

LOTE 2 DO PROLONGAMENTO DAS LINHAS AMARELA E VERDE DO METROPOLITANO DE LISBOA: ESTAÇÃO SANTOS – CAIS DO SODRÉ

Gonçalo Rocheta Mateus | Raúl Pistone | Sandra Ferreira | J. Pedro Sousa | Susana Soares | Febin Naguindás
COBA - Consultores de Engenharia e Ambiente, S.A, Lisboa, Portugal. g.mateus@cobagroup.co

Rui Tomásio | Catarina Fartaria | Carlos Martins | Alexandre Pinto
JETsj, Geotecnia, Lisboa, Portugal. rtomasio@jetsj.com

Rui Pina
Metropolitano de Lisboa, E.P.E., Lisboa, Portugal. ruipina@metrolisboa.pt

António Tavares
Metro Santos Sodré, ACE, Lisboa, Portugal. antonio.tavares@mota-engil.pt

RESUMO: O Lote 2 do Prolongamento das Linhas Amarela e Verde do Metropolitano de Lisboa, com uma extensão de cerca de 665 m, integra a Estação Santos, implantada na zona do Quartel do Regimento de Sapadores Bombeiros (QRSB) que atualmente ocupa a área do antigo Convento da Esperança, do séc. XVI, um túnel executado pelo método NATM sob a zona do Chafariz da Esperança com cerca de 60 m de extensão, um túnel escavado a céu-aberto, do tipo Cut&Cover, que se desenvolve desde a Av. Dom Carlos I até à Av. 24 de Julho e que liga ao Término do Cais do Sodré existente e atualmente em operação. Entre a Estação Santos e a Estação Cais do Sodré será realizado o poço de ventilação PV218.

A execução de uma obra subterrânea numa zona de intensa ocupação urbana como a zona de Santos, que por força do reduzido recobrimento, dos condicionamentos de vizinhança e das formações geológicas intersectadas, é executada em grande parte a céu-aberto, reveste-se de uma complexidade não circunscrita apenas à componente geotécnica e estrutural. A abertura de uma trincheira ao longo do traçado do túnel acarreta a implementação de desvios de trânsito, rodoviário e ferroviário, bem como de todas as redes de infraestruturas existentes no subsolo. Para além da implementação de um exaustivo plano de instrumentação e observação a todo o edificado e infraestruturas na zona de influência da obra, foi realizada uma intervenção de reforço de 4 edifícios do tipo gaioleiro e uma obra especial de recalçamento de dois edifícios de 8 pisos elevados, de forma a permitir que o túnel de via passe sob estes.

No presente artigo, para além de uma apresentação geral das obras integradas no Lote 2: traçado, soluções construtivas e sequência de execução; apresentam-se as obras acessórias necessárias à implementação de uma linha de metropolitano localizada numa zona de densa ocupação urbana, nas imediações de património arquitetónico e arqueológico de relevo, e também as soluções encontradas para os desvios de trânsito, rodoviário e ferroviário, e desvio de serviços afetados.

PALAVRAS-CHAVE: Metro, Estação Santos e Cais do Sodré; Obras Subterrâneas.

1. Introdução

A nova Linha Circular do Metropolitano de Lisboa, materializada através do prolongamento das linhas Amarela e Verde, desde a Estação Rato, atual estação terminal da Linha Amarela, até à Estação Cais do Sodré, atual estação terminal da Linha Verde, prevê a construção de duas novas estações: Estrela e Santos; e cerca de 2 quilómetros de túnel de via, permitindo o fecho destas duas linhas em anel, de modo a melhorar a mobilidade na zona central da cidade de Lisboa.

Esta expansão da rede do Metropolitano encontra-se dividida em quatro empreitadas distintas, nomeadamente:

Lote 1: Projeto e Construção dos Toscos entre o término da Estação Rato e a Estação Santos, integrando a nova Estação Estrela e terminando no tímpano norte da Estação Santos;

Lote 2: Projeto e Construção dos Toscos desde a Estação Santos até à Estação Cais do Sodré, integrando a nova Estação Santos e um novo átrio na Estação Cais do Sodré;

Lote 3: Projeto e Construção dos Toscos, Acabamentos e Sistemas – Viadutos do Campo-Grande

Lote 4: Projeto e Construção dos Acabamentos e Sistemas – Extensão Rato-Cais do Sodré

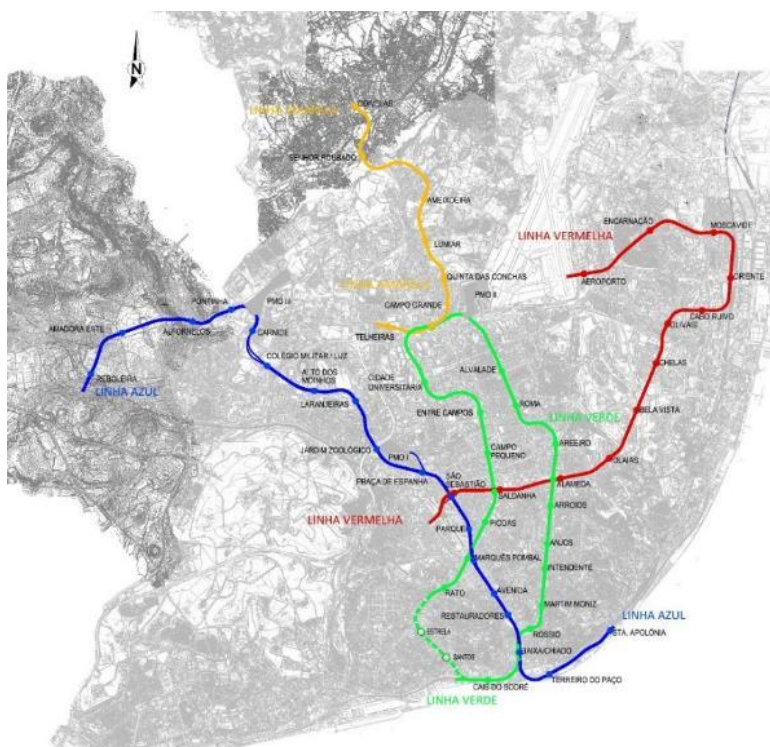


Figura 1. Plano de Expansão da Rede ML: Ligação das Linhas Amarela e Verde – Linha Circular 2 [1]

A Empreitada de Projeto e Construção do Lote 2, a que diz respeito o presente artigo, tem uma extensão de cerca de 665 m, desde o tímpano norte da estação Santos até à ligação ao término do Cais do Sodré, atravessando uma zona de intensa ocupação urbana. Este Lote prevê a construção de uma nova estação (Estação Santos) e a remodelação do topo poente da Estação Cais do Sodré para criação de um novo acesso e novas ligações às plataformas ferroviários da Infraestruturas de Portugal (IP), assim como o túnel de via e um poço de ventilação, entre estas duas estações.

A Estação Santos, a cerca de 25 m de profundidade, encontra-se implantada na zona do Quartel do Regimento de Sapadores Bombeiros (QRSB) que atualmente ocupa a área do antigo Convento da Esperança, do séc. XVI, entre a Rua das Francesinhas e o Largo do Chafariz da Esperança, a poente da Av. D. Carlos I, onde será o seu principal acesso. O túnel de via foi executado pelo método NATM sob a zona do Chafariz da Esperança, com cerca de 60 m de extensão, e pelo método Cut&Cover, dado o reduzido recobrimento e as fracas características

dos terrenos atravessados, desde a Av. Dom Carlos I até à Av. 24 de Julho, ligando ao Término do Cais do Sodré existente e atualmente em operação. Entre a Estação Santos e a Estação Cais do Sodré foi executado o poço de ventilação PV218, localizado na zona do Aterro da Boavista, no tardo do edifício do IADE.

Este artigo apresenta, de forma geral, as obras integradas no Lote 2: traçado, soluções construtivas e sequência de execução; assim como as soluções encontradas para os desvios de trânsito, rodoviário e ferroviário, e de serviços afetados.

2. Principais Condicionamentos

2.1 Traçado

A solução de traçado, definida pelo ML no Programa Preliminar patentado a concurso, foi condicionada pelo desnível de cerca de 52 m entre os dois pontos de ligação dos PBV (Plano Base de Via) dos atuais terminos do Rato e do Cais do Sodré, e pelo seu encontro com as vias existentes, que determinou o rumo do traçado nestes pontos, para além das várias condicionantes físicas existentes neste corredor, nomeadamente a necessidade de afastamento ao edifício do IADE e a existência de um parque de estacionamento subterrâneo no Largo Vitorino Damásio (Figura 2). Em perfil longitudinal, a inclinação máxima admitida para os traineis foi de 4,00% em plena via e de 0,30% em zonas de estação, terminos e vias de manobra e aparelhos de mudança de via. Em planta, o raio mínimo admitido para o traçado foi de 200 m, sendo que as estações foram dispostas em alinhamentos retos.



Figura 2. Traçado em planta do Lote 2 (adaptado de [1])

Na zona norte da Estação Santos o P.B.V encontra-se a uma profundidade, relativamente à superfície, de cerca de 35 m, sendo que a mesma diminui com a orografia do terreno, atingindo profundidades de cerca de 15 m na ligação ao término existente.

2.2 Geológico-geotécnicos

O modelo geológico adotado baseou-se na informação do Programa Preliminar do ML e na campanha de prospeção complementar realizada no âmbito da empreitada do Lote 2. A geologia ocorrente no Lote 2 pode ser subdividida em duas partes: a primeira, até à entrada no paleovale resultante da antiga linha de água que se prolonga do alinhamento da Rua de S. Bento, onde predominam os terrenos miocénicos (Argilas dos Prazeres) e o Complexo Vulcânico de Lisboa (CVL), compostos por brechas, basaltos, tufos e calcários da formação da

2.3 Desvios de Trânsito Rodoviário e Ferroviário

Desde a R. da Esperança para sul, a obra do Lote 2 é executada com escavações a céu-aberto que intersectam vias rodoviárias e ferroviárias, em eixos de relevo para a mobilidade urbana da cidade de Lisboa e que não podem ser interrompidos, dos quais se destacam:

- trânsito rodoviário na Av. 24 de Julho;
- trânsito rodoviário na Av. D. Carlos I;
- linha Caminho de Ferro (CF) Lisboa-Cascais da IP;
- linha do Elétrico 25 da Carris - no cruzamento da Av. D. Carlos I com a Calçada do Marquês de Abrantes;
- linha do Elétrico 15 da Carris – na Av. 24 Julho.

Tendo em consideração a importância destas vias para a cidade, houve a necessidade de garantir que qualquer desvio de trânsito efetuado fosse previamente analisado através de microssimulações, suportadas por contagens de tráfego, de forma a aferir previamente os níveis de serviço das soluções encontradas, nomeadamente em termos de extensão média de filas de espera e tempos médios de percurso e atrasos.

2.4 Serviços Afetados

A empreitada do Lote 2 intersecta praticamente todo tipo de infraestruturas existentes no sub-solo da cidade de Lisboa: rede elétrica da E-Redes em BT, MT, AT e iluminação pública; rede eléctrica da Carris; rede de distribuição de água da EPAL; redes de drenagem da CML, ADTA e APL; rede de Gás GDL; redes de telecomunicações da Altice/MEO/PT, ONI, COLT, NOWO, IP-telecom, NOS, ARTelecom e STM, que não podem ser suprimidas e das quais se destacam os elementos mais críticos:

- coletor PEAD DN630 da rede em “alta” da ADTA e coletor Ø1500 betão da CML, no passeio norte da Av.24 de Julho;
- adutora dos Barbadinhos Ø1200 da EPAL, na Av. 24 de Julho;
- coletor Ressano Garcia – coletor do final do sec.XIX em alvenaria de tijolo argamassado com 1800x2400 mm, e coletores ovoides de 800x1200 mm e 1900x2400 mm, na Av. 24 de Julho;
- coletor Nova II (em betão 2,8x3,0 m) e coletor oval 1,2x1,8 m da rede em “baixa” da CML e coletor PEAD DN 600 na Av. D. Carlos I.

2.5 Interferências – Instrumentação e Observação e Análise de Danos

Genericamente, foi realizado o levantamento de todas as interferências dentro da faixa de 25 m para cada lado do eixo do traçado, e na zona de influência das escavações, sejam elas edificações, serviços existentes (redes saneamento e abastecimento de água e redes elétricas) ou infraestruturas, tendo-se realizado uma análise de danos induzidos pelas escavações da empreitada a cerca de 40 edifícios, 3 serviços críticos e 8 infraestruturas (da Carris e da I.P.).

Das análises de danos realizadas resultaram medidas de mitigação específicas que, para além da adoção de processos construtivos que induzam assentamentos reduzidos, vão desde a simples Instrumentação e Observação até ao reforço e/ou recalçamento de edifícios, sendo de referir o recalçamento de dois edifícios centenários na Tv. do Pasteleiro, com 5 pisos elevados e estrutura em alvenaria de pedra argamassada e pisos de madeira, e a execução de uma cortina de estacas como elemento barreira à propagação de assentamentos no contorno do antigo Coro Alto da Igreja do Convento da Esperança, do séc. XVI (ver Figura 5).

O plano de Instrumentação e Observação implementado, que também teve por base a identificação dos cenários de risco associados à obra, resultou na instalação de uma quantidade significativa de aparelhagem, nomeadamente: 389 prismas topográficos em edifícios e contenções, 166 prismas topográficos de pavimento, 35 inclinómetros, 14 extensómetros multiponto, 47 prismas topográficos para carril, 194 prismas de convergência na obra subterrânea, 8 piezómetros, 32 fissurómetros, 26 tiltímetros, 21 sensores de nível líquido e 21 extensómetros de corda vibrante. Para cada instrumento foram definidos limites de alerta, referência e alarme, que tiveram por base os valores previstos nos modelos de cálculo para a combinação característica de ações. Foi também implementado um Plano de Contingência para cada um dos potenciais cenários de risco identificados.

Os critérios de avaliação de danos foram definidos em função do tipo de interferência, sendo que para os edifícios foi utilizada a metodologia de Burland (1995) [4], para os serviços adotou-se a metodologia de Attewell (1986) [5] e para as infraestruturas ferroviárias seguiram-se os critérios indicados na normativa técnica das entidades. Foram ainda consideradas as recomendações do Eurocódigo 7, Anexo H e complementadas pelo relatório ITA/AITES 2006 [6]. Para os edifícios classificados como património de elevado valor cultural e histórico, foi considerado um fator de agravamento, função da suscetibilidade do edifício para tolerar os assentamentos sem apresentar danos significativos. Esta avaliação de danos foi realizada com o apoio do programa de cálculo automático Oasys Xdisp Pro.

2.6 Património

Tendo em consideração a implantação da obra numa zona de carácter urbano consolidado com ocupação ancestral, foram realizadas sondagens arqueológicas e parietais previamente ao arranque dos trabalhos, tendo-se estabelecido metodologias de execução de forma a salvaguardar a preservação das pré-existências durante a fase de escavações, nomeadamente na zona envolvente da Estação Santos, localizada na zona do antigo Convento da Esperança, bem como no trecho final do traçado, situado na zona ribeirinha, na área do designado Aterro da Boavista.



Figura 5. Antigo coro da Igreja: cortina de estacas “barreira”, atirantamento dos arcos e painéis originais pintados em talha dourada encontrados sob o teto falso existente

Para além das remanescências do antigo Convento da Esperança, onde ainda permanece o antigo Coro da Igreja, há a referir o aqueduto e Chafariz da Esperança, ambos classificados como património pela Direção Geral do Património Cultural (DGPC), tendo sido desenvolvido um Estudo da Paisagem Histórica Urbana e um Plano de Salvaguarda e Compensação do Património Cultural.

2.7 Hidrogeológicos

Dada a possibilidade da execução da trincheira do túnel Cut&Cover interromper a percolação das águas subterrâneas, foi realizado um estudo específico, suportado por ensaios de bombagem, a instalação de piezómetros e ensaios de maré, e desenvolvido um modelo hidrogeológico na zona de intervenção. Este estudo resultou na implementação de medidas de mitigação do impacto hidrogeológico, de forma a garantir a continuidade hidráulica de um lado para o outro da trincheira, garantindo uma percolação semelhante à atual, através da realização de furos com colocação de geodrenos nas contenções.

2.8 Ambientais

Com o objetivo de dar resposta às condicionantes, recomendações e exigências estabelecidas na Declaração de Impacte Ambiental (DIA), foram desenvolvidos diversos estudos ambientais, entre os quais se destacam: os estudos de ruído e vibrações e os estudos geoambientais.

Os estudos geoambientais foram realizados para avaliar a presença e extensão de solos contaminados resultantes das atividades passadas no local, bem como o destino adequado dos solos a escavar. O estudo envolveu 28 sondagens mecânicas ambientais, com análise laboratorial de 127 amostras de solo e 5 amostras de água subterrânea. Os resultados foram comparados com os valores de referência da APA, os critérios de perigosidade dos resíduos e os critérios de admissibilidade em aterros de resíduos inertes.

Os estudos de ruído e vibração foram realizados de forma a garantir que o ruído e as vibrações induzidas pela futura passagem das composições se mantêm dentro dos limites de conforto, tendo-se adotado limites que garantem que a passagem das composições seja impercetível. Como tal, a laje de via será isolada com uma manta anti-vibrátil em toda a extensão sendo que, na zona de passagem por baixo dos edifícios 41-44 da Av. D. Carlos I, será adotada uma solução de tabuleiro flutuante, através de uma laje simplesmente apoiada sobre aparelhos de apoio calibrados para atenuar as vibrações.

3. Conceção Geral da Obra e Soluções Construtivas

O troço de túnel entre a estação Santos e a inserção no Término do Cais do Sodré (CS), face às características do terreno e ao perfil longitudinal, é executado recorrendo a escavação a céu aberto existindo apenas um pequeno troço inicial, na zona do Chafariz da Esperança, que é executado pelo método mineiro NATM, para salvaguarda e proteção deste monumento nacional classificado.

Dado que o traçado intersecta os edifícios nº 42 e nº 44 na Av. D. Carlos I, ambos com 9 pisos elevados e 1 cave, com estrutura de betão armado e fundações em estacas moldadas, e uso predominantemente habitacional, foi executada uma obra especial de recalçamento, a Obra Especial 3 (OE3), ilustrada abaixo na Figura 6 e Figura 7.

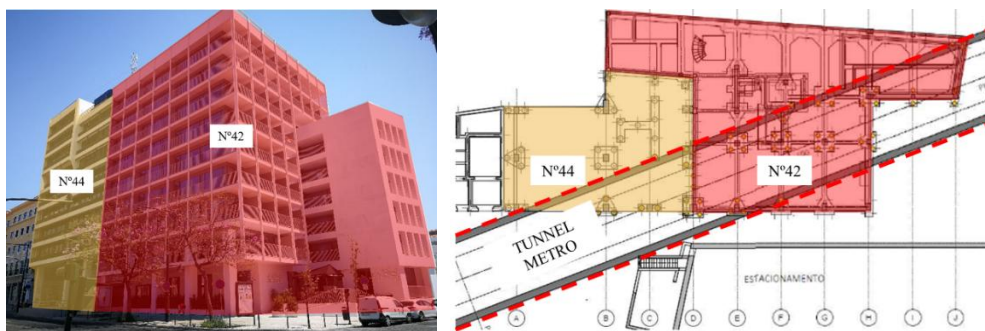


Figura 6 – Edifícios situados por cima do túnel que foram recalçados (fotografia e planta de fundações com a projeção do túnel do ML)

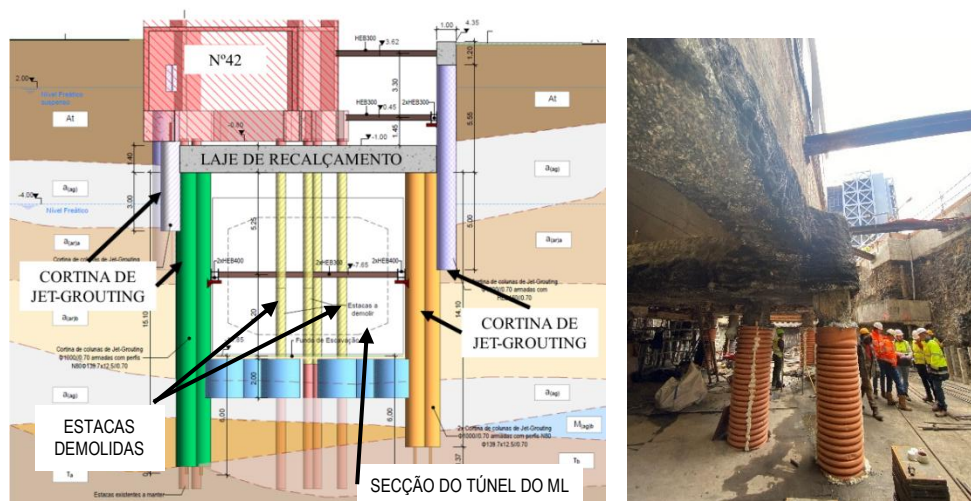


Figura 7 – Obra Especial de recalçamento: secção transversal (projeto e fotografia da obra)

O trecho a céu-aberto foi materializado com uma estrutura de contenção provisória entivada interiormente a vários níveis por meio de sistemas de escoramentos metálicos, apoiados em vigas em betão armado, ou longarinas metálicas, nos casos em que as mesmas tinham que ser removidas por colidirem com a estrutura definitiva, permitindo a escavação até à cota de base do túnel. Posteriormente, a execução da estrutura definitiva foi compatibilizada com a desativação dos escoramentos e a reposição das cotas atuais foi realizada à custa de um aterro sobre a laje de cobertura do túnel. As soluções de contenção adotadas variam ao longo do traçado, tendo em contas as condições geológico-geotécnicas e os requisitos de estanqueidade:

- a norte da OE3, atravessando a Av. D. Carlos I, foi executada uma cortina de estacas Ø800 mm em betão armado afastadas a 1,2 m, com três níveis de travamento por escoras metálicas horizontais. Na zona de transição com o NATM, as escoras metálicas foram substituídas por ancoragens provisórias. Entre as estacas armadas, no troço inicial (mais a norte) foi executado um revestimento em betão projetado, onde os materiais o permitiam, e no troço sul, onde a escavação intersectou materiais menos competentes, foram executadas estacas plásticas secantes;
- a sul da OE 3, dada a presença de solos menos competentes e a necessidade de garantir uma melhor estanqueidade, adotou-se uma solução de contenção por painéis de parede moldada, com uma espessura de 600 mm no troço inicial e de 800 mm no atravessamento da Av.24 de Julho, dada a presença de uma espessura muito elevada de aluviões argilosas de muito fraca consistência. Na ligação ao Término CS, dada a proximidade à linha CF em exploração, e após se ter verificado um fenómeno de instabilização durante a escavação de um painel de parede moldada por perda da bentonite pelo fundo da escavação, optou-se por alterar a metodologia para estacas secantes executadas com tubo moldador metálico recuperável. Neste trecho adotaram-se quatro níveis de travamento por escoras metálicas horizontais.

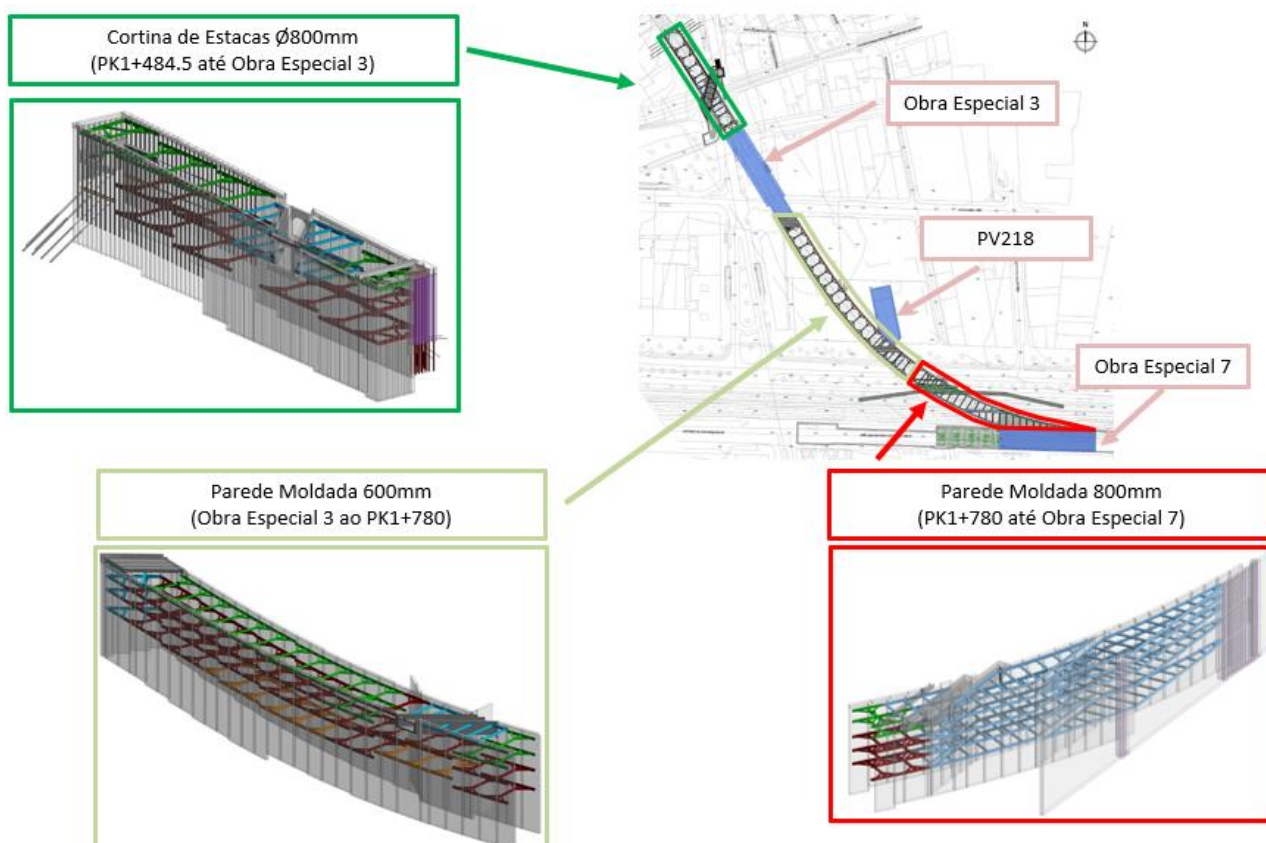


Figura 8. Túnel Cut&Cover. Soluções de contenção provisória (adaptado de [1])

O trecho em NATM foi executado de forma faseada, por avanços, em duas fases (Figura 9): a Fase I, correspondente à execução da calote superior; e a Fase II, relativa ao rebaixo da secção, tendo-se executado a Fase I na totalidade do túnel antes do início da Fase II. O suporte primário (provisório) é composto por 20 cm de betão projetado reforçado com fibras metálicas e cambotas metálicas TH21 afastadas de 1 m. Os avanços da calote superior foram em geral de 2 m, tendo sido reduzidos para 1 m na zona de influência do Chafariz e da Galeria da Esperança, de forma a minimizar os assentamentos à superfície. Na frente de escavação foram executadas pregagens sistemáticas de fibra de vidro, de barra com $\phi 28$ mm, com 12 m de comprimento, e geodrenos $\phi 50$ mm também com 12 m. Nos hasteais do túnel, nos basaltos, previu-se a aplicação de geodrenos $\phi 50$ mm com 3 m e afastamento nas zonas em que efetivamente fosse encontrada água durante as escavações.

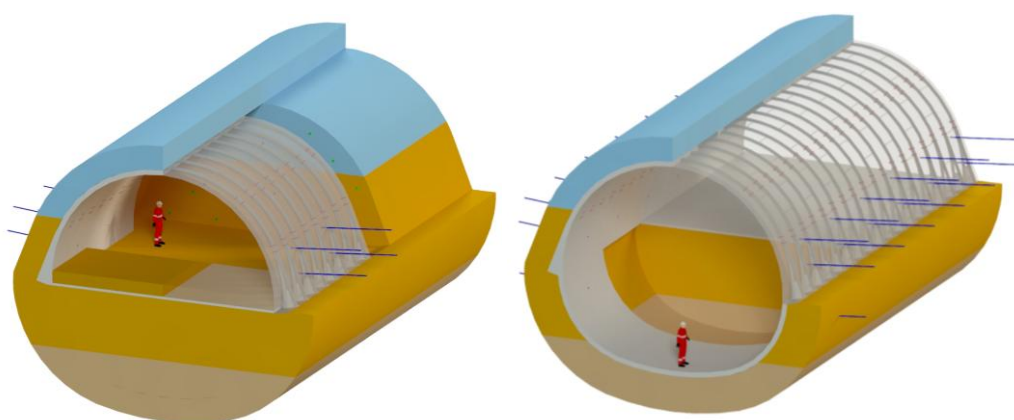


Figura 9. Vista 3D da execução do suporte primário do Túnel NATM: Fase 1 – à esquerda; Fase II – à direita

No que se refere à estrutura definitiva do túnel, no trecho NATM, a solução consiste numa abóbada circular com 8,70 m de diâmetro interno e soleira em arco invertido, com 0,40 m de espessura de betão armado constante em todo o contorno. O túnel NATM foi impermeabilizado com recurso a uma barreira geosintética

constituída por uma geomembrana impermeabilizante (policloreto de vinil) com 2 mm de espessura protegida com geotêxtil (polipropileno) com 500 g/m², em todo o seu contorno (full-round), compartimentada longitudinalmente através da solidarização de perfis extrudidos flexíveis à geomembrana ao longo do perímetro do túnel, a cada 8 m.

No trecho a céu-aberto, a estrutura definitiva do túnel, em betão armado, é constituída por uma secção em quadro fechado, independente da estrutura de contenção, com hasteais com 0,80 m de espessura e lajes de soleira e topo com 1,00 m. O túnel Cut&Cover é impermeabilizado através da aplicação de uma barreira geosintética de bentonite complementada com uma tela de PEAD exterior. As soluções comerciais adotadas foram validadas através de ensaios realizados com amostras de água subterrânea recolhida ao longo do traçado, tendo-se garantido a compatibilidade química destas águas com a bentonite. Tendo em consideração a presença de águas salinas, a sul da OE3 adotou-se uma bentonite aditivada com polímeros.

Na Figura 10 apresentam-se as secções definitivas do túnel, com a representação das vias, o gabarit limite de obstáculos, definido pelo contorno das carruagens e um espaço obrigatório de 350 mm livre na envolvente a estas, a largura de 900 mm para a passagem livre de pessoas, e a drenagem e enchimento de via, entre outras.

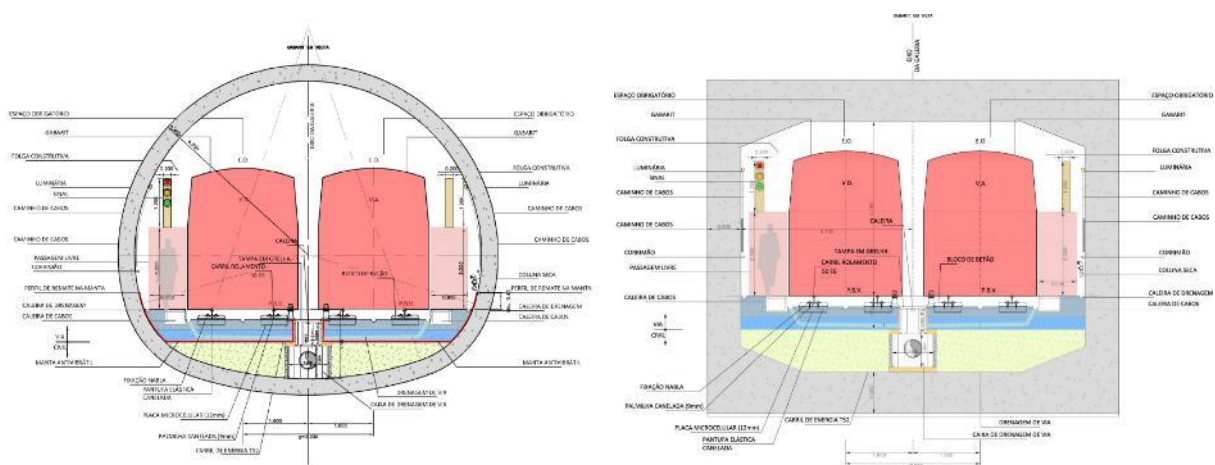


Figura 10. Vista 3D da execução do suporte primário do Túnel NATM: Fase I – à esquerda; Fase II – à direita

A implantação do poço de ventilação PV218 foi compatibilizada com um futuro empreendimento urbanístico previsto para a zona do aterro da Boavista. O poço foi realizado a céu aberto, com recurso a uma estrutura de contenção provisória de paredes moldadas, multi-escorada a diversos níveis. A estrutura definitiva do poço, em betão armado, é independente da estrutura de contenção, possui uma laje de cobertura com espessuras que variam entre 0,80 e 1,00 m, que suporta até cerca de 10 m de aterro, paredes exteriores com espessuras entre 0,60 e 0,75 m, lajes interiores para albergar diversos pisos (poço de bombagem, salas de ventilação, transformadores e quadros elétricos) e fundações diretas, com uma laje de ensoleiramento geral com 1,20 m de espessura. O poço dispõe de um sistema de impermeabilização constituído por uma barreira geosintética de bentonite, aditivada com polímeros e complementada com uma tela de PEAD exterior, semelhante ao adotado para o túnel contíguo.

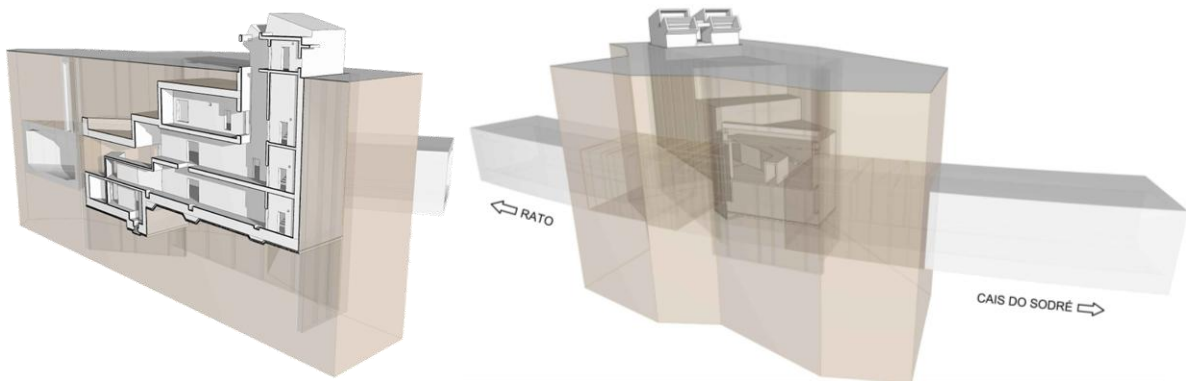


Figura 11. Vistas 3D da estrutura do PV218

No que se refere às soluções para o desvio de serviços afetados (SAF), tendo em consideração que a trincheira do túnel “corta” por completo aquela zona da cidade, houve a necessidade de fasear a execução da trincheira, de forma a possibilitar a execução de alguns troços prévios com travessias sobre a trincheira que albergassem todo o tipo de serviços nas imediações. Deste modo previu-se a execução de diversas “caleiras multi-redes”, em alguns casos associadas também aos desvios rodoviários ou ferroviários (elétrico da Carris), sendo de referir:

- a travessia da trincheira da Av. D. Carlos I, com um vão de 16 m, integrando o desvio do coletor Nova II (3,0x3,0 m²), do coletor da ADTA Ø600, das redes elétricas da E-redes e da Carris, das redes de telecomunicações, da rede de gás GDL e da rede de água da EPAL, para além de servir também como pontão rodoviário para os desvios de trânsito (ver Figura 12);

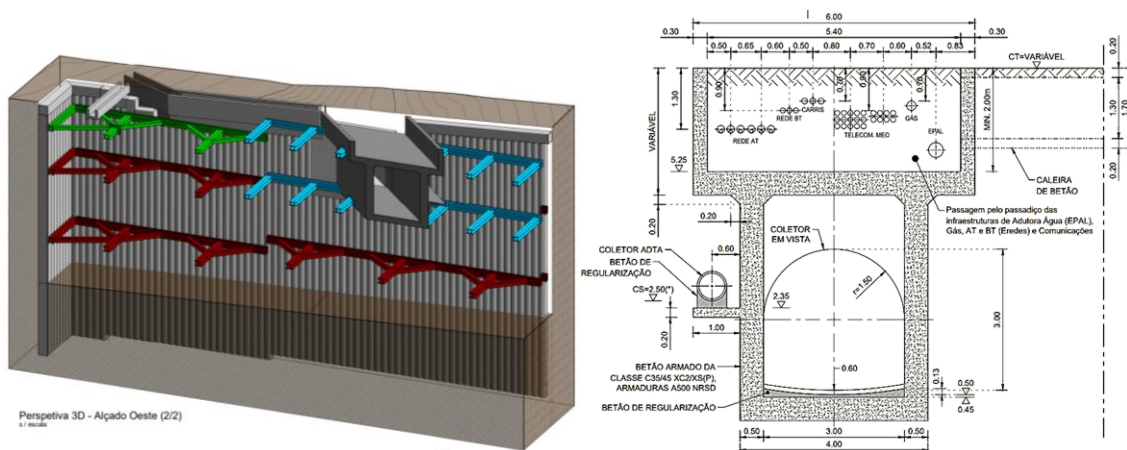


Figura 12. Travessia na Av. D. Carlos I para a reposição de SAF e desvios de trânsito

- a travessia da trincheira na R. D. Luís I, com um pontão com 13 m de vão, com vigas T90 pré-fabricadas e pré-esforçadas, para a passagem dos desvios de trânsito rodoviário e uma caleira lateral para a passagem de serviços afetados (ver Figura 13);
- a travessia da trincheira no alinhamento do passeio norte da Av.24 de Julho, com uma caleira “multi-redes” que vence um vão de 19 m, para a passagem dos SAF, nomeadamente de coletores de saneamento, redes de adução de água da EPAL, de telecomunicações, de gás e rede BT existentes no mesmo (ver Figura 13);

- travessia da trincheira na Av.24 de Julho, com um pontão com um vão de 22 m para a passagem de trânsito rodo e ferroviário (elétrico da Carris), que também alberga a adutora dos Barbadinhos da EPAL DN1200 em FFD, a rede de energia da Carris, assim como uma via pedonal e ciclável (ver Figura 13).

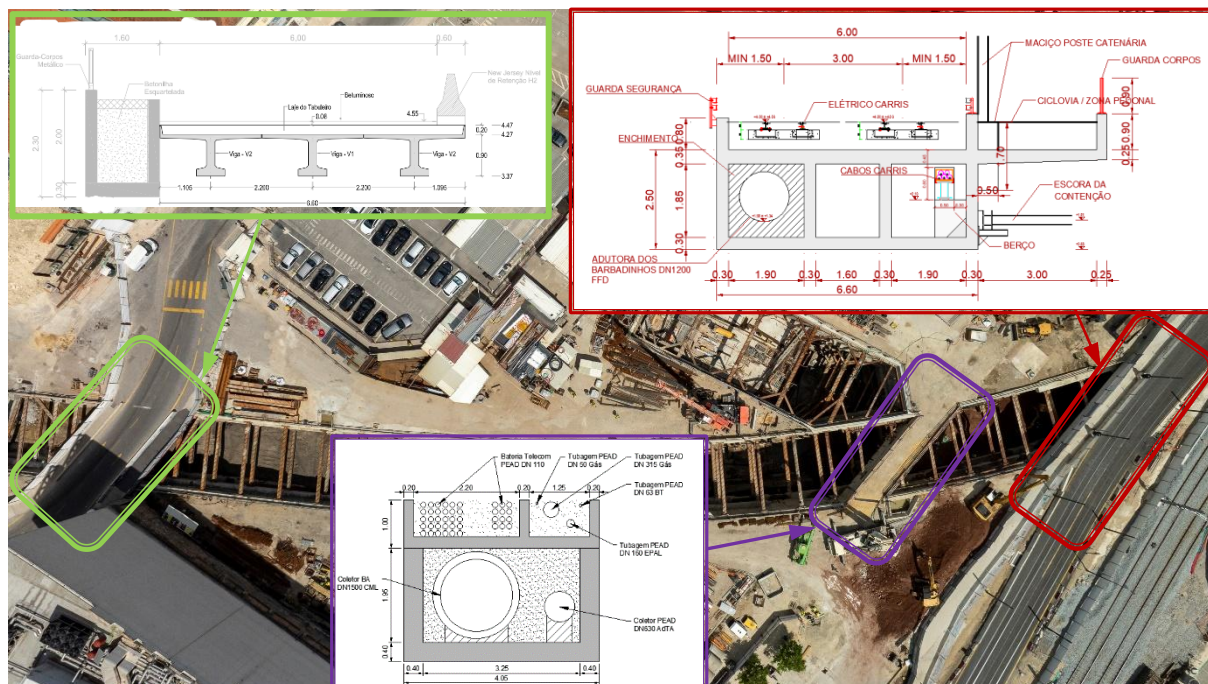


Figura 13. Travessias de SAF e Desvios de Trânsito na R. D. Luís I e lado norte da Av. 24 de Julho

Para a ligação do Túnel ao Término do Cais do Sodré, que se encontra encostado ao canal ferroviário da Linha de Cascais da IP, foi também necessário desviar a linha CF provisoriamente para norte, para cima do centenário coletor Ressano Garcia, tendo-se executado previamente uma estrutura de proteção do mesmo (Figura 14).

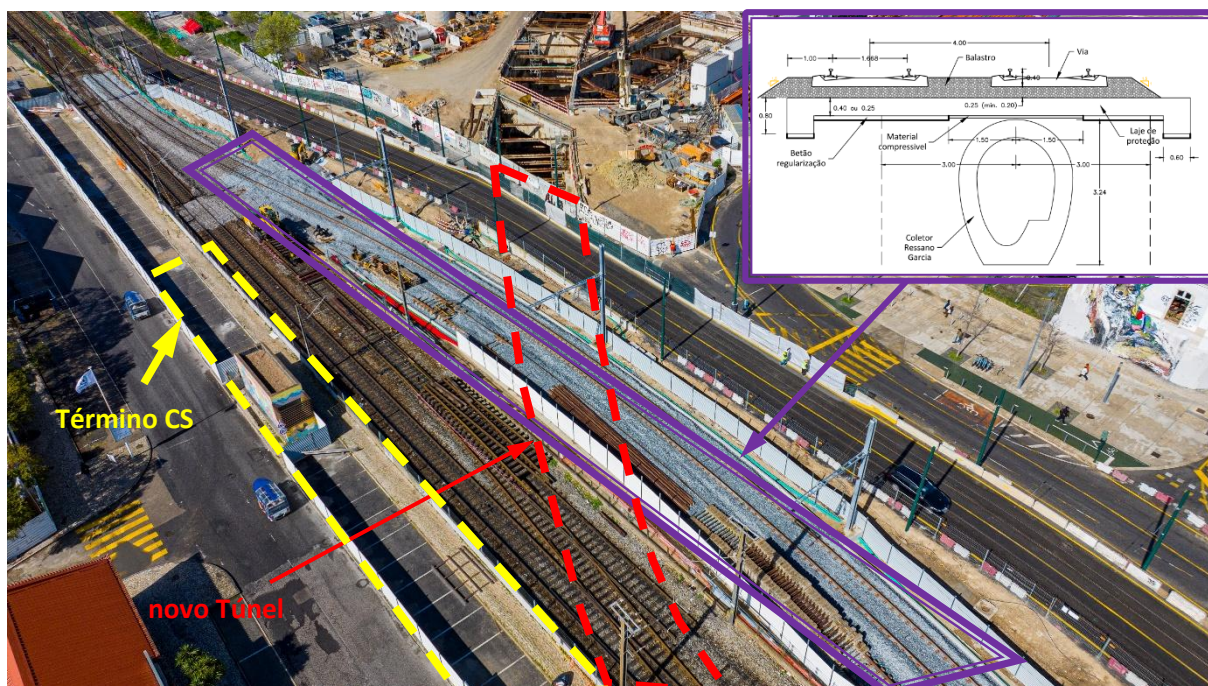


Figura 14. Desvio da Linha CF Lisboa-Cascais da IP e execução da laje de proteção ao Coletor Ressano Garcia

4. Faseamento Geral da Empreitada

Em termos de sequência geral da empreitada, pode dividir-se a obra em 4 partes distintas: a Estação Santos; o novo Átrio Poente da Estação Cais do Sodré; e dois trechos do Túnel, o trecho a norte do PV218 (Zona 1), e o trecho do PV218 para sul (Zona 2).

A obra iniciou-se pela execução de uma ligação em “X” das linhas da Carris no Largo de Santos, para ligar a linha do Elétrico 25 (que atravessa a Av. D. Carlos I) à Linha do Elétrico 15 (ao longo da Av.24 de Julho), de forma a permitir o corte da Av. D. Carlos I. Ao mesmo tempo, iniciam-se os trabalhos na Estação Santos e poço PV218 (Zona 2).

A compatibilização dos diversos serviços existentes condicionou o posicionamento das fronteiras das distintas fases, tendo-se procurado implementar as pretensões das concessionárias de se proceder a um desvio único e definitivo das infraestruturas críticas: adutora dos Barbadinhos Ø1200 da EPAL e Coletor Ressano Garcia (localizado entre as linhas da Carris). Também, para as restantes infraestruturas intersectadas, e que foram desviadas provisoriamente e repostas na sua posição original, procurou-se implementar apenas uma fase de desvio.

Na Zona 2, na Av. 24 de Julho e no aterro da Boavista, o túnel a céu-aberto progride para sul em quatro fases (ver Figura 15 abaixo):

- Numa primeira fase, desviou-se o trânsito rodoviário da Av. 24 de Julho para permitir a execução das paredes moldadas da contenção e o pontão sobre as mesmas (em top-down) para o desvio da Carris e da Adutora dos Barbadinhos DN1200 da EPAL (Troço 2A);
- De seguida, numa segunda fase, foram desviadas as vias do elétrico da Carris para o troço executado anteriormente, e foi desviada a Linha CF de Lisboa-Cascais da IP para o antigo corredor da Carris (Troço 2B);
- Depois, numa terceira fase, foi executada a obra especial OE7 de ligação ao Término CS (Troço 2C), localizada no corredor das Linhas CF da IP, sendo que em simultâneo se executou a estrutura definitiva do túnel Cut&Cover no Troço 2A;
- Por último, após a reposição da Linha CF da IP na posição original, desvia-se o coletor Ressano Garcia e executa-se o túnel no Troço 2B que ficou em espera.

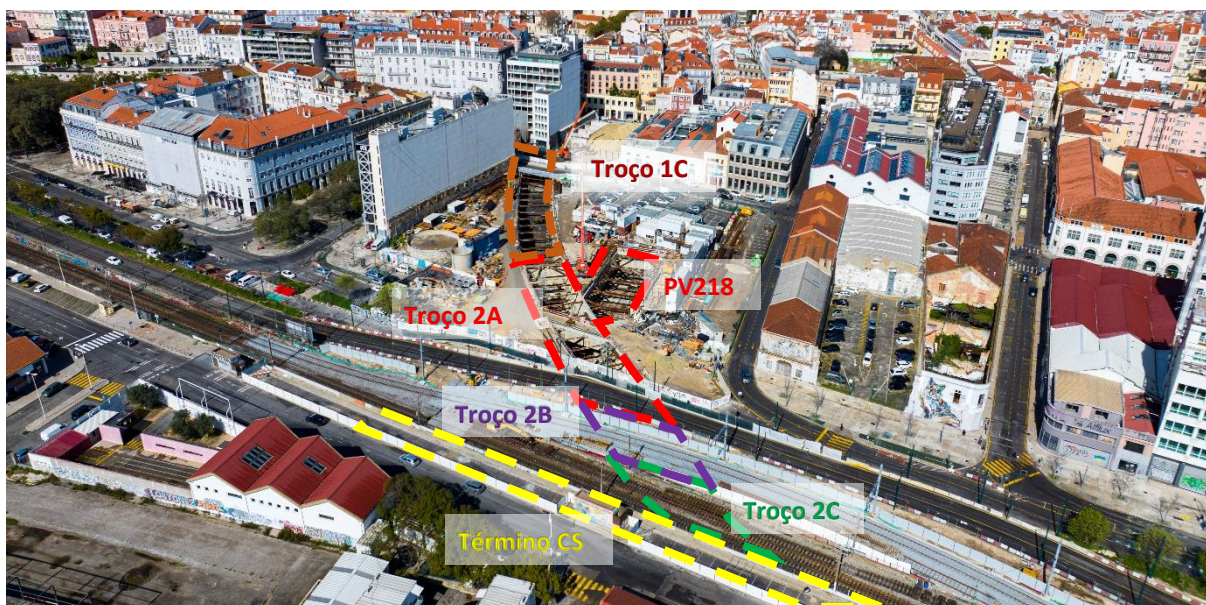


Figura 15. Sequência geral de execução da obra na zona da Av. 24 de Julho (Zona 2)

No que se refere à Zona 1, a trincheira do túnel iniciou-se no troço a norte do PV218 que não intersecta a Av. D. Carlos I (Troço 1C) e, após a realização do “X” da Carris, os trabalhos na Av. D. Carlos I (Troço 1A) progrediram com a seguinte sequência (ver Figura 16):

- uma primeira fase de execução da cortina de estacas secantes, nas zonas livres de infraestruturas no subsolo (ou com infraestruturas que possam ser desativadas provisoriamente);
- de seguida, o desvio das infraestruturas para cima dos trechos da cortina já executados, acomodadas em caleiras de betão armado;
- depois, a execução da restante cortina de estacas do Troço 1A;
- segue-se a escavação de toda a trincheira, de forma faseada com a colocação de escoramentos, a execução da estrutura definitiva do túnel e a reposição das condições de superfície;
- A realização do trecho mais a norte do Troço 1A, permite realizar o emboquilhamento do Túnel NATM (Troço 1B), que será executado desde a trincheira em direção à Estação Santos.

O faseamento acima permitiu manter a ligação rodoviária da Calçada Marquês de Abrantes com a Av. D. Carlos I no sentido Norte, apesar de se cortar temporariamente o trânsito na Av. D. Carlos I entre esta calçada e o Largo Vitorino Damásio. Também, o pontão executado na R. D: Luís I permitiu utilizar esta via para o desvio de trânsito da Av. 24 de Julho.

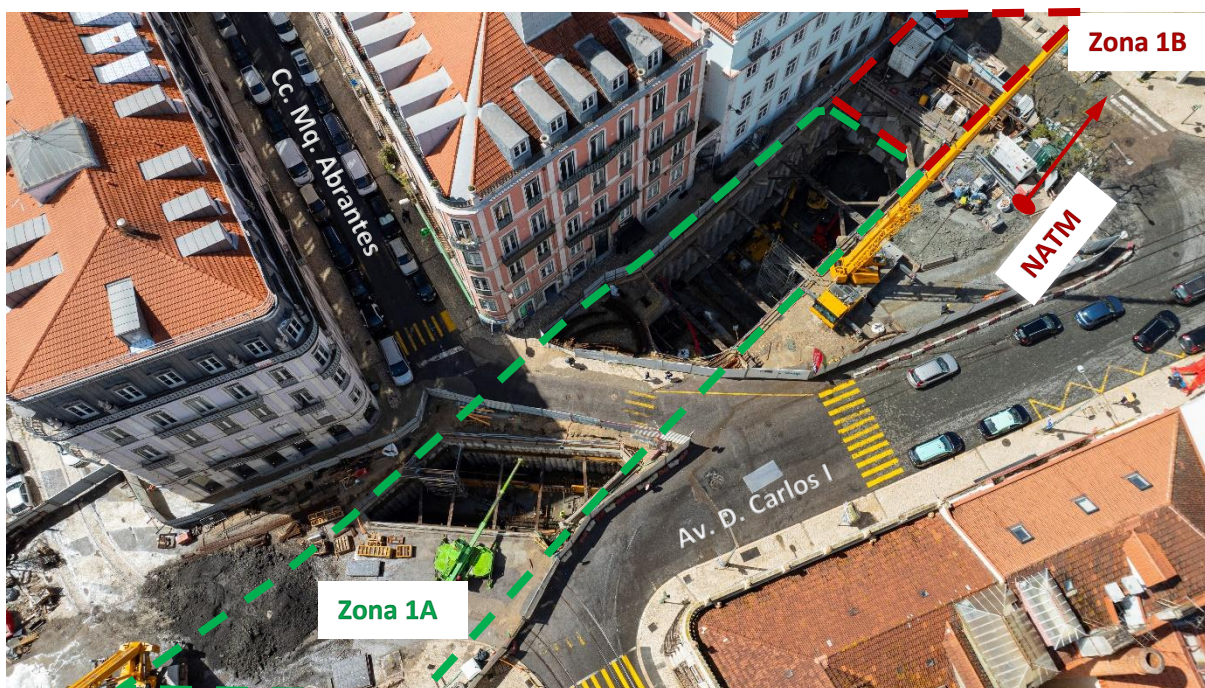


Figura 16. Sequência geral de execução da obra na zona da Av. D. Carlos I (Zona 1)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução de uma obra subterrânea numa zona de intensa ocupação urbana como a zona de Santos, que por força do reduzido recobrimento, dos condicionamentos de vizinhança e das formações geológicas intersetadas, foi executada em grande parte a céu-aberto, reveste-se de uma complexidade não circunscrita apenas à componente geotécnica e estrutural. A abertura de uma trincheira ao longo do traçado do túnel acarretou a implementação de desvios de trânsito, rodoviário e ferroviário, bem como de todas as redes de infraestruturas existentes no subsolo. Para além da implementação de um exaustivo plano de instrumentação e observação a todo o edificado e infraestruturas na zona de influência da obra, foi realizada uma intervenção de reforço de 4 edifícios do tipo gaioleiro e uma obra especial de recalçamento de dois edifícios de 9 pisos elevados, de forma a permitir que o túnel de via passasse sob estes.

A elevada complexidade e multidisciplinaridade desta empreitada, aliada à multiplicidade de entidades envolvidas, resultaram num projeto de engenharia desafiante em todas as suas vertentes, sendo que o sucesso do mesmo se encontra fundado na estreita colaboração entre todos os intervenientes: Projetista, Empreiteiro, Fiscalização e Dono de Obra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Metropolitano de Lisboa a autorização para a redação do presente artigo. Destacam ainda que os trabalhos descritos foram projetados pelo consórcio que integra as empresas COBA e JETsj e que se encontram a ser realizados pelo agrupamento MSS ACE, constituído pelas empresas Mota Engil e Spie Batignolles. A fiscalização dos trabalhos é, por sua vez, assegurada pelo consórcio que integra as empresas Consulgal e Tecnoplano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Programa Preliminar de Concurso (Metropolitano de Lisboa, Ferconsult, 2020)
- [2] Projeto de Execução da Empreitada do Lote 2 (COBA-JETsj, 2021)
- [3] Eurocódigo 7 – Projecto Geotécnico
- [4] Burland J B. (1995). Assessment of risk of damage to building due to tunnelling and excavation. Proc. 1st Int. Conf. Earthquake Geotechnical Engineering, Ishihara(ed.), Balkema, 1189-1201.
- [5] Attewell (1986). Soil Movements and Tunnelling: Buried Pipelines and Structures – Chapter 3.
- [6] ITA/AITES Report 2006 - Settlements induced by tunneling in Soft Ground.