriam influir na execução da obra em cada uma das vias.”

Na visão de Kochen, só uma agência governamental estadual ou municipal teria condições de fazer um trabalho de mapeamento como aquele anteriormente pensado. “Se uma empresa privada gerasse todo esse trabalho grande e difícil, para depois cobrar o serviço dos interessados nessas informações, teria dificuldade de retorno financeiro e se tornaria inviável.” As vantagens para a prefeitura, se ela, por exemplo, resolvesse criar esse tipo de empresa, seria a redução no tempo de intervenção para a execução das obras. Além disso, a prefeitura saberia exatamente o que há por baixo do solo em termos de rede. E companhias como Sabesp e Telefônica poderiam planejar a manutenção de uma vez só em todas as redes, mediante intercâmbio e adaptação de agendas. “Do jeito que as coisas são hoje, a dificuldade de informações acaba recaindo no custo da obra. A empresa que for executar um trecho de linha de metrô tem que seguir o projeto e ainda por cima confirmar a localização das interferências, conferir, mapear de novo... e isso fica caro”, diz ele.

Tardivo e Moraes, da Enotec e Gonçalves, da Aliter

Um tema preocupante, segundo José Augusto de Souza Tardivo, diretor da Enotec Engenharia Obras e Tecnologia, é o preço hoje ofertado nas licitações por determinadas empresas que, além de não possuírem técnicos especializados no seu quadro de funcionários, muitas vezes não possui o conhecimento detalhado do projeto. “Muitas dentre elas tampouco conhecem o caminhamento por onde a obra será realizada em MND, provocando-se assim a inviabilização a aplicação de técnicas avançadas, como é o caso dos tubos cravados, usado em larga escala no exterior, principalmente em obras de saneamento, que são meios altamente agressivos.”

Dessa forma – diz Tardivo –, essas empresas desqualificadas lançam mão



José Augusto de Souza Tardivo, diretor da Enotec Engenharia Obras e Tecnologia

de técnicas ultrapassadas para o cumprimento de seus contratos, executadas com alto risco de acidentes, baixa qualidade e com vida útil certamente aquém daquela projetada. "O que acarreta, em curto espaço de tempo, a necessidade de realização de onerosas reformas, ou mesmo a construção de novos trechos para substituí-las."

A Enotec é uma empresa especializada na construção de túneis pelo

método não destrutivo e atua no segmento de tubos cravados em concreto de pequenos diâmetros desde 1990. Atualmente mantém parceria com a Aliter Construções e Saneamento, fundada em 1984, especializada em saneamento básico e também atua por método não destrutivo. Ambas possuem equipamentos shield e tocam vários projetos de túneis com características de adversidade bem marcadas.

Segundo Roberto Gonçalves, diretor comercial da Aliter, para a execução desse tipo de obras se requer um profundo conhecimento dos projetos licitados, no que se refere à análise criteriosa do subsolo e do local de execução, a partir do qual se definirá não só o processo a ser adotado na execução de cada trecho – dimensionando-se as equipes de produção para atendimento dos prazos contratuais –, como também a necessidade de tratamento para consolidação do solo, tanto para a abertura dos poços como para a construção do túnel.

Um planejamento assim cuidadoso – diz Gonçalves – evita acidentes na

Alguns trechos de túneis em tubos cravados, dentro de um mesmo contrato, necessitam soluções diferenciadas. Isso devido ao subsolo do Brasil ser muito heterogêneo e também porque podem ser obras a serem executadas sob vias com alto índice de tráfego e grande quantidade de interferências

própria obra ou em suas imediações. "Trata-se de um serviço que deve ser iniciado com certa antecedência, para que não ocorra a paralisação temporária nas frentes de serviço, o que obviamente causaria enormes prejuízos financeiros, podendo, em certos casos, inviabilizar a conclusão do contrato."

Atualmente, a Enotec está executando obras para a Sabesp na cidade de

TECNOLOGIA A SERVIÇO DA ENGENHARIA



- Saneamento Básico
- Operação e Manutenção de Sistemas de Água e Esgoto
- Construção Civil
- Infra-Estrutura
- Execução de Túneis – (Tubo Cravado)

A Aliter utiliza equipamentos de última geração na escavação de túneis circulares com diâmetro a partir de 300 mm. Os túneis são contruídos com tubos especiais de concreto. Suas inúmeras vantagens fazem dos microtúneis Aliter a alternativa mais vantajosa em instalações subterrâneas.

Rua Cantagalo, 74 - 2º andar - Bloco B
CEP 03319.000 - São Paulo - SP
Tel. 55 11 6193.2000 - Fax 55 11 6191.3878
e-mail: aliter@aliter.com.br



São Paulo, dentro do projeto de despoluição do Rio Tietê. A empresa tem a seu cargo o lote 1 (coletor Água Espraiada) e lote 5 (coletores-tronco Arican-duva, Franquinho e Lageado), e executa tubos cravados nos diâmetros 300, 600, 800 e 1 200 milímetros. “Outras obras que estamos tocando pelo mesmo sistema são as da Copasa-MG, em Belo Horizonte, nos diâmetros de 800, 1 200 e 1 500 milímetros, e da Embasa-BA, em Salvador, no diâmetro 800 milímetros, além de algumas outras obras para clientes diversos”, diz Tardivo.

Segundo ele, alguns trechos de túneis em tubos cravados, dentro de um mesmo contrato, necessitam soluções diferenciadas. Isso devido ao subsolo do Brasil ser muito heterogêneo e também porque podem ser obras a serem executadas sob vias com alto índice de tráfego e grande quantidade de interferências. E cita os casos de túneis sob a Rodovia Presidente Dutra, para instalação de adutora da Sabesp, e sob as

Outro caso relatado pelo diretor da Enotec é o trecho do coletor-tronco Cassandoca, para a Sabesp, também na cidade de São Paulo. Trata-se de um túnel em diâmetro de 1 200 milímetros sob duas linhas do metrô e quatro vias férreas da CPTM, exigindo-se o monitoramento constante do recalque dos trilhos. “Nestes casos é admissível no máximo 5 milímetros para que não ocorra interrupção dos meios de transporte.”

Outra solução diferenciada foi encontrada pela Enotec na execução de um trecho do interceptor ITI-8 para a Sabesp na cidade de São Paulo, no diâmetro de 1 200 milímetros, com extensão de um único lance de 230 metros. “Para vencer tal extensão, necessitamos fazer uso de duas estações intermediárias”, diz Tardivo.

Ele conta também que um trecho do coletor Mangabeira, executado pela Enotec para a companhia de saneamento baiana Embasa, na capital Salvador, sob e Avenida Paralela (diâmetro de 800

Baixada Santista, executadas nos municípios de São Vicente e Guarujá. A obra foi inicialmente projetada para execução pelo método convencional de vala a céu aberto. Mas, devido ao tipo de solo (areia fina muito argilosa e argila orgânica), com resistência baixíssima (SPT 1/65 e com N.A. do terreno a 80 centímetros de profundidade), a empresa contratada ficou impossibilitada de executar a obra, devido às seguintes dificuldades encontradas: (1) com a utilização do rebaixamento do lençol freático, foram gerados diversos sinistros em residências da região, recalques no pavimento das vias locais e desestabilização de alguns postes de energia das ruas; (2) para cravações dos perfis metálicos necessários para escoramento das valas, além das vibrações contribuírem nos sinistros das casas, havia ainda a dificuldade de utilização dos bate-estacas, devido à grande quantidade de interferências aéreas (fiação elétrica, de telefonia etc.) e interferências no subsolo, como galerias de

Atualmente o maior volume das obras da Sabesp – principalmente os contratos de despoluição do Rio Tietê – está sendo executado nos diâmetros de 500 a 1 500 milímetros. Desses túneis, aproximadamente 40% estão sendo feitos em tubo cravado. Mas a maior parte está sendo executada em NATM



avenidas Marginal do Tietê, Alcântara Machado e Celso Garcia, para instalação do coletor-tronco do sistema Parque Novo Mundo. “Tratam-se de execuções com diâmetro de 1 200 milímetros, sob vias com tráfego pesado e intenso, com baixo recobrimento.”

Soluções diferenciadas – Tardivo explica que, em casos como esses, há necessidade de sobre-escavação mínima do equipamento, para evitar recalque da pista, lubrificação constante com bentonita e trabalho ininterrupto. “O grande risco nestes casos é o surgimento de maciços rochosos pontuais não detectados nas sondagens ou obstáculos não cadastrados que, quando encontrados, inevitavelmente causam danos ao equipamento shield, além de obrigar a abertura de poço de serviço para a retirada do obstáculo, ou mesmo da máquina inteira, para os reparos necessários.”

milímetros), exigiu lubrificação especial e trabalho ininterrupto. “Isso devido a estarmos trabalhando em solo extremamente arenoso e seco ‘dunas’.”

Tardivo dá destaque especial às obras de esgotamento sanitário da Sabesp na

águas pluviais; (3) dificuldade para o assentamento das tubulações na cota exigida pelo projeto.

Em determinada etapa foi sugerida a cravação de estacas com 14 metros de profundidade, abaixo do N.A. das tubulações, que seriam utilizadas para sustentar as tubulações. Contudo, devido às dificuldades antes citadas e o alto custo para realização da alternativa, ela foi logo descartada. Além disso, a prefeitura não autorizava mais a execução dos serviços, ficando assim paralisado o contrato por diversos meses.

Tardivo conta que houve ainda a tentativa de se realizar alguns trechos dos coletores com a utilização de equipamentos de furo direcional. “Mas como estes equipamentos não atendem projetos que precisam de declividade, como é este caso, a tentativa foi frustrada.”

Após vários meses de paralisação, a Enotec foi contratada para a execução,



Roberto Gonçalves,
diretor comercial da Aliter
Construções e Saneamento

utilizando o sistema de tubo cravado de concreto. "Mesmo desacreditada pelo cliente e pela Sabesp, devido à complexidade dos trabalhos e os traumas gerados anteriormente, a empresa aceitou o desafio, iniciando a tarefa." Foram executados aproximadamente 2 300 metros de coletores entre os diâmetros de 300 e 800 milímetros em sete meses. Pelo fato do pipe jacking não exigir o rebaixamento do lençol freático e o próprio sistema não influenciar em nada sobre ele, não foram registrados problemas com as residências nem com o pavimento das vias.

"Quanto à declividade dos coletores, foi executada uma conferência topográfica da cota das tubulações, utilizando-se equipamento a laser, para verificar se as inclinações ao longo dos coletores estavam sendo atendidas, constatando-se que tudo estava de acordo com o projeto", diz Tardivo.

Segundo ele, a maior dificuldade aconteceu na execução dos poços de serviço. "Mas isso foi superado após a execução dos shafts com concreto

Sobre o fato da tecnologia não destrutiva ainda ser pouco conhecida, Koshima, do CBT, também acha isso estranho, pois já na construção da primeira linha do metrô paulistano, a Norte-Sul – há 30 anos –, a solução predominante foi o cut and cover com o uso de shield de 6 metros de diâmetro

moldado in loco, em camadas de 1,5 metro por dia." A conclusão a que se chega – diz ele – é que o tubo cravado é o método mais indicado para coletores também no litoral. "Hoje já existem obras projetadas para serem executadas com pipe jacking em outras partes da costa, como é o caso do coletor a ser executado em Caraguatuba pela Sabesp."

Aplicações equivocadas – Segundo Luiz Antonio de Moraes, gerente de obras da Enotec, o desconhecimento das vantagens do pipe jacking ainda faz com que algumas empresas utilizem o método NATM para túneis de pequeno diâmetro. Ele cita que para se executar um túnel de 500 ou 600 milímetros, por exemplo, há quem construa um túnel maior pelo sistema austríaco ou mesmo tunnel liner e, depois que tudo fica pronto, a estrutura funciona como uma camisa. "Só que a solução é muito rudimentar e obsoleta: coloca-se a tubulação de 500 ou 600 milímetros lá dentro e depois injeta-se o vazio entre a tubulação e a camisa."

Além de ter um custo muito maior que o tubo cravado, a produção por um método desses é mínima. Uma máquina minishield comprada da Alemanha ou do Japão tem uma produção média diária de 15 a 20 metros, ou seja, seis a oito tubos de 2,5 metros cada. "Se o NATM conseguir produzir 1 metro por dia, já é muito...", diz ele.

O maior inconveniente de se executar túneis pequenos em NATM ou

MICROTÚNEL

850 Equipamentos de Microtúnel.

A luz ao final do túnel com segurança e precisão! Mais de 850 equipamentos de microtúnel da Herrenknecht participam em vários projetos importantes utilizando o Método Não Destrutivo através do processo de tubo cravado em todo o mundo. Também no Brasil a Herrenknecht se faz presente através de alguns equipamentos, e se orgulha de ter participado na instalação de vários quilômetros de tubulações para esgoto e água para a SABESP. Processos e projetos individualmente adaptados permitem aos clientes alcançar desempenhos ótimos na escavação de túneis. Como parte de um mundo globalizado, a Herrenknecht pode oferecer toda a tecnologia do processo de microtúnel para os diâmetros variando desde 100 até 4.000 mm.

Herrenknecht. Inovando sempre.



Herrenknecht AG
Schwanau, Alemanha
Tel +49 7824 302 0
Fax +49 7824 302 364
Email avn@herrenknecht.de
www.herrenknecht.de

Asserc Representações
e Comércio Ltda.
São Paulo, Brasil
Tel/Fax + 5511 5872-2161
Email asserc@asserc.com.br
www.asserc.com.br



tunnel liner numa região que tenha muito problema de interferência e terreno ruim (areia e água), é que “sai trincando tudo”, diz Moraes. Ele detalha que o método exige que se faça rebaixamento de lençol freático, se precise cravar ponteiros ao longo da linha, e se tenha que proceder a tratamento de solo. O que acontece, no final das contas? “O trabalho acaba tendo o mesmo custo do pipe jacking.” A seu ver, com um shield moderno, cuja frente é semibalanceada, não se precisa fazer nada disso. “Além disso, é muito mais seguro e pode ser dirigido de fora sem risco nenhum – tanto para o trabalhador como para a comunidade da região.”

Vera Sardinha, da Sabesp

A engenheira civil Vera Sardinha, gerente do departamento de suporte técnico dos empreendimentos da produção da Sabesp, é especializada em tecnologia de concreto e túneis. Ela foi considerada, por uma boa parcela dos entrevistados para esta reportagem, como a maior autoridade brasileira em túneis pelo método não destrutivo. Vera está na Sabesp desde 1978 e diz que por essa época a companhia já utilizava a modalidade em suas escavações. “Em 1978 tenho certeza que comecei o método austríaco, NATM, mas a técnica de anel segmentado já vinha sendo utilizada antes de eu chegar.”

Durante a entrevista veio à tona que no Japão se constróem pequenos túneis para quase tudo que vai por baixo da terra, e cada vez mais pelo sistema pipe jacking – tanto que, ao que se informa, existem lá 3 000 equipamentos em operação atualmente. Nos Estados Unidos, nem se fala: há hoje mais de 8 000 máquinas perfurando. Mas, e no Brasil? Que perspectivas vê a especialista da Sabesp no crescimento da adoção do tubo cravado, evitando-se encher de buracos as ruas? A Sabesp seria campeã em pipe jacking?

Ela responde que, além da Sabesp, outras empresas estaduais de saneamento (como Cedae e Sanepar) têm geralmente utilizado o tubo cravado. Ela concorda, no entanto, que sua aplicação é ainda incipiente no chamado Brasil profundo. “Ao terem início as obras subterrâneas com túneis de pe-

queno diâmetro – a maior parte entre 500 e 1 500 milímetros – a primeira metodologia implantada foi a de shield com anéis segmentados. Em seguida veio o NATM, ou escavação em bancada, e teve um pouquinho de tunnel liner também, com a couraça metálica e concreto projetado na frente. Quando apareceu o pipe jacking já era preciso de um equipamento mais sofisticado e um investimento maior por parte das construtoras. Então algumas empresas investiram nas máquinas importadas.

Importante destacar – diz ela – que hoje em dia não se executa mais obra em anel segmentado como revestimento definitivo, porque aquilo que parecia excelente na década de 1970, hoje está aí exigindo recuperação. “Além de terem aparecido outras metodologias muito

Muitas cidades de países desenvolvidos têm bancos de dados digitalizados georreferenciados para planejamento de uso do espaço subterrâneo, algo ainda inexistente em São Paulo. Curitiba é pioneira no país, dispendo de uma ferramenta digitalizada elaborada pelo geólogo Edmundo Talamini Neto

melhores, aquelas bem aceitas no passado revelaram, ao longo do tempo, sua fragilidade técnica traduzida em problemas de infiltração, de afundamento de pavimento e assim por diante.”

Vantagens flagrantes – Para a gerente de suporte da Sabesp, a grande vantagem do tubo cravado sobre as outras metodologias que vieram antes consiste em ser a metodologia subterrânea que provoca menos recalque na superfície e, conseqüentemente, menos impacto nas edificações adjacentes. “Significa que eu não saio trincando as paredes das casas ao lado, mexo menos no solo, não preciso rebaixar lençol freático e não preciso ‘judiar’ do substrato. O ideal, portanto,

seria que todas as obras fossem feitas com pipe jacking. Digo o ideal hoje, porque amanhã é bem capaz que apareçam metodologias melhores. Atualmente, porém, essa é a que torna possível uma qualidade mais controlada e garante menor impacto no maciço.”

Mas há um porém. “Normalmente – ou quase sempre – as empreiteiras que vencem a concorrência das obras são as que oferecem o preço menor. A lei obriga essa escolha. E para se poder dar o menor preço, a construtora geralmente não pode usar o melhor equipamento. Esse é o resumo da ópera que explica o fato de ainda persistir o conflito entre as escavações subterrâneas manuais e as mecanizadas ou a laser, como o pipe jacking. Só resta às companhias de saneamento tentar fixar padrões de qualidade iguais do produto final para qualquer metodologia...”, diz Vera.

Ela confirma que atualmente o maior volume das obras da Sabesp – principalmente os contratos de despoluição do Rio Tietê – está sendo executado nos diâmetros de 500 a 1 500 milímetros. “Desses túneis, aproximadamente 40% estão sendo feitos em tubo cravado. Mas a maior parte está sendo feita em NATM.” Isso significa que a vala aberta tende a ser relegada ao esquecimento? “Não chega a tanto”, rebate. Existe o trabalho das ligações domiciliares. “Quando se faz só a ligação de água ou de esgoto na casa do usuário, a obra é rasa, coisa de meio metro... aí não tem sentido fazer pipe jacking.”

O que se usa nesses casos – além da tradicional abertura de valeta – é o sistema de furo direcional. “O método é como se fosse uma barrinha rosqueada que se enterra para executar obras rasinhas e de diâmetros pequenos; mas não chega a ser um túnel, só uma pequena junção”, diz Vera. Ela explica que também para se fazer coletor de 80 centímetros ou 1 metro, ainda é costume usar vala, desde que seja em algum lugar onde não haja asfalto, nem circulação de veículos. “Até porque a gente não consegue mais autorização dos órgãos ligados ao trânsito para trabalhar com vala aberta em local urbano. Então – é bom ressaltar este aspecto –, vala aberta de maior extensão é uma opção hoje relegada a

locais em que não haja trânsito carregado. Os buracos que ainda se vêem pela cidade são todos para acerto de obra velha... aí não tem saída."

Quanto ao tubo cravado, Vera diz que há uma preocupação cada vez maior com aspectos de normatização. "A Sabesp tem uma norma técnica própria desde 2001, que é baseada na norma européia – tanto para a metodologia construtiva quanto para os tubos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, tem norma para o tubo de concreto que se coloca em vala de esgoto; para túnel em pipe jacking ela está desenvolvendo agora."

Sobre a lei que regula as licitações, a técnica da Sabesp não acha que seja um grande entrave para o pipe jacking. "Porque, no fundo, a metodologia de tubo cravado é economicamente competitiva em relação às técnicas mais arcaicas e tradicionais. A produtividade alcançada numa obra subterrânea em pipe jacking é muito maior que a alcançada pelas demais. Além de não danificar o entorno, a velocidade – isto é, a produção em metro linear para o mesmo diâmetro no mesmo local – é três a quatro vezes superior à do NATM nos diâmetros entre 500 e 1 500 milímetros. Ocupa-se muito menos mão-de-obra, porque é muito automatizada, e praticamente não há retrabalho – porque a máquina é computadorizada e o tubo de concreto é certificado, o que poupa o trabalho de desmanchar e fazer de novo. Nessas condições, acho que o critério de menor preço acaba virando apenas um detalhe, pelo menos no caso das obras da Sabesp."

Koshima, presidente do CBT

Para Akira Koshima, presidente do Comitê Brasileiro de Túneis, CBT, a perspectiva de crescimento da adoção do sistema pipe jacking será obviamente proporcional ao volume de obras de saneamento que venham a existir no Brasil. "Principalmente nos grandes centros urbanos, com recursos garantidos." Ele justifica a última parte de seu comentário, lembrando que o investimento inicial é muito grande e requer que exista um conjunto de obras que possa garantir a amortização do custo do equipamento. Para que se tenha uma idéia do potencial do mercado de saneamento no mundo, ele cita relato feito por K. Osako (*Urban Tunnelling Technology Contribution to the Development and Expansion of the Sewerage System in Tokyo - Shield Tunnelling and Pipe Jacking Methods*) durante evento de 1998, em que se descreve que Tóquio atingiu praticamente 100% do esgoto tratado em 1995, com cerca de 15 000

A adoção do pipe jacking se justifica ainda mais frente a um lençol freático muito próximo da superfície, porque o processo é estanque. Pelo método convencional de vala aberta exige-se escoramento de vala, rebaixamento do lençol, ou seja, uma gama de preocupações muito grande

TUBOS DE CONCRETO

A melhor solução para saneamento básico e drenagem pluvial



A ABTC, preocupada em orientar as construtoras, prefeituras e concessionárias de água e saneamento, presta assessoria na elaboração e especificação de projetos, no controle tecnológico de obras, treinamento de inspetores e recebimento do material tubo de concreto na obra.

Consulte documentos e software de dimensionamento estrutural disponível para download www.abtc.com.br

Vantagens dos Tubos de Concreto:

- Normalização ABNT
- Durabilidade e Segurança das obras
- Facilidade na execução das juntas
- Excelente comportamento no transporte de esgoto sanitário e efluentes industriais
- Tradição
- Qualidade



Selo de Qualidade ABCP para tubos de Concreto

A ABTC e a ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland desenvolveram o Selo de Qualidade ABCP para Tubos de Concreto.

O selo atesta se os tubos fabricados por uma determinada fábrica estão dentro dos padrões de qualidade exigidos pelas Normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. E se a fábrica possui rigor e constância de qualidade na produção do seu produto - Tubo de Concreto.

Mais informações no site: www.abcp.org.br

Av. Torres de Oliveira, 76-A
Jaguarié - São Paulo - SP
CEP 05347-902
tel.: (11) 3763-3637

site: <http://www.abtc.com.br>
E-mail: abtc@abtc.com.br

ABTC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DOS FABRICANTES DE
TUBOS DE CONCRETO

quilômetros de rede de saneamento, e tratamento de algo como 5 milhões de metros cúbicos por dia.

Koshima cita também que, segundo o engº Tarcisio B. Celestino, atual vice-presidente do CBT, no artigo técnico *Essential urban tunnels services - View of Latin American metropolis taking the example of São Paulo*, publicado em 1998, mais de 70% dos túneis com diâmetro igual ou superior a 1 200 milímetros na cidade de São Paulo, foram executados com o método não destrutivo, ou seja túnel ao invés da solução em vala a céu aberto.

abandonando mais e mais a solução em cut and cover, mesmo no caso de grandes execuções subterrâneas como as estações Brigadeiro, Trianon-Masp, Consolação, Clínicas e Vila Madalena.

Ele lembra também que na contratação das obras da Linha 4, Amarela – já adjudicada e a iniciar-se em 2004, foi especificada para a construção dos túneis a utilização de uma tuneladora tipo EPB (Earth Pressure Balance Shield), de dimensões bem maiores que as aplicadas até o momento no Brasil, com 8,65 metros de diâmetro para uma via dupla. “Portanto, ainda é relativamente

isso bater, então a solução em vala é ainda uma solução muito mais econômica. “Mesmo que isso venha incrementar mais itens de serviço, tais como escavação adicional em relação à seção do túnel, bota-fora, transporte, reaterro e reconstrução do pavimento.”

Em outros casos, no entanto, ele acha que os órgãos públicos não deveriam omitir na composição do custo da solução o custo do transtorno social, do aumento da poluição devido ao congestionamento de trânsito, e da piora da qualidade de vida envolvida diretamente na solução de vala a céu aberto ou cut and cover.

Koshima entende que na opção em túnel, a questão fundamental para o sucesso financeiro do empreendimento é a análise do custo-benefício. “Até o momento, a escolha do método executivo feito pelo homem tem saído, em geral, mais em conta que os túneis mecanizados – dependendo, claro, da escala do empreendimento. “Para os métodos mecanizados, exige-se o domínio completo do investimento e a certeza de que haverá retorno financeiro por meio de uma grande produção – que seria dificilmente atingível pelo processo manual, a menos que se abrissem inúmeras frentes de escavação.”

Além da construção de galerias de águas pluviais, esgotos, canalização de dutos telefônicos e elétricos, haveria algum outro tipo relevante de aplicação do pipe jacking? E o método se aplicaria a todo tipo de solos? Koshima esclarece que há outras inúmeras aplicações para o tubo cravado. “Uma delas, muito comum, é a aplicação como uma grande enfilagem tubular, com concretagem posterior, para travessia de grandes vãos, como ocorreu na construção das estações Trianon-Masp e Brigadeiro, do metrô paulistano, na Avenida Paulista, em túnel de baixíssima cobertura.”

Segundo ele, conceito idêntico foi adotado no Túnel Tribunal da Justiça do Estado de São Paulo, no cruzamento das avenidas Santo Amaro e Juscelino Kubitschek, onde o túnel, em baixa cobertura, foi escavado em solo brejoso, argiloso e muito mole, da várzea do Córrego Sapateiro. “A solução de túnel mecanizado pipe jacking seguramente

A galeria técnica é um processo racional e concentra tudo dentro de uma mesma tubulação. Lá dentro são literalmente montadas prateleiras e em cada uma passam os dutos de uma concessionária. Se existem dez concessionárias de telefonia, cada uma tem seu espaço físico na galeria



O presidente do CBT corrobora que os métodos executivos podem variar desde o escavado no processo manual (túnel mineiro, NATM, tunnel liner, e outros); pelo processo total ou parcialmente mecanizado, por meio de minishield introduzido no mercado brasileiro na década 1970; ou por pipe jacking, de última geração e de utilização bem mais recente. “É sabido que esses processos mecanizados permitem produções que alcançam valores quicá quatro a seis vezes superiores ao manual, com valores absolutos superiores a até 20 metros por dia.”

Sobre o fato da tecnologia não destrutiva ainda ser pouco popular, Koshima também acha isso estranho, pois já na construção da primeira linha do metrô, a Norte-Sul (Azul) – há 30 anos –, a solução predominante foi o cut and cover com o uso de shield (tuneladora) de 6 metros de diâmetro, na região do centro histórico paulistano. “Após os inúmeros transtornos causados ao longo da área da obra, a Companhia do Metrô decidiu, já nas linhas 2 e 3, introduzir cada vez mais a solução de escavação em túneis,

pouco aplicado entre nós o processo de escavação de túnel totalmente mecanizado e automatizado, sendo mais comuns os túneis escavados pelo homem com auxílio de máquinas de terraplenagem escoradas em cambotas metálicas e revestido com concreto projetado.”

Sem receita única – Segundo Koshima, não existe uma receita única para o processo executivo de uma obra em túnel. Tudo depende dos aspectos geológico-geotécnicos, do uso e ocupação da área em que será implantado o túnel, das suas dimensões – quer em extensão como em diâmetro e profundidade –, além de ter que se mensurar o custo social e transtorno inerente ao processo de fazer uma obra pela superfície ou pelo método não destrutivo (analisando em fase de projeto os diversos sistemas executivos).

Desse modo – diz ele –, se a área não é densamente ocupada e nem tem trânsito tão intenso; se o projeto de escoramento de vala avaliou os problemas geotécnicos e constatou que não se exige nenhuma solução custosa e nem que há risco de danos às edificações lindieras e ao próprio leito carroçável; se tudo

teria dificuldade de ser aplicada em terrenos com presença de blocos de rocha ou em áreas com interferências, como no caso do coletor Ipiranga.”

Koshima diz que, em geral – e particularmente na cidade de São Paulo – os solos são na maior parte oriundos de deposição sedimentar da era do terciário ou quaternário na região dos vales dos rios e córregos. “Na cidade de São Paulo, portanto, o sistema de tubos cravados é bastante indicado para execução dos túneis mecanizados. Entretanto a aplicação em solos residuais e saprolíticos, com presença de blocos de rocha, a mecanização deverá ser muito bem avaliada para não provocar surpresas indesejáveis.”

Sobre o estado-da-arte do mapeamento do solo paulista, o presidente do CBT certifica que ainda não existe um banco de dados geotécnicos sistematizado, sintetizando as inúmeras investigações geológico-geotécnicas executadas nas obras privadas ou públicas já realizadas em São Paulo. “Lembro, porém que a Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, ABMS, em um esforço pioneiro publicou em 1992, 1993 e 1994, três livros específicos enfocando as propriedades típicas dos solos da cidade de São Paulo, do interior do Estado e do Litoral Paulista.” Ele diz que muitas cidades de países desenvolvidos têm bancos de dados digitalizados georreferenciados para planejamento de uso do espaço subterrâneo, algo ainda inexistente em São Paulo. “No Brasil, a cidade de Curitiba é pioneira e dispõe de uma ferramenta digitalizada deste tipo, elaborada pelo geólogo Edmundo Talamini Neto.”

Gimenez, presidente da ABTC

Alírio Brasil Gimenez, presidente da Associação Brasileira de Fabricantes de Tubos de Concreto, ABTC, é também presidente da Fermix, uma das quatro empresas que fabricam tubos de concreto de cravação para esgoto no país. O universo de empresas que participam da ABTC, porém, é bem maior. Ele esclarece, a propósito, que tubo de concreto é algo bastante genérico, mas que as empresas produzem basicamente tubos para águas pluviais e esgoto sanitário. “Tubos para águas pluviais são

Nas grandes metrópoles, onde há um grande número de interferências no subsolo, as pessoas estão vendo o sistema de pipe jacking como uma solução muito adequada principalmente para obras de coletores de esgoto ou de águas pluviais a profundidades maiores



componentes muito comuns e há mais de 500 empresas – desde as bem pequenas, quase de fundo de quintal, até as de grande porte – operando no Brasil.” Já tubo de esgoto é uma coisa bem mais selecionada e existem entre seis a oito empresas, diz ele. “E dentro do segmento de fabricantes de tubos de esgoto, há aquelas poucas empresas especializadas em tubos de cravação.”

Gimenez acha que o pipe jacking abre realmente uma janela para o futuro, pelo simples fato de que os grandes centros urbanos contam, na sua parte subterrânea, com muitas interferências de concessionárias de telefonia, água, gás e até elétricas – e uma condição muito complexa de trânsito na superfície. Segundo ele, a execução de obras fica cada vez mais difícil e há uma necessidade crescente de adoção de métodos não destrutivos. “No caso do sistema de tubos cravados, vai-se escavando por baixo, numa obra que não tem poluição sonora, é silenciosa, rápida, limpa e sem nenhuma grande interferência com a vida na superfície. O incômodo causado à sociedade é mínimo, só se percebe atividade nos poços de visita. Além de se evitar a buraqueira, elimina-se a necessidade de remendos no leito carroçável das vias depois.”

Para ele, o mercado para pipe jacking deve crescer muito no Estado de São Paulo. “Como a Sabesp domina a técnica há vários anos, já existem sete empreiteiras que possuem os equipamentos shield para as escavações e os cravadores”. Em sua visão, as companhias de saneamento de outros estados ainda não conhecem suficientemente o sistema. “Por enquanto, elas estão deixando essa tecnologia em segundo plano e vão executando obras pelos métodos convencionais. Na cor-

reia de transmissão, as construtoras, sem volume de obras que justifique o alto investimento inicial exigido para a compra dos equipamentos importados, acabam marcando passo.”

Ele cita que também as licitações pelo menor preço jogam a favor do sistema de vala aberta. Mas acredita que, aos poucos, as outras alternativas de sistemas não destrutivos existentes no mercado irão ganhando espaço. Para as obras mais expressivas e de maior representatividade, no entanto, ele considera que, mais cedo ou mais tarde, será preciso adotar o pipe jacking, devido à precisão cirúrgica do método. “A adoção se justifica muito mais ainda quando se tem um lençol freático muito próximo da superfície, porque o processo é estanque. Pelo método convencional exige-se escoramento de vala, rebaixamento do lençol freático, ou seja, uma gama de preocupações muito grande.”

Computando-se todas as variantes diretas e indiretas, o custo-benefício do tubo cravado poderia empatar com os métodos tradicionais? Segundo Gimenez, há casos, inclusive, em que nem há chance de se considerar essa medição de custos, ou seja, é preciso adotar-se o pipe jacking e ponto final. “Há lugares em que não sobra outra opção, hoje em dia. Cito o exemplo da Sabesp e o interceptor que está executando na Avenida Aricanduva para coletar todo o esgoto de uma grande baixada, que deixarão de desembocar no córrego Aricanduva e, conseqüentemente, no Rio Tietê. Naquela região, a intensidade de trânsito é brutal e não há como abrir vala. Se duas ou três pistas da avenida forem fechadas, mata-se o tráfego ali.”

Gimenez acha que o microtúnel já é uma realidade irreversível em São Paulo. “O projeto de despoluição do

Tietê é um exemplo disso e para a Sabesp o sistema de tubos cravados já é uma coisa normal." Ele considera também que outras companhias de saneamento poderão ser cooptadas proximamente desde que sejam divulgadas mais publicações técnicas. "O simples fato da Sabesp divulgar relatórios técnicos das obras que está realizando agora pode deflagrar uma série de ações em outros Estados."

O líder empresarial vê com entusiasmo os contatos ora feitos com a prefeitura paulistana, no sentido de se desenvolver o conceito de galeria técnica. "Essas galerias poderão ser construídas pelo sistema não destrutivo, em tubos cravados. Elas garantirão estanqueidade e estamos propondo que passem por seu interior as redes de gás, de energia elétrica, de telefonia e de todas as outras empresas de telecomunicações."

A galeria técnica é um processo racional e concentra tudo dentro de uma mesma tubulação. "Lá dentro são literalmente montadas prateleiras e em cada uma passam os dutos de uma concessionária. Digamos que existam dez concessionárias de telefonia, cada uma tem seu pequeno espaço físico dentro da galeria. Depois, por intermédio de poços de visita, os técnicos de cada companhia podem entrar e fazer inspeções e reparos periódicos, sem danificar nem interferir com o pavimento superior, como acontece hoje." Na Europa essa modalidade já é adotada em grande escala. "Estamos analisando diversas avenidas de São Paulo para escolher uma apropriada à elaboração de um projeto-piloto."

Os tubos de concreto – Em recente evento promovido pela ABTC em Brasília para discutir soluções modernas para o saneamento, Gimenez fez um didático relato sobre a história dos tubos de concreto. Segundo ele, esses tubos vêm sendo utilizados desde o final do século 19 como a melhor e mais confiável opção para a construção de redes subterrâneas em todo o mundo. "Os primeiros relatos datam de 1800; de 1800 até 1880 registrou-se o nascimento da indústria do setor; de 1880 até 1930 houve o crescimento e desenvolvimento do mercado e tecnologia. Após 1930 veio

o progresso e avanço ininterruptos." Durante o evento, Gimenez referiu-se ao pipe jacking como a grande novidade tecnológica do momento, com grandes vantagens sobre os outros métodos de execução.

Sobre os processos de fabricação dos tubos de concreto, o presidente da ABTC informou serem os de tubos vibro-prensados e de compressão radial. Ele enumerou também as etapas de fabricação: 1) recebimento e estocagem de matérias-primas (controle de qualidade por amostragem); 2) confecção das armaduras (processo de soldagem por eletrofusão); 3) posicionamento das armaduras nas fôrmas e ajuste do equipamento de produção; 4) dosagem e misturas das matérias-primas (usinas de concreto automatizadas); 5) lançamento e adensamento do concreto (fabricação do tubo); 6) desforma do tubo, retirada do equipamento de fabricação e transporte para o local de cura; 7) processo de cura (utilização de vapor, produtos químicos, utilização de lonas plásticas etc.); 8) remoção para o pátio de estocagem e armazenamento adequado; 9) carrega-

de tubos de concreto para o sistema pipe jacking. Segundo ele, por constituir-se em uma solução construtiva com ainda pouca divulgação, o sistema de tubos de cravação precisa, em primeiro lugar, ser melhor conhecido pelos órgãos que licitam e especificam o tipo de obras ao qual se aplica.

"O que se tem hoje é uma série de órgãos responsáveis pelo saneamento básico, como a Sabesp, desenvolvendo normas técnicas internas. Com isso os empreiteiros são induzidos a atender o que está determinado na normalização técnica interna da companhia. Para chegar a essas normas, os técnicos desses órgãos fizeram uma pesquisa internacional que permitiu a escolha de algumas normas da Alemanha e Inglaterra, por exemplo, que depois foram traduzidas e adaptadas à realidade construtiva brasileira."

Sartori informou que a partir de 2004 a ABCP iniciará, em conjunto com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, o processo de formulação de uma norma técnica nacional, ou seja, uma NBR brasileira que possa elucidar

Os americanos e europeus costumam fazer a análise econômica para ver se há vantagem em usar o pipe jacking para ligações domiciliares, e em muitos casos acabam usando. Em Berlim isso já avançou muito, tanto que o equipamento é conhecido hoje no mundo como "método de Berlim"



mento e transporte dos tubos para locais de aplicação (obras).

"A qualidade final dos tubos depende fundamentalmente da implantação de um programa de controle de qualidade por pessoas especializadas no assunto, em que deverão ser controlados os equipamentos de produção, as matérias-primas empregadas e a mão-de-obra utilizada", enfatiza Gimenez.

Sartori, da ABCP

O engº Luiz Henrique Sales Sartori, especialista no segmento de artefatos e pré-fabricados de concreto da Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP, fez uma abordagem acerca dos problemas que cercam a normalização

as questões relativas ao produto tubo de concreto voltado para o processo de cravação de túneis. "Vamos formalizar uma comissão composta por fabricantes de tubos, construtoras que utilizam esse sistema, companhias como a Sabesp e outros órgãos de saneamento responsáveis pelas licitações e fiscalização dessas obras, e compor um texto-padrão nacional que possa servir de referência na efetivação de projetos e especificação de obras."

Ele explica que, como braço técnico da indústria do cimento, a intenção da ABCP ao fomentar no mercado a efetivação desse norma é dar uma sustentabilidade e segurança maior para a aplicação do tubo cravado. "Para os fabri-

cantes é um expediente para fornecer-lhes uma literatura com aval da ABNT que permita aprimorar o processo de produção, tornando o produto mais seguro e competitivo.”

O especialista da ABCP diz que há dois anos a entidade começou a incentivar o mercado de tubos de concreto e ajudou na formalização, em 2001, da Associação Brasileira de Fabricantes de Tubos de Concreto, ABTC – cujo atual presidente é Alírio Brasil Gimenez –, entidade hoje formada não só por fabricantes de tubos de concreto, mas também por profissionais técnicos responsáveis pelo projeto, elaboração de especificações das diversas obras, assim como por empresas que utilizam os tubos de concreto na execução de suas obras (empreiteiras e construtoras). “O que fizemos, na verdade, foi uma aproximação com toda a cadeia produtiva, incluídos aí os fabricantes dos equipamentos – tanto das máquinas responsáveis pela fabricação dos tubos, como das máquinas responsáveis pelo sistema de cravação em si.”

O objetivo dessa união, segundo ele, foi permitir o estudo do produto dentro de uma realidade de mercado, para identificar as dificuldades encontradas hoje para se desenvolver esse mesmo mercado. “Queremos manter informações atualizadas para saber se os problemas estão ligados ao equipamento, ou ao tubo de concreto, e também elucidar questões relacionadas aos órgãos que licitam as obras. Queremos saber se falta informação e onde exatamente. Também se falta tecnologia. Se falta norma técnica. Então nós reunimos a cadeia para discussões em prol da sustentabilidade e desenvolvimento do setor.”

Marinângelo da Passarelli

O eng^o Sérgio Marinângelo, diretor técnico da Construtora Passarelli, alerta para o aspecto inevitável de que a cultura dos povos mais desenvolvidos é muito diferente da nossa e que, por isso mesmo, não vê grandes possibilidades de gran-



AURORA BOREAL

A Aurora Boreal, com sua inovação na gestão empresarial, vem contribuindo, através de suas unidades de negócios nos segmentos de:

- saneamento básico
- meio ambiente
- construção civil
- infra-estrutura



Vista aérea do parque industrial



Bancada para ensaio de permeabilidade sob pressão e estanqueidade da junta



Pressa radial computadorizada para fabricação de concreto



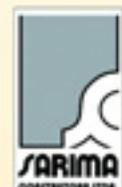
Estações compactas para tratamento de efluentes e reutilização da água



Estação de Tratamento de Esgotos da CAGECE/Fortaleza



Implantação de coletor tronco (Sabesp)



MIDEA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

EEC LATIN AMERICA - ENVIRONMENTAL EQUIPMENT CONSULTING

SARIMA CONSTRUTORA LTDA.

Estrada das Três Cruzes, 59 - Vila Airosa - São Paulo - SP
CEP 02285.000 - Fone/Fax: (11) 6455.1533
E-mail: midea@grupomidea.com.br - sarima@sarima.com.br

de expansão do pipe jacking pelo Brasil afóra em futuro próximo. “Ao contrário do que ocorre em países adiantados, onde o equipamento é muito mais acessível, e o processo prospera, não vejo como esse quadro possa mudar aqui num prazo curto de poucos anos. Ainda que a preocupação com relação ao meio ambiente e às técnicas destrutivas esteja crescendo entre nós – principalmente nos grandes centros urbanos – acho que vai demorar ainda para se promover uma aculturação.”

Para ele, os túneis ou quaisquer outras escavações subterrâneas começam a ganhar competitividade mais em função da profundidade da obra do que propriamente do tipo de solo em relação ao qual se está trabalhando. “Numa visão mais abrangente de país, a cultura do brasileiro é fazer os serviços subterrâneos como se fossem obras rasas. Mas nas grandes metrópoles, onde há um grande número de interferências no subsolo, as pessoas estão vendo o sistema de pipe jacking como uma solução muito adequada principalmente para obras de coletores de esgoto ou de águas pluviais a profundidades maiores. Nesses casos, a relação custo-benefício começa a pesar na balança.”

A pequenas profundidades, se for computado somente o custo da implantação (“que é como as companhias normalmente fazem suas contas”), sem calcular os custos indiretos de transtorno de trânsito, agressão ao meio ambiente e demolição de interferências, aí obviamente não é vantagem utilizar o tubo cravado. “É mais ‘barato’, entre aspas mesmo, escolher o método de vala aberta.”

Pela experiência de Marinângelo, a partir de 5 ou 6 metros de profundidade, a cravação de tubos já começa a apresentar muito mais vantagens (inclusive financeiras). “Porque hoje muitas das máquinas que usamos nas grandes cidades funcionam com sistema de lama, em que não se causam danos às propriedades vizinhas à obra e nem ao pavimento. Justamente o contrário do sistema a céu aberto, em que o estrago na vizinhança costuma ser grande.”

Quanto ao tipo de solo mais recomendado para a opção do pipe jacking, Marinângelo cita que a tecnologia pode

ser utilizada inclusive em solos moles, com a vantagem econômica adicional de se eliminar o estaqueamento e troca de solo. “A máquina não desvia com solo mole e tem muitos recursos para ser dirigida nesse tipo de geologia. Nós mesmos, na Passarelli, já executamos várias obras desse tipo com sucesso.”

Segundo ele, a Passarelli tem grande tradição em túneis de pequeno diâmetro e foi uma das pioneiras no trabalho com pipe jacking. “Trouxemos os primeiros shields em 1974, para fazer coletores de esgoto na Avenida Rebouças. Depois a empresa foi se equipando com máquinas mais modernas e treinando seu pessoal para operá-las. Hoje temos na empresa um leque bastante grande de equipamentos para tubos cravados. Nossas máquinas servem para diâmetros de 500 até 2 000 milímetros.”

Peev, da Asserc

Segundo o eng^o Edson Peev, gerente da área de túneis da Asserc Representações e Comércio, os tipos de equipamentos pipe jacking que a empresa comercializa são os do tipo slurry. A Asserc representa a empresa fabricante, a alemã Herrenknecht AG. Sobre a fabricação, ele explica que costuma obedecer a uma certa padronização. “Os diâmetros do tubo é que são padronizados e as máquinas são então produzidas seguindo mais ou menos

essa orientação. Apesar de que existem às vezes pequenas diferenças. Como, por exemplo, pelo fato dos tubos fabricados no Brasil não serem exatamente do mesmo diâmetro dos que são fabricados na Europa. Outro aspecto é que as máquinas precisam ser adaptadas à geologia específica da região.”

Ele informa que os equipamentos normalmente são vendidos sob encomenda. “Mas às vezes pode haver um projeto de muito curta duração ou outro motivo qualquer que leve a empreiteira que está executando a obra a não ter interesse em comprar a máquina; nesses casos, é possível fazer a locação do equipamento.” Um fenômeno que Peev vem observando é que os próprios usuários das máquinas estão fazendo a divulgação da tecnologia, ainda pouco conhecida no país como um todo, entretanto.

“O pipe jacking é bem conhecido em São Paulo, no Rio de Janeiro, em Salvador e em algumas outras capitais, onde vem sendo utilizado de forma significativa. Normalmente faz-se a vala aberta, o método preferido no Brasil por razões de desconhecimento e até de custo mesmo”, diz Peev. Mas ele argumenta que como o Brasil precisa investir muito em saneamento e as cidades estão crescendo e os problemas de tráfego aumentam – sem falar na cada vez mais importante questão ambiental –, executar obras pelo método tradicional deverá tornar-se algo impossível, em pouco tempo. “Esses fatores abrem a possibilidade de expansão do sistema de tubos cravados. Mas de forma geral, não vejo uma perspectiva imediata de crescimento, já que o país não tem efetivamente investido muito nessa área, pelo menos até o momento.”

Peev comenta que o preço das máquinas é o mesmo aqui que nos Estados Unidos e Europa. “Nossa moeda está um pouco desvalorizada e dificulta um pouco o investimento em moeda forte. Mas se for levado em consideração os custos com recuperação de avenidas e asfalto e outros danos – ambientais ou não – acaba-se concluindo que o custo do pipe jacking é viável.”

Também com respeito às ligações domiciliares de esgoto, Peev vê possibilidades para os tubos cravados no

O tubo cravado é vantajoso sobre outros sistemas, até pela imbatível qualidade do revestimento, o que o torna até barato. Para se chegar a um acabamento desses com concreto moldado seria preciso gastar-se muito e empregar um cimento muito rico, além do problema do transporte





Engº Edson Peev, gerente da área de túneis da Asserc Representações e Comércio

futuro. “Os americanos e europeus costumam fazer a análise econômica para verificar se existe vantagem em utilizar o pipe jacking para essas ligações, e em muitos casos acabam usando. Em Berlim, esse tipo de ligação em casas está muito desenvolvido, tanto que o equipamento existente para esse fim é conhecido internacionalmente hoje como ‘método de Berlim’. Os alemães desenvolveram um sistema pelo qual as ligações são feitas do próprio poço de visita e não a partir do coletor – ou seja, a partir de cada poço de inspeção, que é colocado a cada 60 metros em média.”

Midea, do Aurora Boreal

O advogado Lourenço Midea, diretor da Midea Indústria e Comércio, empresa do Grupo Aurora Boreal, conta que a Midea fornece tubos de concreto ao mercado, nos diâmetros de 300 a 1 500 milímetros e 2,5 metros de comprimento. “Hoje somos uma das maiores produtoras de tubos para pipe jacking do país e estamos fornecendo uma boa parte dos que estão sendo utilizados na segunda fase do Programa de Despoluição do Tietê”, diz ele.

A Aurora Boreal gerencia e administra várias empresas e recentemente assumiu o controle da unidade fabril da Midea. A Midea – que está fornecendo 50 quilômetros de tubos de concreto para as obras do Projeto Tietê – tem 100 000 metros quadrados de área, uma área fabril construída de 12 000 metros quadrados e é uma empresa compacta, com 60 a 70 funcionários. “Nosso principal cliente e parceiro em consórcio é a Construcap, mas temos outros, como a ECL, e Consórcio Telar / Tejofran / Augusto Velloso.

Midea concorda que as maiores dificuldades para uma maior difusão do pipe jacking entre nós continuam sendo o preço do equipamento e a incerteza quanto à existência de obras de envergadura. “As obras que prosseguem atualmente são aquelas financiadas com recursos externos do BID, Bird, ou que recebem empréstimos do BNDES. Mas acho que a tendência é que a tecnologia seja cada vez mais aceita. O Projeto Tietê está sendo um exemplo de que o método não destrutivo vai ditar o futuro das obras de saneamento básico.”

Sobre o preço das máquinas importadas de pipe jacking, Midea diz uma unidade pode alcançar os 5 milhões de dólares, dependendo do “enxoval”. Segundo ele, um equipamento desses – conforme as especificações e diâmetro – começa custando 700 ou 800 mil dólares e pode chegar a sete vezes mais. “Para se aventurar a executar obras em pipe jacking – e ter chances de que o negócio seja rentável – a empreiteira precisa ter hoje uma grande quantidade de máquinas.” Além da Midea, outra empresa do grupo Aurora Boreal, a Sarima Construtora (que tem 48 anos na área de saneamento), também está fornecendo tubos para o Projeto Tietê. Além disso, a Sarima está executando projetos pelo método não destrutivo (para a Sabesp) em Caraguatatuba, no litoral paulista. “Estamos entrando também no negócio de cravar os tubos. Por meio da Sarima, já estamos tratando da compra de uma ou duas máquinas com essa finalidade.”

Para Midea, ao se atentar para o aspecto da relação custo-benefício verifica-se que o tubo cravado sai até barato. “O método é custoso numa ponta, a do investimento inicial da empreiteira, mas na outra fica quase de graça. Veja o Projeto Tietê que conseguiu fazer uma economia fantástica, em grande parte graças a esse tipo de tecnologia, tendo até sobrado dinheiro para se fazer a atual segunda etapa.”

O diretor da Midea prevê que o pipe jacking vai passar a ser negócio para o município de São Paulo também no que tange ao necessário redimensionamento das galerias de águas pluviais – muitas delas construídas a 50 ou 60 anos atrás –, que já não suportam mais o au-

mento da vazão. “Será preciso fazer um projeto calculando novas dimensões e terá que ser usado o tubo cravado, porque hoje já não se pode mais abrir vala em avenidas como a Paulista, ou ruas como a Bela Cintra ou Haddock Lobo, nos Jardins.”

Maffei, da Maffei Engenharia

Engenheiro pela Escola Politécnica da USP e professor titular do Departamento de Obras e Fundações da mesma Poli, Carlos Maffei é presidente da Carlos E. M. Maffei Engenharia, uma empresa de projeto – como ele mesmo define. “Estamos atuando em quatro lotes da concorrência da Sabesp para o Projeto Tietê, realizando projetos para a Construcap e para o consórcio Telar.”

Ele acha que a tendência para o futuro é o tubo cravado, sem dúvida. “Mas há certas situações que não podem ser resolvidas por meio do pipe jacking.” Quanto ao aspecto de que o equipamento é caro, ele considera isso relativo.

“Se a empreiteira tiver produção grande – é difícil dizer quantos metros por mês, uns falam 50 ou 60, outros falam outra coisa –, paga-se a máquina e depois fica-se com ela.” Ele alerta, entretanto, para o aspecto de que no processo pipe jacking é preciso estudar-se muito bem a adaptação do equipamento ao solo que vai ser trabalhado. “Porque se ela começa a escavar e depois tem que parar por percalços no caminho, o tiro pode sair pela culatra em termos de retorno do negócio”.

Ele dá exemplos. “Suponha-se um trecho muito curto, em que se precise fazer uma curva e não existe lugar disponível para se colocar um poço de serviço... fica impraticável. Geralmente os projetos são em linha reta, mas no caso da Marginal é preciso ‘dar uma de artista’. No IPI 3 do Projeto Tietê nós chegamos até a projetar um trecho curto. Nesses casos, porém, é preciso adotar outros métodos. Aí depende, pode fazer tunnel liner, concreto projetado, ou outro. Eu diria que não existe o método ideal para todo tipo de situação e todo tipo de terreno. Eu sou muito céptico quando alguém chega e diz: ‘o melhor método é este’. Lógico, tubo cravado tem uma

Um caso de pipe jacking em solo com matacões

Túneis do coletor-tronco Aricanduva da segunda etapa do Projeto Tietê

A cravação de tubos em terrenos com matacões sempre foi um dos maiores desafios à técnica de túneis em pipe jacking. No Brasil, até há pouco tempo, não havia ainda experiência com a utilização de máquinas dotadas de ferramentas para trabalho em rocha. Este tipo de equipamento, conhecido como TBM (do Inglês Tunnel Boring Machine), é capaz de britar a rocha por meio da aplicação de energia concentrada em ferramentas de corte de rocha dispostas na fresa da máquina. Para que a britagem seja possível é necessária a utilização de equipamentos dotados de cabeças de corte extremamente potentes com motores de alto torque, preferencialmente hidráulicos. A posição e tipo das ferramentas é determinada a partir de estudos levando em conta as características físicas da rocha – principalmente abrasividade, resistência mecânica, resiliência e tamanho dos fragmentos.

Além destes aspectos inerentes à cravação em rocha, nos casos onde há presença de matacões ou blocos rochosos, existe o agravante de que o cravador se depara com a rocha durante um trecho em solo, de maneira inesperada. Nesta situação o equipamento está dotado de ferramentas para solo, não sendo capaz de desmontar a rocha. Neste tipo de ocorrência o equipamento é impedido de prosseguir em virtude da obstrução, obrigando a abertura de um poço de resgate. A tendência, quando constatada a presença de matacões, é a opção por ferramentas de rocha desde o início dos próximos trechos. Entretanto a maioria das cabeças de rocha tem baixíssima performance em solos e, em alguns casos, chegam até mesmo a não serem capazes de prosseguir por problemas de entupimento das entradas de material. Este tipo de ocorrência é devido ao fato de que estas fresas usualmente têm aberturas pequenas.

O caso em estudo é o coletor-tronco de esgotos Aricanduva, executado pela ECL Engenharia e Construções Ltda. para a Sabesp, na Avenida Aricanduva, Zona Leste da cidade de São Paulo. O diâmetro interno da tubulação é de 600 milímetros e a extensão total é de aproximadamente 1 500 metros. No local se observava a presença constante de matacões de quartzo com até 700 milímetros de dimensão no maior diâmetro, provavelmente tálus, em solo arenoso aluvionar, passando por transições de silte bastante compacto. Foi necessário o estudo, projeto e desenvolvimento de uma cabeça de corte especial para o trabalho sob estas características.

Para a execução, foi utilizado um equipamento Soltau, modelo RVS-250AS, de fabricação alemã, diâmetro nominal de 600 milímetros e maior diâmetro externo da cabeça de 790 milímetros. O equipamento adota cabeça de corte com rotação acionada por motor hidráulico, ideal para este tipo de aplicação. A preferência por motores hidráulicos em detrimento dos equipamentos com motores elétricos se deve ao fato de que a curva de torque dos motores hidráulicos permite a utilização em regime de torque máximo em quase todas as faixas de rotação, enquanto com motores elétricos este tipo de operação não é possível. A boa

performance obtida pode ser atribuída ao elevado torque do shield. O equipamento dispõe de 65 000 KN x m de torque contra uma média de 42 000 KN x m disponível na maioria dos similares disponíveis no mercado.

A cabeça de rocha foi dimensionada e projetada por um corpo técnico formado por projetistas, engenheiros mecânicos, civis e de minas com uso de conceitos absorvidos na Colorado School of Mines e experiência pregressa. O maior desafio enfrentado foi conjugar a capacidade de britagem com a boa performance em solo. No projeto das ferramentas a opção foi pela utilização de discos tipo strawberry bits, em virtude da sua maior durabilidade, possibilitando a execução de trechos longos sem a necessidade de trocas. A adoção de ferramentas do tipo single disc, foi descartada em virtude da alta abrasividade do material rochoso e do risco de que estes equipamentos não fossem capazes de concluir trechos inteiros de forma íntegra. Além destas ferramentas toda a cabeça foi revestida com inserts de metal duro. Foram utilizados também bicos de alta pressão para lavagem das ferramentas e auxílio no direcionamento de fluxo.

Nos trabalhos foram alcançados bons resultados, com boa performance de produção, atingindo-se picos de até 30 metros por dia durante a cravação. A remoção de material foi eficiente, por meio da britagem para fragmentos com dimensões apropriadas para transporte por intermédio de remoção hidráulica tipo slurry. A utilização deste equipamento possibilitou a cravação de trechos contínuos com incidência maciça de matacões, sem a necessidade de abertura de poços de resgate. Foram executados trechos com mais de 100 metros de comprimento sob estas condições, de forma contínua, sem interrupções. As ferramentas adotadas apresentaram baixa taxa de desgaste, mesmo com desmonte de quartzo.



TBM Diâmetro Nominal 600mm



Matacão de quartzo

ROLLER CUTTERS



Tipos de discos para rocha (fonte Colorado School of Mines)



Material após britagem

vantagem comparado com outros sistemas, principalmente pela qualidade do revestimento que se coloca, que é imbatível e acaba saindo até barato. Para se chegar a um acabamento desses com concreto moldado seria preciso gastar-se muito e empregar um cimento muito rico. E tem também o problema do transporte."

Mas o que Maffei está querendo ressaltar, na verdade, é que cada caso é um caso e é preciso ter criatividade, jogo de cintura e competência para resolver certas situações.

"Nós, quando executamos obras na Avenida 9 de Julho, da Alameda Santos até a Rua Estados Unidos, deparamos com uma galeria de água pluvial que estava já podre e se fôssemos fazer pipe jacking teríamos que mudar a galeria de lugar. Aí fizemos um túnel um pouco maior e fomos engolindo... Acresce que o tubo tinha que passar exatamente embaixo dos terminais de ônibus. Como não podíamos fazer um poço na 9 de Julho, fizemos o poço numa calçada e depois executamos um túnel perpendicular à calçada, por baixo da avenida e seguimos na longitudinal do túnel antigo. Não perturbamos em nada o trânsito, porque os poços ficaram nas calçadas de ruas adjacentes. Este foi um típico caso em que não se podia fazer pipe jacking, porque seria preciso fazer o dito cujo poço no meio do Terminal 9 de Julho, interrompendo o fluxo de ônibus. No final das contas, executamos a obra com tunnel liner e ficou ótimo, ninguém nem notou nada. O caminhão saía pelas ruas transversais... Então, é isso: para cada situação, existe um método melhor."

Telles, da Camargo Corrêa

Para o eng^o Ricardo Telles, gerente de projetos da construtora Camargo Corrêa, a principal vantagem do pipe jacking com relação a outras tecnologias – em termos de qualidade – é a de que o sistema de vedação do tubo cravado é superior ao sistema de vedação em anéis segmentados. "Nesse aspecto, o produto é mais estanque." Em termos de segurança, o pipe jacking é imbatível porque, pelos outros métodos, se existe um vazamento, ele pode causar uma ruptura na

metros, seja para concessionárias de saneamento básico, como a Sabesp, para elétricas como AES-Eletropaulo, ou qualquer outra companhia de serviço público que precise de um minitúnel ou uma travessia de rodovia. "O tubo cravado compete muito bem nessa faixa que vai de 1,5 a 3 metros de diâmetro."

Sobre os casos de aplicações especiais, Telles descreve que na cravação em argilas orgânicas muito moles, do tipo das que ocorrem na Baixada Santista, o pipe jacking apresenta como dificuldade a dirigibilidade do equipamento. A

Se for o caso de se executar um túnel em argila, de 3 m de diâmetro e 30 m de extensão, é possível fazer pipe jacking. Mas esses mesmos 3 m de diâmetro num comprimento muito maior, já é mais difícil, pois exige-se a construção de estações intermediárias e adoção de tecnologias adicionais



superfície ao longo do tempo. "Vai ocorrendo um recalque atrás do outro, perda de material e pode ter uma ruptura de superfície, nos processos menos sofisticados."

Em termos de redução de prazos e custos, Telles diz que a velocidade de cravação do pipe jacking é bem mais alta que a velocidade de montagem de segmentos. "Não há dúvida de que o investimento inicial no tubo cravado é mais alto, mas, em compensação, alcança-se uma produção bem maior."

Para Telles, o pipe jacking pode ser aplicado para todos os minitúneis na faixa de diâmetro de 1 500 a 3 000 milí-

máquina pode se movimentar, saindo um pouco para qualquer um dos lados, subindo um pouco, descendo um pouco... "Mas essa dificuldade não é impeditiva da utilização do sistema. Nós, na Camargo Corrêa, já executamos pipe jacking em argila orgânica, não na Baixada Santista, mas aqui em São Paulo – e com sucesso. É necessário, no entanto, uma série de conhecimentos adicionais, ou seja, o técnico responsável pelo funcionamento da máquina precisa saber alguns detalhes operacionais. Até porque a operação em argila orgânica é diferente da realizada em areia, ou mesmo em outros tipos de argila.



**assim se faz um tubo de cravação, passo a passo...
e mais 30 anos no mercado de tubos de concreto para saneamento.**



ACA Indústria Comércio e Construção Ltda.
Rodovia Pres. Dutra, Km 194,5 - Santa Isabel - SP - PABX (0XX11) 4654-1188
www.acatubos.com.br - acatubos@acatubos.com.br

Cada uma tem suas particularidades. Operar em argila orgânica exige um pouco mais de cuidados.”

Quando a aplicação prevê rochas e matacões, também aparecem dificuldades adicionais. “Principalmente se o matacão estiver imerso em um material muito mole, em argila orgânica, por exemplo”, cita Telles. Segundo ele, o equipamento tem capacidade de escavação do matacão, mas isso vai depender da relação entre o matacão encontrado e a capacidade do shield em operação. “Se o shield tem dimensões suficientes, é possível fazer. Mas essa é uma dificuldade adicional que precisa ser prevista, ou seja, analisada no levantamento geotécnico realizado antes do início da execução. Se for verificada a possibilidade da existência

de matacões, será preciso dimensionar a máquina para essa eventualidade. Ainda que, em certos casos, possa-se encontrar um pedaço de rocha da forma mais imprevista. Em isso acontecendo, será preciso abrir um poço e retirar o matacão de outra forma.”

A respeito de obras em grandes diâmetros, Telles certifica que, à medida que o diâmetro cresce o pipe jacking vai se tornando menos competitivo. “Uns vão dizer que é a partir de 2 metros, outros que é a partir de dois metros e meio, isso varia. Mas tudo depende um pouco também do comprimento do túnel que se vai cravar. Se for o caso de se executar um túnel em argila, de 3 metros de diâmetro, mas de 30 metros de extensão, é possível fazer. Mas esses mesmos 3 metros de diâmetro num

comprimento muito mais longo já é mais difícil, pois exige-se a construção de estações intermediárias e adoção de tecnologias adicionais. Nesses casos, a viabilidade econômica torna-se um fator essencial para a tomada de decisão.”

Telles diz, por outro lado, que dá para se executar pipe jacking nos solos terciários de São Paulo, sem problemas. “A argila do terciário é um material competente, firme e estável. Na argila dura do terciário, o taguá, é preciso, entretanto, estudar cuidadosamente cada caso. Se for taguá puro, sem mais nada, não será necessário adotar o sistema slurry. Usa-se o shield de frente aberta e com ele é possível fazer a escavação sem maiores percalços – mas o material terá que ser retirado por outro método que não o bombeado.”

A técnica, passo a passo

Para Ricardo Telles, da Camargo Corrêa, o ambiente competitivo favoreceu a adoção mais intensiva do pipe jacking, na medida em que esse mesmo ambiente incentiva a demanda por tecnologias capazes de assegurar ganhos de produtividade e economia, sob padrões de qualidade e segurança elevados. Basta ver que a própria Sabesp, que é quem demanda de forma mais intensiva essa tecnologia, estabeleceu uma restrição interna ao uso do sistema de anel segmentado, concorrente direto do tubo cravado.

Só para se entender a diferença dos dois métodos, para a execução de um minitúnel é preciso que se faça um círculo: o círculo de revestimento do túnel. Existem duas formas de fazer isso, ou se executa um tubo pelo método pipe jacking, que é um tubo circular cravado, ou se entra com segmentos de concreto que vão ser montados no interior do túnel e que conformam esse círculo – que é o sistema de anel segmentado. Como por esse último sistema tem-se três, quatro ou mais segmentos (dependendo do comprimento do túnel), há obrigatoriamente juntas entre eles, e isso significa geralmente o convívio com uma série de riscos, como de vazamentos, por exemplo. “O pipe jacking é uma tecnologia superior prin-

cipalmente por não apresentar essas restrições. E pelo fato de constituir efetivamente uma tecnologia mais sofisticada, ele vem substituindo paulatinamente o anel segmentado, no caso de diâmetros pequenos. Para diâmetros grandes, não há muita alternativa, tem que se usar anel segmentado.”

Telles explica que o funcionamento básico da tecnologia de túneis em tubos cravados de concreto consiste, primeiramente, em se abrir um poço vertical que vai ser o ponto de partida do túnel. Nesse poço vertical se desce um shield, que é o equipamento que vai começar a escavação do túnel pelo processo de cravação de tubos. O shield é cravado por meio de um conjunto de pistões que está no interior do poço. Depois de cravado o shield desce-se um tubo de concreto, que é encaixado na traseira do shield, ou seja, a frente do tubo de concreto é acoplada à parte de trás da máquina shield.

A partir daí, o jogo de pistões que cravou o shield empurra o conjunto composto por “primeiro tubo + shield. Crava, então, esse primeiro módulo. A partir do momento em que se termina de cravar o primeiro tubo, desce-se o segundo. Este se encaixa no primeiro e esse mesmo jogo de pistões vai empur-

rar agora o conjunto formado por ‘primeiro tubo + segundo tubo + shield’. E assim sucessivamente, para quantos tubos forem necessários para completar o túnel. O jogo de pistões sempre empurra o conjunto todo. No final do túnel, quando se chega ao último poço vertical de serviços, é feita a retirada do shield e os tubos permanecem lá, cravados, conformando o túnel propriamente dito”.

Sobre outras características do sistema, como de ser computadorizado e a raio laser, Telles explica que em mais de 99% dos casos o túnel por pipe jacking é um túnel reto, que não faz curvas (99% e não 100%, porque há alguns casos especiais no mundo, de pipe jacking em curva; algo muito incomum, porém...). A curva, no caso, é sempre feita no poço vertical. A partir do poço de partida emite-se um fecho de raio laser – que conceitualmente é sempre uma reta – e esse raio passa a ser como que o eixo do túnel. A emissão de luz vai bater num anteparo lá no equipamento, que funciona como se fosse um alvo. E tal fecho tem que estar no centro do alvo. Quando o raio está saindo ou para a direita ou para a esquerda do alvo, isso significa que o túnel está se deslocando. Detectado o desvio, manobra-se o equipa-



mento, de forma a que o laser esteja sempre orientado para o centro do eixo do túnel.

Segundo Telles, os poços verticais são feitos obedecendo uma determinada distância, um do outro. "Existem diversos limites que balizam a execução de um túnel pipe jacking e que variam de acordo com o tipo de equipamento, com a condição geotécnica, assim como com o diâmetro do túnel. Mas há certamente uma limitação de distância entre os poços." Ele explica que o padrão para túneis como os da Sabesp, por exemplo, é hoje entre 300 e 400 metros. A cada intervalo de 300 ou 400 metros, portanto, escava-se um poço vertical de serviços por onde se vai entrar com o shield ou sair com esse mesmo equipamento. "Pode-se executar um túnel bem extenso, desde que se construam esses poços verticais, que, no final da obra, acabam se transformando nos poços de visita que a Sabesp – ou quem quer que seja o cliente –, vai precisar para realizar a manutenção da tubulação."

Com outras palavras, o coordenador de obras da ECL Engenharia, Sabino Freitas Corrêa, diz que o funcionamento básico do equipamento pipe jacking consiste no corte do terreno pela cabeça de corte da máquina (shield ou bohrkopf), e a cravação simultânea de tubos, em sincronia com o avanço da escavação. A principal diferença da tecnologia pipe jacking em relação às demais é que todo o túnel se movimenta com o avanço dos trabalhos. O deslocamento é feito a partir do empuxo, aplicado por potentes pistões hidráulicos – ou macacos – instalados no poço de serviços. Os macacos empurram todo o conjunto, cravando os tubos de concreto no solo por meio da cabeça de corte, no volume exato retirado pela escavação.

O solo é escavado por meio de escarificação (ato de desagregar e revolver a terra a fim de facilitar a escavação), via ferramentas instaladas em um disco de corte rotativo. A geologia do local é que determina a escolha do tipo de ferramenta utilizada no disco de corte, podendo-se optar por ferramentas especiais para cada situação, desde bits tipo faca (para solos



A partir do poço de partida emite-se um fecho de raio laser – que conceitualmente é sempre uma reta – e esse raio passa a ser como que o eixo do túnel. A emissão de luz vai bater num anteparo lá no equipamento, que funciona como se fosse um alvo

argilosos) até discos capazes de enfrentar alguns tipos de rocha. O material escavado é transportado diretamente até a câmara de mistura, onde é dissolvido em água e bombeado para a superfície. Esse composto água-solo, ou simplesmente lama, é bombeado para tanques de decantação. É justamente essa característica a responsável pelo nome da tecnologia do equipamento: slurry machines ou máquinas de lama, em uma tradução livre do inglês.

Ao atingir o tanque de decantação, a velocidade do fluido cai abruptamente, provocando sua decantação. Os tanques de decantação são projetados especialmente para esta finalidade. Normalmente, são adaptados em contêineres navais tipo STD de 20 pés, dotados de tubulação de entrada com placa dissipadora de energia, tubulação de saída e descarga de fundo. O tanque é dividido em dois compartimentos, separados por um vertedouro. A decantação ocorre no primeiro compartimento e a água, com menor teor de sólidos em suspensão,

verte para o segundo, de onde é reintroduzida no sistema. O material decantado é retirado por meio de escavadeiras tipo Clamshell e encaminhado para descarte.

Na cabeça de corte, estão instalados o alvo do laser e câmaras de vídeo que integram o equipamento, por meio dos quais o alinhamento é monitorado. Além destes dispositivos, há também os sensores eletrônicos do sistema (inclinação, rolagem, posicionamento, pressão etc.) e o sistema de esterçamento por meio de pistões hidráulicos que permitem a manobra do equipamento para a correção imediata de eventuais desvios [Ler também nesta edição o artigo técnico "Mini e micro túneis com shield (tatuzão) e revestimento em tubo cravado (slurry pipe jacking)", de autoria de Marcelo Massaki Matsui e Roberto Kochen].

Dispositivos acessórios – Sobre os dispositivos acessórios, Telles, da Camargo Corrêa, diz que há vários. Por exemplo, todo o sistema de cravação, o jogo de pistões hidráulicos, as estruturas de reação. Todos esses dispositivos especiais são acessórios essenciais da tecnologia. Existem também dispositivos de injeção de lubrificantes. Como se está cravando uma linha de tubos, existe um obrigatório atrito entre essa linha e o solo. Para minimizar essa fricção, existem dispositivos de injeção, por meio dos quais se aplica um produto entre o tubo de concreto e o solo, o que reduz drasticamente o esforço de cravação.

Segundo Telles, esses produtos que fazem a lubrificação podem ser lama bentonítica ou bentonita misturada com polímeros. De acordo com a condição geotécnica do local da obra, será preciso evitar ruptura na frente do shield, ou seja, haverá que se equilibrar os esforços que são feitos por meio da máquina com o sistema de contenção da face. Essa lama bentonítica com aditivos – sistema slurry – vai promover o equilíbrio da pressão da face para impedir o recalque na superfície. Esse dispositivo, no entanto, não é obrigatório no sistema pipe jacking. Existem casos em que se usa isso e outros em que não. Em contra-

partida, há processos não pipe jacking que também usam o sistema slurry de contenção da face. O que determina isso é o tipo de solo que se encontra pela frente. Tipo de solo esse que, por sua vez, vai ser especificado pela análise geotécnica feita antes do início das escavações. Em função dessa análise se decide que espécie de contenção da face se vai ter.

Sobre a bentonita como dispositivo acessório, Corrêa, da ECL, explica que o terreno é cortado com um pequeno sobrecorte preenchido com a substância. Ele confirma que a bentonita trabalha como lubrificante, tornando mínima a fricção entre os tubos e o terreno. O material é bombea-

Benefícios do pipe jacking slurry - A tecnologia de obras por método não destrutivo por pipe jacking tipo slurry traz diversas vantagens. Para maior clareza, Corrêa classifica os principais benefícios do sistema em seis grupos: qualidade e durabilidade, redução de prazos e custos, minimização de recalques, segurança, controle e precisão, e produtividade.

Em relação à qualidade e durabilidade, os tubos para cravação são fabricados com resistências a compressão elevadas, entre 50 e 60 MPa e tolerâncias dimensionais muito mais rígidas em relação aos tubos aplicados em obras convencionais. São características que proporcionam um melhor acabamento

vencionais de escavação de túneis e travessias (como liner plates, minishield e NATM), a execução pode se complicar onde se tem a interferência do lençol freático e/ou condições geológicas desfavoráveis (solos moles, não coesivos etc.). Em muitos casos se tornam necessários tratamentos especiais, gerando custos elevados, sem que se assegure plenamente um bom desempenho. Os equipamentos de pipe jacking tipo slurry permitem que os trabalhos sejam efetuados abaixo do nível d'água ou em terrenos colapsíveis, sem transtornos, custos adicionais e inconvenientes, como trincas em edificações circunvizinhas, prejuízos ao trânsito e à população, ou recalques.

Os equipamentos de pipe jacking tipo slurry permitem que os trabalhos sejam efetuados abaixo do nível d'água ou em terrenos colapsíveis, sem transtornos, custos adicionais e inconvenientes como trincas em edificações circunvizinhas, prejuízos ao trânsito e à população, ou recalques



do imediatamente após o corte do terreno, evitando recalques. Em casos especiais são utilizados polímeros adicionados à bentonita, como aditivos de performance. A escolha destes aditivos é determinada pelas características geológicas e do tipo de bentonita utilizado.

Outro dispositivo acessório é a bomba de alta pressão. Em situações onde o solo apresenta rigidez e coesão elevadas, pode-se utilizar uma bomba de água de alta pressão para otimização do processo. O equipamento trabalha com pressões entre 350 e 450 bar e alta velocidade na saída dos bicos. A função deste equipamento é auxiliar a escavação, desmontando a estrutura do solo e lavando as ferramentas de corte. Sem este acessório a produtividade sofre brusca queda nestas situações, uma vez que o solo obstrui as ferramentas de corte, impedindo sua ação. Este tipo de ocorrência é muito comum em solos terciários silto arenosos e/ou silto argilosos. Em São Paulo, este tipo de ocorrência é bastante comum no solo conhecido na região como taguá.

final, onde permanece instalado um conduto de melhor qualidade. A maior resistência do concreto é sempre consequência de uma baixa relação água/cimento, moldagem e cura mais avançadas. Este ganho qualitativo reflete na maior longevidade da tubulação. A precisão dimensional e perpendicularidade necessária para que os esforços de cravação sejam bem distribuídos – evitando excesso de tensão por carga pontual – proporcionam juntas mais precisas, melhor vedação e estanqueidade.

O sistema de juntas utilizado é do tipo ponta e bolsa, junta elástica, proporcionando excelente vedação e possibilidade de controle prévio. Os tubos são conectados em local limpo e seco – os shafts –, possibilitando a verificação da integridade do anel de borracha e seu bom acoplamento, antes de sua cravação. Além destas características, se diferem dos tubos ponta e bolsa convencionais por utilizarem bolsa metálica em aço carbono revestido com epóxi ou galvanizado e, em casos especiais, em aço inoxidável.

No que se refere a prazos e custos, Corrêa lembra que nos métodos con-

A maior qualidade dos tubos se traduz em um custo de operação menor, minimizando os investimentos em manutenção e recuperação dos condutos a longo prazo. Além da segurança de performance, a tecnologia também traz ganhos por meio da redução de prazo. A produtividade chega a ser cinco vezes maior do que as técnicas baseadas em escavação manual. Deve-se observar, também, que o túnel é entregue acabado, sem necessidade de aplicação de revestimento ou do assentamento interno de tubos-conduto.

Quanto à minimização de recalques, a escavação feita pelo shield já é feita no diâmetro exato da tubulação, acrescido de apenas um pequeno sobrecorte (normalmente entre 1% e 2% do diâmetro externo do equipamento). Como o sobrecorte é preenchido continuamente por lama bentonítica, preserva-se um espaço anelar capaz de permitir a manobra do equipamento e a lubrificação para redução do atrito. Com isso, os trabalhos se desenvolvem em um maciço com características praticamente inalteradas, em seu estado original de com-

pacidade, também sem a implantação indesejável de gradiente hidráulico, reduzindo plenamente recalques diferenciais. A constante lubrificação com bentonita evita a acomodação do terreno, muito comum nas obras de túneis por meio de métodos como linner plates ou minishield, durante o intervalo compreendido entre a escavação e posterior preenchimento, através de aplicação de injeções.

No item segurança, Corrêa conforma que a mecanização do processo de escavação elimina a necessidade de trabalho no interior do túnel. Desta forma, os operários não são submetidos a riscos inerentes ao trabalho em ambiente confinado, como eventual rom-

pimento da frente de escavação e falta de ventilação, permanecendo sempre na área protegida do shaft, em ambiente ventilado ao ar livre.

Sob os aspectos de controle e precisão, ele diz que a precisão direcional do sistema é assegurada pelo controle a laser, onde a posição da cabeça de corte é monitorada constantemente. Todo o avanço do túnel segue o alinhamento de projeto, por meio da instalação de um emissor de raio laser, calibrado no eixo do conduto, demarcado a partir de um ponto fixo, situado no poço de serviço. O feixe de laser é projetado em um alvo na cabeça de corte e a imagem do alvo é transmitida para o painel de controle onde mínimos desvios podem ser detectados e reparados imediatamente, evitando-se a propagação de erros.

Além do controle direcional, todo o processo é gerenciado por um sistema de automação (PLC), acoplado a um computador. Por meio da automação, todo o conjunto é monitorado, evitando e minimizando o risco de eventual falha mecânica ou de operação. Duran-

te o decorrer do processo, os dados são armazenados no computador, que gerencia o sistema operacional. Este gera relatórios que fornecem todos os dados de cravação (vazão de entrada e saída, direcionamento, pressão, torque etc.), para registro e controle do desempenho de cravação ao longo de todo o túnel. Este registro permite a identificação precisa de eventuais falhas.

Finalmente, quanto ao lado da produtividade, a técnica assegura benefícios, desde aspectos ainda bastante subjetivos e dificilmente mensuráveis em nosso país – como o impacto social e suas conseqüências econômicas ocasionados por uma obra sobre o trânsito e toda a parcela da sociedade afetada por ela – até aspectos como a produtividade. Para a faixa de diâmetros nominais entre 600 e 1 200 milímetros, costumam-se observar produtividades médias entre 100 e 180 metros por mês, em projetos executados por pipe jacking – ante uma média entre 30 e 50 metros por mês, em obras feitas via escavação manual. **E**



 www.brasilengenharia.com.br

