

## **CATEGORIA 2**

# **ABASTECIMENTO SUBTERRÂNEO DE ÁGUA POTÁVEL PARA AS ESTAÇÕES DA LINHA 4 – AMARELA DE METRÔ DE SÃO PAULO**

## **AUTORES**

### **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar o conceito técnico, econômico e sustentável de abastecimento de água potável das Estações da Linha 4 – Amarela a partir do poço artesiano localizado nas instalações no Pátio Vila Sônia para atendimento das unidades consumidoras: Estação Luz, República, Paulista, Fradique Coutinho, Oscar Freire, Higienópolis, Faria Lima, Pinheiros e Butantã, Morumbi. A água é abastecida através do túnel de via dos trens, aproveitando as características geométricas da linha para minimizar a necessidade de bombeamento até os reservatórios das estações. A implantação do sistema de abastecimento de água potável a partir do poço artesiano teve objetivo inicial de mitigação os riscos de falta de abastecimento público de água durante crise hídrica, no entanto mostrou-se uma alternativa muito benéfica em diversos aspectos.

## **2. DIAGNÓSTICO**

No 1º trimestre de 2015, com agravamento da crise hídrica em São Paulo, representantes da SABESP realizaram visita na ViaQuatro para informar que, na escassez de água, a ViaQuatro não seria abastecida prioritariamente pois, nas diretrizes da SABESP, o recurso hídrico seria destinado a “hospitais, delegacias, grupamentos do Corpo de Bombeiros, penitenciárias e outros”.

Durante a crise hídrica no estado de São Paulo em 2014–2016 o sistema Cantareira foi um dos mais afetados. Este é o maior dos sistemas administrados pela Sabesp destinados a captação e tratamento de água para a Grande São Paulo e um dos maiores do mundo, sendo utilizado para abastecer 8,8 milhões de habitantes.

Devido a sucessivas baixas históricas no início de 2014, a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) determinaram uma redução da vazão máxima de captação de água do sistema, de 31 para 27,9 m<sup>3</sup>/s, a partir de 10 de março de 2014. Para atender esta determinação, a Sabesp utilizou água dos sistemas Guarapiranga e Alto Tietê para abastecer clientes antes atendidos pelo sistema Cantareira.

Diante disto, com o objetivo de garantir a operação contínua da Linha 4 – Amarela foram iniciados os estudos e ações na busca de solução eficaz e economicamente viável, de modo a garantir o abastecimento de água para o Pátio de Manutenção e Estacionamento de Trens e Estações de modo independente e sustentável.

A solução através de água subterrânea proporciona a redução do uso de água da rede pública, no caso de uma Concessionário de Metrô, deixando de ser um dos grandes

consumidores em “contrato de demanda firme”, onde hoje se enquadram indústrias, condomínios, prédios comerciais, hospitais, etc. Deixando de abastecer a Linha 4, evita-se grandes demandas de consumo, preservando o Sistema da Cantareira e Guarapiranga.

## 2.1 Metodologia

Ao aprofundar os estudos na região do entorno do Pátio de Manutenção e Estacionamento de Trens Vila Sônia, foi identificada a existência de diversos poços artesianos com grandes vazões. Assim, a Concessionária contratou empresa especializada para avaliar as condições do aquífero existente e implantar um poço artesiano no Pátio Vila Sônia (Figura 1).

A análise da água e da vazão demonstraram:

- Água de excelente qualidade, necessitando apenas de pré-cloração, filtração e controle de pH.
- Vazão de ordem de 15 m<sup>3</sup>/h, suficiente para suprir as necessidades do Pátio Vila Sônia e de todas as Estações da Linha 4 em suas Fases I e II, abastecendo 10 estações em atualmente operação.



**Figura 1 – Poço artesiano instalado no Pátio de Manutenção e Estacionamento Vila Sônia**

Para utilização da água para fins de consumo e garantir a potabilidade, foi projetada e executada uma Estação de Tratamento de Água (ETA) no Pátio Vila Sônia, conforme Figuras 2 e 3, dotada de sistema de tratamento físico-químico convencional através das seguintes fases de tratamento:

- Mistura rápida/pré-cloração: nesta etapa são adicionados os produtos químicos através de bombas dosadoras acionadas automaticamente que visam corrigir o pH e desinfetar a água do poço.
- Filtração: os sólidos com menor peso específico são retidos no processo de filtração.
- Verificação do cloro livre/pH: visando garantir a segurança sanitária e o padrão de potabilidade da água, é checado on-line através de um analisador de cloro residual livre e analisador de pH da água.



Figura 2 – Posições de implantação de do poço artesiano e da ETA no Pátio Vila Sônia

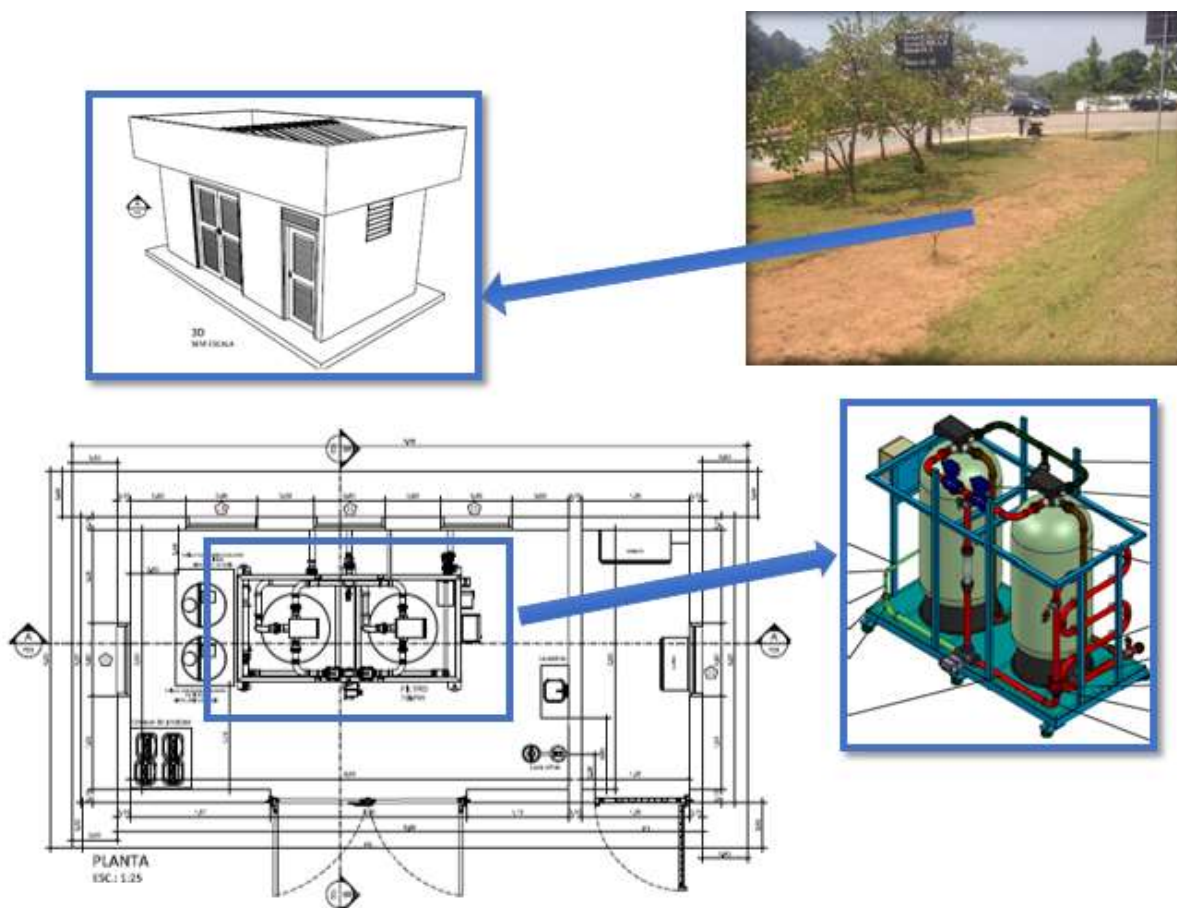


Figura 3 – Arranjo da ETA, com o módulo compacto de tratamento de água

O tratamento definido para a ETA garante que a água tratada atenderá os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação N°5/2017 do Ministério da Saúde.

Assim, assegurado o fornecimento de água pelo poço artesiano do Pátio Vila Sônia, iniciaram-se os estudos para o transporte de água tratada do Pátio até as Estações, com foco na avaliação dos aspectos técnicos, econômicos, impactos ambientais e de sustentabilidade. Foram avaliadas basicamente as duas principais alternativas:

- Caminhões-pipa que trafegariam no sistema viário urbano (veículo tipo semipesado com tanque de 10m³);
- Abastecimento de água através de tubulação ao longo do túnel de via.

O abastecimento através dos caminhões-pipa geraria tais pontos negativos:

- Consumo significativo de combustível e emissão de dióxido de carbono na atmosfera (Figura 4);

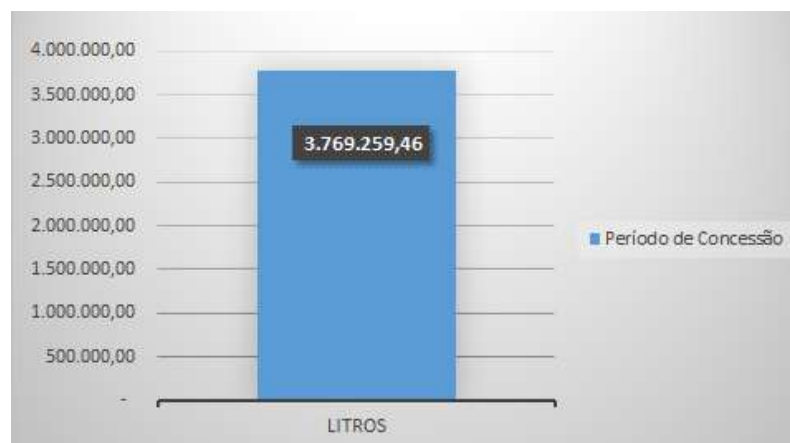


Figura 4 – Volume previsto de litros de óleo diesel a ser utilizado para abastecimento de água através de caminhões-pipa durante o período de Concessão da Linha 4

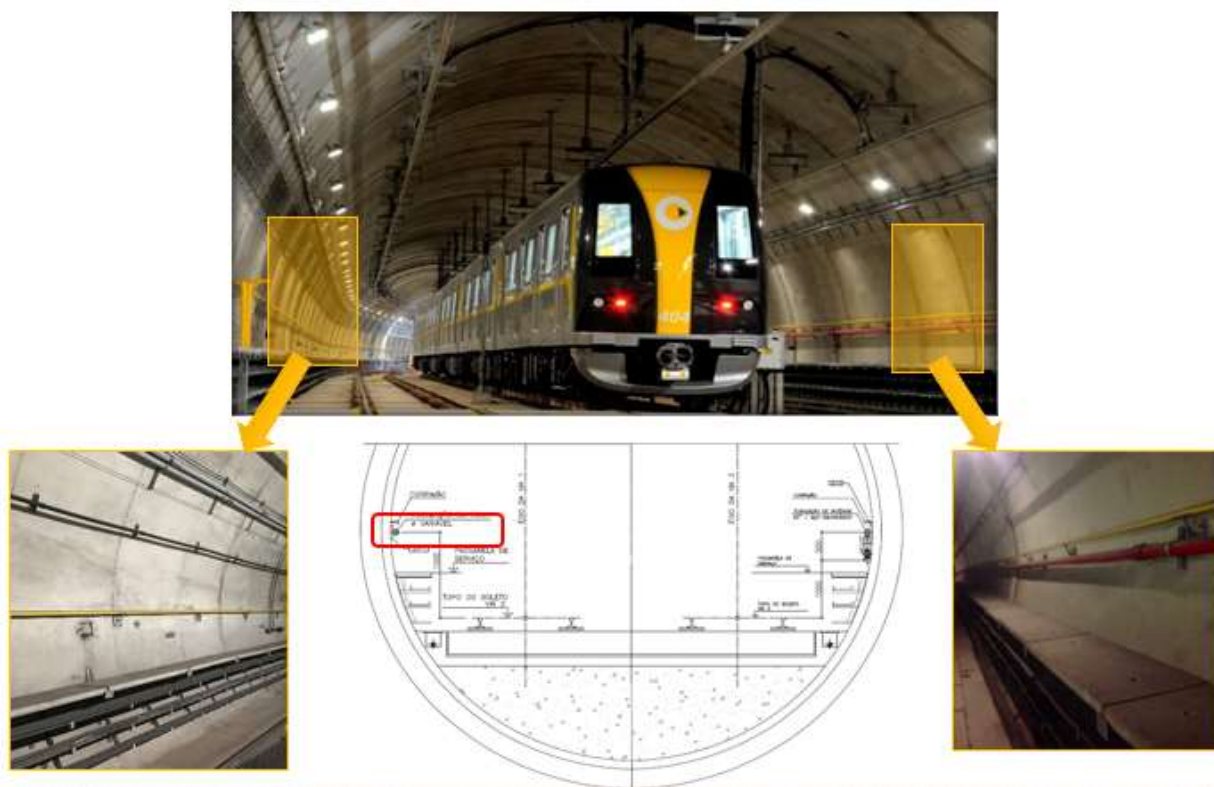
- O fornecimento da água poderia sofrer atrasos devido às condições de trânsito, além de ter sua circulação restringida em função das normas de trânsito da cidade de São Paulo, que limita os horários para seu tráfego;
- Dificuldade de estacionamento dos caminhões-pipa nos pontos de abastecimento das estações, visto que não estava previsto nos projetos originais tal acesso, o que geraria necessidade de adaptações no entorno das estações e/ou geraria impacto no trânsito;
- O abastecimento de água através de caminhões-pipa geraria necessidade de equipe de funcionários para sua operação;
- A logística do fornecimento de água deveria ser definida e rigorosamente monitorada de maneira a se adaptar às condições de consumo e capacidade de reservação de cada estação, sendo suscetível a erros humanos que poderiam acarretar na falta de abastecimento das estações.

Por outro lado, a solução de abastecimento pelo túnel de via dos trens através de uma nova rede de tubulações mostrou-se vantajosa nos seguintes aspectos:

- Solução ambiental sustentável, reduzindo o uso de água da rede pública;
- Capitaliza imagem positiva da Concessionária;
- Possibilidade de redundância de fornecimento de água pela rede pública, quando necessário;
- Mitigação a riscos de falta de abastecimento público de água (racionamento, manutenções das redes, etc);

- Tubulações com elevada resistência mecânica, térmica e química, de material similar aos materiais já utilizados no túnel;
- Facilidade para manutenção (rede aparente e conexões rosqueadas);
- Possibilidade de controle e operação automatizada do sistema de abastecimento de água das estações.

Assim, pelos vários pontos positivos, optou-se pela solução de abastecimento pelo túnel de via dos trens através da implantação da nova rede de tubulações, conforme Figura 5.



**Figura 5 – Abastecimento de água através do túnel de via**

A solução implantada consistiu em uma adutora de aço carbono, galvanizados e revestido internamente com pintura anticorrosiva por epóxi líquido, de diâmetro



variável entre  $\phi 4''$  e  $\phi 1\frac{1}{2}''$  que parte do reservatório elevado do Pátio Vila Sônia alimentado pelo poço artesiano, desenvolve traçado superficial pelas áreas do Pátio até a entrada do túnel de via dos trens, e segue por este túnel por toda a extensão da Linha 4, até a Estação da Luz, totalizando 12.590m de extensão. Esta adutora foi executada com tubos de extensão de 6m cada, com luvas roscadas para as conexões em suas extremidades, fixados na parede lateral do túnel logo acima da passarela de serviços, permitindo assim sua manutenção a qualquer momento, sem prejuízo da operação dos trens, conforme Figuras 6, 7 e 8.

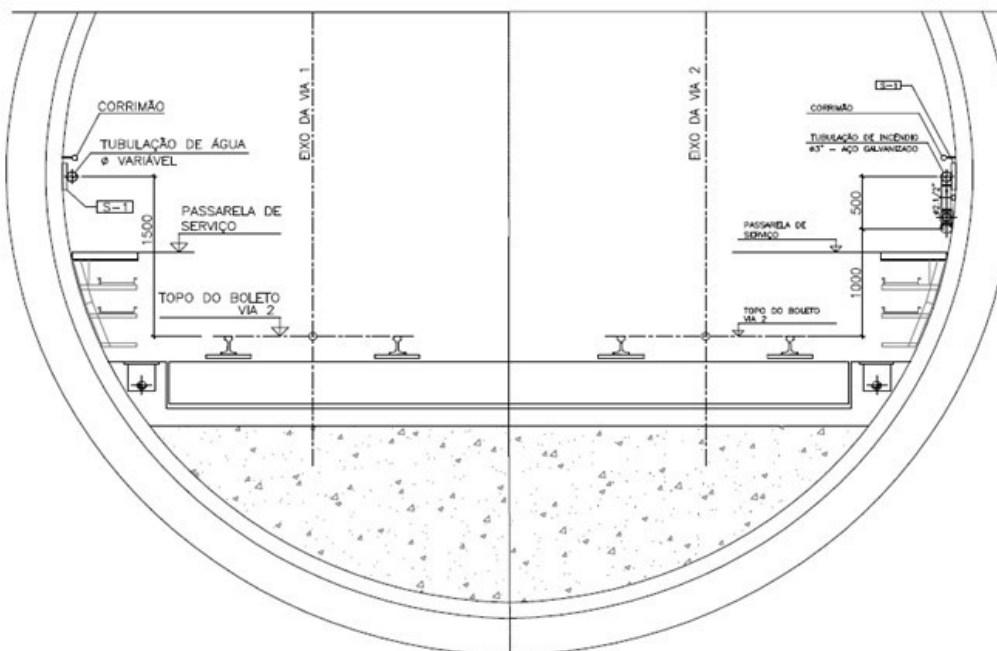
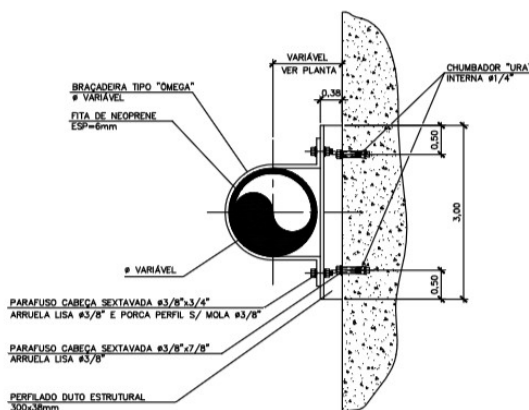
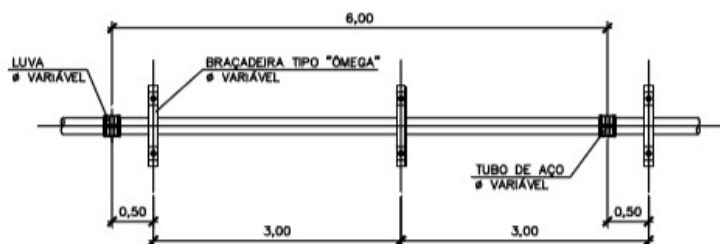


Figura 6 – Instalação da tubulação de água na parede do túnel



DETALHE 1 – SUPORTE ST-1  
S/ESC.  
\*MEDIDAS EM MILIMETROS

Figura 7 – Detalhe do suporte de fixação na parede do túnel



DETALHE DO ESPAÇAMENTO DO SUPORTE ST-1  
S/ESC.  
\* MEDIDAS EM METRO

Figura 8 – Fixação da tubulação na parede do túnel

Nas extensões das plataformas das estações a adutora passa pelo interior da galeria de exaustão da ventilação do Metrô, por sob a plataforma de embarque. Aproximadamente na região central da plataforma de cada estação é feita uma derivação da adutora, gerando um novo ramal em tubulação de cobre que irá alimentar o reservatório superior da respectiva estação. Para que a alimentação da água do Pátio Vila Sônia até as estações fosse otimizada economicamente, foi tirado proveito do perfil geométrico da Linha 4 (Figura 9). Isto porque o Pátio Vila Sônia, que se encontra na

extremidade sudeste da Linha 4, encontra-se na cota topográfica mais alta da Linha até a Estação Fradique Coutinho, onde inicia-se a subida da Linha pela Avenida Rebouças.

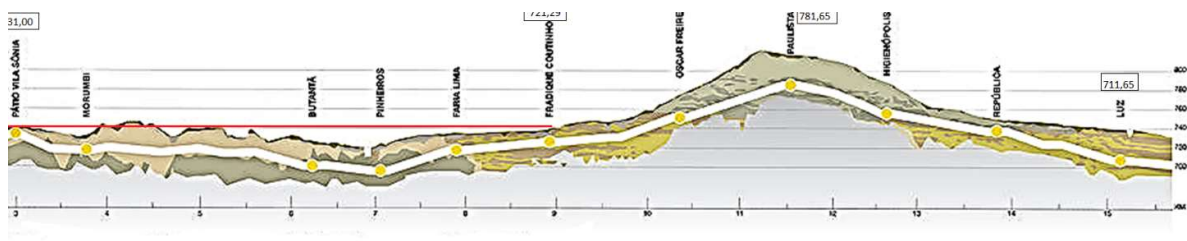
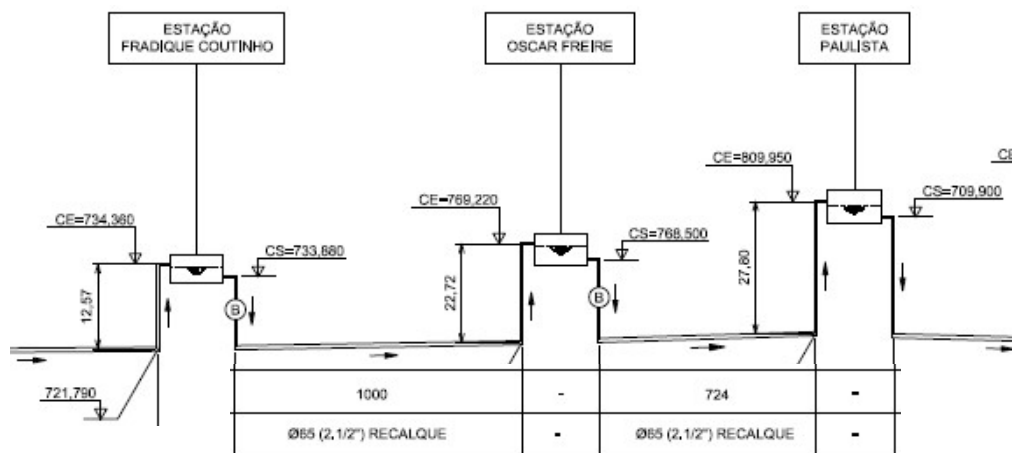
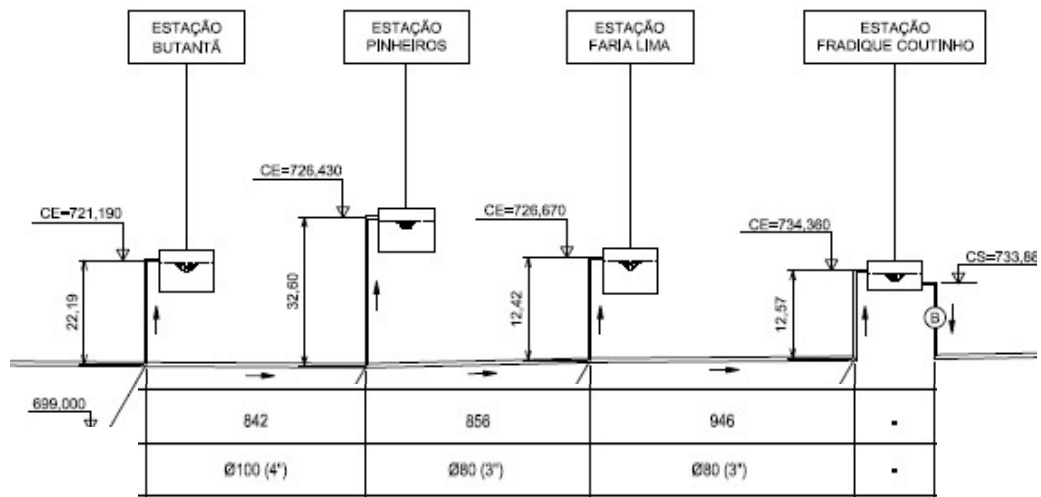
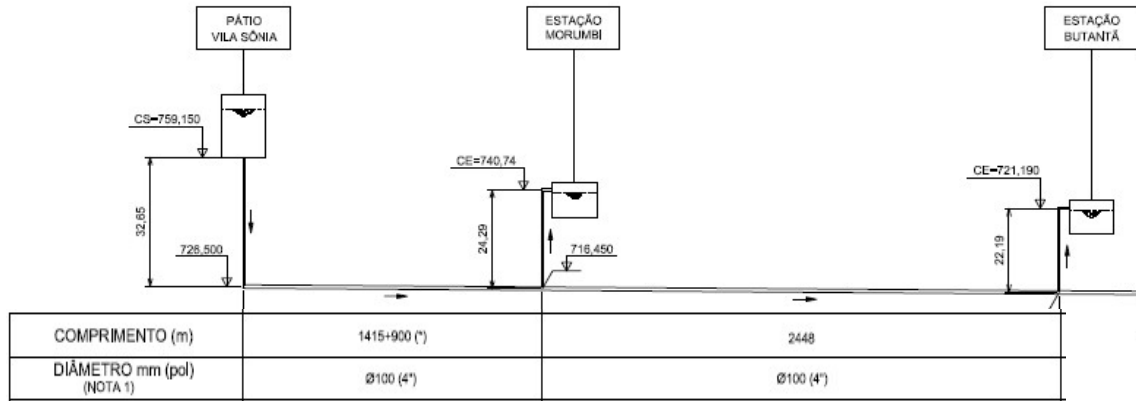
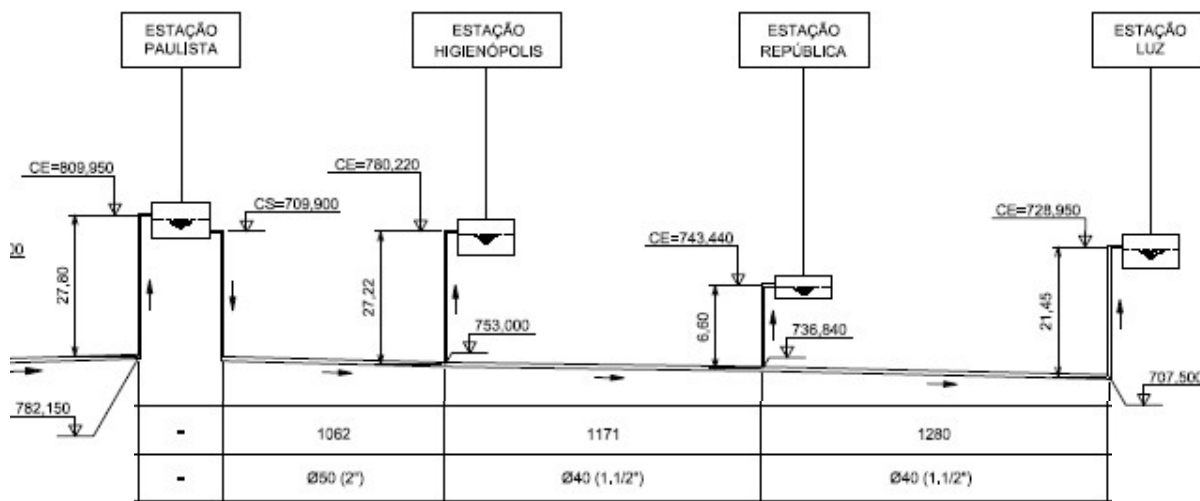


Figura 9 – Perfil esquemático da topografia ao longo da Linha 4

Assim, do Pátio Vila Sônia até a Estação Fradique Coutinho, o fluxo da água tratada ocorre por gravidade. Na mesma Estação Fradique Coutinho, para permitir o abastecimento de água do restante da Linha, foi instalada uma estação elevatória de pressão (com duas bombas redundantes) que fornece energia potencial suficiente para que o fluxo d'água alcance o reservatório superior da Estação Paulista, localizada no alto da Rua da Consolação, no espigão da Avenida Paulista, região mais alta de São Paulo.

E, novamente, a partir da Estação Paulista, o restante da Linha Amarela até a Estação Luz é alimentada por gravidade. Os Perfis esquemáticos dos trechos são apresentados na Figura 10.





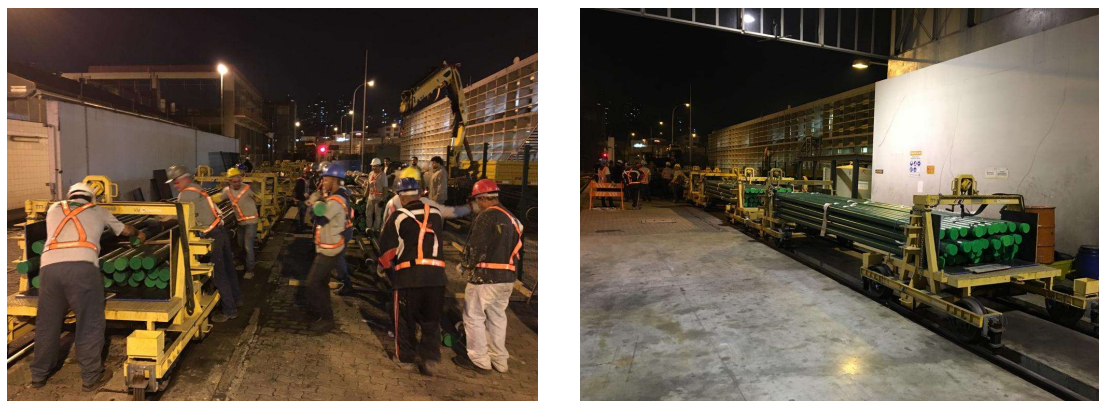
**Figura 10 – Perfis esquemáticos dos trechos: 1. Pátio Vila Sônia – Fradique Coutinho (gravidade); 2. Fradique Coutinho – Paulista (bombeado); 3. Paulista – Luz (gravidade)**

Em cada estação, a energia potencial da água na adutora principal no túnel de via é suficiente para que, sem necessidade de bombeamento, a alimentação do reservatório superior das estações aconteça. E, a partir de cada reservatório superior, toda a alimentação de água numa estação ocorre por gravidade.

Todos os cálculos hidráulicos realizados para a elaboração do projeto executivo permitiram o melhor custo-benefício entre dimensões das tubulações e custo de implantação e operação da estação elevatória da Estação Fradique Coutinho, bem como diversos outros recursos de automação e garantia da qualidade da água fornecida. Por exemplo, as bombas de recalque da Estação Fradique Coutinho são controladas automaticamente pelos sensores instalados no reservatório da Estação Paulista, garantindo o fornecimento econômico para todo o sistema. Em caso de falta de água no sistema de adução pelo túnel de via, detectadas pelo sistema de válvula de 3 vias

automáticas instalado no Pátio Vila Sônia, é acionado de forma automática o abastecimento pela rede agora secundária da Sabesp. E, na entrada dos reservatórios superiores de cada estação há um clorador de linha, para garantir a qualidade da água reservada e distribuída em cada estação de embarque.

A concepção do projeto executivo também considerou o fato de que a implantação da adutora principal no túnel de via ocorreria apenas nos horários sem operação dos trens (basicamente das 0h30min às 3h30min em cada dia), devendo ser rápida e eficiente e, posteriormente, de fácil manutenção. Por isto a adoção de tubos metálicos de extremidade rosqueada e luvas de conexão, que permitiram segurança e agilidade na sua implantação, sem prejuízo à operação do serviço de transporte público. As fotos das etapas da obra são apresentadas nas Figuras 11, 12 e 13.



**Figura 11 – Transporte da tubulação para o túnel, para distribuição na via para posterior instalação**



Figura 12 – Instalação da tubulação no túnel

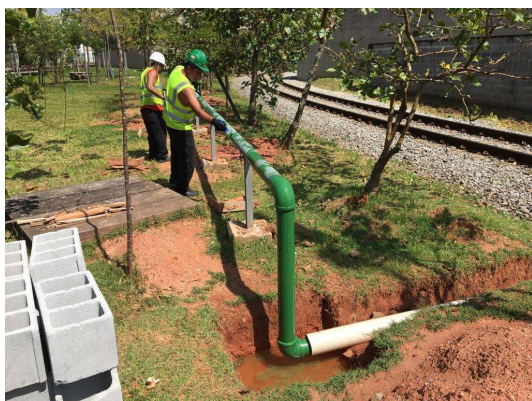


Figura 13 – Instalação da tubulação na via no Pátio

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Todo o projeto hidráulico da adutora no túnel de via dos trens e das conexões nas estações de passageiros foi implantado e está em operação desde março 2018.

Assim, aproveitando-se de maneira otimizada a vazão de água de boa qualidade obtida no poço artesiano implantado no Pátio Vila Sônia, foi possível realizar, de forma segura,

automatizada e econômica – utilizando a geometria da própria Linha – o abastecimento de todas as estações.

Desde 03/18 até 05/2019, foram poupados cerca de 41.300 m<sup>3</sup> de fornecimento da rede pública da Sabesp, que foram disponibilizados à população paulista

#### **4. CONCLUSÕES**

O abastecimento através de poço artesiano mostrou-se uma solução viável, sustentável, solucionando o problema de abastecimento de água em períodos de crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo, utilizando da melhor forma a estrutura já existente de túnel de via para viabilizar a passagem da tubulação, facilitando desta forma a execução e a posterior manutenção, garantindo, desta forma, abastecimento independente e contínuo para a operação da Linha 4.

O resultado da iniciativa teve elevado retorno socioambiental e econômico.

Declaramos que o presente trabalho é inédito, não tendo sido publicado em livro, revistas especializadas ou na imprensa em geral.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

NBR 5626 - Instalação Predial de água Fria.

NBR 09650 – Verificação de Estanqueidade no assentamento de adutoras e redes de água.



NBR 10165 – Desinfecção de tubulações de sistema públicos de abastecimento de água.

NBR 12221 – Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.

NBR 12214 – Projeto de sistema de bombeamento de água para o abastecimento público

NBR 12215 – Projeto de adutoras de água para o abastecimento público

NBR 12217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público

NBR 12218 – Projeto de redes de distribuição de água para o abastecimento público.

NBR 12266 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto e drenagem.

Wikipedia, Sistema Cantareira. Disponível em:

<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_Cantareira](https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Cantareira) >. Acesso em 1 de julho de 2019.

([https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_Cantareira](https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Cantareira))