

CASO DE TÚNEL

em Copacabana ganha destaque internacional

Ao construir o túnel de acesso à Estação Cantagalo da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, numa área apinhada de prédios e densamente povoada à beira-mar, os engenheiros da Odebrecht depararam-se com o problema do Edifício Rochedo, que sofreu recalques sérios em virtude dos trabalhos de perfuração e explosões no maciço rochoso; isso exigiu uma grande operação de subfundação com a colocação de 84 estacas raiz e uma laje de concreto reforçado com 1,50 metro de espessura



Os trabalhos de perfuração em rocha e construção do túnel de acesso à Estação Cantagalo da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro – que foi recentemente aumentada em 1 230 metros – fizeram da Odebrecht a única construtora brasileira escolhida para apresentar um “case” no 33.º Congresso Internacional de Túneis, realizado em Praga, na República Tcheca, em maio passado. Inaugurada em dezembro de 2006, a Estação Cantagalo, em Copacabana, Zona Sul do Rio, iniciou sua operação comercial em 27 de fevereiro deste ano, após os testes de praxe, e atende hoje 25 000 passageiros por dia. Executado pela Odebrecht, o empreendimento incluiu escavação de 1 400 metros de túneis, obras civis dos acessos, acabamentos da estação (que tem área construída de 14 000 metros quadrados) e montagem da via permanente, além do fornecimento de todos os sistemas auxiliares, como escadas rolantes, elevadores, ventilação e plataformas para deficientes. Se tudo der certo, o trecho seguinte da Linha 2, entre o Cantagalo e a Praça General Osório, em Ipanema, deverá ser inaugurado em 2009. A Odebrecht teve como parceiros na elaboração do “case” apresentado em Praga, a Rio Trilhos (contratante), a Promon (projetista da obra) e a consultoria Vecttor.

No dia da inauguração da Estação Cantagalo, o carioca mais entusiasmado com o evento era o eng.º Gastão Corrêa da Veiga Filho, de 94 anos, síndico do Edifício Rochedo há 11 anos. Da janela do apartamento de seu prédio, localizado na área lindeira à obra (que no decorrer dos trabalhos de perfuração tivera sua estrutura comprometida), o veterano engenheiro comentava que os duros tempos em que eram realizadas duas explosões por dia para dinamitar a rocha eram página virada e, ao mesmo tempo, saudava o que ele considerava um “grande acontecimento” para Copacabana. No seu caso, o fim da epopéia da construção da estação teve um sabor especial. Afinal, ele foi a interface entre os moradores do tradicional edifício



FOTOS: AMÉRICO VERMELHO / ODEBRECHT

Estação Cantagalo da linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro

residencial de 11 andares (um apartamento por andar) e as equipes que trabalhavam na execução da obra, acabando por tornar-se um amigo quase “reverenciado” pelos engenheiros e técnicos da construtora. *(ler o box “O eng.º Gastão, 94 anos, fez o meio-de-campo”).*

A delicada e intrincada “operação salvamento” do Edifício Rochedo, que ameaçava ruir, foi o que proporcionou a elaboração do “case” selecionado para o evento internacional de túneis em Praga *(ler o artigo técnico “Os desafios do túnel de acesso da Estação Cantagalo, Metrô do Rio de Janeiro”, nesta edição)*. Para ligar a Estação Cantagalo à densamente habitada área do Bairro de Copacabana, foi preciso construir um túnel principal de acesso, com 95 metros de comprimento, 9,1 metros de largura e 11,6 metros de altura. O túnel, que conecta a estação à área de entrada localizada na Praça Eugênio Jardim, precisou

vencer bruscas e irregulares transições entre rocha e solo lodoso, subjacente à areia sedimentar, sob o lençol freático.

Como se fosse pouco, o túnel de acesso à Estação Cantagalo da Linha 2 passa por baixo

O túnel de acesso à Estação Cantagalo passa por baixo de uma região cheia de construções sensíveis, como o Edifício Rochedo, de cerca de 60 anos, apoiado sobre sapatas de fundações rasas, algumas assentadas na rocha, mas a maioria sobre areia sedimentar; os trabalhos de perfuração e escavação por dinamite provocaram grandes danos estruturais

de uma região composta de construções sensíveis. É o caso do Edifício Rochedo, de cerca de 60 anos, apoiado sobre sapatas de fundações rasas. Algumas poucas fundações estavam assentadas na rocha e o restante sobre areia sedimentar (com densidade entre solta e densa). As técnicas de perfuração e escavação por dinamite e a compactação da areia resultante das vibrações provocou danos estruturais importantes no edifício.

Para evitar deteriorações posteriores na já crítica condição estrutural, o velho Rochedo foi subfundado com 84 estacas raiz e laje de concreto reforçado com 1,50 metro de espessura. Após o término dos trabalhos de escoramento, a escavação continuou sem



maiores problemas.

No Bairro de Copacabana os edifícios estão concentrados numa estreita faixa de terra entre a praia e os morros abruptos. A solução encontrada foi orientar o projeto desse trecho da Linha 2 para dentro do maciço rochoso sob os morros. Somente os túneis de acesso das estações e travessias relativamente curtas, foram construídos por baixo dos edifícios e ruas. "Toda a escavação do túnel de acesso e da própria estação se deu em rocha, com controle rigoroso de vibração introduzida pelas detonações", explica o eng.º Aluisio de Abreu Coutinho

Júnior, gerente de engenharia e de obras subterrâneas da Odebrecht, na obra do Metrô do Rio de Janeiro. "Em todos os prédios da área lindeira à obra, nós colocávamos sismógrafos e aferíamos cuidadosamente as detonações. Foram mais de 100 edifícios e em cada um instalamos pinos nos pilares, para que se pudesse controlar recalques e comportamento da estrutura. Sempre trabalhamos com a carga adequada para não introduzir nenhum tipo de danos na estrutura dos edifícios. Temos a consciência tranquila de que todos esses cuidados foram tomados. Em cada prédio desses mo-

ram muitas famílias, uma vez que a densidade demográfica da região é bastante grande. E pudemos ter um relacionamento saudável com a população da área lindeira à obra. Nossa postura foi sempre a de ouvir os anseios das pessoas e procurar corrigir eventualmente alguma falha de comunicação que pudesse haver. Essa interação foi muito produtiva. Não houve acidentes na obra."

O túnel de acesso conecta uma estrutura de entrada do tipo Cut & Cover. Por meio dela, os usuários entram no metrô para chegar à estação. A escavação foi executada, com o uso de paredes diafragma, com 80 centímetros de espessura e 25 metros de profundidade. O túnel de emergência está ligado a um poço circular com 10 metros de diâmetro e 20 metros de profundidade. A escavação em rocha foi feita pelo tradicional método

O eng.º Gastão, 94 anos, fez o meio-de-campo

O engenheiro carioca Gastão Corrêa da Veiga Filho – 94 anos e uma saúde de ferro –, morador da Edifício Rochedo, vivenciou meses a fio o "espetáculo" cotidiano da dinamitação da rocha ("eram duas ou três explosões por dia, o prédio tremia todo, todo mundo tremia dentro dele"), enquanto ia sendo aberta uma cratera que rasgava o Morro dos Cabritos, em Copacabana, 18 metros abaixo do nível do mar. Foram 240 toneladas de explosivos para abrir o buraco com cerca de 1 250 metros de extensão. Apesar do incômodo, ele, como bom engenheiro, se deslumbrava com a obra monumental, que liga a Estação Siqueira Campos do Metrô do Rio de Janeiro, cujas operações tiveram início em 2003, à Esta-

ção Cantagala, na Praça Eugênio Jardim (onde fica o Rochedo, do qual ele é síndico há 11 anos), inaugurada em dezembro de 2006.

Iniciada em 1988, a obra desse trecho da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro ficou 14 anos parada – de 1990 a 2004. No ano passado, divididas em três turnos, 400 pessoas, entre operários e técnicos, trabalhavam dia e noite no trecho. O eng.º Gastão acabou virando o fiel da balança entre os moradores do Edifício Rochedo e os engenheiros da Odebrecht. "Como era explosão sobre explosão, havia discussões acaloradas internamente, entre o pessoal do Rochedo. Mas por outro lado, eu, que sou morador, síndico, mas também engenheiro,

percebia claramente o esforço de conciliação que os engenheiros da equipe da obra realizavam junto à população e, especificamente, em relação aos proprietários de apartamentos do nosso prédio."

O veterano engenheiro lembra que os moradores do Rochedo achavam que as equipes deveriam trabalhar só das 8 da manhã às 4 da tarde. "Mas eu argumentava que desse jeito a construtora iria demorar dois anos para concluir a obra. Minha posição era de que as equipes deveriam operar das 6 da manhã às 9 da noite. Afinal, quanto mais rápido fosse a obra, menos sofrimento teríamos. Uns concordavam, outros não. Mas eu ia fazendo a mediação, o pessoal me respeitava de lado



de perfuração e desmonte com explosivos (Drill & Blast). Ao longo dos túneis de acesso foi usado, onde aplicável, o método Drill & Blast e escavação convencional com uso de escavadores hidráulicos, carregadores frontais e marteletes.

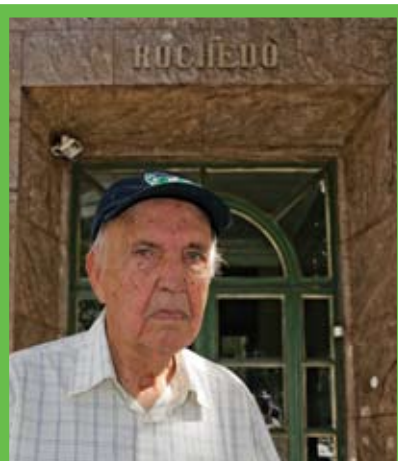
Segundo os técnicos da Odebrecht, ao longo dos trechos críticos, como as zonas de falhas, foram aplicadas enfilagens tubulares metálicas juntamente com injeção de cimento para grautear. A escavação dos túneis de acesso e de emergência foi protegida por jato-grauteamentos horizontal e vertical, usados juntamente com enfilagem tubular metálica. Foi previsto um minucioso programa de monitoração, especialmente para avaliar as acomodações de superfície e secções transversais, assim como o nível da água. Dentro dos túneis, também foram medidas as convergências e as acomodações. E no entorno foram realizadas inspeções visuais periódicas nos edifícios, com o objetivo de detectar rachaduras e outros sinais de movimentos diferenciais.

O eng.º Aluisio con-

a lado, e consegui ir levando as coisas, no fim das contas. Hoje posso comemorar: não houve um único acidente, e podemos nos admirar com a dimensão do trabalho que foi feito."

Sempre bem-humorado e dono de uma veia cômica que contagiava todos ao redor, o

eng.º Gastão reclama que os engenheiros da construtora deixaram a desejar num único ponto. "Eu me senti muito contrariado e desprestigiado por eles, sabe? Eu queria que, quando eles fizeram a garagem aqui do prédio, construíssem uma pas-



O síndico do Rochedo ficou dos dois lados do balcão e isso ajudou no bom andamento da obra



Com mais uma estação o Metrô avança no Rio de Janeiro

ta que em obras delicadas como essa, sua equipe normalmente pesquisa também os projetos de todos esses prédios. "Fazíamos um levantamento de quando eles foram construídos, para ver como eram as fundações desses prédios. Se eram fundações rasas ou profundas. No caso

do Edifício Rochedo, eram fundações rasas. Constituíam-se em sapatas na parte de trás do prédio, apoiadas na rocha, e sapatas na parte da frente do prédio, apoiadas em material arenoso. Sapata é um dispositivo que se apóia de maneira superficial sobre o terreno e é geralmente usada em terreno rochoso, arenoso, ou num terreno que dê suporte

sagem, uma escada e um portão para que eu pudesse abri-lo e sair direto na estação", brinca ele, em meio a gargalhadas gerais do pessoal da Odebrecht.

Perguntamos ao eng.º Gastão qual era o segredo para tanta rapidez de raciocínio, boa memória (ele con-

tou diversas histórias de sua vida, tanto do tempo antigo, quando, por exemplo, foi piloto do avião que servia o presidente Getúlio Vargas, como dos dias atuais, em que ele usa o computador como se fosse adolescente, trocando e-mails o dia todo)

e disposição para a vida. Seu depoimento foi, no mínimo, surpreendente. "Se eu procuro não me aborrecer? Ao contrário. Eu me aborreço. Porque isso põe a cabeça para funcionar. Esse negócio de não se chatear não funciona. Tanto que eu durmo muito bem depois. Quanto à alimentação, eu pulo o almoço e tomo entre sete e oito coca-colas por dia, daquelas de garrafa pequena, que voltaram a ser fabricadas recentemente, por que elas têm mais gás e dá aquela 'explosão' boa. De litro não serve. Fumo entre dois e dois maços e meio de cigarros com filtro por dia. Fumo desde bem pequeno. Bebida eu detesto. E olha que sou neto de um engarrafador de vinho. Eu não bebo, mas não é por virtude não. É que eu me sinto mal. Se eu não me sentisse mal, eu beberia..."



Túnel de acesso à Estação Cantagalo

suficiente para que o peso de todo o edifício possa ficar suportado pela área da sapata. Quando fomos avançando a escavação do túnel e o Edifício Rochedo estava próximo, passamos a notar que o prédio começava a apresentar alguns recalques diferenciais, por ser muito antigo. Pudemos detectar isso porque além da instrumentação de sismografia, colocamos também, em todos

os prédios, instrumentos para aferir se eles estão se mexendo, ou seja, para analisar o comportamento da estrutura da edificação em si."

No início a movimentação do prédio ainda era, por assim dizer, "admissível", tanto levando em conta as normas técnicas como o que a equipe técnica imaginava que a escavação do túnel iria provocar nas edificações lindeiras à obra. "Mas com a escavação se aproximando cada vez mais do Rochedo, esses efeitos começaram a atingir valores um pouco preocupantes. Sentimos que existia alguma coisa estranha. Aí paralisamos a escavação e fizemos uma análise, junto com os consultores da empresa projetista, para descobrir o que estava

Na avaliação dos engenheiros, no caso em questão houve uma aplicação perfeita do método NATM. Através dos dados técnicos que eles tinham sobre os prédios, dos dados geológicos sobre a área e das informações da própria planta de geologia de Copacabana, eles foram ajustando os trabalhos sempre de acordo com o projeto básico

acontecendo realmente com a estrutura do prédio", lembra o eng.º Aluisio, acrescentando que depois disso se constatou que para passar com o túnel por baixo desse edifício haveria a necessidade de se proceder a um grande reforço de fundação.

"Com esse reforço de fundação nós pretendíamos transmitir a carga do prédio – que estava simplesmente apoiada sobre essas sa-

patas – lá para baixo, para o maciço rochoso. Isso foi feito por meio de um grande radier, isto é, um lajão com bastante espessura, que foi solidarizado com as sapatas existentes. O passo seguinte foi solidarizar as estacas com o radier e jogar essa carga toda para a rocha. Essas estacas são as famosas estacas raiz. Foram 84 delas ao todo."

O gerente de engenharia e de obras subterrâneas da Odebrecht

conta como surgiu a Idéia de inscrever o "case" dessa passagem sob o Edifício Rochedo no 33.º Congresso Internacional de Túneis. "Na minha avaliação pessoal, o que fizemos foi uma aplicação perfeita do novo método austríaco de escavação de túneis, o NATM. No nosso caso, tínhamos um modelo de

escavação e um modelo estrutural. Através dos dados técnicos que tínhamos sobre o Edifício Rochedo, dos dados geológicos sobre área e das informações da própria planta de geologia da região de Copacabana, no Rio de Janeiro, nós imaginávamos que a obra iria ser tocada de acordo com o projeto básico. À medida que fomos nos aproximando do prédio, escavando, e nos alimentando com novas informações de instrumentação, novas informações visuais e o mapeamento de frente da escavação, fomos retroalimentando esse projeto básico e corrigindo os rumos, de maneira a passar de modo adequado por baixo do prédio."

Pedimos ao eng.º Aluisio um pouco mais de detalhes sobre o método NATM, utilizado tanto para fazer todo o túnel da linha, até chegar à caverna – que é a Estação Cantagalo –, como também o túnel de ligação que passa por baixo do Edifício Rochedo. "Bem, pelo método NATM você parte de uma premissa, que é o projeto básico, vai escavando e, ao mesmo tempo, fazendo a auscultação precisa do maciço. Ou seja, usando todas as informações que chegam pela instrumentação, informações visuais do dia-a-dia, interpretações geológicas prestadas pelos técnicos na frente de escavação. Justamente para aferir os rumos desse projeto básico. Isso é NATM. Trata-se de um método muito bom e plenamente aplicável a um caso como este do Rio de Janeiro. O equipamento 'shield', por exemplo, não se aplica aqui. Esse tipo de solução só poderia ser usada em alguma linha que viesse a ser feita no futuro, onde o material a ser escavado fosse, por exemplo, areia. Hoje até já existem equipamentos desse tipo que permitem a escavação em maciço rochoso. Mas para justificar economicamente sua utilização, a obra teria que ser muito maior, algo como 12 quilômetros de extensão, para que seu custo – alto – ficasse diluído ao longo do empreendimento. No caso da Linha 4 do Metrô de São Paulo, por exemplo, o 'shield' compensa porque lá a extensão é grande." 🍷