

Sistema Mini-Túnel para Execução de Canalizações Subterrâneas

Eng.º SERGIO MARINANGELO

1. INTRODUÇÃO

Como construir coletores sem abrir valas que congestionam as ruas, transtornam o trânsito, provocam ruídos às vezes insuportáveis, mau cheiro, sujeira e apresentam riscos de causar danos a imóveis ou veículos, utilizando um método econômico, seguro, sem congestionamento e sem trincheiras a céu aberto, e dentro das mais rigorosas especificações técnicas e em qualquer tipo de rua da cidade? A resposta é dada por um novo método construtivo com a utilização dos "MINI-SHIELDS" para a abertura de túneis para galerias de águas pluviais, esgotos e outros serviços. A SABESP foi a primeira empresa estatal do setor de saneamento básico a lançar mão desse novo método, bem mais racional e economicamente competitivo, ao construir o Coletor Tronco de Esgotos da Av. Rebouças a cargo da Construtora Passarelli S.A.

2. CONCEPÇÃO DO PROJETO

O equipamento e o processo foram desenvolvidos pela MINI-TUNNELS INTERNATIONAL LIMITED com

sede em WESTMINSTER HOUSE, OLD WOKING, SURREY, Inglaterra.

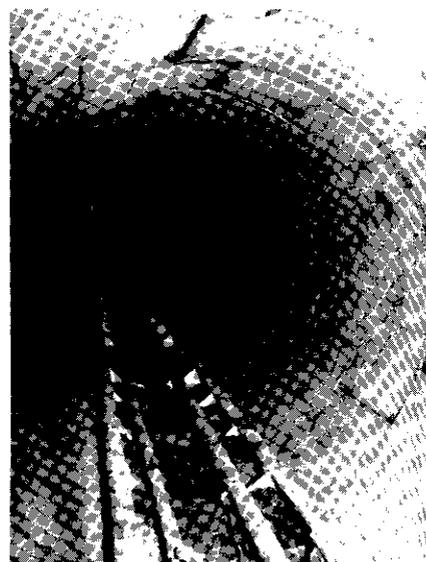
O MINI-TÚNEL permite a execução de canalizações de 1.200 mm de diâmetro, por um método econômico, com profundidade a partir de 1,50 metro da superfície do terreno à geratriz superior do túnel.

O revestimento interno do MINI-TÚNEL se compõe de três segmentos idênticos de concreto não armado, montados de tal forma a constituir um cilindro, perfeitamente estável e

equilibrado, de comprimento efetivo igual a 600 mm.

As juntas transversais e longitudinais da canalização formada pela justaposição desses cilindros são protegidas por uma tira de borracha não vulcanizada. Cada segmento é dividido em cinco subsegmentos, com ranhuras em "V" coincidentes, com profundidade de 5 mm nas faces interna e externa do segmento.

Sendo a pressão vertical a predominante sobre o revestimento do tú-



nel, ele foi desenhado de tal forma a permitir uma deformação elíptica, deformação esta que ocorre nas juntas e nas ranhuras em "V", chamadas indutores de tensão. O diâmetro vertical decresce com um correspondente aumento no diâmetro horizontal, induzindo a resistência passiva do solo a agir nos lados do túnel, provocando somente tensões de compressão nas paredes.

3 PROCESSO CONSTRUTIVO

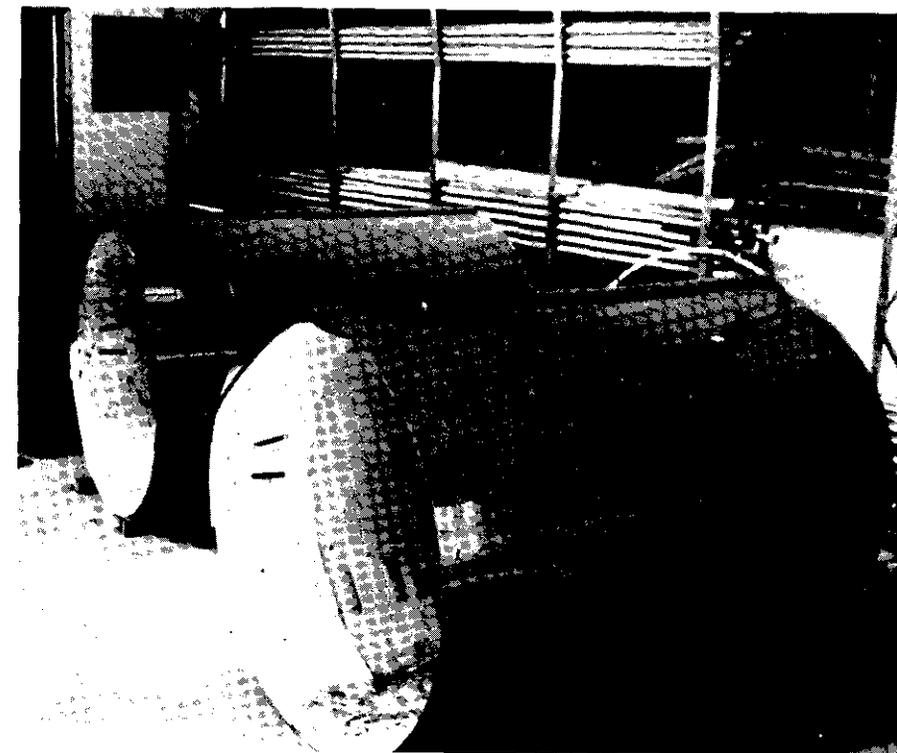
O equipamento de avanço é composto por um cilindro metálico de aço, dotado de seis macacos hidráulicos de 12 toneladas. A pressão hidráulica é conseguida através de uma bomba hidropneumática alimentada por um compressor de ar.

Os seis pistões e a bomba hidropneumática são montados numa armação composta por dois anéis metálicos. Essa armação pode ser movida para a parte da frente e para a parte traseira do SHIELD, a fim de facilitar o serviço em seu interior.

O cilindro de revestimento, ou anel, composto pelos três segmentos de concreto, é erigido na parte traseira do SHIELD usando um eretor especialmente desenhado. Apoiando-se o anel metálico traseiro nos segmentos montados e encaixando-se as garras do anel metálico dianteiro nas sapatas do SHIELD, acionam-se os macacos e empurra-se o SHIELD para frente. A escavação é feita manualmente pelo operador, e o material escavado é transportado para o poço de serviço por meio de vagonetas puxadas por uma locomotiva elétrica. A retirada do material do poço é feita por um guincho e despejado em "containers", os quais são levados ao bota-fora por caminhões.

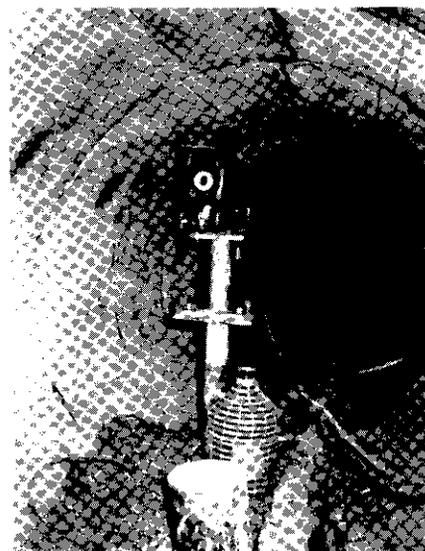
A fim de se proteger o piso do túnel durante a fase de construção, são utilizados trilhos acoplados a dormentes que têm a mesma curvatura do túnel, distribuindo o carregamento das rodas da vagoneta e da locomotiva uniformemente sobre os segmentos da parte inferior. Os trilhos são puxados para frente juntamente com o SHIELD, à medida que o túnel avança e novos trilhos são colocados no poço de serviço conforme necessário. Sobre os dormentes são apoiados a mangueira de ar comprimido que alimenta a bomba hidropneumática e eventualmente o duto de drenagem.

À medida que o SHIELD avança, ele deixa um espaço vazio entre a superfície externa dos segmentos e o terreno. Esse espaço é preenchido



através de uma injeção pneumática de pedrisco, a fim de evitar recalques do solo durante ou depois da execução do túnel. A injeção de pedrisco é feita alimentando-se um silo pressurizado localizado na boca do poço. Deste silo, o pedrisco é transportado numa suspensão de ar através de um duto de aço acomodado também sobre os dormentes dos trilhos, até o SHIELD, onde é injetado para os vazios através de furos já existentes nos segmentos. O pedrisco envolve o anel de concreto e assegura o suporte ao solo durante o avanço do SHIELD.

Para facilitar o direcionamento do SHIELD, os macacos hidráulicos podem ser operados separadamente.



Próximo à extremidade cortante, o SHIELD possui ranhuras direcionais que impedem a sua rotação durante o avanço.

O MINI-TUNEL não foi desenhado para executar trajetórias curvas. Deve ser executado sempre em linha reta entre dois poços de serviço.

A cada avanço, a direção e o nível do túnel são verificados. Isso é conseguido com o uso de um aparelho de raios laser alimentado por uma fonte de 110 V. As vantagens do laser são evidentes. Instalado em uma "casa" especialmente feita para ele no poço de serviço, a fim de que não sofra choques ou danos, é diariamente conferido e calibrado a fim de proporcionar um perfeito alinhamento e um nivelamento preciso. A irradiação do laser incide sobre um anteparo que o operador coloca no SHIELD,

dando a indicação do alinhamento e nível a serem seguidos. Essa radiação do laser é de baixa potência e portanto seguro para os olhos, embora deva ser evitado olhá-la diretamente.

Em condições normais não há limite quanto ao comprimento do túnel. Existe porém um limite econômico, ditado pela distância de transporte através do túnel, que está em torno dos 150 metros.

Não existe problema de ventilação no interior do túnel dentro desse limite. Já foram executados túneis com cerca de 180 metros de comprimento sem necessidade de insuflação de ar.

Após concluído o trecho de poço a poço, faz-se uma calafetação das juntas transversais e longitudinais com argamassa de cimento e areia,

Esses poços normalmente têm dimensões de 3,60 x 2,90 m, que podem variar de acordo com o local onde se deva trabalhar.

O escoramento para poços com até 5,00 m de profundidade é feito por meio de pranchas de peroba tipo macho e fêmea, dispostas verticalmente, travadas horizontalmente por dois quadros de longarina formados por perfis metálicos I10". O fundo do poço deve receber um piso de concreto magro, perfeitamente nivelado, situado a 30 cm abaixo da geratriz interna inferior do anel a ser assentado. Na parede oposta em que se dará a entrada do SHIELD, faz-se a "casa do laser", de medidas 1,0 x 1,0 x 1,0 m, totalmente escorada com pranchas de madeira.

5. ADAPTAÇÃO A DIFERENTES TIPOS DE TERRENO

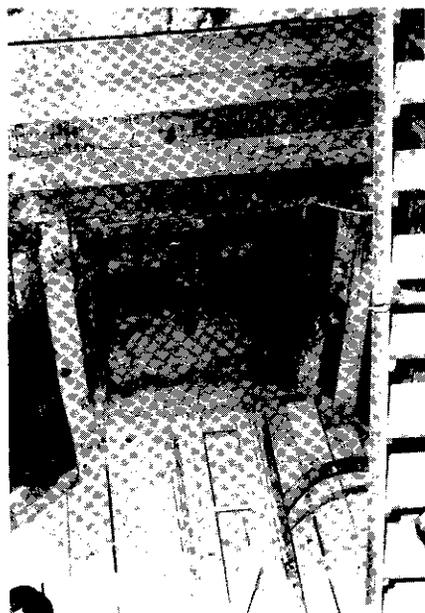
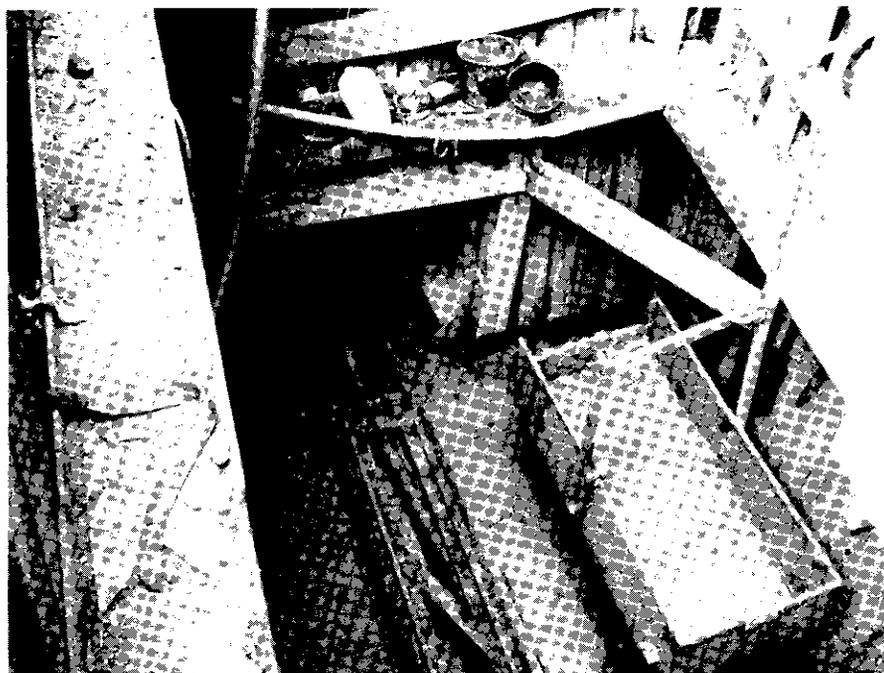
Terrenos firmes, secos, coesivos normalmente não trazem problemas à construção de túneis.

Para execução de MINI-TUNEL em solos poucos coesivos e úmidos, adapta-se à parte dianteira do SHIELD uma aba de proteção, proporcionando-se suporte para o solo durante a escavação. Caso o solo seja não coesivo, úmido, solto, colocam-se nessa aba de proteção bandejas horizontais, que obrigam o solo a permanecer em seus ângulos naturais de estabilização sem invadir o SHIELD.

Em terrenos extrusivos, como turfa, adapta-se à frente do SHIELD o diafragma fechado. Este diafragma, com portinholas operadas hidráulica-mente, permite aos solos extrudarem para dentro do SHIELD. Exercendo-se pressão frontal constante sobre o solo, elimina-se o problema de recalques dando segurança ao sistema.

Em condições normais de solo, é possível trabalhar-se com o SHIELD abaixo do nível do lençol freático. No caso de areias finas submersas, onde a subpressão é muito grande, causando o fenômeno de "areia movediça", torna-se necessário fazer o rebaixamento do lençol freático. O sistema de rebaixamento de lençol por meio de ponteiros de vácuo filtros tem-se mostrado bastante eficiente e tem atendido perfeitamente às necessidades do sistema.

Para o caso de terrenos rochosos, onde se necessita a escavação por meio de explosivos, adapta-se à frente do SHIELD uma tela protetora, que protege o SHIELD e o túnel contra o lançamento de pedras. Porém todo o cuidado deve ser tomado para que a



Após a calafetação, através dos orifícios dos segmentos, faz-se uma injeção de nata de cimento sob pressão, a fim de se consolidar o pedrisco já injetado e se conseguir uma perfeita vedação do túnel.

4. POÇOS DE SERVIÇO

Normalmente os poços de serviço são feitos nos locais onde se construirão os poços de visita do serviço a ser executado, aproveitando-se assim a sua escavação. Outros fatores porém devem ser considerados, na sua localização, tais como: local que não prejudique o tráfego de veículos assim como o de pedestres; local livre de interferências com outros serviços; local que não prejudique o acesso de moradores às suas residências; etc.

explosão não cause nenhum dano à estrutura do túnel.

6. ALTERNATIVAS DE USO

O MINI-TÚNEL, devido a seu revestimento, pode ser utilizado com grande vantagem em coletores de esgotos e galerias de águas pluviais, quando o diâmetro projetado coincide com o diâmetro do MINI-TÚNEL. Porém onde requisitos hidráulicos necessitam diâmetros menores, podem ser instalados dentro do túnel canaletas de concreto pré-moldadas com o diâmetro projetado.

Condutos de água sob pressão, assim como dutos de gás podem ser instalados facilmente dentro do MINI-TÚNEL. Esses dutos podem apoiar-se diretamente sobre o piso do túnel, ou ser fixados por ganchos especiais às suas paredes.

Também cabos elétricos ou de telecomunicações podem ser alojados dentro do MINI-TÚNEL, sendo sua colocação e disposição estudada separadamente para cada caso. As vantagens para reparos e manutenção são óbvias. Outra consideração importante é a facilidade de ampliação do sistema com um custo mínimo, aproveitando-se o espaço livre disponível.

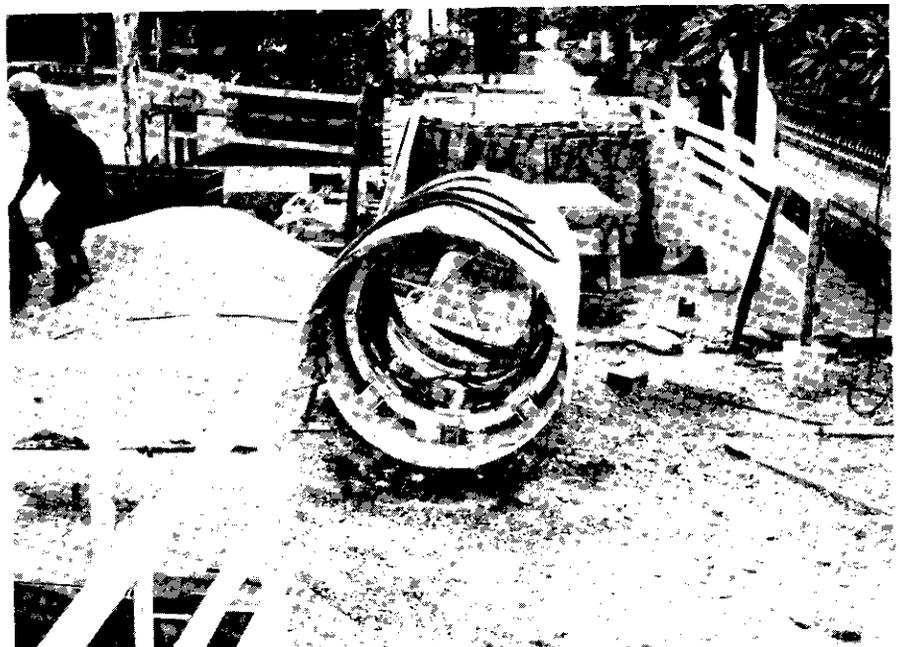
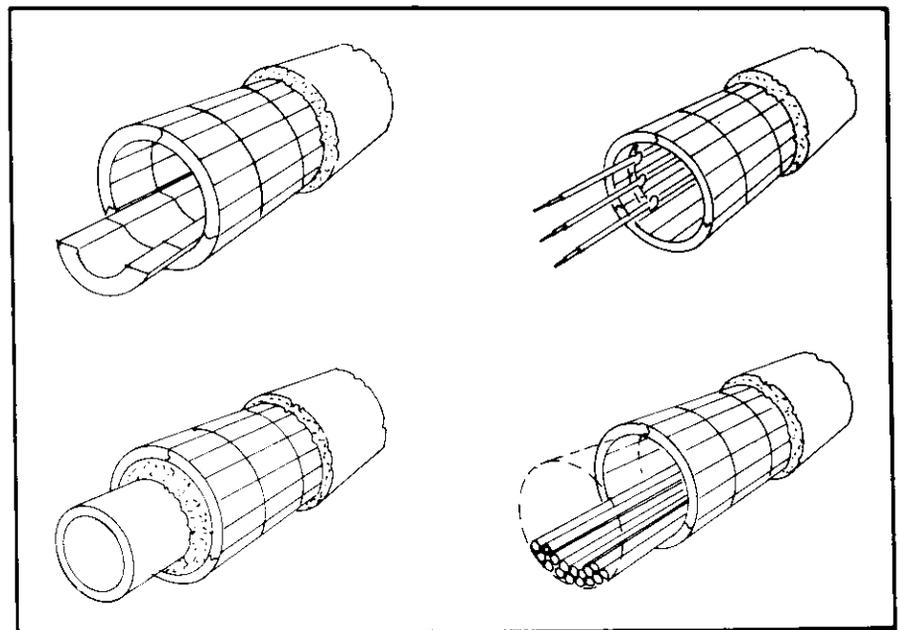
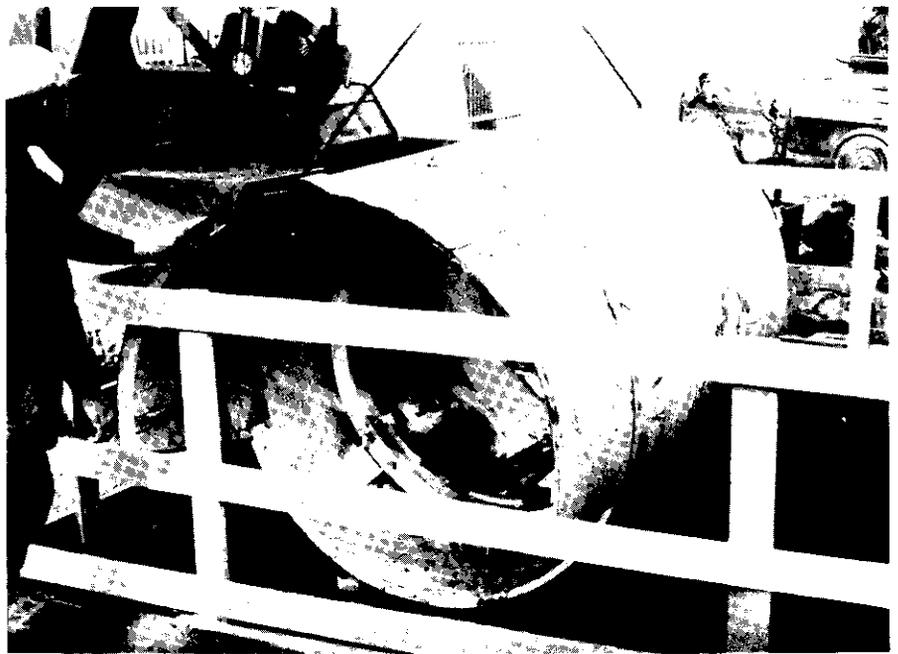
7. DADOS DE OBRAS EXECUTADAS NO BRASIL

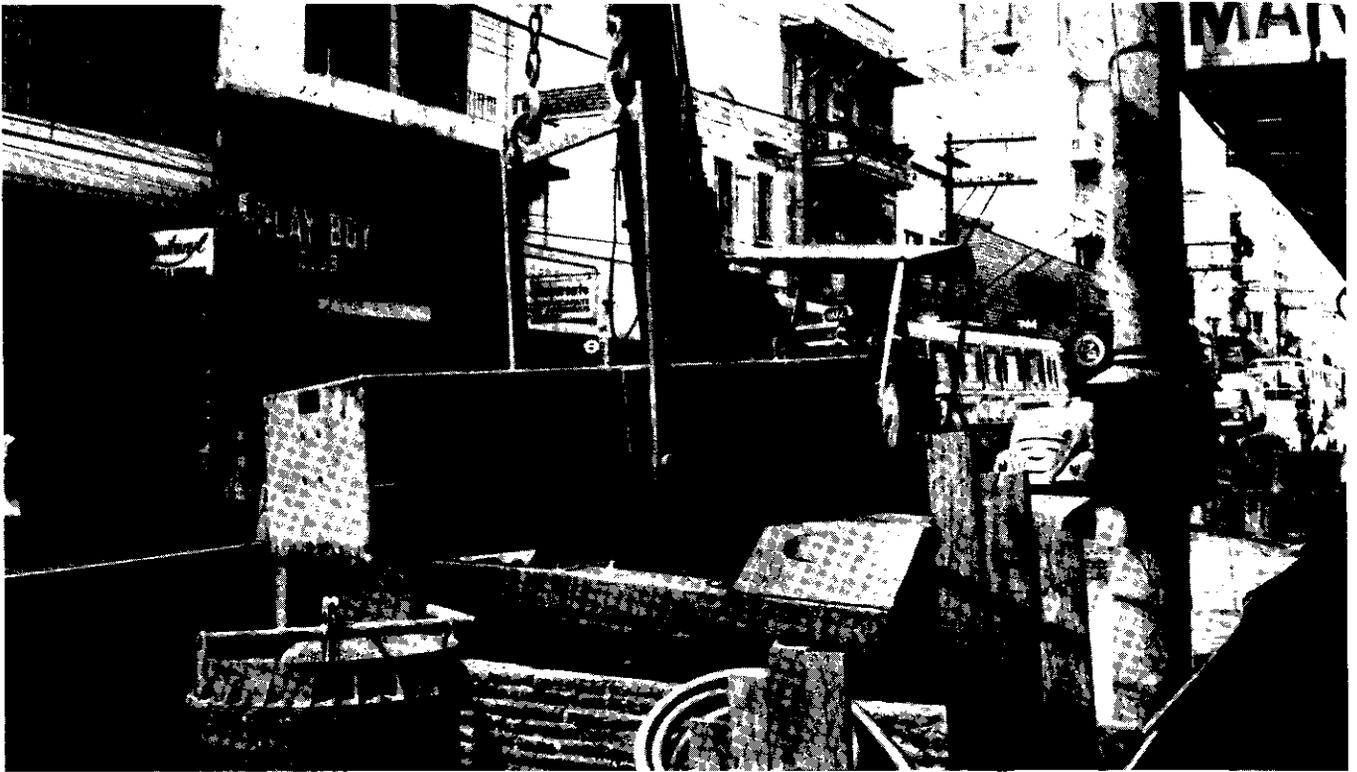
7.1 Coletor tronco de esgotos da Av. Rebouças

Executado para a SABESP, o Coletor Tronco da Av. Rebouças tem aproximadamente 4.000 m de extensão e uma profundidade média de 5,00 metros. Esse coletor tronco, que em alguns locais chega a ter 7,00 m de profundidade, recebe coletores desde o Complexo Hospitalar das Clínicas até o Interceptor Sul do rio Pinheiros, caminhando pela Av. Rebouças, Av. Brasil, Al. Gabriel Monteiro da Silva e novamente Av. Rebouças, atravessando avenidas da maior importância na região sul da cidade.

A decisão de se adotar um processo não destrutivo para essa obra foi tomada após um estudo de alternativas que indicou o Sistema MINI-TÚNEL como o mais vantajoso, pois, além de apresentar todas as vantagens de um processo não destrutivo, era mais econômico.

Os preços obtidos no orçamento específico dessa obra mostraram ser os preços do Sistema MINI-TÚNEL cerca de 3,5% mais baixos do que o sistema tradicional de abertura de valas.





7.2 Galeria de águas pluviais da Rua Augusta

Está sendo executada para a Prefeitura do Município de São Paulo a Galeria de Águas Pluviais da Rua Augusta, saindo da Rua Antônio de Queirós e caminhando pela Rua Augusta até a Rua Luiz Coelho numa extensão de 980 metros e uma profundidade média de 5,50 m. Essa região da Rua Augusta, além de ter um comércio bastante ativo, possui também uma grande quantidade de serviços públicos subterrâneos. Por essa região passam linhas de gás, de distribuição de água, adutoras, coletores de esgoto, cabos de alta tensão e serviços telefônicos. Basicamente um projeto impraticável de se executar a céu aberto, está em fase de conclusão e parcialmente em funcionamento.

A obra teve seu desenrolar entre os meses de novembro e maio, atravessando um período de fortes chuvas, que faziam a água subir a 50 cm acima do leito da rua. Apesar desse fato, a obra não sofreu nenhuma paralisação, graças ao envolvimento dos poços de serviço por uma parede de alvenaria.

Deve-se ressaltar que tanto a obra da Rua Augusta como a da Av. Rebouças, apesar de serem executadas em locais de tráfego bastante intenso e na região central da cidade, não provocaram congestionamento nem obrigaram a mudanças no sistema viário da região.

7.3 Travessia da Av. Maria Servidei Demarchi

Galeria de águas pluviais executada para a PROSBC (Progresso de São Bernardo do Campo) cruza a Av. Maria Servidei Demarchi com duas tubulações paralelas de 1,20 m de diâmetro, numa extensão de 40 metros, com 3 m de profundidade. Essa avenida tem grande importância para a região e não podia ter seu tráfego interrompido, pois é o acesso a várias indústrias importantes, entre as quais podemos citar a Volkswagen do Brasil.

7.4 Travessia da Rodovia Raposo Tavares

Para ampliar sua rede telefônica, a TELESP tem necessidade de cruzar com seus cabos a Rodovia Raposo Tavares em dois locais distintos. Devido à impossibilidade de se interromper o tráfego, optou-se pelo Sistema MINI-TÚNEL. Estamos executando, então, dois túneis de \varnothing 1,20 sob a Rodovia, sendo um no Km 15 e outro no Km 16,5. Posteriormente serão instalados em seu interior os cabos telefônicos.

8. COMPARAÇÃO DE PREÇOS

Os Mini-Túneis substituem as tubulações que seriam assentadas em valas. Portanto o processo é alternativo e deve ser considerado sempre que obras de canalizações sejam projetadas para serem assentadas em

locais cuja urbanização ou uso necessitem ser preservados, uma vez que é um processo não destrutivo.

Seu emprego deve, também, ser considerado alternativo em locais onde o subsolo possui uma grande quantidade de serviços públicos, e seu remanejamento demandaria muito tempo e grandes somas de dinheiro, além de causar outros inconvenientes.

No caso de obras projetadas a grandes profundidades, onde o movimento de terra e o escoramento dos taludes da vala constituem fatores ponderáveis no custo total da obra, o emprego do Sistema MINI-TÚNEL tem-se mostrado vantajoso. Outros custos que devem ser considerados para comparação de preços são os referentes a troca de solo, estaqueamentos e escoramentos especiais.

Deve-se considerar ainda o fato de que, sendo o MINI-TÚNEL um sistema completamente subterrâneo e não destrutivo, não sofre a ação de intempéries, podendo portanto respeitar mais facilmente os cronogramas propostos.

Fazendo-se um orçamento para uma obra de execução de canalizações de 1,20 m de diâmetro, considerando-se os serviços de escavação, escoramento, fornecimento e assentamento de tubos, reaterro e reposição de pavimentação, chega-se à conclusão que, para valas com profundidades maiores do que 5,00 m o Sistema MINI-TÚNEL torna-se mais econômico, no confronto direto de preços.