



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

### 11º PRÊMIO TECNOLOGIA & DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3 – Projetos de sistemas de transporte e seus subsistemas; inovação tecnológica; aprimoramento de técnicas de implantação, operação e manutenção de sistemas de transporte, planejamento e concepção de sistemas.

### CONCEPÇÕES DE PROJETOS ESTRUTURAIS EM GRANDES REFORMAS DE ESTAÇÕES METROVIÁRIAS

#### 1. INTRODUÇÃO

Na medida em que uma rede de transportes de passageiros sobre trilhos se expande, novas conexões entre estações são criadas, potencializando a integração entre linhas e oferecendo opções adicionais de mobilidade aos passageiros.

Para viabilizar estas conexões, boa parte das estações existentes precisa passar por reformas de grande porte, que permitam a construção da ligação com a estação da nova linha e a ampliação da capacidade para atender ao maior fluxo de passageiros.



Intervenções estruturais trazem a demanda do conhecimento do projeto original e uma previsão aproximada do desempenho final, que irá depender do modo como os esforços migram e são compartilhados entre estrutura existente e reforço. Uma maneira ideal de se buscar atender a isso é a previsão de um descarregamento da estrutura anterior à realização do reforço. No caso de estações do Metrô de São Paulo, esta abordagem não é viável. É admitido, como requisito de elaboração do projeto, que a estação existente mantenha seu funcionamento, minimizando o impacto à população que depende desse transporte. Isso tem implicações na estratégia de ataque a obra, já que interdições são admitidas apenas parcialmente, gera maior dificuldade na previsão do comportamento final da estrutura em que se intervém e impacta o projeto de reforço que, neste caso, deverá contemplar as deformações em função da estrutura em carga. Este desafio foi enfrentado em todos os projetos para reformas de grande porte, dentre as quais são destacadas as seguintes estações:

- Consolação (Linha 2- Verde) e Paulista (Linha 4- Amarela) – novo túnel de conexão.
- Vila Prudente (Linha 2 – Verde e Linha 15 – Prata).
- São Joaquim (Linha 1 – Azul e Linha 6 – Laranja).
- Anhangabaú (Linha 3 – Vermelha e Linha 19 – Celeste).

Estes projetos foram desenvolvidos entre os anos de 2016 e 2024. A previsão de expansão da malha na região metropolitana de São Paulo indica um aumento significativo na quantidade de estações de integração nos próximos anos. Isto sugere que a elaboração de projetos desta natureza deve se tornar mais frequente.



Ao descrever as soluções projetadas e os resultados obtidos, este artigo consolida o conhecimento adquirido durante estas experiências e amplia sua disponibilidade para ser consultado como apoio na concepção de projetos similares. Ressalta-se, assim, a relevância deste material, pois é o tipo de informação que os próprios autores buscaram no início das experiências aqui relatadas e tiveram dificuldade em encontrar.

## 2. DIAGNÓSTICO

O desenvolvimento dos projetos apresentados a seguir envolveu a criação de alternativas capazes de superar limitações significativamente maiores que as habituais, em função da necessidade de adaptação ao contexto existente ao mesmo tempo em que se deve atender às funcionalidades requeridas e garantir a segurança estrutural.

Nos dois primeiros casos, a concepção do projeto foi feita por equipe interna do Metrô de São Paulo. A demanda por soluções que não são comuns em projetos de novas estações e a escassez de literatura sobre reformas similares caracterizaram este processo de concepção como desafiador e indutor de grande aprendizado para os envolvidos.

### **Conexão Paulista - Consolação**

O novo túnel de conexão das estações Paulista e Consolação tem cerca de 90 metros de extensão e proverá uma nova alternativa de percurso aos passageiros que fazem a

transferência entre as linhas 2 - Verde e 4 – Amarela do sistema metroviário. Isso dará maior fluidez a este fluxo, gerando, assim, uma redução no tempo de trajeto e um aumento no conforto para quem o utiliza, além de proporcionar maior segurança, pois evitará o acúmulo de pessoas na plataforma da estação Consolação.

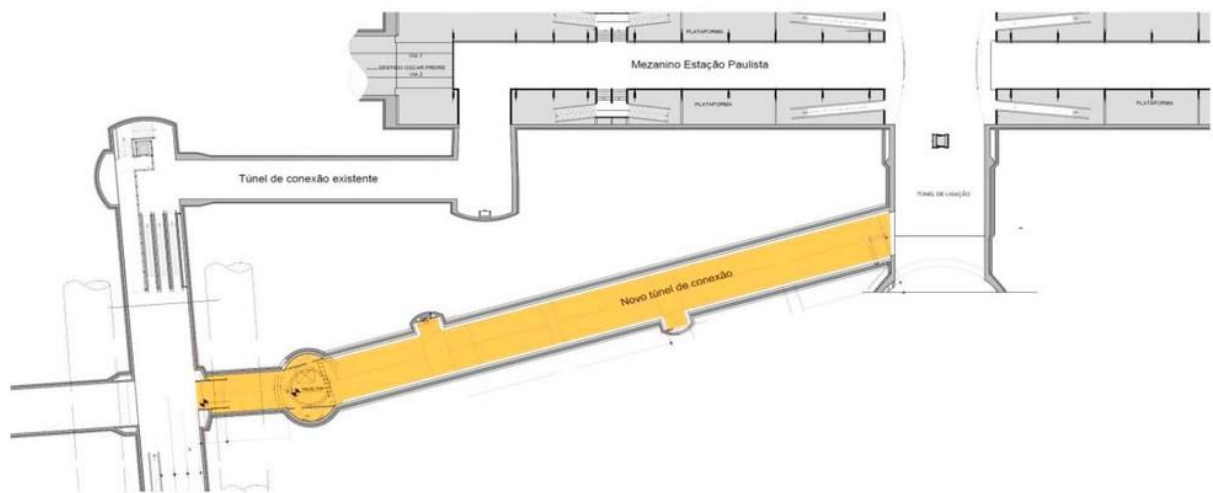


Figura 1 - Planta da nova conexão destacada no contexto das construções existentes

A despeito de sua pequena extensão, o projeto conviveu com grandes desafios relacionados a estruturas vizinhas (edifícios de fundações profundas na projeção do túnel a serem seccionadas), proximidade com a Linha 2 em operação (ver figura 2) e dificuldade da viabilização do reforço do túnel da Linha 4 em que se previa realização de abertura.

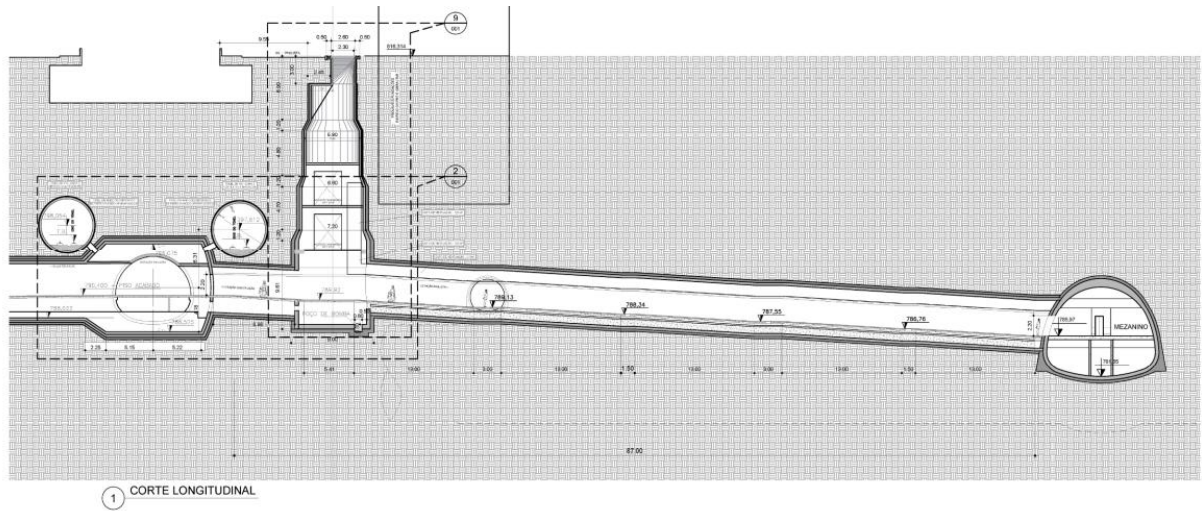


Figura 2 - Corte longitudinal mostrando os dois novos trechos de túnel, o novo poço e as conexões com as construções existentes nas estações Paulista e Consolação. Nota-se a proximidade com as vias operacionais.

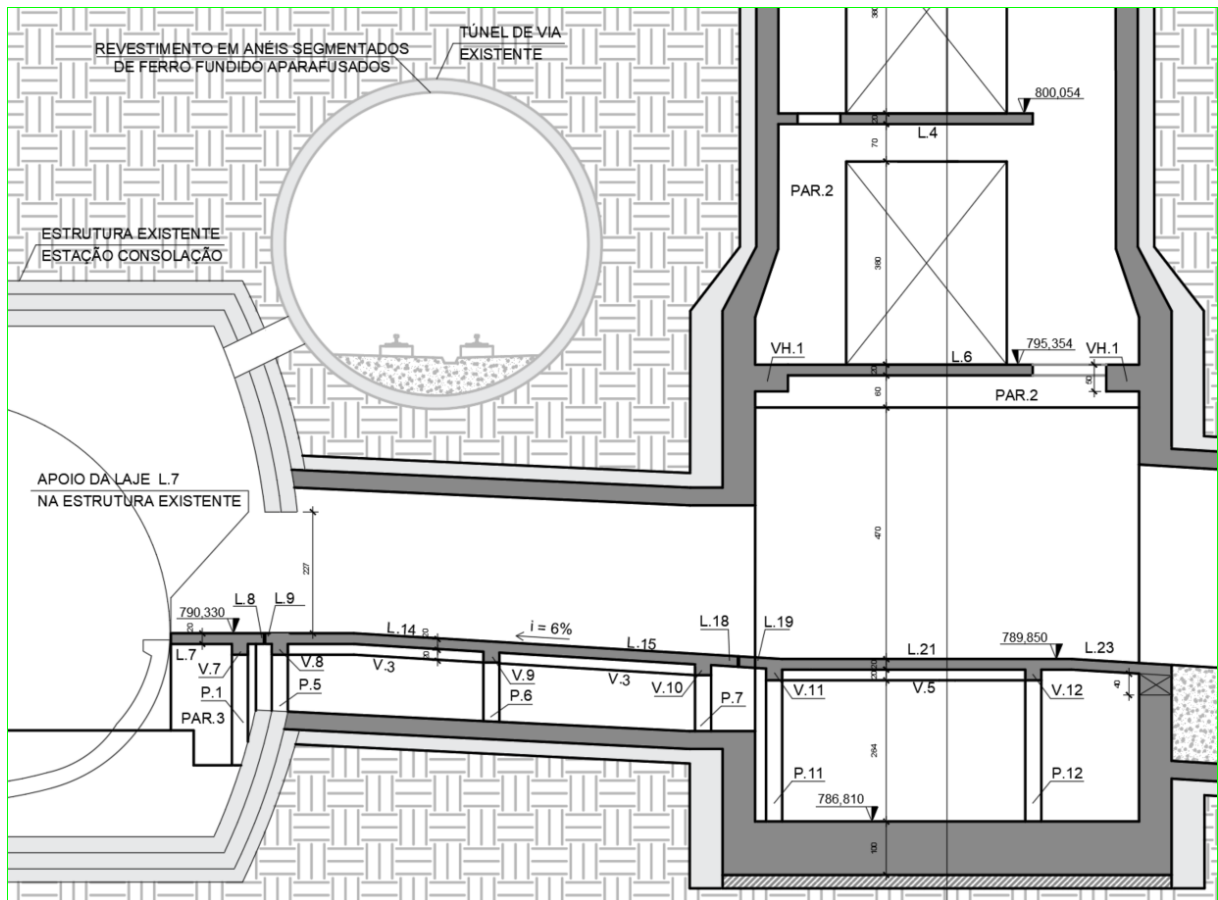


Figura 3: Proximidade entre o túnel de via da Linha 2 e o novo túnel.



A proximidade da Linha 2 requereu uma avaliação criteriosa do recalque estimado com impactos a serem avaliados tanto do ponto de vista estrutural quanto operacional. Neste trecho, o túnel de via desta linha é composto por anéis metálicos. Embora eles tenham tendência a alcançar melhor desempenho frente às redistribuições de esforços decorrentes de escavações vizinhas, ainda foi necessário avaliar questões como: reaperto ou afrouxamento dos parafusos entre os anéis metálicos que formam o revestimento do túnel e/ou entre os segmentos destes anéis, reforços no enchimento do túnel de via e enrijecimento do revestimento. Para garantia de manutenção das condições operacionais, previu-se monitoramento dos recalques com predefinição de atuação para calçamento da via se necessário.

Outro ponto de destaque é o reforço estrutural concebido para o revestimento secundário existente no túnel de ligação Belas Artes da estação Paulista. Em função da abertura a ser feita para receber o desemboque do novo túnel de conexão, tornou-se necessário identificar qual seria a nova distribuição de esforços na região e desenvolver a solução que melhor viabilizasse a transferência de cargas de modo seguro em cada etapa de execução, a qual tinha a restrição de não poder ser realizada no interior do túnel. Foi prevista, em projeto básico, uma instrumentação robusta para monitoramento dos deslocamentos e esforços no túnel existente, com papel relevante para a segurança estrutural, uma vez que o impacto pela realização da abertura ocorre após a conclusão do reforço, mas o da escavação adjacente não.

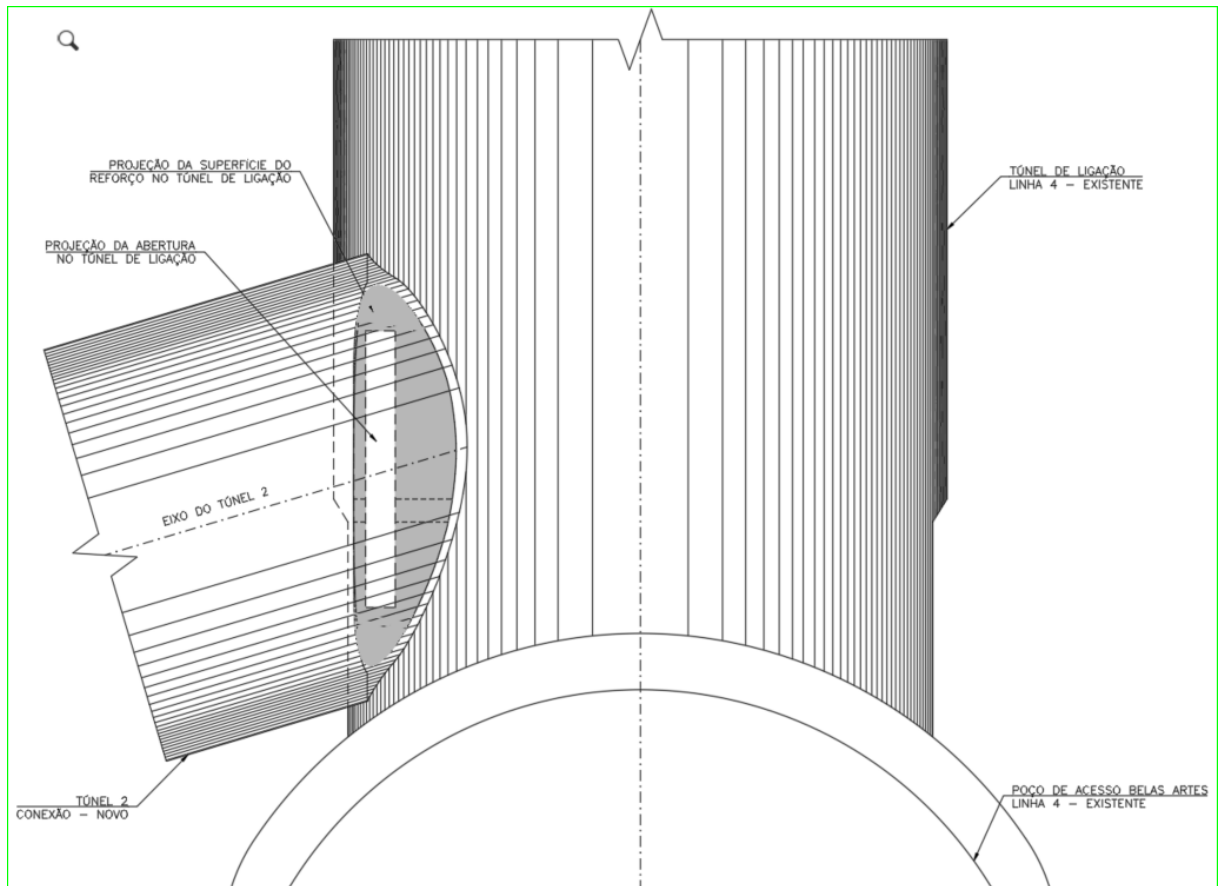


Figura 4 - Planta apresentando abertura e reforço no túnel de ligação existente da estação Paulista.

Deste modo, foi elaborado o projeto definindo a configuração do reforço para a fase anterior à execução do revestimento secundário do novo túnel e para a fase posterior a esta execução, conforme se observa nas figuras seguintes.

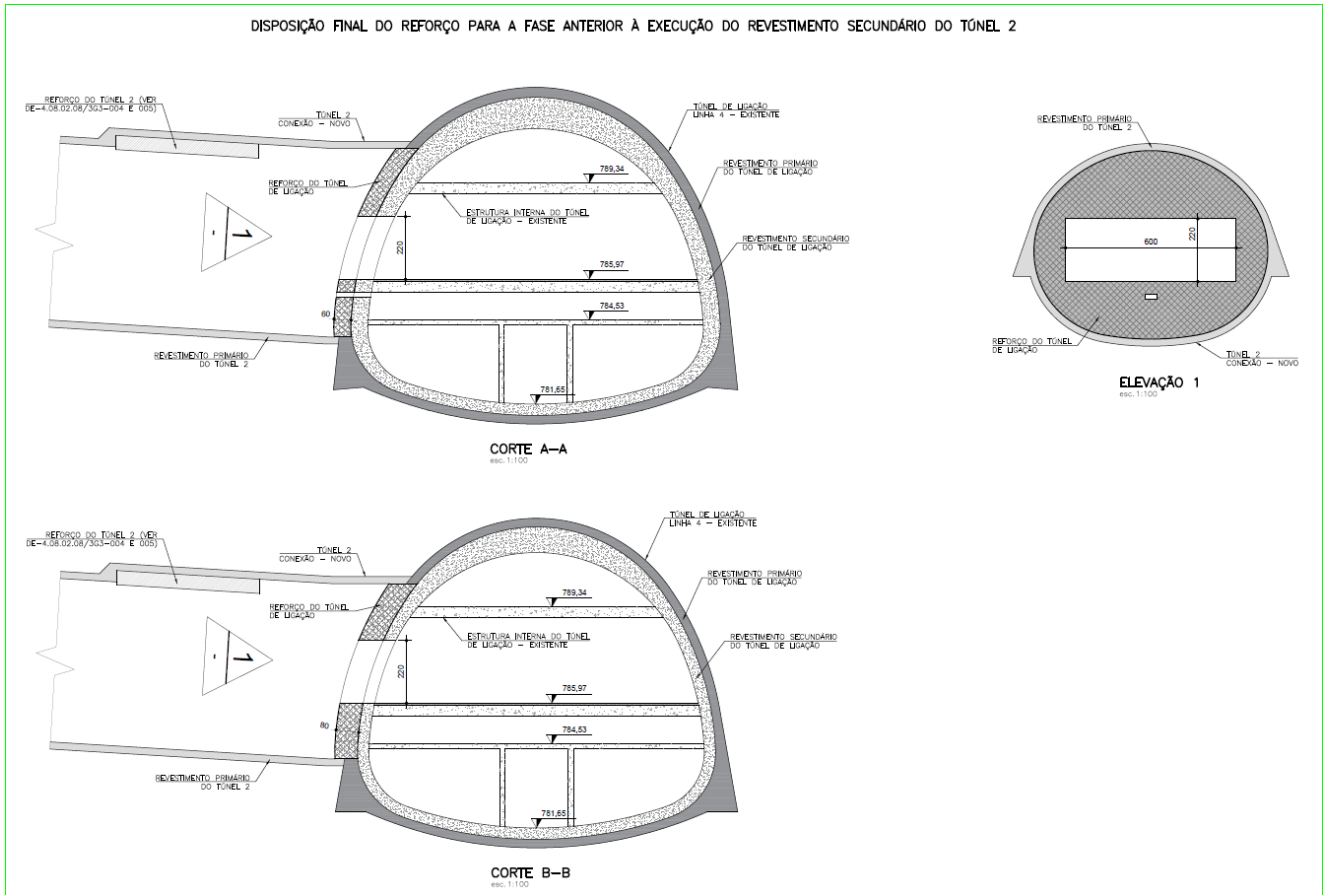


Figura 5: Reforço para a fase anterior à execução do revestimento secundário do novo túnel

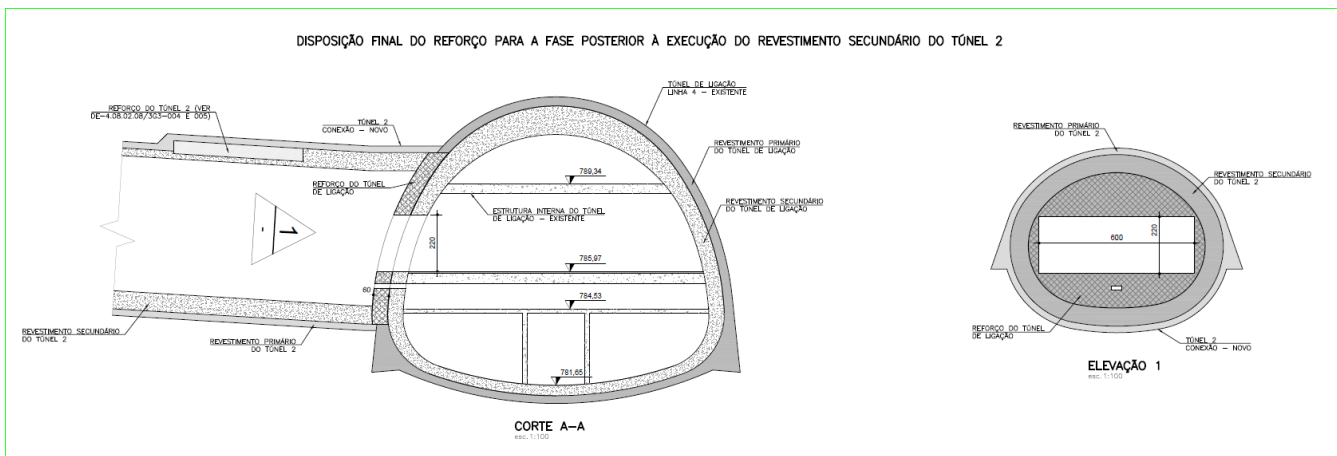


Figura 6: Reforço para a fase posterior à execução do revestimento secundário do novo túnel



O projeto previu também o sequenciamento para a demolição e a execução do reforço, tratando da disposição da nova armação, da sua ligação com a estrutura existente e da preservação dos elementos de impermeabilização, entre outros aspectos. As figuras abaixo ilustram de modo mais detalhado as soluções previstas.

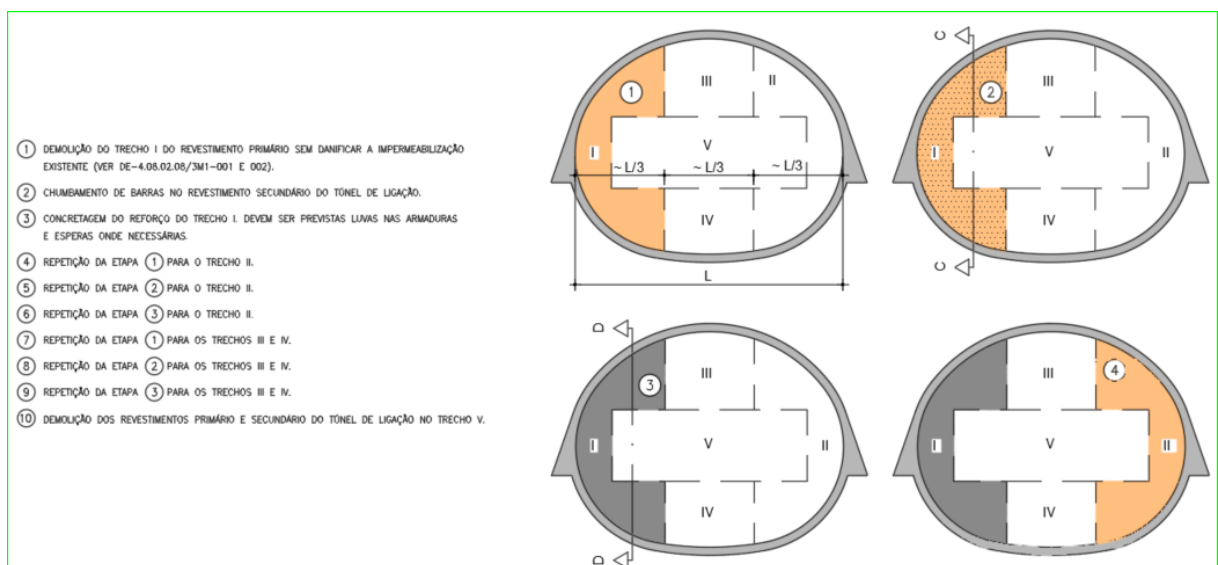


Figura 7: Sequenciamento para a demolição e a execução do reforço - Parte 1

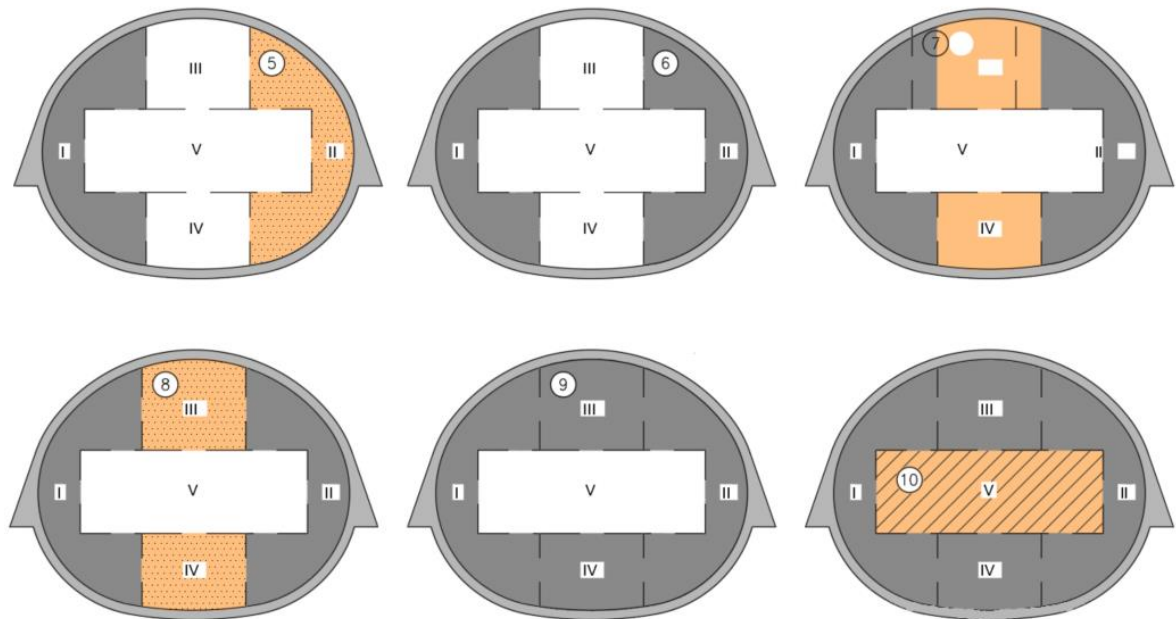


Figura 8: Sequenciamento para a demolição e a execução do reforço - Parte 2

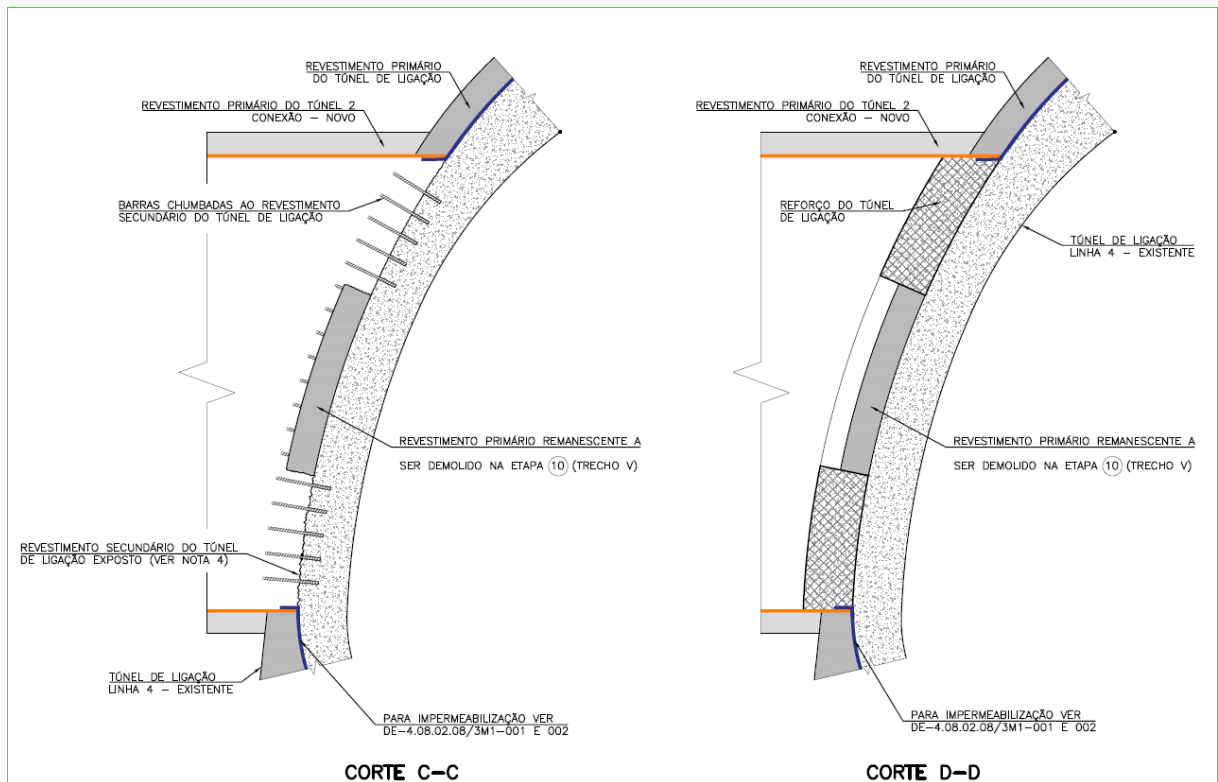


Figura 9: Cortes apresentando etapas referentes à demolição e à execução do reforço



## **Vila Prudente**

Com a expansão das linhas 2 – Verde e 15 – Prata, tornou-se necessário aumentar a capacidade de circulação vertical de passageiros da estação Vila Prudente, onde se dá a integração entre estas linhas. Para alcançar este aumento, o projeto arquitetônico previu a instalação de três escadas adicionais (duas rolantes e uma fixa) em cada plataforma da Linha 2 e de outras seis escadas rolantes (dois conjuntos de três escadas) no bloco de integração entre a estação da Linha 2 e a estação a Linha 15.

A ampliação das estações incluiu, ainda, a construção de uma área comercial, uma nova escada fixa no acesso da Rua Cavour e outras melhorias nas edificações existentes. A figura a seguir apresenta a estação da Linha 2, a região de integração entre as duas linhas e o contexto das ações previstas no projeto:

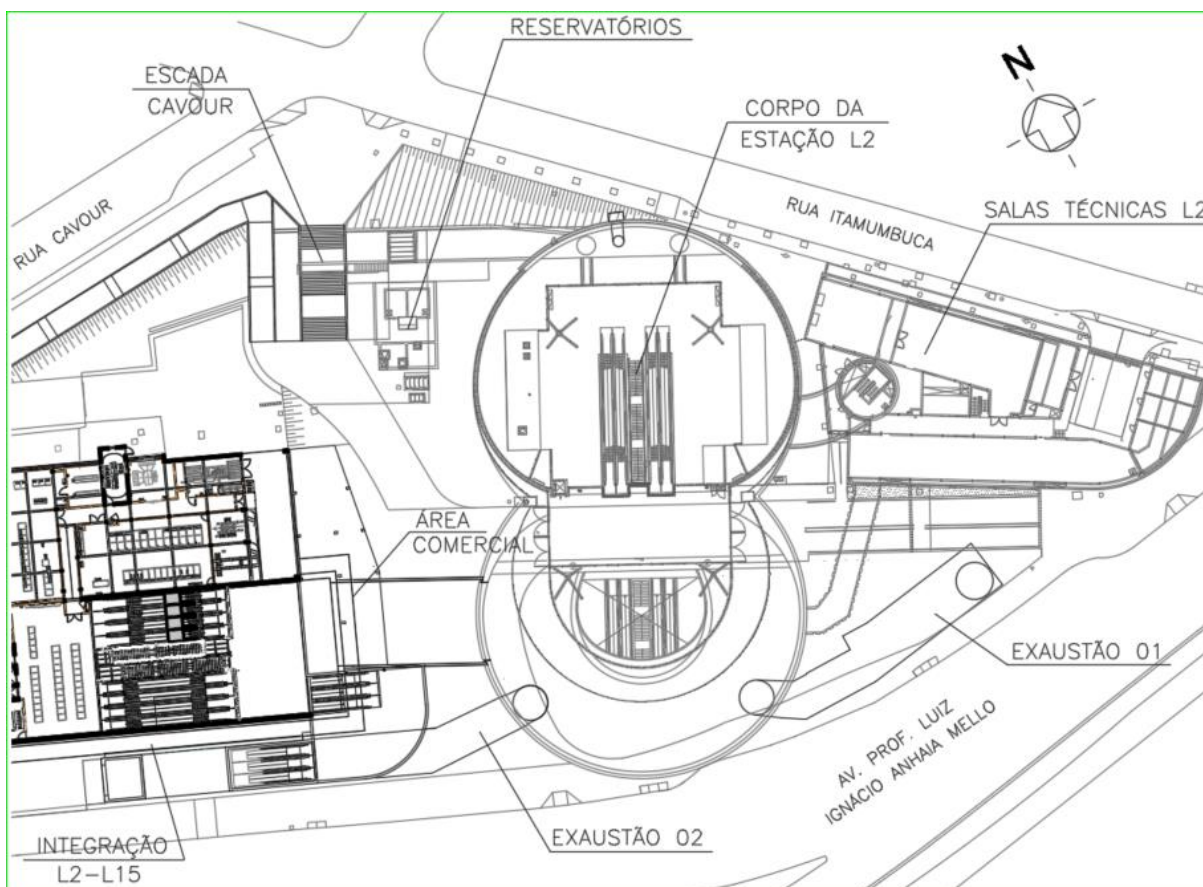


Figura 10: Planta da estação Vila Prudente da Linha 2 e da sua integração com a estação homônima da Linha 15. Indicação das principais ações previstas no projeto de ampliação.

O acréscimo das escadas nas plataformas depende da criação de um prolongamento em cada um dos canais de exaustão existentes, para abrigar os equipamentos a serem retirados dos locais onde ficarão as novas escadas.

Assim, o projeto estrutural previu a demolição parcial dos dois canais onde necessário e o acréscimo dos elementos responsáveis por seu prolongamento, tomando-se o cuidado de preservar a armadura dos trechos demolidos adjacentes à nova estrutura. Nestas regiões, as barras são dobradas (ao invés de serem cortadas), mantendo-se um arranque para ser concretado junto com os novos elementos.



No caso do canal de exaustão 02, parte das novas peças que compõem o prolongamento será aproveitada também para receber o carregamento proveniente das novas escadas rolantes da integração com a Linha 15, situadas no nível de cima.

Um aspecto peculiar foi a necessidade de prever, em cada canal, antes da demolição, uma parede provisória que os intercepte transversalmente, de modo a funcionar como uma barreira para impedir eventuais fluxos de águas pluviais para dentro da estação durante a fase de obras, uma vez que o local é sujeito a inundação. Ao longo de seu perímetro, ela fica solidarizada ao revestimento secundário da vala e é demolida após a conclusão do prolongamento.

No interior da estação, foram feitos complementos em lajes em alguns pontos que passarão a ter circulação de passageiros. Já em outros pontos, o projeto contemplou aberturas em alguns níveis de lajes, para acomodar as novas escadas. Como solução para reforço, em várias destas regiões onde foram introduzidas aberturas não previstas originalmente, aplicou-se tecido de fibra de carbono, em duas camadas, com tiras de 15 cm de largura. Esta solução foi utilizada também em vigas.

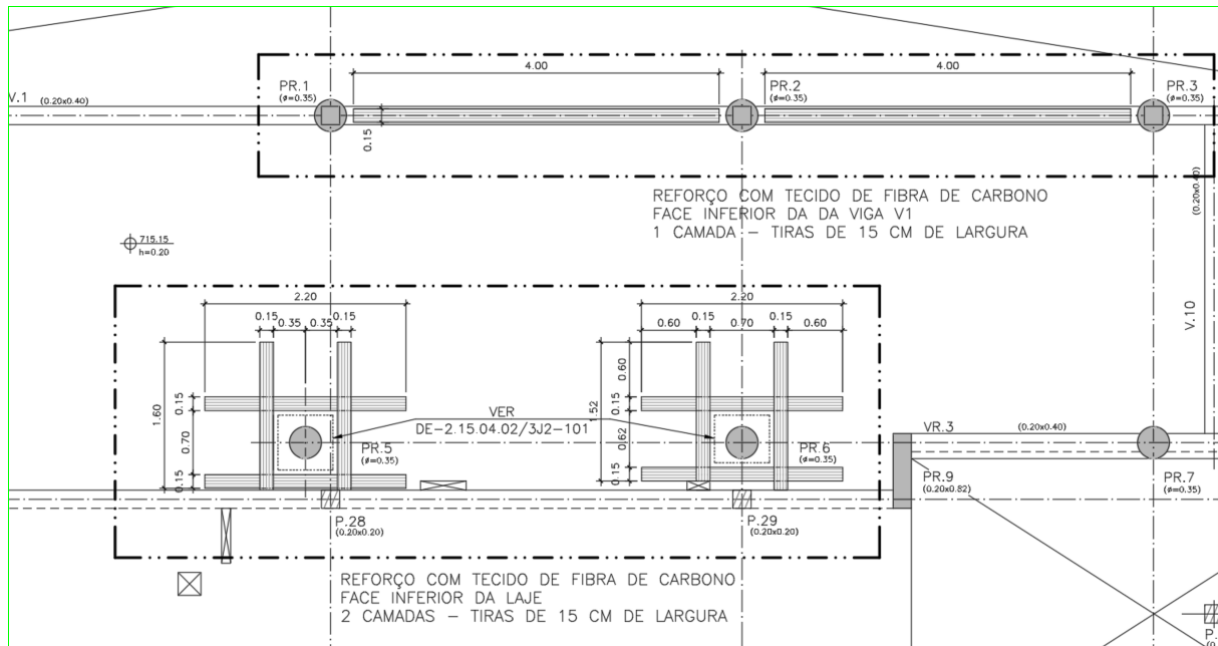


Figura 11 - Exemplo de reforço com fibra de carbono em viga e laje.

Também foram previstos novos elementos (pilares, paredes, vigas e lajes) especificamente para reforço, ou ainda, aumento de seção em elementos existentes. A transferência de carga entre peças existentes e a construir caracterizou-se como um ponto de avaliação cuidadosa na concepção deste projeto.

No bloco de integração, destaca-se a necessidade de redução da espessura da laje de fundo localmente no nicho da nova escada rolante de 180 para 45 centímetros. Conforme apresentado nas figuras adiante, isso foi viabilizado, em solução proposta no projeto executivo, por meio de uma demolição cuidadosa preservando a armadura de cisalhamento que era a questão crítica nesta intervenção.

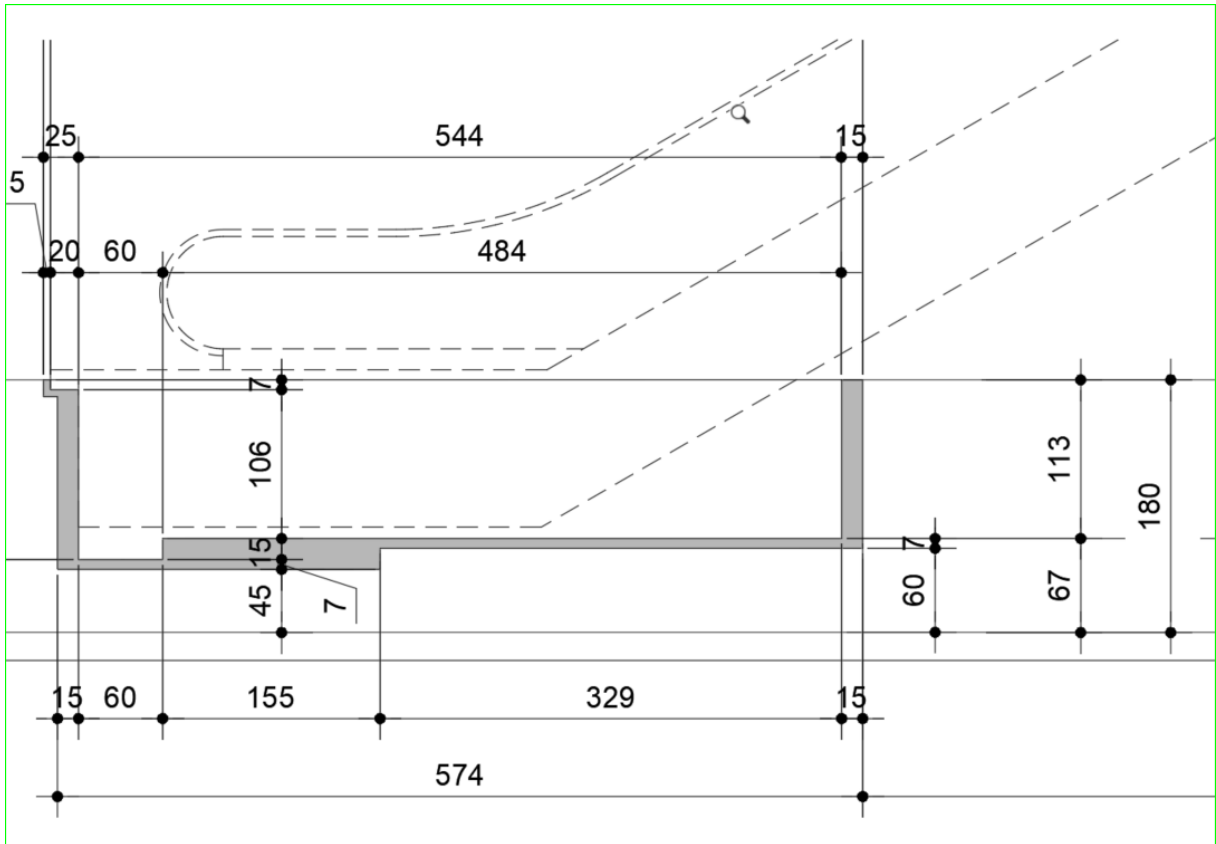


Figura 12: Corte longitudinal do nicho da escada rolante mostrando a redução localizada na espessura da laje de fundo.

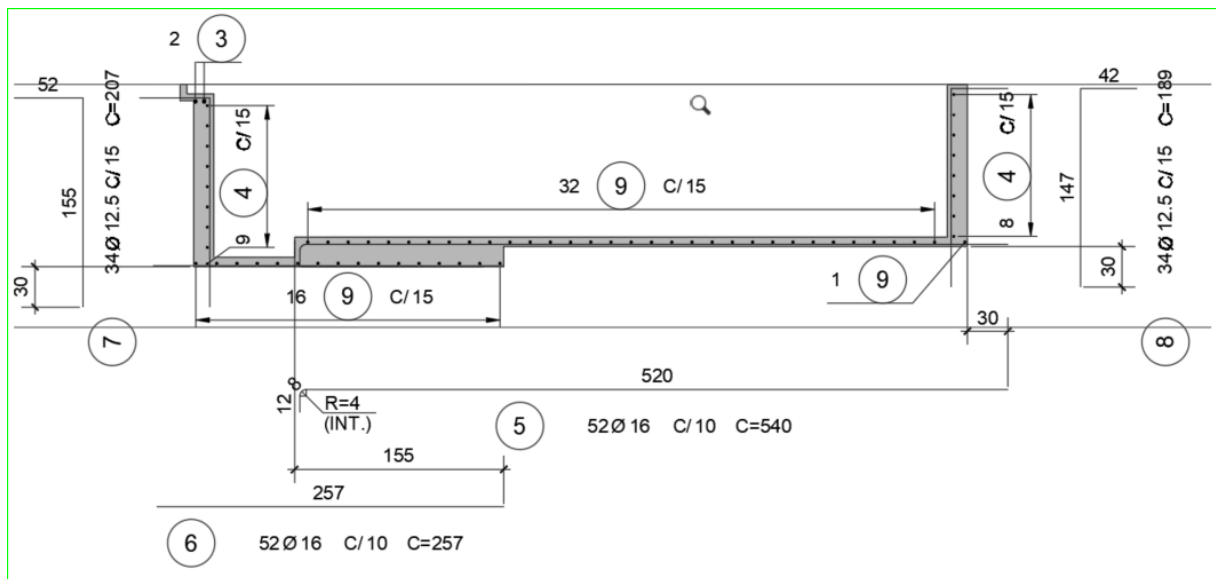


Figura 13: Armação dos elementos estruturais do nicho da nova escada rolante.

## DETALHE TÍPICO PARA RECONSTRUÇÃO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO DA LAJE DE FUNDO

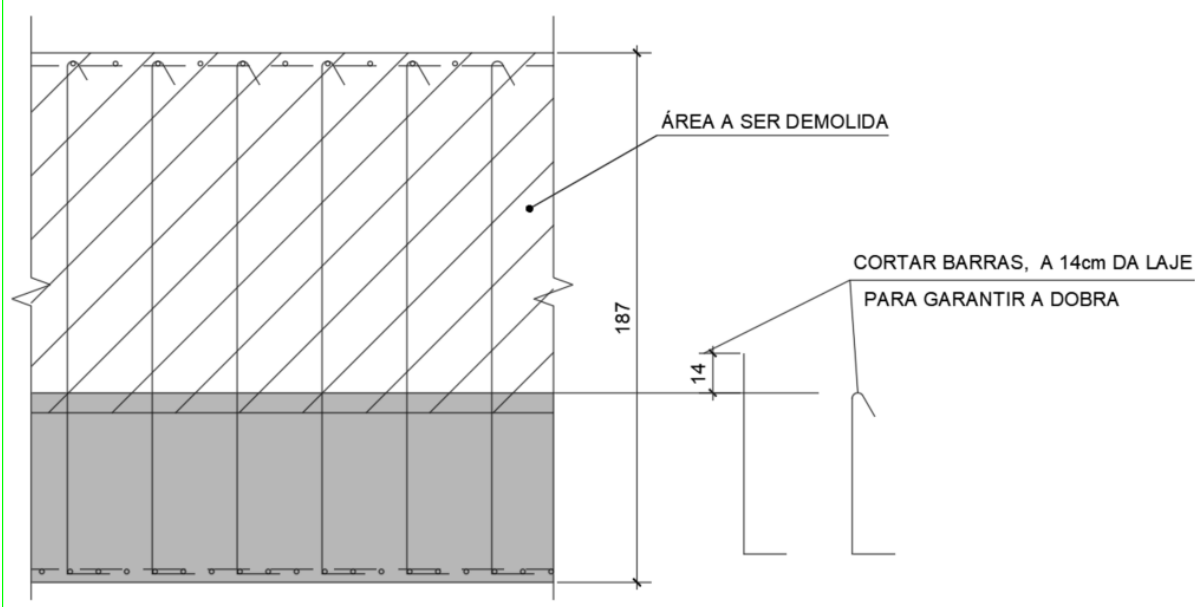


Figura 14: Detalhe típico para preservação e reconstrução da armadura de cisalhamento da laje de fundo do nicho da escada rolante.

### São Joaquim

A futura chegada da Linha 6 – Laranja à estação São Joaquim da Linha 1 – Azul trouxe a necessidade de se repensar suas características para transformá-la em uma estação de integração entre as duas linhas. O fato de ser essa uma estação construída nos anos 70 traz dificuldades adicionais em relação às intervenções anteriormente citadas, tais como a maior dificuldade no rastreamento dos projetos, a menor resistência do concreto (em função das diretrizes normativas da época) e a necessidade de compatibilização com soluções de impermeabilização diferentes das empregadas atualmente. As adequações a serem feitas resultam em uma reforma de grande porte, incluindo o prolongamento do mezanino sobre a



região das vias existentes até o encontro com o futuro mezanino da Linha 6, a demolição da parede que hoje faz o fechamento da extremidade sul da estação, a reconfiguração dos acessos e o aumento das plataformas, entre outras intervenções indicadas nas figuras subsequentes.

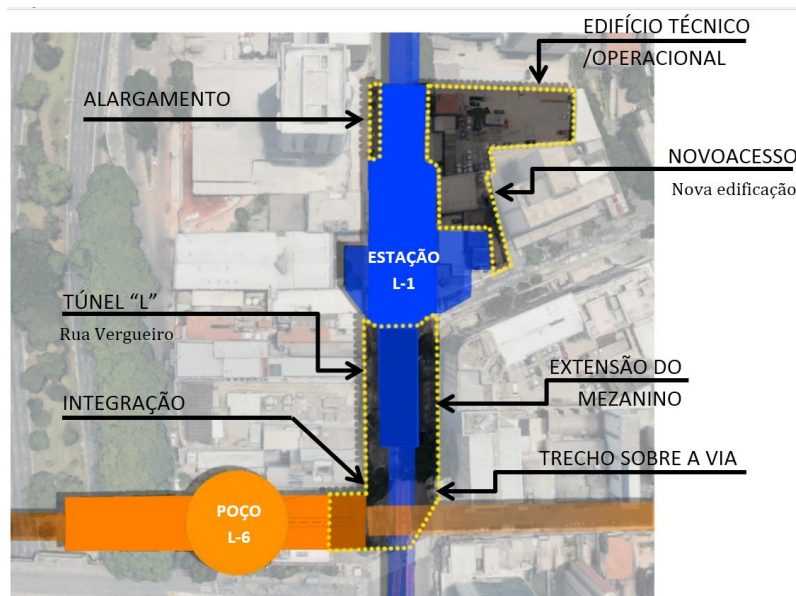


Figura 15: Intervenções na estação São Joaquim da Linha 1 – Azul para integração com a Linha 6 – Laranja

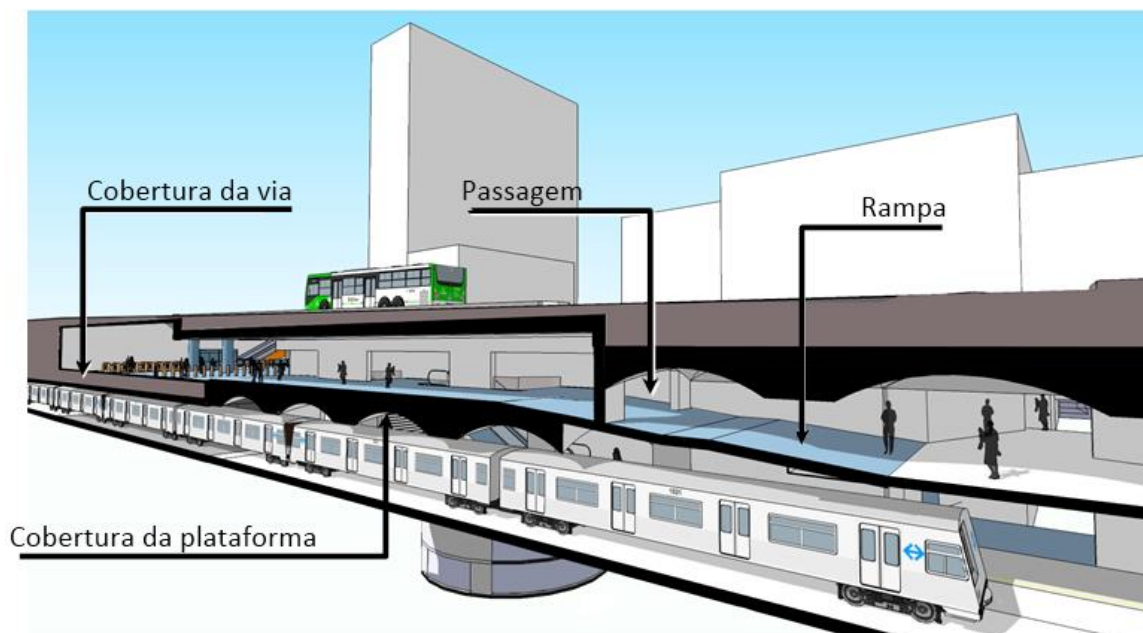


Figura 16: Corte perspectivado do novo pavilhão de integração sobre a plataforma e trecho de via na Linha 1 - Azul

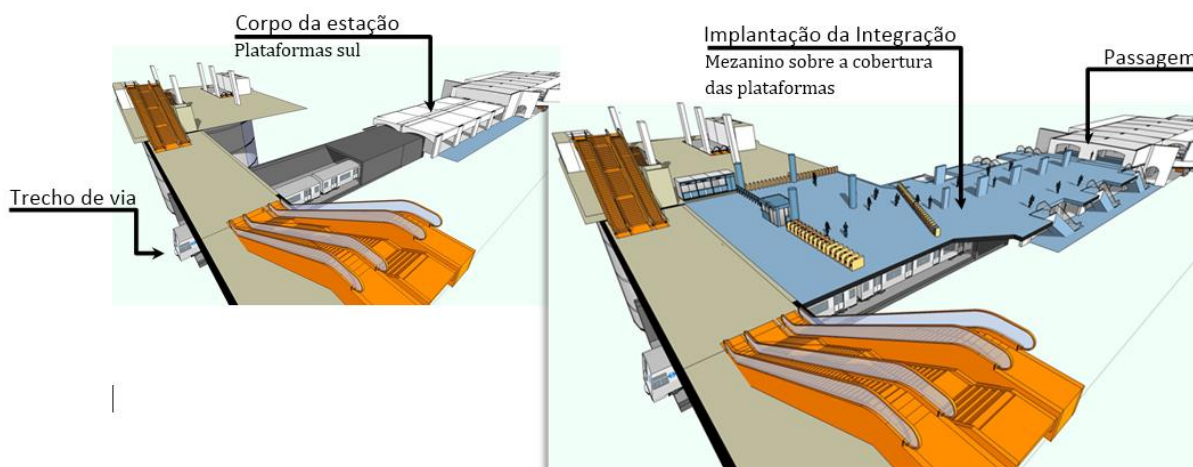


Figura 17: Pavilhão de integração e sua acomodação sobre a cabeceira sul da estação da Linha 1 - Azul

A solução estrutural para a ampliação da estação foi concebida considerando-se, para a estrutura existente, a resistência especificada no projeto da época (15 MPa, de modo geral). Para refinamento na fase subsequente, foi prevista no contrato de Projeto Executivo e Obra a realização de ensaios com testemunhos a serem extraídos desta estrutura para se obter os valores de resistência com dados coletados em campo.

Também foram previstos ensaios de arrancamento de chumbadores para subsídio de projeto executivo, uma vez que os catálogos dos fornecedores destes insumos e documentos técnicos como ABECE (2018) não contemplam sua utilização para concretos com resistência característica a compressão inferior a 20 MPa. A ligação da nova estrutura com a existente é um ponto especial de atenção neste projeto, pois, além da relevância inerente a este aspecto, trata-se da interação entre peças de concreto com cerca de 50 anos de diferença de idade.

Destaca-se, ainda, a complexidade da intervenção no Acesso Oeste, com escavação sob estrutura de comércio existente a ser mantida, que demandou a transferência das cargas das fundações atuais para novas fundações por meio de macaqueamento.

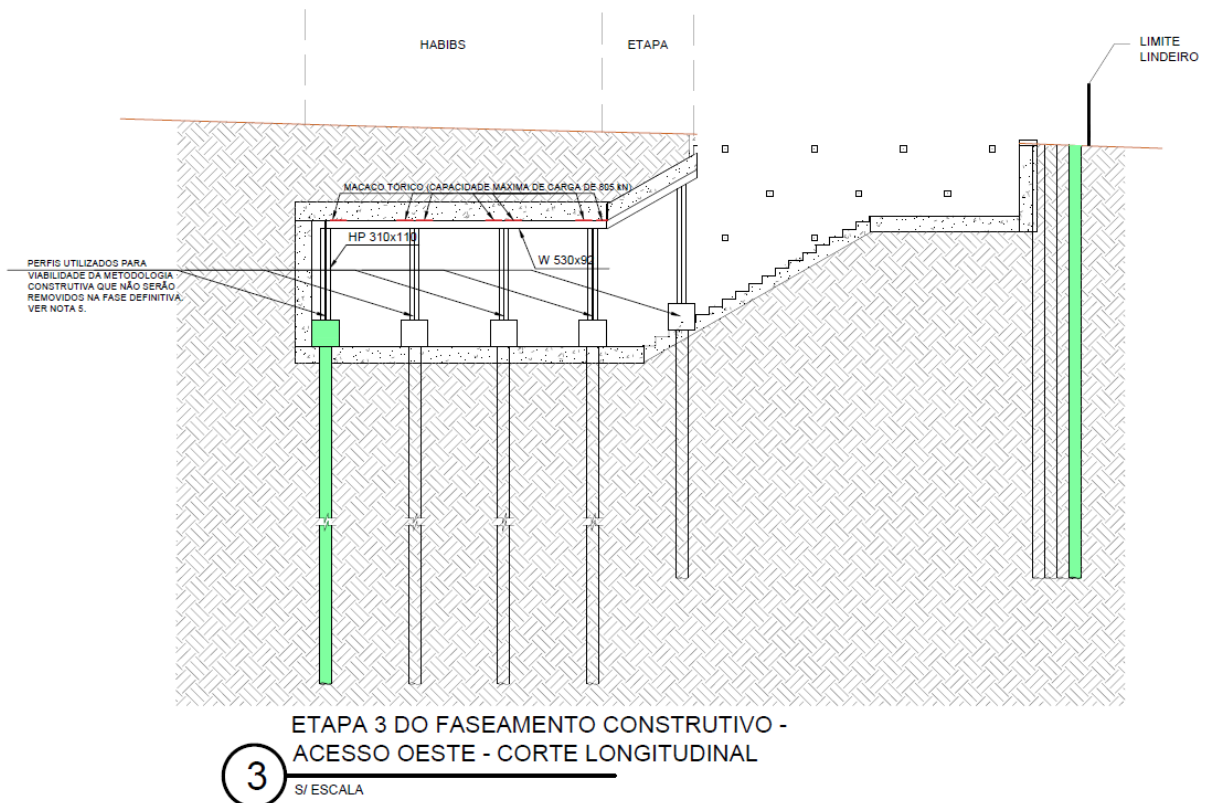


Figura 18: Uma das etapas construtivas da intervenção no Acesso Oeste - uso de macaco tórico.



## **Anhangabaú**

A estação Anhangabaú será a responsável por conectar a Linha 3 – Vermelha à futura Linha 19 – Celeste, que ligará a região do Bosque Maia, em Guarulhos, ao centro de São Paulo.

Além da construção de uma nova estação Anhangabaú para a Linha 19 e das estruturas de conexão entre as duas estações, será feita a ampliação da estação da linha 3, com a criação de uma nova plataforma.

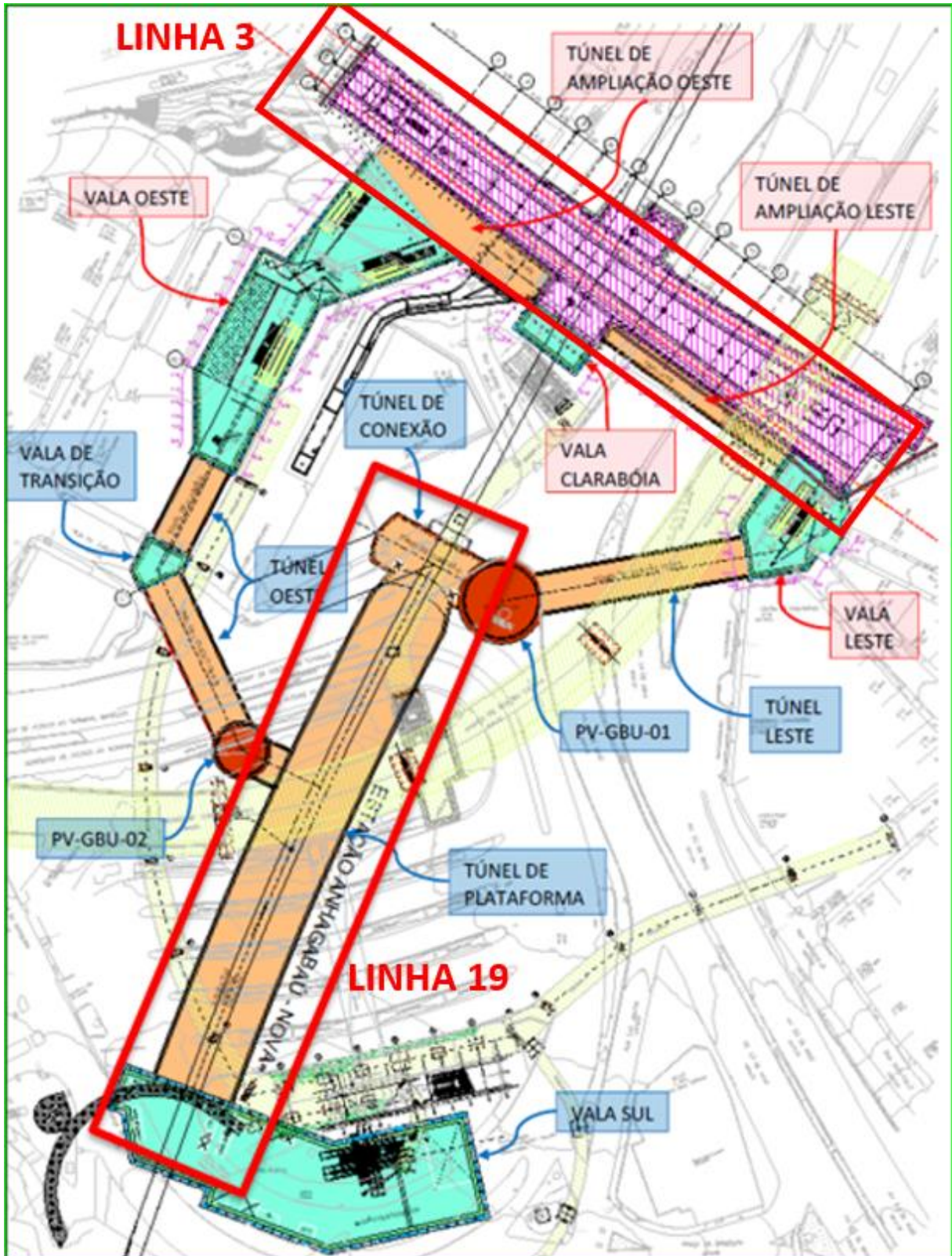
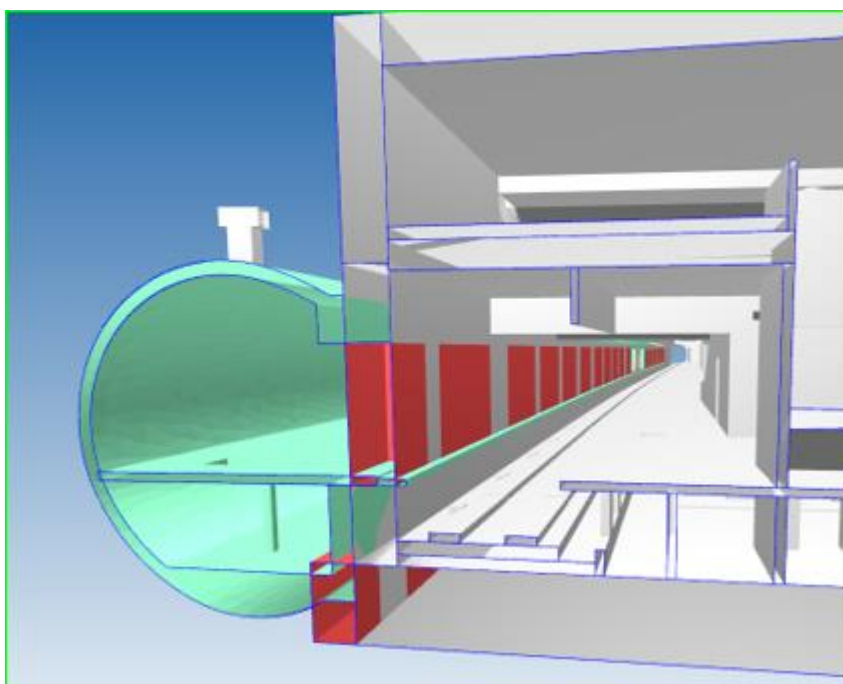


Figura 19: Anhangabá - estações das linhas 3 e 19 e respectivas estruturas de conexão.

Para isso, faz-se necessário cortar diversos trechos de uma das paredes adjacentes à via, de modo a permitir o acesso à nova plataforma, a ser construída atrás dela.

A figura a seguir mostra, em verde, o novo túnel de plataforma, acessado por meio das aberturas (em vermelho) a serem feitas na parede existente.



*Figura 20: Nova plataforma para a estação Anhangabaú da Linha 3, aberturas na parede existente e uma das plataformas existentes*

A execução destas aberturas requer a realização de uma série de cortes cuidadosos ao longo dos respectivos perímetros, com o uso de fio diamantado, e suas posições foram pensadas de modo que os trechos remanescentes se constituam em pilares cujo distanciamento ainda permita a condução dos esforços até o solo (com os devidos reforços) e faça o alinhamento adequado com os módulos das portas de plataforma. As aberturas têm largura de 4,30 m e os trechos de parede remanescentes formam pilares com largura típica de 85 cm.



Este tipo de intervenção envolvendo corte/demolição parcial de elementos estruturais e criação de novos elementos referentes ao aumento do ambiente ocorreu em diversos trechos da estação existente.

Como solução, foram previstas sequências executivas específicas para cada unidade construtiva que compõe a estação. Nestas sequências executivas, nota-se a peculiaridade inerente a cada ponto de intervenção, mas os aspectos listados a seguir estão presentes em quase todas:

- Demolição parcial cuidadosa, preservando parte da armação existente (em geral, 90 cm a 1 m) para posterior ligação com o reforço do trecho remanescente e a nova concretagem.
- Execução do reforço nos trechos remanescentes dos elementos estruturais e solidarização com a armadura preservada do trecho demolido.
- Concretagem dos novos elementos em fases e fazendo-se a escarificação das faces dos elementos remanescentes.
- Definição detalhada da sequência de trechos que podem ser demolidos, reforçados e construídos de modo a se viabilizar as transferências de carga necessárias e garantir a estabilidade da estrutura durante toda a etapa de execução.
- Definição dos pontos com necessidade de escoramento e respectivos momentos de instalação e retirada.
- Interface com a preservação da impermeabilização existente e sua continuidade com a impermeabilização dos novos trechos.

## SEQUÊNCIA EXECUTIVA - VL- LESTE

- 1 EXECUTAR PRIMEIRA FASE DO REFORÇO DOS PILARES, CHUMBANDO ARMADURAS DE LIGAÇÃO COM A PAR.C. CONCRETAR NOVO PILAR. (VER DET. 1)
- 2 DEMOLIR PAREDE DIAFRAGMA NA REGIÃO DE DESEMBOQUE DO TÚNEL.
- 3 EXECUÇÃO DA VIGA NOVA DE REFORÇO, CHUMBAR ARMADURA DE LIGAÇÃO NA PAREDE EXISTENTE, MONTAR ARMADURA LONGITUDINAL, ROSQUEANDO NAS BARRAS DE ESPERA DO TÚNEL DE AMPLIAÇÃO LESTE, CONCRETAR A VIGA
- 4 1ª ETAPA DE DEMOLIÇÃO DA PAREDE C  
DEMOLIR FAIXA DE 1,00 m DA PAREDE NAS LATERAIS DOS PILARES COM FIO DIAMANTADO. (VER DET. TÍPICO)
- 5 DEMOLIR RESTANTE DA FAIXA DE 1,00 m NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR DA ABERTURA PRESERVANDO 90 cm DA ARMADURA EXISTENTE
- 6 ESCARIFICAR AS FACES LATERAIS E FRONTAL DA PAREDE EXISTENTE NO TRECHO DO PILAR E AS FACES SUPERIOR E INFERIOR DA ABERTURA.
- 7 MONTAGEM DA ARMADURA DE REFORÇO DO PILAR EXISTENTE, DA ARMADURA DA SEGUNDA ETAPA DE CONCRETAGEM DO NOVO PILAR E DO ESTRIBO ENVOLVENDO AMBOS. CONCRETAR O PILAR.
- 8 CHUMBAR ARMADURA LONGITUDINAL DE REFORÇO DAS VIGAS EXISTENTES NO PILAR, PREVENDO LUVAS NA OUTRA EXTREMIDADE. DOBRAR E SOLDAR AS ARMADURAS VERTICAIS DA PAREDE, FORMANDO OS ESTRIBOS DA VIGA EXISTENTE. DOBRAR O ESTRIBO QUE LIGA AMBAS AS VIGAS. CONCRETAR OS DOIS TRECHOS DE REFORÇO ADJACENTES AO PILAR.
- 9 2ª ETAPA DE DEMOLIÇÃO DA PAREDE.  
DEMOLIR UM TRECHO COM 1,20 m DE LARGURA NO CENTRO DO VÃO ENTRE PILARES, SEGUINDO A METODOLOGIA DOS PASSOS 4) e 5).
- 10 POSICIONAR ARMADURA LONGITUDINAL DE REFORÇO DA VIGA EXISTENTE, PREVENDO LUVAS NAS DUAS EXTREMIDADES DESSAS BARRAS, DOBRAR E SOLDAR AS ARMADURAS VERTICAIS DA PAREDE, FORMANDO OS ESTRIBOS DA VIGA EXISTENTE. DOBRAR O ESTRIBO QUE ENVOLVE AMBAS AS VIGAS, CONCRETAR TRECHO CENTRAL DE REFORÇO DO PRIMEIRO VÃO.
- 11 INSTALAÇÃO DE ESCORAMENTO NO MEIO DO VÃO.
- 12 3ª ETAPA DE DEMOLIÇÃO DA PAREDE  
DEMOLIÇÃO DO TRECHO DE PAREDE REMANESCENTE, PRESERVANDO ARMADURA EXISTENTE NAS FAIXAS SUPERIOR E INFERIOR.
- 13 ESCARIFICAR AS FACES SUPERIOR E INFERIOR DA ABERTURA NO TRECHO DA ÚLTIMA DEMOLIÇÃO.
- 14 POSICIONAR ARMADURA LONGITUDINAL DE REFORÇO DA VIGA EXISTENTE, PREVENDO LUVAS NAS DUAS EXTREMIDADES DESSAS BARRAS, ROSQUEAR NA ARMADURA DE ESPERA DOS TRECHOS ANTERIORES, DOBRAR E SOLDAR AS ARMADURAS VERTICAIS DA PAREDE, FORMANDO OS ESTRIBOS DA VIGA EXISTENTE. DOBRAR O ESTRIBO QUE ENVOLVE AMBAS AS VIGAS, CONCRETAR TRECHO FINAL DE REFORÇO FINALIZANDO AS VIGAS SUPERIOR E INFERIOR DO PRIMEIRO VÃO.
- 15 REMOÇÃO DO ESCORAMENTO, DO PRIMEIRO VÃO.
- 16 REPETIR OS PASSOS 4) AO 14) PARA 2ª ABERTURA
- 17 DEMOLIR TRECHO FINAL DA PAREDE EXISTENTE DO EIXO C JUNTO A PAREDE DIAFRAGMA ENTRE OS NÍVEIS DA PLATAFORMA E MEZANINO
- 18 EXECUTAR NOVA PAREDE NO EIXO C ENTRE OS NÍVEIS DA PLATAFORMA E MEZANINO.
- 19 DEMOLIR TRECHO FINAL RESTANTE DA PAREDE EXISTENTE NO EIXO C.
- 20 DEMOLIR TRECHO DA PAREDE DO EIXO C ENTRE NÍVEIS DO MEZANINO E COBERTURA PRESERVANDO 90cm DAS ARMADURAS VERTICAIS NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR.
- 21 CHUMBAR ARMADURAS DE LIGAÇÃO NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR, MONTAR ARMADURA DO PILAR E CONCRETAR
- 22 CHUMBAR AS EXTREMIDADES DA ARMADURA LONGITUDINAL DE REFORÇO DAS FACES SUPERIOR E INFERIOR DAS ABERTURAS, PREVENDO LUVAS NA OUTRA EXTREMIDADE, DOBRAR E SOLDAR AS ARMADURAS VERTICAIS DA PAREDE FORMANDO OS ESTRIBOS E CONCRETAR O REFORÇO.
- 23 DEMOLIR RESTANTE DA PAREDE EXISTENTE NO EIXO C, PRESERVANDO 90cm DAS ARMADURAS NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR.
- 24 COMPLETAR REFORÇO DAS VIGAS, ROSQUEANDO AS BARRAS HORIZONTAIS NAS LUVAS POSICIONADAS E MONTAR ARMADURA CONFORME PASSO 22).

Figura 21: Exemplo de descrição de sequência executiva presente em um dos desenhos da ampliação da estrutura da estação Anhangabaú da Linha 3 – Vermelha.

À semelhança do que foi mencionado para a estação São Joaquim, o Projeto Básico previu que, na fase seguinte do empreendimento (Projeto Executivo e Obra), sejam realizados ensaios





para se aferir os valores reais de resistência alcançados pelo concreto da estrutura existente. Mas, levando em conta o aprendizado obtido com a experiência da estação da Linha 1 – Azul e recebendo o apoio das equipes de Manutenção, foi possível realizar esta atividade ainda durante o Projeto Básico, possibilitando que se confirmassem os valores adotados, os quais se baseavam na resistência especificada no projeto da década de 80 e nas considerações teóricas que sugerem certo aumento na resistência do concreto ao longo dos anos.

### **Aspectos Relacionados a Custos de Execução**

Além das particularidades referentes às soluções de projeto, a realização de grandes alterações estruturais nas estações em operação requer também que as planilhas para orçamento das obras reflitam as especificidades deste tipo de intervenção. Por isso, em todos os casos mencionados acima, foram definidos quantitativos para serviços em horário restrito e/ou em condição de maior limitação. O horário restrito corresponde ao período da madrugada em que não há circulação de trens e as condições de maior limitação estão associadas a questões como:

- Cuidados adicionais relacionados às estruturas e instalações existentes.
- Proximidade com a estação em operação.
- Tempo adicional de mobilização de equipamentos e mão-de-obra.
- Trabalho em espaços de área reduzida.
- Restrições quanto ao transporte vertical de materiais.



### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O início dos trabalhos foi caracterizado pela necessidade de contemplar diversos aspectos diferentes dos habituais, inclusive riscos relacionados à segurança estrutural e à operação das estações. Finalizada a fase de concepção, a consulta aos projetos (incluindo a interface com as demais disciplinas envolvidas) mostra que houve êxito em alcançar soluções tecnicamente viáveis, seguras, com custo razoável e que minimizam os impactos operacionais. Em todos estes aspectos, ainda permanecem questões a serem observadas com atenção, tais como a complexidade de certas execuções, a necessidade de monitoramento intenso e de cuidados adicionais, a menor produtividade das equipes em certos serviços (quando comparada a sua realização em estações novas) e a alteração temporária no funcionamento das estações. Mas foi possível estabelecer definições de projeto que equilibram estes pontos e dão condições para que sejam alcançados os resultados esperados.

O projeto executivo do novo túnel de conexão entre as estações Paulista e Consolação manteve a solução concebida no projeto básico, seguindo para seu detalhamento sem alterações significativas, o que reforça a percepção de êxito mencionada acima. No momento de conclusão deste artigo (início de agosto de 2024), está em construção o trecho de túnel que passa sob a Linha 2, que é uma intervenção crítica, em função da proximidade com a via operacional. Sua execução ocorre aos domingos e nas primeiras horas da madrugada das segundas-feiras, período no qual foi possível programar que a circulação de trens na estação Consolação seja feita por via única.



Figura 22: Comunicado aos passageiros na estação Consolação: alteração na operação comercial em função das obras do novo túnel de conexão.

As figuras abaixo mostram também os pontos nos quais as duas extremidades no novo túnel se encontrarão com as estruturas existentes, em regiões com fluxo intenso de passageiros nos horários de pico.



Figura 23: Desemboque do novo túnel na estação Paulista da Linha 4 – Amarela

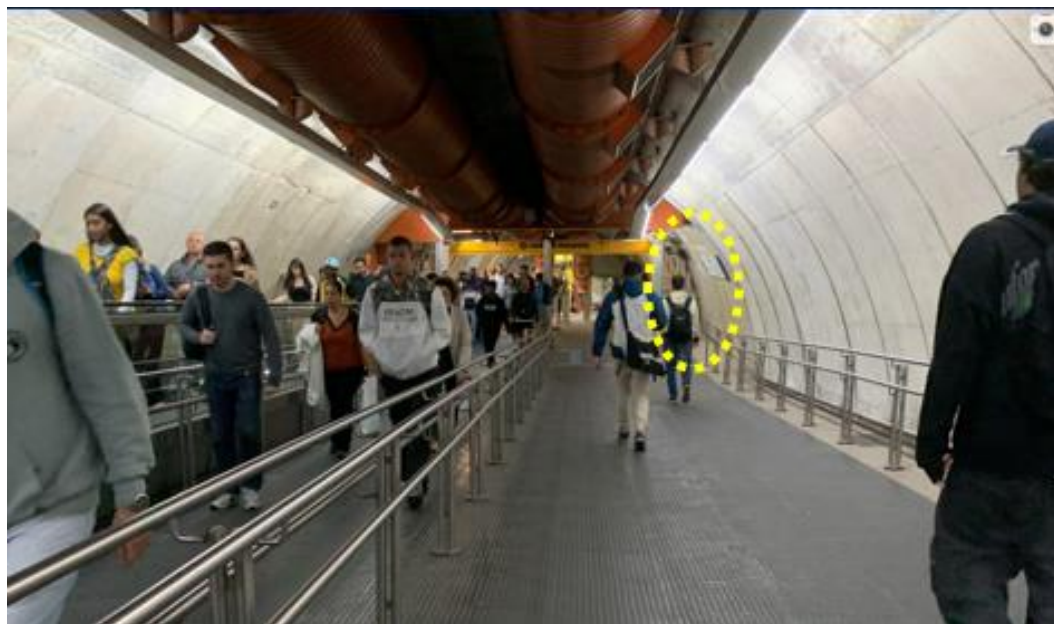


Figura 24: Desemboque do novo túnel na estação Consolação da Linha 2 - Verde

Assim como no caso deste novo túnel de conexão, o projeto executivo de ampliação da estação



Vila Prudente também seguiu sem necessidade de alterações significativas no que foi definido na etapa anterior. As intervenções previstas na solução de arquitetura permitem um grande aumento na capacidade de circulação vertical (cerca do dobro da atual) e o projeto estrutural (em conjunto com as demais disciplinas) conseguiu viabilizar a execução disso sem grandes interferências na operação das duas estações. Para a execução dos serviços, foi possível estabelecer o isolamento de trechos relativamente pequenos e de modo escalonado, de maneira que as restrições são aceitáveis do ponto de vista operacional, mantendo boas opções de circulação para os passageiros durante o período de obras.

A figura abaixo mostra, em junho de 2023, a execução do prolongamento do canal de exaustão 02 e dos elementos que servirão também para receber as cargas das novas escadas rolantes da região de integração. Adicionalmente, é possível observar a construção da área comercial, a escada de acesso à Rua Cavour já concluída e as rotas alternativas criadas para substituir os trechos interditados durante a obra.



Figura 25: Intervenções em execução e já executadas na estação Vila Prudente da Linha 2 e na integração com a Linha 15 (junho/2023).

As próximas duas figuras mostram escadas cuja implantação está finalizada. A primeira delas é das três escadas rolantes instaladas na integração entre as linhas, no mesmo local da figura acima. Elas foram disponibilizadas ao público em julho de 2024. A segunda figura apresenta uma escada fixa e uma escada rolante que foram adicionadas à plataforma oeste (próxima ao canal de exaustão 2), bem como os complementos de laje feitos nas proximidades delas.



Figura 26: Novas escadas rolantes na integração entre as linhas 2 e 15.

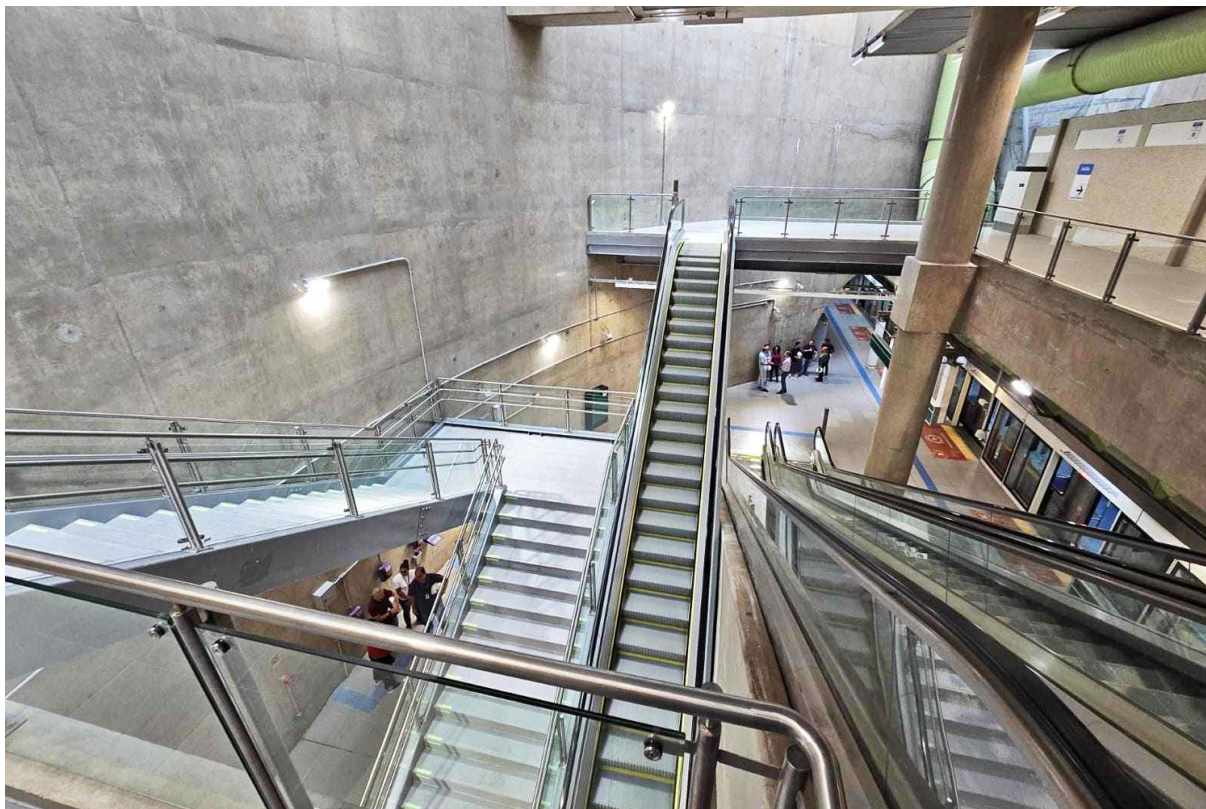


Figura 27: Nova escada fixa (à esquerda) e nova escada rolante (ao centro) na plataforma oeste da estação Vila Prudente da Linha 2.

O projeto executivo da estação São Joaquim está em fase inicial de desenvolvimento, no que se refere às estruturas destacadas neste artigo. No caso de Anhangabaú, o projeto básico é bastante recente e, por enquanto, a elaboração do projeto executivo não teve início.

Ambos envolvem soluções complexas, especialmente o de Anhangabaú, em função da construção de toda uma nova plataforma. Para a execução das aberturas na parede que darão acesso a esta plataforma, foi previsto o fechamento da estação de 00h00 dos domingos até 04h00 das segundas-feiras.

Em um contexto mais amplo (considerando as estações das linhas 3 e 19, as limitações de espaço em seu entorno e as diversas disciplinas envolvidas), a intervenção em Anhangabaú está entre as mais complexas da história do Metrô de São Paulo. Mas o conteúdo desenvolvido





em projeto até o momento representou um salto para se avançar de um estágio com perspectivas de grandes dificuldades para uma nova condição em que já são visualizadas ações viáveis e concretas para se alcançar os resultados esperados.

Como melhoria para próximos casos, avalia-se contemplar a realização de ensaios referentes às estruturas existentes já na contratação do projeto básico.

#### 4. CONCLUSÕES

As intervenções estruturais em estações existentes do Metrô de São Paulo tendem a ser mais frequentes conforme a malha de transporte sobre trilhos se expande. Pelo fato de quase sempre ser necessária a convivência entre obras e operação comercial das estações, estas intervenções trazem consigo dificuldades adicionais a estruturas que, por si só, já possuem certa complexidade. Somam-se a isso as limitações de espaço físico impostas pela necessidade de se adaptar a geometrias existentes. Cada um dos projetos citados neste artigo apresentou desafios particulares e, por consequência, soluções específicas para eles. Contudo, há aprendizados que puderam ser aproveitados cumulativamente, tais como a realização de ensaios para caracterização da estrutura existente para subsídio de projeto e a utilização de critérios próprios para previsão de custos.

As experiências aqui relatadas também contribuíram muito para um novo modo de pensar, para a criação de soluções deste tipo, o qual pode ser muito útil em casos futuros, ainda que possuam certas características distintas das vivências anteriores.

Este artigo facilita a disseminação e a gestão deste conhecimento, que é bastante relevante e tende a ser necessário com maior frequência.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2023.

ABECE: Recomendações ABECE – Projeto de fixações com chumbadores químicos em elementos de concreto. São Paulo. 2018.

Ampliação do complexo de estação da Vila Prudente do Metrô atinge nova etapa. Metrô de São Paulo, São Paulo, 5 de abril de 2024.

Disponível em:

<https://www.metro.sp.gov.br/2024/04/05/ampliacao-do-complexo-de-estacoes-da-vila-prudente-do-metro-atinge-nova-etapa/>>. Acesso em 04/08/2024

Metrô implanta seis novas escadas rolantes na interligação entre as linhas 2-Verde e 15-Prata na estação Vila Prudente. Diário do Transporte. São Paulo, 11 de julho de 2024.

Disponível em:

<https://diariodotransporte.com.br/2024/07/11/metro-implanta-seis-novas-escadas-rolantes-na-interligacao-entre-as-linhas-2-verde-e-15-prata-na-estacao-vila-prudente/#:~:text=A%20partir%20das%2018h%20desta,fruto%20da%20amplia%C3%A7%C3%A3o%20do%20local>>. Acesso em 04/08/2024

Linha 2-Verde: estação Vila Prudente ganha duas novas escadas. Metrô CPTM, São Paulo, 26 de abril de 2024. Disponível em:



<https://www.metrocptm.com.br/linha-2-verde-estacao-vila-prudente-ganha-2-novas-escadas/>.

Acesso em 04/08/2024