

## TÚNEIS – UMA SOLUÇÃO DE ENGENHARIA INTELIGENTE

O uso de túneis como solução para interligações e acessos em indústrias, lojas, residências, rodovias, condomínios, entre outros, ainda é muito desconhecido no meio técnico não especializado.

Túneis têm sido feitos para viabilizar ou integrar um determinado empreendimento a outro existente. Usualmente sob via interna ou externa, sempre com sobrecargas elevadas. Entretanto sua divulgação é restrita a congressos específicos.

Há um mito de que um túnel é extremamente custoso, é uma obra de alto risco e que só pode ser escavado em rochas extremamente competentes e não em solos. Que devem sempre estar acima do lençol freático, não podendo, portanto ser construídos passando por baixo de rios ou lagoas. Isto **não é verdadeiro**, pois em muitos casos têm sido executados para clientes privados, e construídos em solos de aterro, sedimentos terciários ou quaternários, especialmente na cidade de São Paulo. Por exemplo, a travessia da Av. Juscelino Kubitschek sob o rio Pinheiros em São Paulo e o Eurotúnel ligando a Inglaterra a França.

Os túneis não só conduzem pessoas, veículos, trens, como também cabos de energia, águas pluviais, esgotos, e porque não animais interligando pastos sob uma estrada?

Será abordado aqui sua execução pelo método NATM- “New Austrian Tunnelling Method”, cuja versatilidade permite a construção em seções variadas desde adutoras até ferrovias, com traçado retilíneo, curvo, ascendente ou descendente, trechos curtos ou longos.

Usualmente os túneis NATM têm diâmetro mínimo de 1,50m, com 1,8m<sup>2</sup> de seção, podendo atingir geometrias que passam de 150,00m<sup>2</sup> de área. O que varia é o seu método construtivo, onde nos diâmetros maiores são utilizados os recursos de parcialização de seção de escavação, visando total segurança.

Como resultado dos desenvolvimentos tecnológicos ao longo dos últimos anos, é cada vez mais frequente a viabilização de túneis em lugar de outras soluções.

Talvez o grande impedimento pela pouca aplicação ao mercado privado se dê pela falta de legislação específica para o uso do espaço do subsolo. Além disso, pelo fato do ensino da engenharia não incluir no currículo o aprendizado de aplicação e construção de túneis como alternativa a viadutos ou outras obras de arte.

Trata-se de obra muito especial onde todas as qualidades e conhecimentos da engenharia de solos e da geologia são necessários. Para cálculo e dimensionamento existem excelentes especialistas no Brasil, muitos deles com projeção internacional.

O CBT-Comitê Brasileiro de Túneis criado em 1990, é a associação técnica brasileira que congrega os especialistas tanto de execução como de projeto. Seu objetivo é divulgar e opinar sobre a execução de Túneis e espaços subterrâneos. Em 2006 o CBT lançou o livro “Túneis do Brasil”, com um histórico sobre a grande maioria das obras brasileiras. Esta associação representa internacionalmente a engenharia brasileira de túneis na ITA-“International Tunnelling Association”, fundada em 1974, com o mesmo caráter do CBT.

## UM CASO DE OBRA: TÚNEL TERMORIO

Visando ilustrar neste artigo a exequibilidade e versatilidade do método NATM, foi escolhido um caso de obra dentre muitas obras executadas pela Solotrat ao longo dos anos.

Outras aplicações podem ser encontradas no site: [www.solotrat.com.br](http://www.solotrat.com.br).

Trata-se de um túnel de baixa cobertura, sinuoso, que corta um canal de maré, com comprimento de 92m e diâmetro de 3m. Construído em solo sedimentar quaternário saturado, ele visava a interligação do Canal Honorato, que contorna a área da TERMORIO, com o Canal da Tomada D’água, dentro da área da REDUC. Essa obra foi executada em 2005 em Duque de Caxias – Rio de Janeiro.

## GEOLOGIA LOCAL



Fig 1 – Frente de escavação do túnel.

A geologia na seção de corte do túnel é caracterizada por solos quaternários, pouco adensados e superficialmente cobertos com aterro de areia e pedregulho. Na zona de sedimentos quaternários foi encontrado solo argiloso de baixa compactidade (SPT= 3 a 9), capeando solo turfoso e argila cinza, também com baixo adensamento.

O arco invertido do túnel, via de regra está apoiado em argila siltosa com areia fina a média, rija com SPT acima de 9 golpes podendo chegar a 20.

## PROJETO

O projeto hidráulico de canalização ficou a cargo da Linear Engenharia e Tecnologia S/C Ltda e o projeto do túnel NATM ficou sob responsabilidade da A.H.Teixeira Consultoria e projetos S/C Ltda.



Fig 2 – Planta do túnel.



Fig 3 – Instalações e poço de acesso.



Fig 4 – Túnel finalizado – detalhe da retificação do traçado.

## INTERFERÊNCIAS

Interferência 1 – O trajeto do túnel é sinuoso e passou sob a Av. Silésia, de duas pistas com tráfego pesado de caminhões-tanque e outros. Devido a necessidade do túnel de passar entre apoios do banco de dutos, o projeto já previa uma curva senoidal sob a Av. Silésia.



Fig 5 – Fotos da Av. Silésia no local da travessia

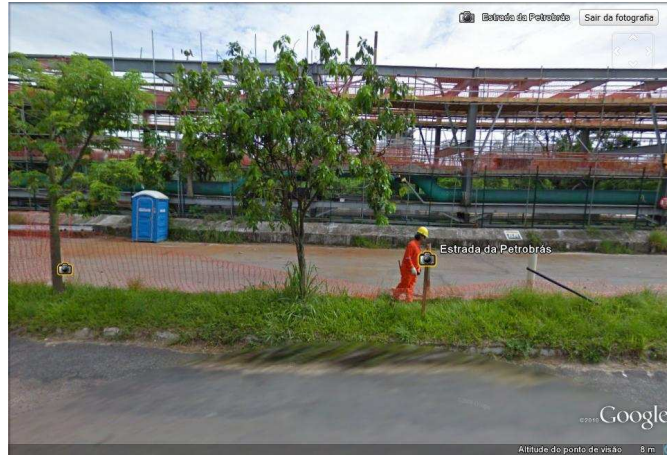


Fig 6 – Av. Silésia e banco de dutos da REDUC no traçado do túnel.

Interferência 2 – O Túnel também passou sob banco de dutos já dentro da área da REDUC, evitando interferência com suas fundações profundas.

Interferência 3 – Uma das principais interferências foi o oleoduto ORBEL 1, o que fez com que o cuidado com a preservação e integridade do duto de 18 polegadas fosse redobrado. O oleoduto foi encontrado de acordo com o cadastro, a uma altura de 1,20 m da calota do túnel, e foi encamisado com concreto de alto desempenho e isolado da estrutura do túnel.



Fig 7 – Oleoduto ORBEL 1, no interior do túnel

Interferência 4 – Em seguida foi transposto o Canal Perimetral, onde a seção do canal invadia a seção do túnel. A solução adotada foi, através da superfície, colocar no fundo do canal quatro tubos de 14 polegadas com comprimento de 6m, para garantir o fluxo de água, equalizando assim as tensões nas faces externas do túnel.

Nas extremidades destas tubulações foram feitas ensecadeiras com sacos de solo cimento, que inclusive serviu para posicionar os tubos no fundo do canal. Após estes procedimentos o espaço entre as ensecadeiras foi totalmente preenchido com solo cimento e depois injetado com a utilização de tubos com válvulas. Esta consolidação permitiu que a calota do túnel fosse escavada normalmente na região, preservando os tubos.



Fig 8 – Preenchimento do Canal Perimetral para passagem do túnel.



Fig 9 – Detalhe dos tubos colocados no leito do Canal Perimetral.

Após a finalização do túnel, as bocas (montante e jusante) dos tubos de ligação foram vedadas de forma a permitir a remoção dos mesmos, eliminando o estrangulamento da seção do túnel. Posteriormente as vedações foram desobstruídas, permitindo que o canal Perimetral fosse reintegrado ao projeto hidráulico.

Já para o desemboque no Canal Tomada D'água foi feita uma ensecadeira e uma cortina de estacas justapostas de 400mm, permitindo a execução das alas de desemboque do túnel e todo o preparativo para abertura do túnel junto ao Canal Tomada D'água.





Fig 10 – Cortina de estacas justapostas no desemboque do Canal Tomada D'água.

O desemboque do Canal Honorato foi feito com uma integração em bolsacreto conforme a figura 11.



Fig 11 – Integração do túnel com o Canal Honorato.

**DIFICULDADES ENCONTRADAS** – O projeto do túnel previa a utilização de diversos recursos como rebaixamento do lençol freático com ponteiras, enfilagens tubulares, grampeamentos de frente e outros serviços que fossem necessários. Além dos cuidados com as diversas interferências, a maior dificuldade encontrada foi uma grande infiltração de água oriunda do Canal Honorato, localizada a 20m do poço de acesso.

Durante a construção do Canal Honorato, cujas paredes são de gabião, a escavação nesse trecho ficou muito próxima de onde seria escavado o túnel. Quando essa escavação chegou nas proximidades do gabião, houve a comunicação do canal com o túnel em construção.

Inicialmente esse volume de água de percolação foi canalizado com um tubo de PVC de 4 polegadas, mas com o aumento do fluxo da água, optou-se por deixar o túnel ficar submerso. Iniciou-se então o tratamento desta lateral a partir da superfície com a utilização de tubos com válvulas e injeção de cimento sob pressão. Após o tratamento, a escavação do túnel foi retomada e finalizada sem mais problemas.

Com este trabalho, a ideia é demonstrar a versatilidade da escavação de túneis pelo processo NATM, onde obstáculos diversos são superados com a utilização da enorme gama de recursos oferecidos pela geotecnia moderna.