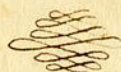


D-PRI/1AH
(3)

J.A.E



CONFERENCIA REALIZADA NA
FACULDADE DE ENGENHARIA DO
PORTO, NO DIA 3 DE JULHO DE
1953

João Rangel de Lima

Convidado pelo nosso Exm^a. Presidente a fazer uma descrição da forma como decorreram os trabalhos de construção do túnel rodoviário da estrada marginal do Douro, cuja fiscalização e direcção me foram cometidas em 7 de Março de 1949, vou procurar expôr o andamento d'essa obra, seguindo metòdicamente as suas várias fases. Para isto dividiremos a exposição da seguinte forma:

- a)- Descrição sumária do projecto.
- b)- Estado em que encontrei a obra quando dela tomei conta.
- c)- Sistema de trabalho adoptado, estaleiros e andamento da obra.
- d)- Pormenores da construção e dificuldades havidas.
- e)- Acabamentos e suas fases.

Devo frisar que só se trata de descrever o andamento de uma obra que já encontrei projectada e iniciada e em que me coube simplesmente o modesto papel de mero executor.

E antes de entrar no assunto permita-se-me que manifeste a minha satisfação por me encontrar nesta Faculdade onde me formei há 39 anos e de que guardo as melhores recordações. Ao seu magnífico corpo docente, onde se encontram alguns meus antigos condiscípulos e amigos, eu aproveito a ocasião para apresentar as minhas melhores homenagens.

Passando agora à parte descritiva, temos:

PROJECTO

O projecto do túnel foi elaborado pelo nosso distinto Colega Sr. Engenheiro Bernardo Ferrão. A obra projectada tem o seu início próximo da Rua dos Mercadores e termina cerca do taboleiro inferior da Ponte D. Luis I, atravessando o contraforte granítico, onde se acha situado o Bairro do Barredo e terrenos do Seminário Maior do Porto. A sua localização, dando continuidade à estrada marginal do Douro, estabelece também ligação directa desta com o sul do País.

O túnel foi projectado com uma secção interior uniforme, com a extensão de $171,50^m$ e uma largura máxima de $13,50^m$. O intradorso da abóbada é um arco elíptico de semi-eixos $6,70$ e $4,50$, continuando-se a elipse nos pés direitos até encontrar a sapata que serve de apoio às lages dos passeios sobre-elevados (fig. 1).

A razante é um único trainel com a inclinação de 2% .

Foram previstos 3 tipos de secção de revestimento, consoante a maior ou menor segurança dos terrenos a revestir, mantendo-se a espessura de $0,60$ no fecho dos três tipos de arco e só variando o traçado da curva do extradorso. Assim, no tipo nº. 1 foi adotado o arco circular e nos tipos 2 e 3, arcos circulares entre os pés direitos e as juntas de rutura e arco paralelo ao intradorso entre estas.

Os pés direitos, de tardo vertical, têm nos tipos nºs. 1 e 2, $1,00^m$ de espessura mínima e no tipo nº. 3, $0,60$.

A altura, medida ao meio, entre o fecho e a razante definitiva é de $6,70$.

Foi projectado betão de 350 quilos para construção da abóbada e betão de 300 quilos para os pés direitos, betões estes em que se previu o adicionamento de um impermeabilizante.

A drenagem das águas infiltradas do terreno foi projectado por meio de tubos de betonilha extremamente porosa envolvidos por manga filtrante de brita graduada, colocados como se vê no desenho (fig. 2) descarregando as águas para as valetas por meio de tubos de ferro, quebrando-se assim a carga das infiltrações.

Os passeios sobre-elevados são constituídos por placas de betão armado apoiadas, dum lado na sapata dos pés direitos e no outro em muquete de cantaria, ficando assim as valetas encobertas.

O pavimento de cubos de granito com $9,00^m$ de largura, descarregando águas ou impurezas para a parte fechada dos passeios, por meio de

sargetas de sifão, completou assim o circuito de limpeza e de beleza, que num túnel rodoviário é essencial. Foi também prevista no projecto, a iluminação, comandada automaticamente por meio de células foto-eléctricas, sistema que não foi adoptado de momento, devido ao seu grande custo, 1.340 contos. Exteriormente foram projectadas as testas de cantaria de granito que na sua concepção arquitetónica foram depois alteradas pelos Serviços de Architectura da Junta, dando-se-lhes um aspecto de maior grandeza.

Eis aqui (fig.3) a prespectiva da boca nascente, com aproveitamento da parte superior para arrecadações e habitação do guarda da ponte e seu acesso por meio de monta-cargas eléctricas, funcionando na torre. Aqui se vê também o arranjo do acesso de que, só está construída uma parte.

Na boca poente também está esboçada uma sugestão para execução futura, estabelecendo a divisão de trânsito em planos diferentes para ligar em condições, com a Rua de S. João, de forte declividade.

Ambos estes trabalhos se devem ao Sr. Architecto Peres Fernandes, que a esta obra prestou uma apreciável colaboração, na qual mais uma vez deixou bem vincadas as suas qualidades de bom profissional.

Eis assim uma pálida descrição do projecto, cuja excelente organização e apresentação podem servir de modelo para projectos futuros de obras idênticas. Ao seu autor, Sr. Eng^o. Bernardo Ferrão, como técnico perfeito que é, aproveito o ensejo para lhe apresentar as minhas homenagens de muita admiração.

ESTADO DA OBRA

Quando em 7 de Março de 1949, tomámos conta da construção encontramos os trabalhos no estado de adiantamento que se vê (na fig.4).

A galeria de avanço já havia sido perfurada em 1946 e encontravam-

-se fundidos 33 aneis.

Verificava-se pela simples inspecção da galeria que sérias dificuldades adviriam, na abertura dos dosanches superiores e fundição dos arcos, mórmente nas frentes 6 e 7. A primeira onde se deu o desprendimento de um cilindro de terra desagregada, com 5,00^m de diâmetro e 25,00^m de altura e cujo eixo coincidia com o eixo do túnel. Na frente 7, terreno de saibro duro com escorregamentos devidos a caolino plástico em lesins com as mais variadas orientações.



*A escada deixada pelo desprendimento
na frente 6*

O estudo geológico do terreno havia sido feito previamente pelos Exm^{as}. Senhores Dr. Cotelto Neiva e Engenheiro de minas Vieira de Oliveira. Não cabe nesta simples descrição, entrar nesse bem elaborado trabalho. Limitar-nos-emos portanto a indicar os tópicos e referindo-nos à douda comunicação que o autor do projecto do túnel apresentou no 2^a. Congresso Nacional de Engenharia, sobre o seu próprio trabalho resumiremos as conclusões obtidas. Assim a classificação dos terrenos sintelisa-se do seguinte modo:

- O túnel atravessa um contra-forte, erosão do afloramento granítico que abrange parte da área da cidade do Porto.

- Este contra-forte limitado a sul pelo rio Douro, a nascente por um antigo vale secundário, hoje aterrado em socalcos, a poente pelo vale designado por "Rio da Vila", que se encontra canalizado sob a Rua de S. João, está coberto de terrenos de cultura em socalcos, ruas, edificações e quintais.
- Constitue uma formação exclusivamente granítica com grãos de grau médio.
- O granito apresenta numerosas diaclases, algumas com direcção e pendor semelhantes mas raramente predominantes havendo assim uma irregularidade na sua distribuição, intersecções que dividem



*Vê-se o aspecto penoso da rocha na
boa parte.*

- a rocha em blocos, o que parece ser devido a retrações originadas durante o arrefecimento da massa ígnea.
- A existência e densidade das diaclases e a disposição da cobertura em socalcos facilitaram a infiltração da água e portanto a caolinização do granito nos mais variados graus, indo da rocha muito dura até ao saibro, aparecendo em algumas diaclases caolino plástico.

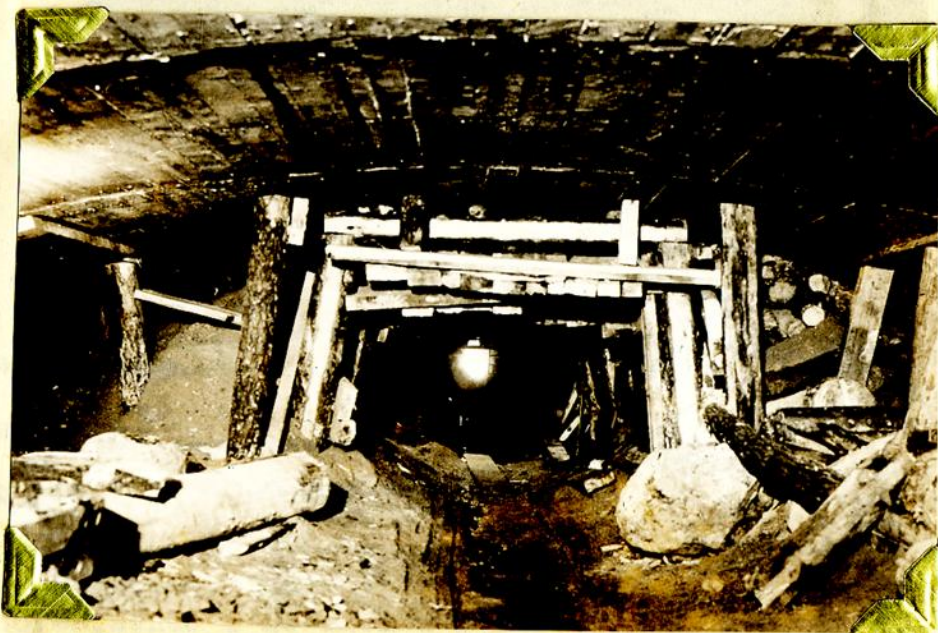
- Das observações feitas na galeria de avanço, já aberta desde 1946, resultou a classificação quanto a infiltrações: 23,4% da extensão de galeria seca; 6,7% de rocha apenas humedecida; 54,4% de infiltrações reduzidas temporárias; 11,3% de infiltrações reduzidas permanentes e 4,2% de infiltrações abundantes permanentes.

A fig. 5 mostra o perfil longitudinal, com indicação das frentes de ataque.

Expostos assim resumidamente os tópicos relativos ao terreno a atravessar, aconselhamos, a quem queira estudar este assumpto, a leitura dos dois trabalhos indicados.



Um aspecto da galeria de avanço.



Subirvação sob o componente da zona 6.

SISTEMA DE TRABALHO

O sistema de construção foi o método belga, com 2 turnos de pessoal, em toda a extensão do túnel, à excepção dos últimos 7 anéis do lado da Rua dos Mercadores, em que teve de utilizar-se método semelhante ao método alemão, por razões que adiante explicaremos. No estaleiro situado junto à boca nascente, parte em terreno ao nível da rasante da estrada, parte ao nível da rasante da galeria de avanço, toda a maquinaria era accionada por energia eléctrica fornecida pelos S.M. do Porto, a 5.000 volts e transformada no estaleiro em 220 volts para accionamento das máquinas e 24 volts para a iluminação interior do túnel.

O material de estaleiro era composto de 2 betoneiras cada uma de 270 litros com a produção de 3,50/hora, sendo 1 de reserva, 1 bri-



*av fund a boca nascente, antes de se
construir a abscissa prevista*

tadeira de máxilas com classificador, esta no plano superior, 1 graneladora, 1 compressor que fornecia o ar comprimido para todos os martelos por meio de uma conduta geral em toda a extensão da obra, dotada de torneiras de distribuição, 4 guinchos eléctricos e 5 vibradores, sendo 4 de agulha e 1 de régua. Para o serviço do esta-

leiro,além das oficinas de ferreiro,serralheiro,carpinteiro,armazéns,⁸ sanitários,canalização de água,etc.,estava montada a linha Decauville necessária,sendo uma das vias assente na rampa de acesso,onde as vago netas eram puxadas por guincho eléctrico até atingirem o plano superior e entrarem na linha assente ao longo da galeria. Ao lado da linha,sensivelmente junto ao vértice superior da rampa e servida por linha de desvio,estava montada uma tremonha invertida onde eram lançados os entulhos saídos da escavação e que caíam,por gravidade nas caixas dos caminhões de transporte para o vasadouro.

Só depois de se haver iniciado o Stross a partir da boca nascente, é que se começou a fazer cargas directas visto os caminhões já poderem entrar no túnel.

A fundição dos 70 aneis de 2,45 de comprimento,foi executada sobre um simples metálico que se apoiava em dados laterais de betão, previamente nivelados com todo o rigor. Apesar deste nivelamento rigoroso,pois era sempre referido a bases inamovíveis, da grande solidez dos dados,da indeformabilidade do simples metálico e de todos os cuidados na montagem,cuidados que foram ao ponto de se empregar nos cochins,madeira sempre nova ou quasi nova, notou-se em alguns aneis,pequenos descaios de fundição,da ordem dos 3 centímetros,o que não teve inconveniente pois o aferroamento geral e os rebocos desfizeram por completo esses defeitos que verdadeiramente só eram notados,quando a incidência luminosa os tornava visíveis.

Logo no mês de Março em que tomámos conta da fiscalização e direcção da obra,se fez iniciar o desmonte de Stross,na zona da frente 2, o qual, embora mais custoso por ser em profundidade, dava origem a poder atacar-se o trabalho em 4 frentes o que viria, no futuro a compensar largamente em tempo, algum excesso de despesa. O volume escavado até ao fim desse mês ainda conseguiu atingir 150 metros cúbicos.

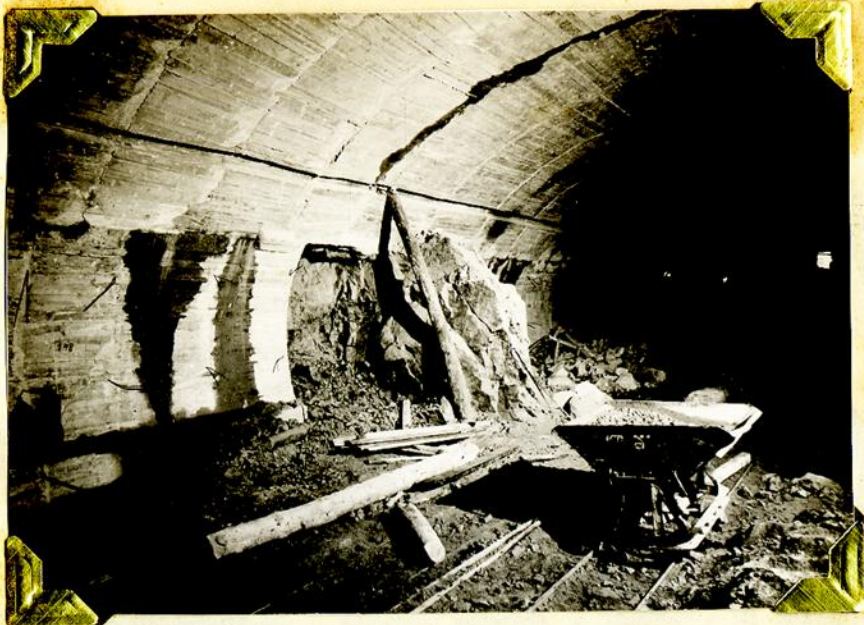
Infelizmente o ataque previsto às 4 frentes, não se verificou como se julgava e reduziu-se a 3 frentes, visto que na boca poente a ameaça de escorregamento de massas de rocha que poderia atingir até os muros do terreiro do Seminário e seu cunhal sul, impediu o desmonte de Stross a partir desta boca, dando mesmo lugar a uma paragem de desmonte até se executar o prolongamento do túnel na extensão de 8 metros, parte dos quais a céu aberto, funcionando este prolongamento como um muro de espera, necessário para a consolidação do conjunto.



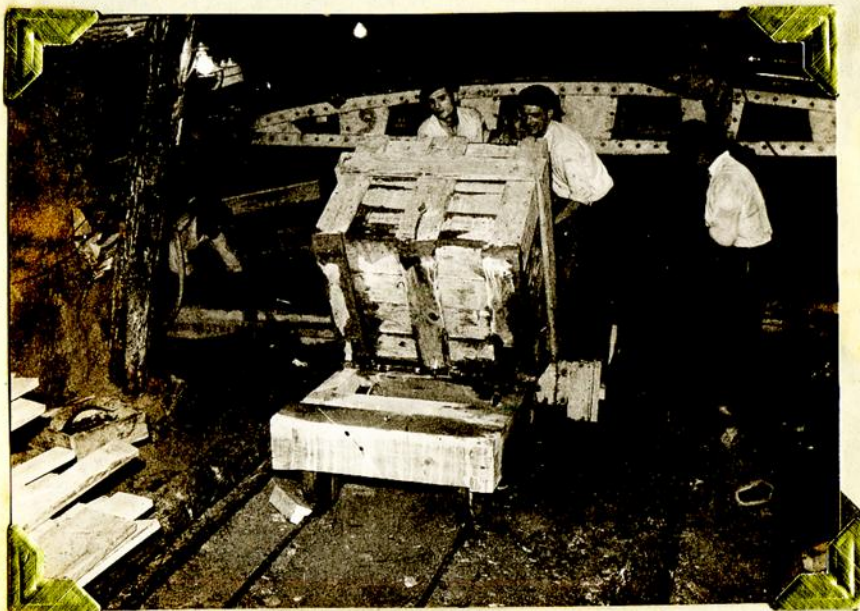
Vê-se o resto do archete da porta, que vai ficar embetido na abóbada.

Prevendo já as demoras a que obrigava o cuidado de não deflagrar tiros próximo de betões em regima de presa, logo em fins de Abril, para adiantar tempo, se fez o 1.º desanche inferior, mesmo antes da fundição completa da abóbada. Porém por dificuldades de vária ordem entre elas conseguir a forma prática e eficiente de colocação e fixação prévia do tubo de drenagem, só em Junho poudeser betonado o 1.º pé direito.

Como não era prático nem indispensável, neste caso, o sistema de taboões de assento geralmente empregados em túneis de silharia quando construídos pelo método belga e como se podia tirar partido da própria rigidez dos aneis de betão, foram os pés direitos fundidos por troços com o comprimento ^m 2,45 igual ao dos aneis, mas coincidindo



preparação para fundir batidas



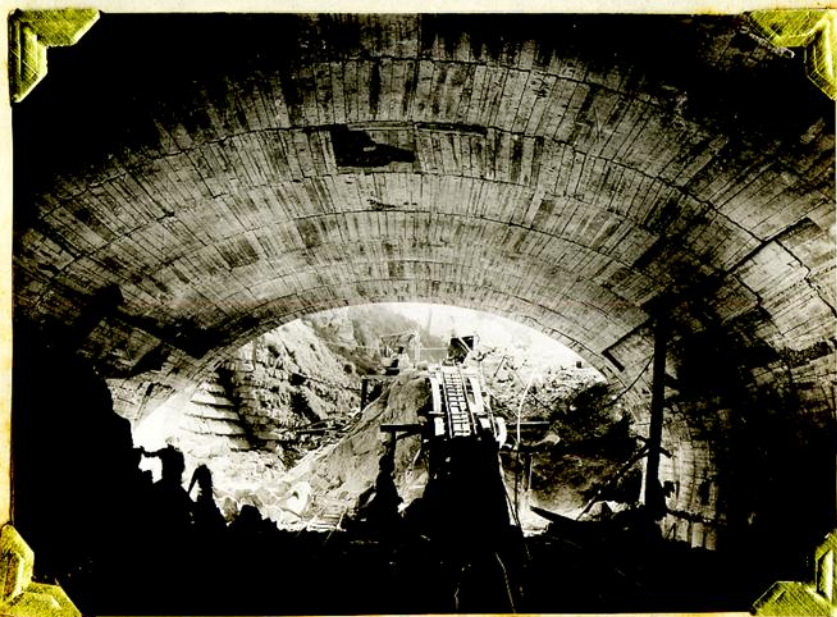
*A pouco altura do tecto da para o
barral a trabalhar sentados ou deitar*

do o seu eixo vertical com uma junta de dois anéis, Desta forma cada anel estava apoiado em metade do seu comprimento e não havia qualquer perigo de arrear, tanto mais que onde esse apoio não fosse perfeitamente rígido se consolidava os meios anéis em falso, por meio de pontaletes previamente apontados e apertados com cunhas. Assim se procedeu sempre e nunca se notou o mais pequeno descaio ou fenda.

Restava um problema a resolver e que era a forma de estabelecer a ligação do pé direito com a abóbada de forma a ficar um monólito e ao mesmo tempo uma junta o mais estanque possível. Tentou-se com aduelas de betão pré-fabricadas e chegámos mesmo a pensar na hipótese de se empregar betão expansivo.



fundição de um hastead



a esquerda a direita vê-se a execução da reunião do hastead com a abóbada

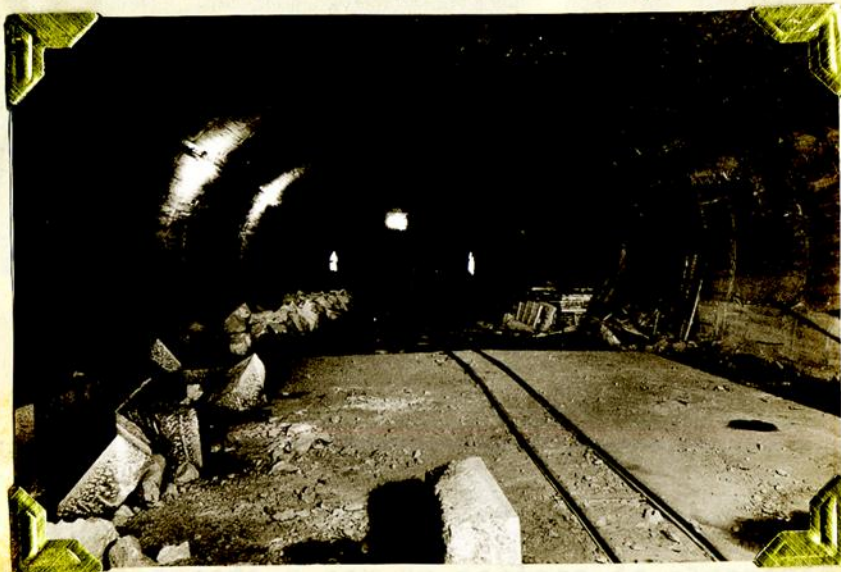
Da leitura dos trabalhos publicados sobre este tipo de betão resultou encontrar-se o processo que deu resultado mesmo só com o betão normal vibrado.

Assim quando o pé direito estava quási a alcançar a nascença da abóbada, montava-se uma tremonha invertida, aberta na parte que encostava ao paramento do pé direito e cujos bordos eram superiores à futura junta. Deste modo o betão era introduzido na cavidade a encher, por pressão devida à própria gravidade e vibrado fortemente, havendo assim a garantia de melhor união e colagem à nascença do arco.

Feita a presa e desmontados os moldes ficava uma escrescência que facilmente se cortava restituindo-se o paramento.

Nos pontos estabelecidos no projecto, foram colocados os tubos de ferro verticais e horizontais, condutores de água drenada, para as valetas, tubos estes que ficaram dispostos conforme foram projectados e se vê no desenho respectivo.

Na zona dos 7 últimos aneis junto à boca poente, teve, como já disse

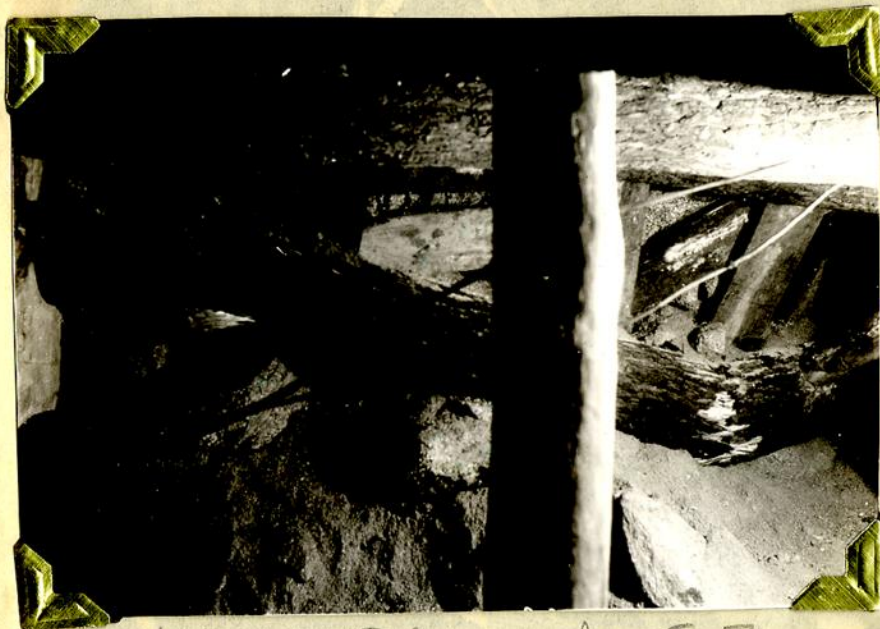


atrás, de modificar-se o método belga. Tememos e com razão que os tiros deflagrados já tão perto da boca onde as massas de rocha ameaçavam escorregamento, provocassem este e por isso resolvemos parar com o fogo nessa zona, até se executar o prolongamento de 8 metros para poente (figs. 6 e 7). Além disso era esta, a zona em que o hasteal esquerdo assenta sobre o túnel da linha da Alfândega, com cuja abóbada

embora já reforçada, era preciso ter o máximo cuidado. Resolveu-se então adoptar neste troço um método semelhante ao método alemão, abrindo-se as galerias laterais, parte em rocha, parte em saibro duro, levantar os pés direitos e fundir depois a abóbada.

O prolongamento do túnel no sentido poente, foi determinado como já disse por se ter verificado tendências de escorregamento das massas de rocha, junto à boca, devidas à inclinação das suas diaclases.

Era portanto urgente achar uma solução que permitisse sem perigo, concluir a abertura e revestimento do túnel.



Um chapéu parte do seu frente 5

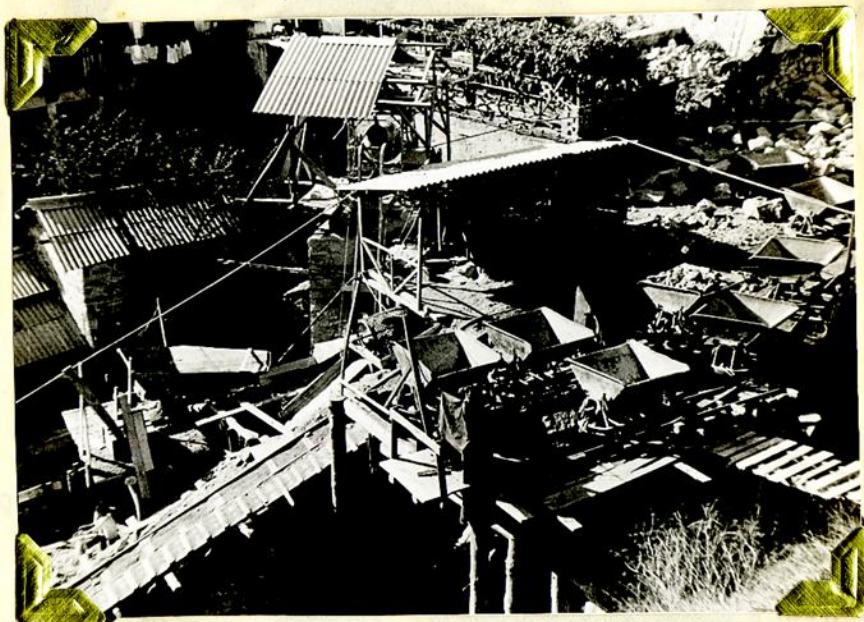
Para isso se prolongou, reconstituindo-se, por assim dizer, o que fôra cortado quando da abertura da galeria de avanço e que segurava as massas de rocha. Foi esta reconstituição feita por meio dos encontros do arco prolongado e por um macisso de alvenaria perdida a perfurar posteriormente, mas que garantia toda a segurança no desmonte a fogo do troço de terreno natural onde havia ameaça de perigo. Este macisso foi executado tendo-se disposto na zona do futuro teto, as pedras em cunha, fazendo já como que uma abóbada independente, para facilitar o desmonte da alvenaria inferior.

O projecto que elaborámos para esta solução foi aprovado e executado, felismente com bons resultados.

Os encontros subiram à altura de 10,80, por imposição construtiva da futura testa e também porque, não podendo alongar o encontro do lado sul por esbarrar com os prédios da Rua dos Mercadores, tinha



uma passarela feita em camélas



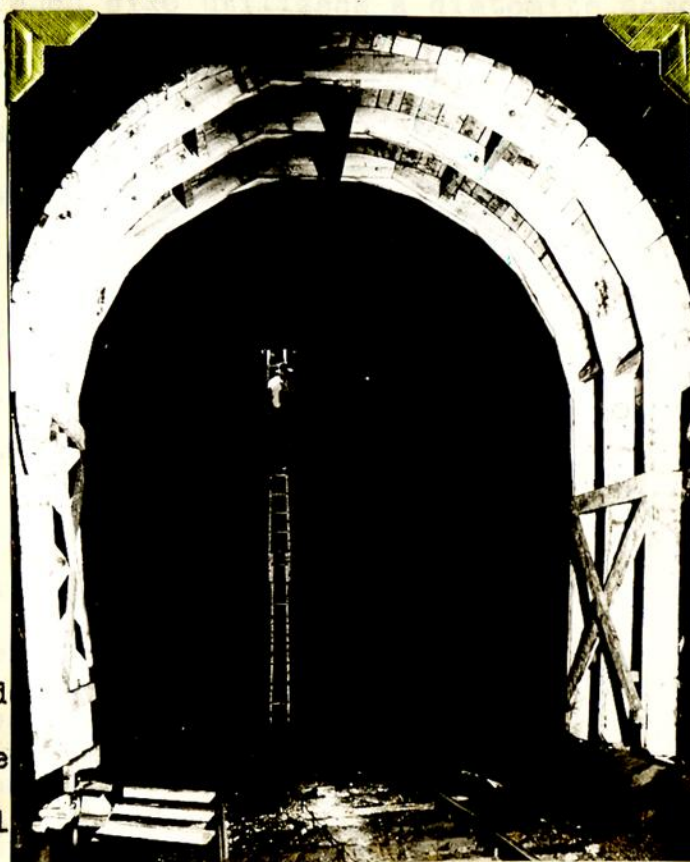
aspecto do estalco

de ser resolvido o problema da estabilidade, dentro do espaço disponível. um serviço telescópico primitivo, por meio do qual se conseguiu deslocar-se favoravelmente, ao mesmo tempo que aumentava o valor da componente vertical. Assim se conseguiu que a resultante caísse den-

tro do terço central.

O arco que constituiu o prolongamento a céu aberto manteve-se com a mesma secção, pois tendo sido calculado novamente, agora para as novas cargas das alvenarias que tinha de suportar, se verificou estar em boas condições de estabilidade.

Como consequência deste aumento de extensão de túnel, houve que prolongar o reforço da abóbada do túnel ferroviário do Ramal da Alfândega e era tal o perigo em que estava o terreno superior que foi preciso executar um pequeno arco de protecção, parte perdido no macisso, parte a cortar, afim de o pessoal poder trabalhar com segurança (fig. 8).



*Intervenção
do túnel do
Ramal da
Alfândega*

O reforço da
estrutura, foi exe-
cutado na natural

acabo de me refe-
rindo, apoiado na ro-
cha natural, serviu de simples.

Para maior segurança neste trabalho foi montado um simples de madeira, no interior do túnel da Alfândega, dando passagem ao gabarito de via e um serviço telefónico privativo, por meio do qual se estabelecia contacto com a Estação, o que era indispensável para não haver qualquer perigo para a circulação dos comboios. Felizmente que tal trabalho, difícil, perigoso e em que o pessoal trabalhava

nas piores condições, não deu lugar ao menor incidente desagradável.

Eu receio que possa haver da minha parte, falta de clareza na exposição, pois estou a descrever o que vivi e acompanhá a par e passo e portanto o que para mim é claro e evidente pode não o ser para quem não assistiu aos trabalhos e os não acompanhou. Agradeço portanto que os meus presados Colegas, me interrompam para esclarecer qualquer ponto em dúvida e que eu gostosamente farei.

PORMENORES DA CONSTRUÇÃO E SUAS DIFICULDADES:

Todas as argamassas foram fabricadas mecânicamente, perfeitamente doseadas, tendo sido utilizada a diatomite como impermeabilisante, havendo sempre o cuidado de submeter ao Laboratório da Faculdade de Engenharia do Porto, amostras dos vários fornecimentos de godo e assim, com as doudas indicações do mesmo Laboratório, eram estabelecidas as dosagens tendentes à melhor granulometria.

Da quási totalidade dos aneis se tirou provetes que foram analisados naquele Laboratório e cujos resultados se encontram no diagrama dos trabalhos.

Aproveito a ocasião para mais uma vez agradecer àquele Laboratório, ao seu Ilustre Director e ao Exm^a. Sr. Engenheiro Campos e Mattos a maneira pronta e rápida como sempre nos atenderam e os bons e proveitosos ensinamentos que os relatórios de análises nos proporcionaram.

A impossibilidade, por falta de espaço, de montar estaleiro em condições junto à boca poente ocasionou demoras grandes nos transportes, visto ser necessário o percurso total da obra para abastecer de betão os troços mais distantes. Isto, o geral pouco espaço entre o simples e o teto obrigando o pessoal a trabalhar algumas vezes de joelhos, as restrições de energia eléctrica que começaram na primavera de 1949 e se mantiveram durante o praso em que mais

necessária ela era, tornando obrigatório fazer as betonagens unicamente de noite, pois só então tínhamos electricidade; uma ou outra irregularidade nas remessas de cimento devidas a nem sempre haver transportes disponíveis com a urgência requerida, desprendimentos frequentes, um deles chegando a obstruir a entrada do túnel por algum tempo, os reforços urgentes das entivações quando gemiam, etc., etc., e finalmente a dificuldade de fundir os anéis 6-B - 6-C - 6-B-C que coincidião com o desprendimento de terras e que obrigou por segurança a fazer 3 fundições no espaço de duas, foram outros tantos obstáculos à execução e celeridade do trabalho.

E para completar a série de causas de demora, havia também uma outra que mais que uma vez nos transtornou todos os planos. Era o inconveniente, a que já me referi, de deflagrar tiros cerca de anéis ou pés direitos ainda em regime de presa, obrigando assim a saltar o trabalho, durante a espera de 21 dias.

Para tentar reduzir os efeitos deste inconveniente que era grande, mandámos fazer provetes cúbicos com as dimensões do fecho, 0,60, cerca dos quais foram deflagrados tiros a vários dias de presa. Cortados e analisados, verificou-se que aos 12 dias já não havia alteração na presa. Esta economia de 9 dias provocou uma benéfica remodelação no plano de betonagens que veio beneficiar bastante o andamento dos trabalhos.

Pode ver-se no diagrama deste túnel (fig.9) a inevitável forma saltitante da execução. Apresento aqui, por curiosidade, o diagrama do túnel da Argabiça, na linha do Vale do Tâmega (fig.10), o 1.º túnel que executei em 1917-18 e basta olhar para os dois para ver a diferença das linhas de avanço.

Neste túnel, de 150,00 de comprimento, a perfuração fez-se em rocha sã a secções plenas e só numa pequena extensão de saibro é que o método belga foi respeitado na perfuração. O revestimento foi todo executa-

do em silharia e aduelas e portanto fácil e sem interdependências. É bem clara a diferença.

Na zona 6 como já disse, onde se deu o desprendimento, houve que fazer uma entivação que absorveu grande quantidade de madeira. Esta não podia ser retirada para preencher o vazio com pedra comprimida após a fundição, sem o risco certo de ficarem lá esmagados os operários. Vi-me obrigado a deixá-la, mas para que amanhã o seu apodrecimento não desse lugar a assentamentos por falta de equilíbrio do terreno natural, preencheu-se todos os vazios da entivação com pedra escacilhada e foram feitas, com a injectora Jony, injeções de argamassa de cimento e areia, semelhantemente ao que foi executado no metropolitano de Paris em casos idênticos.

O total do volume de argamassa injectado foi de 60 m³..

Finalmente surgiu o receio de ruína dos edifícios e muros do Seminário, por virtude de deslocações de terreno, atribuídas à abertura do túnel e aos tiros que provocavam vibrações, dando lugar a algumas fendas em paredes e tetos.

Aceite a hipótese de que havia perigo para o dito estabelecimento, e que a causa era a própria construção do túnel, a Junta fez estudar o caso pela firma especializada Teixeira Duarte, a qual apresentou o projecto de consolidação dos terrenos e obras do Seminário, fundado nas observações prévias e respectivo estudo. Pelo projecto se preconizava a consolidação dos terrenos da encosta, o desaterro de parte de meia laranja entre os 2 edifícios, das arcadas do Convento e o reforço dos seus alicerces. No edifício mais moderno defronte do qual se manifestou a queda de terrenos em forma de poço, exactamente sobre os aneis 6-B - 6-C e 6-B-C, também se desaterraria o pavimento térreo a substituir por um pavimento de betão armado, pavimento este que além de aliviar a carga também tem a função de travamento do edifício. Completando estes trabalhos, foi prevista consolidação do

poço, injeções de cimento nas fendas que atingiram a superfície do solo e estacas de betão fundidas no terreno para travamento das massas de granito.

Aprovado o projecto, foram executados os trabalhos preconizados e que deram os resultados previstos, pois não tornou a manifestar-se qualquer sintoma de movimento dos terrenos, após a sua conclusão. As fendas e outras ruínas causadas aos edifícios foram completamente reparadas, restituindo-se os mesmos ao seu estado anterior.

Eis assim descritas sumariamente as providências tomadas, para ocorrer à segurança dos edifícios do Seminário.

ACABAMENTOS E SUAS FASES

Terminada a construção da estrutura do revestimento, executado o muquete de apoio dos passeios e as testas das bocas, entrou-se na 1ª. fase dos acabamentos.

Consistiu esta 1ª. fase em:

Impermeabilização de todas as infiltrações que ressumavam na superfície do revestimento quer por algumas juntas de construção, quer por poros isolados, algumas tão intensas que chegou a fazer encarar a solução dum falso intradorso, semelhante ao que se executou na Estacion Ministérios em Madrid.

As tentativas de rolhas de cimento puro e sêco, queimar superfícies à colher, furos invertidos para encaminhar água teimosa para os tubos de drenagem, pintura com hidrofugo "Aquella", deram alguns resultados onde não havia pressão do exterior para o interior do túnel, mas na maior parte houve que lançar mão do produto Sika-4, o qual realmente deu resultado evidente. Ainda assim, em alguns hasteais, onde corria água com maior intensidade houve que roçar o paramento e refecha-lo com uma meia cana de fibrocimento, canalizando essa água para a valleta, ou seja uma espécie do método de Baudson, mas sem moldagem dos canais com tubos de borracha.

Conseguida a impermeabilização que hoje se verifica não ter sido de uma eficiência absoluta embora satisfazendo, procedeu-se ao aferroamento geral do túnel, corrigindo por este meio e pelos rebocos alguns defeitos de fundição, após o que, se iniciou o assentamento de azulejos nos hasteais, reboco a branco no intradorso da abóbada, lages dos passeios e escadas de acesso, gradeamento de protecção e calçada de cubos assente em argamassa de cimento.



Desfazendo o bloco desmontado

Para os trabalhos de aferroamento e rebocos, foi montado um andaime móvel, de vários andares que se deslocava ao longo do túnel sobre linhas Decauville.

Este sistema acelerou bastante os serviços e dava ao pessoal muito boas condições de trabalho.

Fez parte também desta 1ª. fase a pavimentação do acesso nascente até à Ponte D. Luis e respectivos passeios, canalizações de esgoto e muro de suporte do Terreiro do Ferro.

Nas restantes fases incluir-se-á o acabamento das testas na sua parte ornamental e a ligação a ponte com a rua de S. João.

Para completar a descrição que vimos fazendo, vou indicar os custos das partes principais desta obra:

A abertura do túnel, revestimento, prolongamentos, cortina de cantaria e fundação de betão para o pavimento, custaram, incluindo os respectivos adicionais 6.785.884,55.

Os acabamentos que constaram do aferroamento do interior, revestimento de azulejos e rebôcos, pavimento de betão armado nos passeios, calçada de cubos, passeios exteriores, canalizações, etc., custaram 1.200 contos.

A iluminação feita pelos S.M. com armaduras Phillips, em comparticipação com a Junta, custou 156 contos.



O alvéolo do bloco desabado

Eis assim uma sumária descrição da obra que vamos visitar, em que só foram focados alguns pormenores mais interessantes da sua execução e que se foi levada a bom termo, isso se deve, em grande parte, à liberdade de acção que nos foi dada, às facilidades que tivemos por parte de S.Ex^a. o Ministro e da nossa Junta e finalmente pela dedicada, leal e competente actuação dos meus colaboradores.

PERFIL TRANSVERSAL TIPO

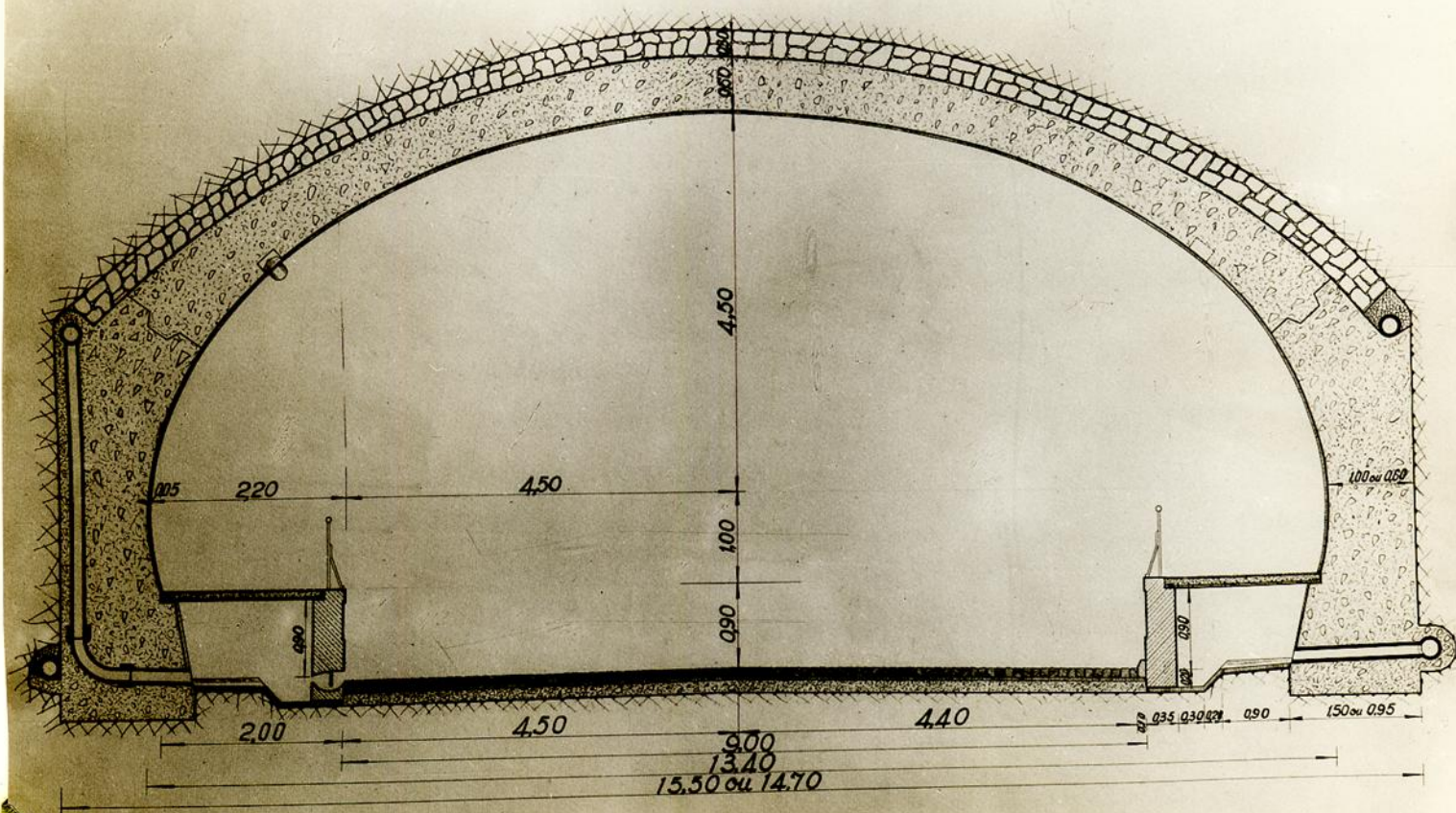
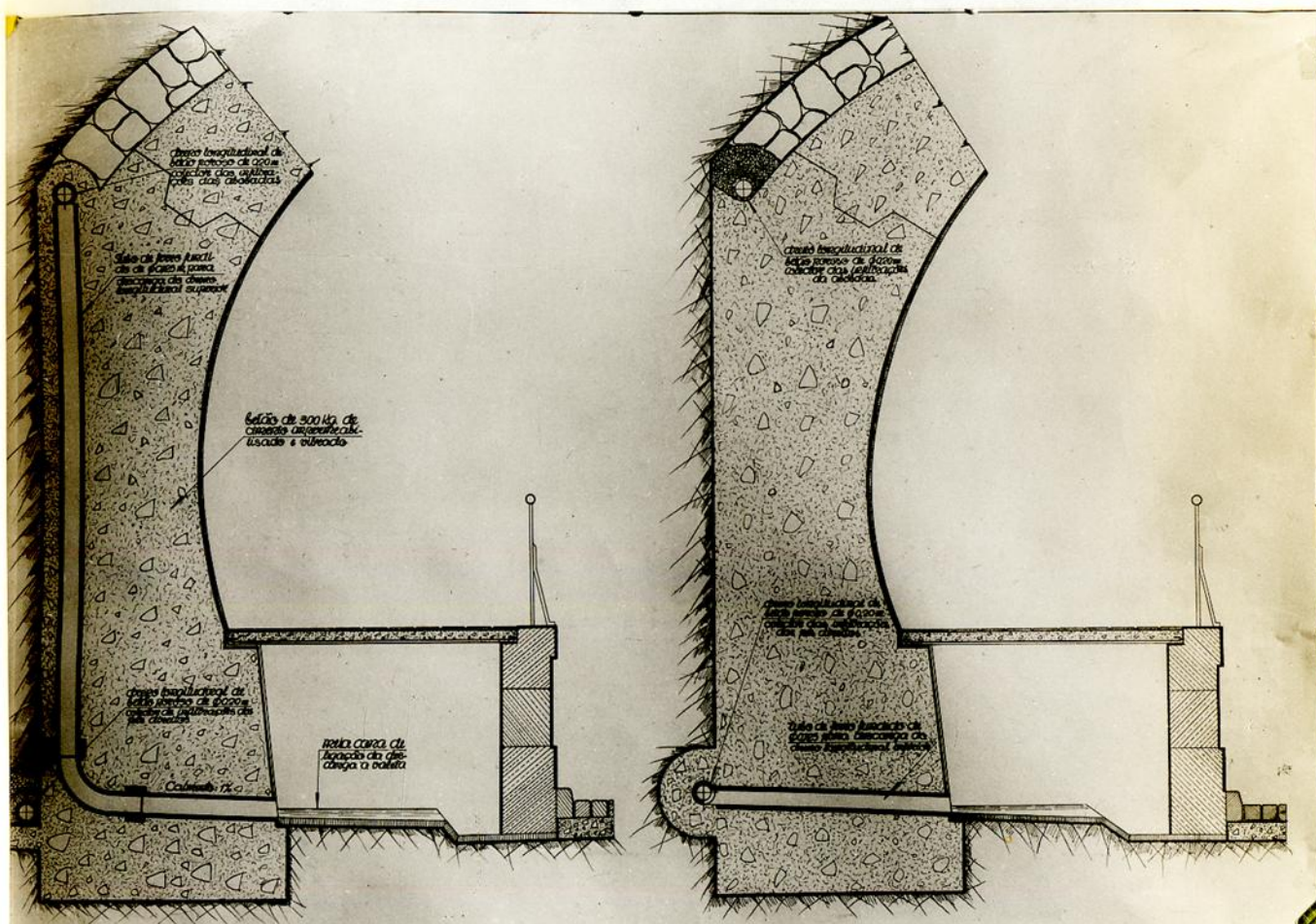


fig (1)

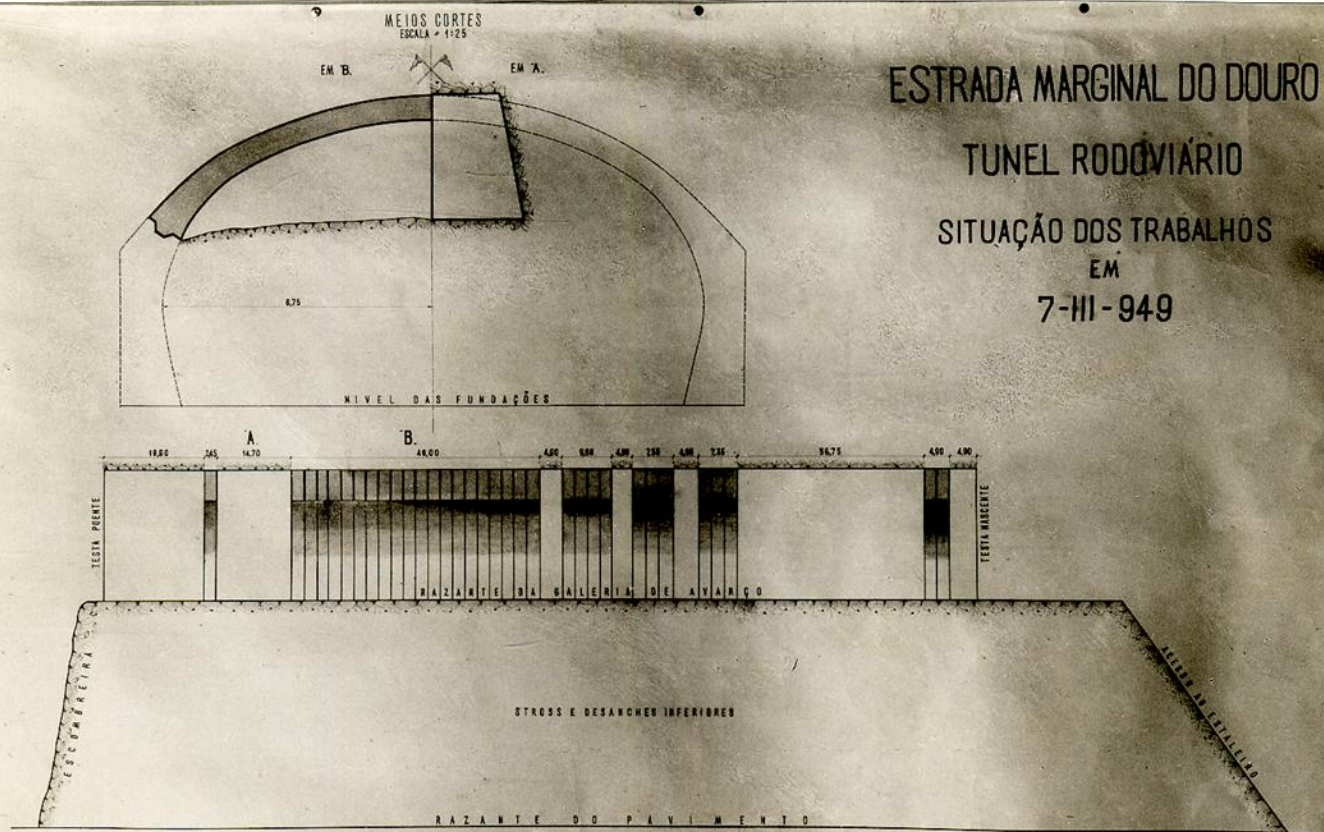


Drainagem e descarga das infiltrações da rocha e das águas do pavimento do túnel da E.N.12.

fig (2)



fig (3)



ESCALAS (H-1:200
V-1:20)

Fig (4)

J. A. E.

TUNEL DA ESTRADA MARGINAL DO DOURO

PERFIL LONGITUDINAL

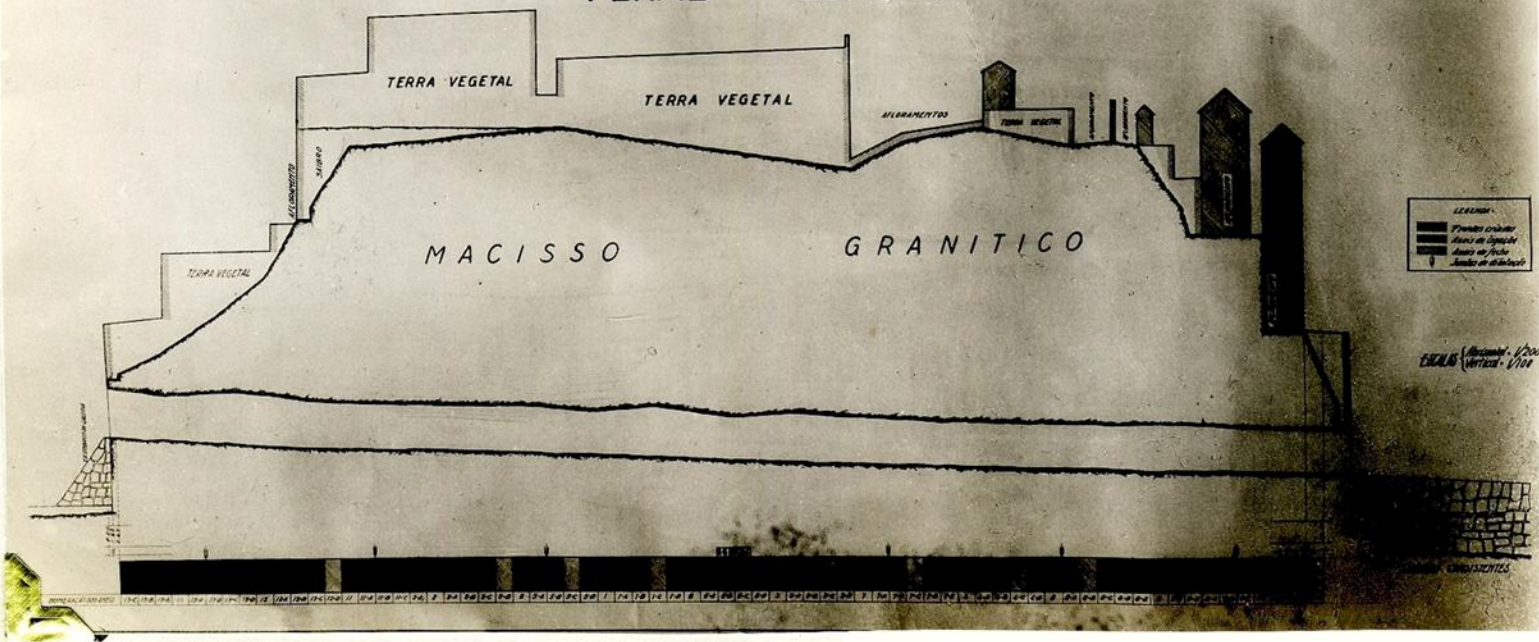


fig (5)



fig (6)

J. A. E.
TUNEL DA ESTRADA MARGINAL DO DOURO

CORTE PARALELO Á TESTA POENTE

ESC. = 1/20

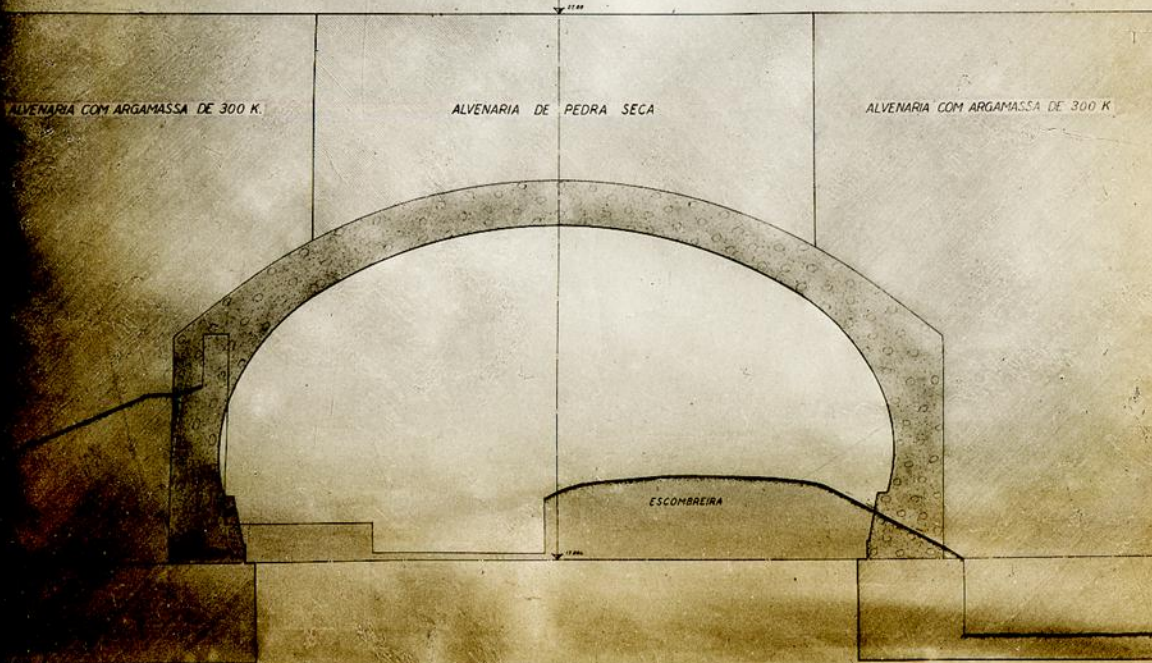


fig (7)

REFÔRÇO DO TUNEL DA LINHA DA ALFÂNDEGA
E ARCHETE DE PROTECÇÃO PARA A EXECUÇÃO DO
TRABALHO

ESCALA 1:25

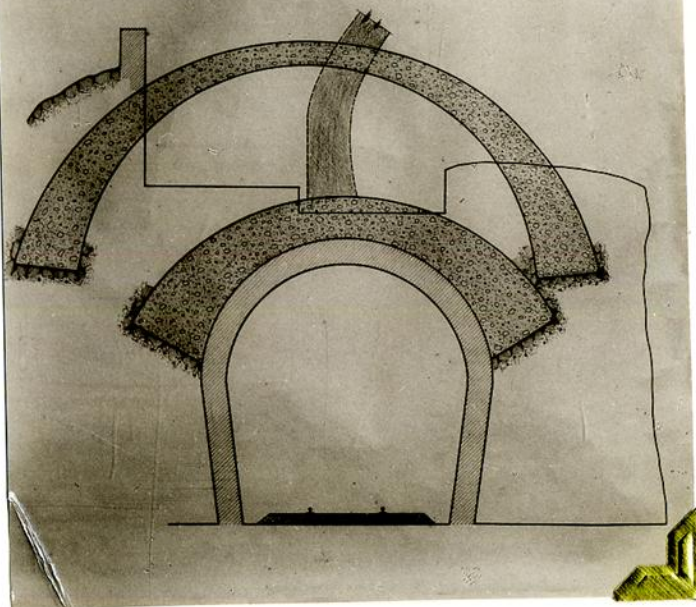


fig (8)

ESTRELA MARGINAL DO DOURO - DIAGRAMA DA CONSTRUÇÃO

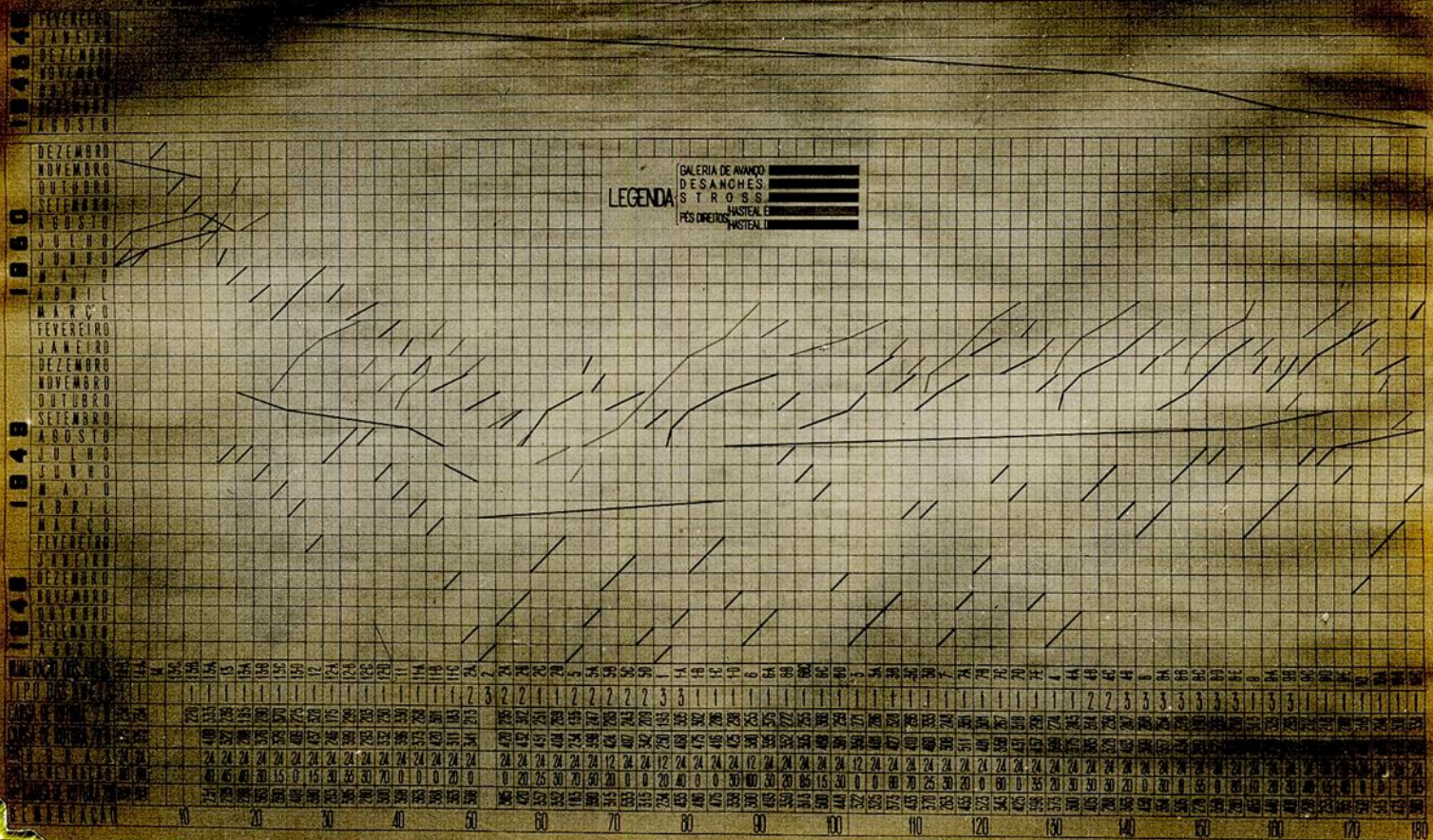
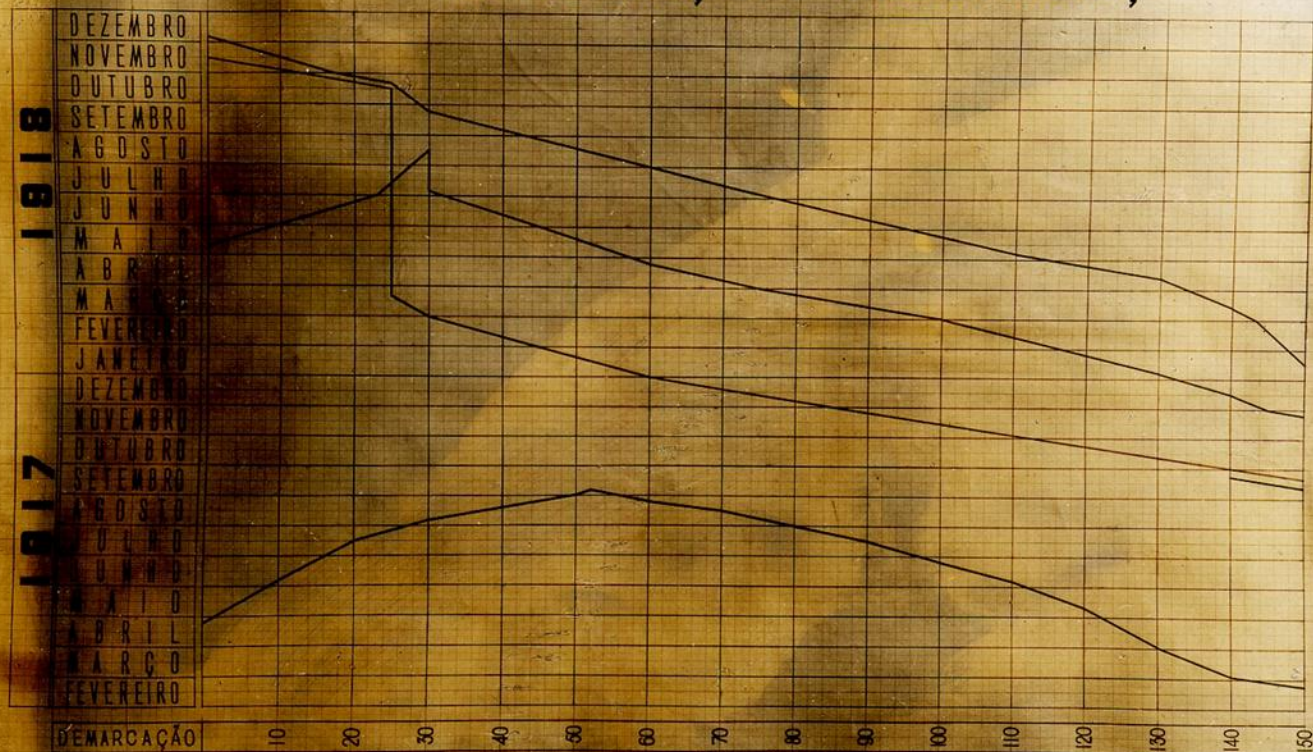


fig (9)

LINHA DO VALE DO TÂMEGA DIAGRAMA DA CONSTRUÇÃO DO TUNEL DA ARGABIÇA



LEGENDA

GALERIA DE AVANÇO	▬
DESANCHES	▬
ABÓBADA	▬
STROSS	▬
PÉS DIREITOS	▬

fig 10

* TEMPOS // DE // BETONAGEM // DA // ABO' BADA *

31

ANEIS	B E T O N A G E N S									
	I N I C I O				F I M				T E M P O	
	H.	M.	DIA	MÊS	H.	M.	DIA	MÊS	H.	M.
ANO DE 1948										
2	9	00	16	VIII	3	30	17	VIII	18	30
5	11	00	21		23	30	21		12	30
1	8	00	27		19	00	27		11	00
6	9	00	1	IX	20	00	1	IX	11	00
3	9	00	3		20	30	3		11	30
4	8	30	9		19	30	9		11	00
7	8	00	14		20	00	14		12	00
2-A	9	30	20	IX	21	30	20	IX	12	00
5-D	9	30	25		19	30	25		10	00
3-A	8	30	8	X	20	00	8	X	11	30
4-A	8	30	9		19	00	9		10	30
2-A	8	30	16		20	30	16		12	00
5-A	8	30	21		20	30	21		12	00
1-A	10	00	23	X	20	00	23	X	10	00
6-A	10	30	29		21	30	29		11	00
7-A	10	30	3	XI	0	30	4	XI	14	30
7-E	10	00	19		22	00	19		12	00
2-B	10	30	23		21	30	23		11	00
3-B	10	30	25		22	00	25		11	30
1-D	10	30	26	XI	21	30	26	XI	11	00
5-B	0	00	2		9	30	2		9	30
6-D	9	00	20	XII	21	00	20	XII	12	00
11-C	8	30	22		22	00	22		13	30
10	9	00	28		20	00	28		11	00
ANO DE 1949										
2-C	9	00	5	I	21	00	5	I	12	00
7-B	8	45	7		19	45	7		11	00
5-C	9	15	11		22	00	11		12	45
1-B	9	15	13	II	20	00	13	II	10	45
10-A	8	45	12		18	00	12		9	15
2-D	9	00	15		22	30	15		13	30
1-C	9	00	19		22	30	19		13	30
12	9	00	25	III	21	00	25	III	12	00
11-B	9	30	5		23	00	5		13	30
9	10	00	12		20	30	12		10	30
8	10	00	17	III	20	30	17	III	10	30
10-B	10	30	23		18	30	23		8	00
13-D	10	45	2	IV	22	30	2	IV	11	45
11-A	10	30	6		23	00	6		12	30
3-D	10	30	12		21	00	12		10	30
9-A	10	30	14		21	00	14		10	30
4-D	10	30	20	IV	21	30	20	IV	11	00
8-A	11	00	25		21	00	25		10	00
3-C	10	30	30		22	30	30		12	00

ANEIS	B E T O N A G E N S											
	I N I C I O				F I M				T E M P O			
	H.	M.	DIA	MES	H.	M.	DIA	MES	H.	M.		
6-G	11	00	4	V	3	00	5	V	16	00		
10-C	22	00	9		8	00	10		10	00		
13-C	18	00	16		9	00	17		15	00		
11	18	00	18		5	30	19		11	30		
9-B	12	30	23	VI	22	00	23	VI	9	30		
4-B	13	00	27		1	00	28		12	00		
7-D	19	00	30		6	30	31		11	30		
8-B	18	30	2		5	00	3		10	30		
12-D	13	00	11	VI	4	15	12	VI	15	15		
13-B	18	30	13		9	00	14		14	30		
7-C	18	30	15		12	00	16		17	30		
4-C	18	00	18		5	00	19		11	00		
9-E	13	30	22	VII	0	30	23	VII	11	00		
8-E	18	30	27		5	30	28		11	00		
6-B-C	18	15	29		6	00	30		11	45		
12-A	13	00	4		2	30	5		13	30		
6-B	14	05	12	VII	3	30	13	VII	13	25		
13-A	13	45	19		3	15	20		13	30		
8-D	14	45	21		1	00	22		10	15		
9-D	13	30	23		1	00	24		11	30		
8-C	15	00	27	VIII	6	30	28	VIII	15	30		
9-C	13	45	29		2	30	30		12	45		
12-C	14	45	3		2	00	4		11	15		
13	16	45	26		6	30	27		13	45		
12-B	16	15	31	IX	6	45	1	IX	14	30		
ANO DE 1950												
14-A ₁	7	30	22		VI	7	00		23	VI	23	30
14-B ₁												
13-A ₁	9	00	14	IX	24	00	14	IX	15	00		
13-B ₁	9	00	6		24	00	6					
13-C ₁	8	00	27		22	00	27		14	00		
14	10	00	6	XII	6	30	7	XII	20	30		
REFORÇO DO TUNEL DA ALFANDEGA												
ANO DE 1949												
1-E2	10	30	17		II	7	00		18	II	20	30
3-E4	11	00	8	1		00	9	14	00			
5-E6	18	00	13	V	5	30	14	V	11	30		
7-E8	17	45	20		5	45	21		12	00		
ANO DE 1950												
9-E10	6	30	29	V	19	00	29	V	12	30		
11-E12	7	00	22		19	00	22		12	00		
13-E14	7	20	22	VII	21	15	22	VII	12	00		

Cortina de drenagem até à fundação - Túnel de Lubine, na linha de Strasburgo, em que o atrito entre o tardo e o maciço não é necessário à estabilidade do revestimento.

Tapetes - Feltro asfáltico "Tektolita"

Camadas de juta e alcatrão: patente "Siemens-Bauunion"

Betume armado com juta, tipo "Mac'Neill"

Feltro asfáltico "Asfaltex" - no metropolitano de Barcelona, depois do insucesso da clássica chapa hidráulica. Estação de P. da Catalunha.

Falso intradorso ou reboco falso suspenso, utilizado na Estacion Ministérios dos Enlaces Ferroviários de Madrid de preferência a isolamento betuminoso, apesar de custar cerca de 200\$00 o m². e ter sido feito a céu aberto.

Tapetes de argamassa betuminosa: não dão garantia de durabilidade não tem a elasticidade necessária para acompanhar os movimentos do revestimento; não tem a resistência para não serem danificados pela pressão da cortina, choques e atritos.

Túnel de S.CLOUD: Betão fornecido por 3 postos abastecedores, cada um com o raio de acção de 200 a 300 metros, enviando 14 a 18 m³. por hora, por meio de "Bomba KOOYMANN" em canalização de Ø 18 cm.. Extensão do túnel 830,00 m.l..

Exemplo de uma dosagem, por m³.:

Brita grossa	312 l.
Brita meúda	550 l.
Areão do tromel	320 l.
Gêdo	272 l.
Cimento	300 Kgs.
Diatomite	15 Kgs. (5%)

Gunitização - Moser - Torkret - Sigunite