

**3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CATEGORIA 3**

**DESAFIOS DA ESTAÇÃO URUGUAI: “IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE VENTILAÇÃO EM UM TÚNEL EXISTENTE, VISANDO GARANTIA DA SEGURANÇA, CONFORTO TÉRMICO E EXTRAÇÃO DE FUMAÇA”.**

**INTRODUÇÃO**

Inaugurado em 1979, o sistema metroviário da cidade do Rio de Janeiro conta atualmente com trinta e seis estações, sendo dez exclusivas da Linha 1; dezesseis exclusivas da Linha 2; e dez compartilhadas entre as duas linhas. Sendo que desse total, 20 estações da linha 1 são em túnel, onde, para a operação da Estação, o sistema de ventilação primária deve estar instalado e operacional.



Figura 1 - Mapa das Linhas 1 e 2 do Metrô do Rio de Janeiro

O projeto básico de linha do metrô do Rio de Janeiro estava traçado como sendo:

- Saens Peña a Botafogo;
- Maria da Graça a Barcas (Praça XV);
- E o pré-metrô de Pavuna a Maria da Graça.

Baseando-se neste projeto básico original da linha, foi inaugurado em 1979 o trecho de Praça Onze a Glória. Nos anos oitenta, foram inauguradas dezessete estações, incluindo três no bairro da Tijuca, ampliando a Linha 1 até a Estação Saens Peña. No prosseguimento da linha após a Estação Saens Peña, foi construída a área destinada a zona de manobras e

estacionamento de trens, denominada "Rabicho da Tijuca", prevista no projeto básico original. Sua finalidade era diferente das estações, somente para atender à demanda de estacionamento da Linha 1.

Os projetos para construção e expansão de todas as estações foram determinados conforme critérios estipulados pelo Estado.

Não prevista no projeto básico da linha, a Estação Uruguai seria localizada após o trecho "Rabicho da Tijuca", entre as ruas Conde de Bonfim e Uruguai, justificando a escolha do nome. No entanto, esta ideia não foi à frente naquele momento, voltando a ser debatida em meados dos anos noventa.

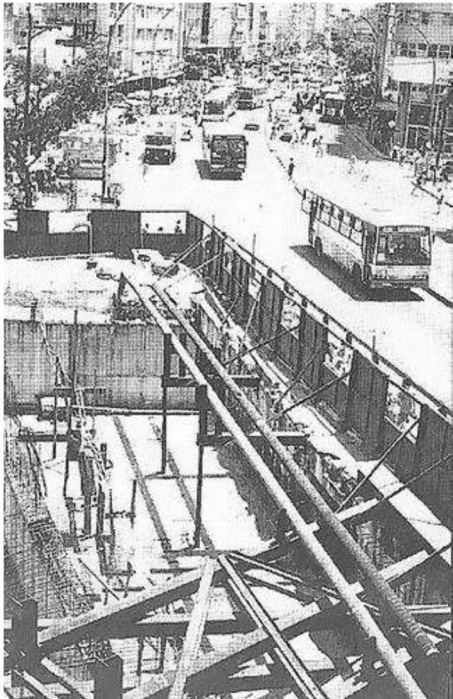


Figura 2 - Obras do Rabicho da Tijuca

A avaliação feita à época da inauguração da linha previu que as obras da Estação Uruguai teriam um grande impacto negativo para a comunidade local, o que contribuiu para o adiamento da construção. Ao longo das décadas seguintes, foram desenvolvidas soluções que aproveitavam a área já escavada ("Rabicho da Tijuca") para viabilizar a construção da nova estação, minimizando o impacto à rotina do entorno.

A solução para viabilidade de implantação trouxe um grande desafio para instalação dos sistemas necessários para a operação de uma estação de Metrô. O que era vantagem para alguns, tornou-se desafio para outros.

Na implantação de uma estação de metrô, o túnel é projetado de acordo com os requisitos dos sistemas necessários para operação de transporte de passageiros. Sendo assim, para a implantação da Estação Uruguai, existia um túnel projetado e construído com a finalidade de ser estacionamento e zona de manobras de trens, ou seja, não foi conceituado para ser uma estação de metrô. Os sistemas que ali estavam instalados e projetados eram destinados para um túnel de estacionamento de trens. O desafio então proposto, assumido e vencido foi transformar um túnel de estacionamento e zona de manobras de trens em uma estação de metrô completa, com todos os sistemas necessários para viabilidade de operação para transporte de usuários. O sistema de ventilação primária da estação Uruguai foi totalmente projetado, planejado e executado para atender suas características de funcionalidade: renovação do ar, conforto térmico na estação e extração de fumaça em caso de sinistro na estação de metrô, obedecendo e superando os desafios de implantação em túnel existente, não projetado originalmente para ser utilizado como estação de passageiros.

## **DIAGNÓSTICO**

Para a construção de uma estação de metrô, são realizados vários estudos e dimensionamentos para projetar o túnel de acordo com a finalidade que o mesmo desempenhará. Sendo assim, para a operacionalização de uma estação de metrô, vários sistemas e subsistemas são necessários, tais como: subestação auxiliar, subestação retificadora, ventilação primária e secundária, bombeamento, sonorização, sinalização, detecção de incêndio, iluminação e balizamento, bem como equipamentos para tornar a

estação acessível, como escada rolante, elevador e plataforma vertical. Ao verificar um projeto de estação de metrô, os requisitos dos sistemas são levantados, descrevendo a necessidade para implantação de cada um. Toda a arquitetura é projetada para atender à lista de requisitos pertinentes aos vários sistemas necessários para a operação de uma estação de metrô.

Inaugurado com cinco estações, em 1979, o sistema metroviário do Rio de Janeiro inicialmente concentrou suas estações na área central da cidade. Para atender à crescente demanda na década seguinte, a linha original foi expandida para a Zona Sul da cidade (com quatro estações) e foi inaugurada a Linha 2, em direção à Zona Norte, com oito estações. O grande movimento no Centro justificou a inauguração de mais duas estações, Uruguaiana e Carioca, que vieram a se tornar duas das mais movimentadas do sistema. Durante os anos oitenta aconteceu ainda a expansão da Linha 1 em direção ao bairro da Tijuca, com a abertura das estações Afonso Pena, São Francisco Xavier e Saens Peña.

A Estação Saens Peña passou a ser a Terminal Norte da Linha 1 e, seguindo o que estava previsto no projeto básico original, foi construído um túnel no prosseguimento das vias, para contemplar uma zona de manobras e área de estacionamento com capacidade para dezessete trens, que estavam em circulação na Linha 1. Todos os sistemas instalados neste túnel atendiam a especificação e finalidade de estacionamento e zona de manobra de trens. O trecho, que foi chamado de "Rabicho da Tijuca", possuía sistemas necessários para seu

funcionamento, tais como exaustão do túnel, iluminação, sinalização, bombeamento, dentre outros.

Criada em 1998, a concessionária MetrôRio firmou contrato com o Estado para operar e manter o sistema metroviário do Rio de Janeiro por vinte anos. Responsável por investimentos em infraestrutura no sistema, o Estado propôs à concessionária a renovação antecipada do contrato por mais vinte anos, em 2008, tendo como contrapartida a obrigação de assumir uma série destes investimentos. Dentre as exigências, constava a construção da estação terminal Uruguai, o que incluiria a reativação do túnel já construído e sua adequação para uma condição de operação.

A Estação Uruguai foi a 36ª estação do sistema metroviário da cidade do Rio de Janeiro, localizada a 1.100 metros da antiga terminal Saens Peña, com o compromisso firmado com a concessão de implantação das obras e entrega da estação operacional até dezembro de 2014, sendo esta entregue com 10 meses de antecedência (fevereiro de 2014), e inaugurada no dia 15 de março de 2014.

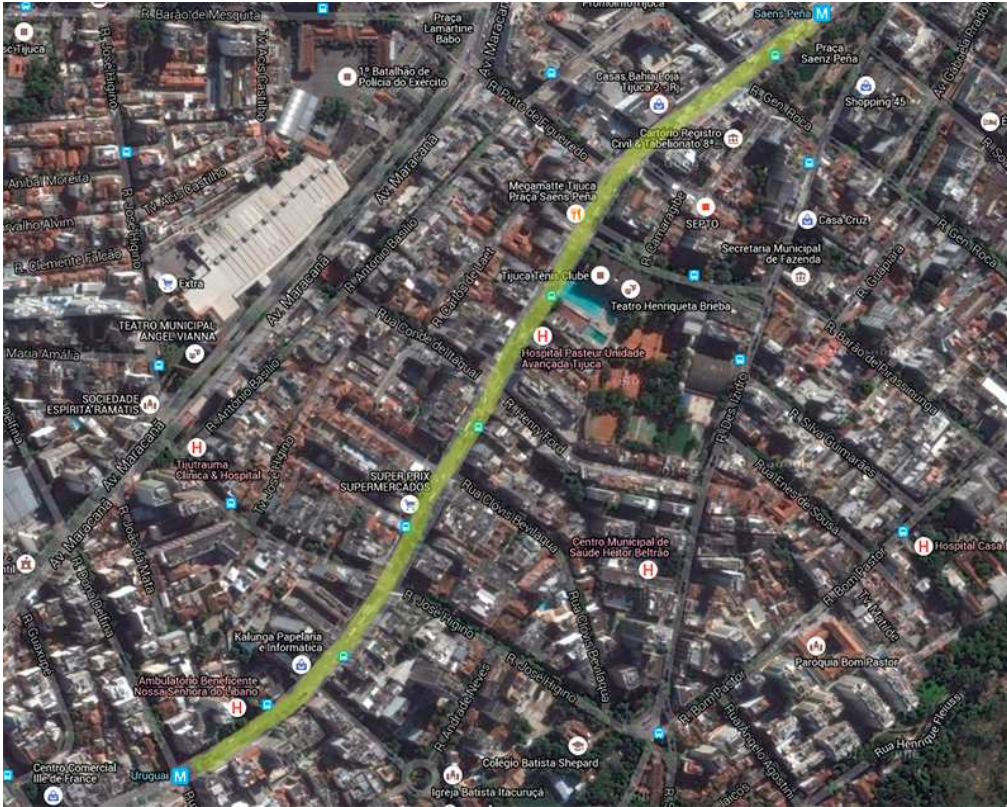


Figura 3 - Distância entre as estações Saens Peña e Uruguai

O projeto da Estação Uruguai executado foi a reforma de uma área já existente de 7 mil metros quadrados sob a rua Conde de Bonfim, entre as ruas Itacuruçá e José Higino, onde ficava o conhecido "Rabicho da Tijuca".



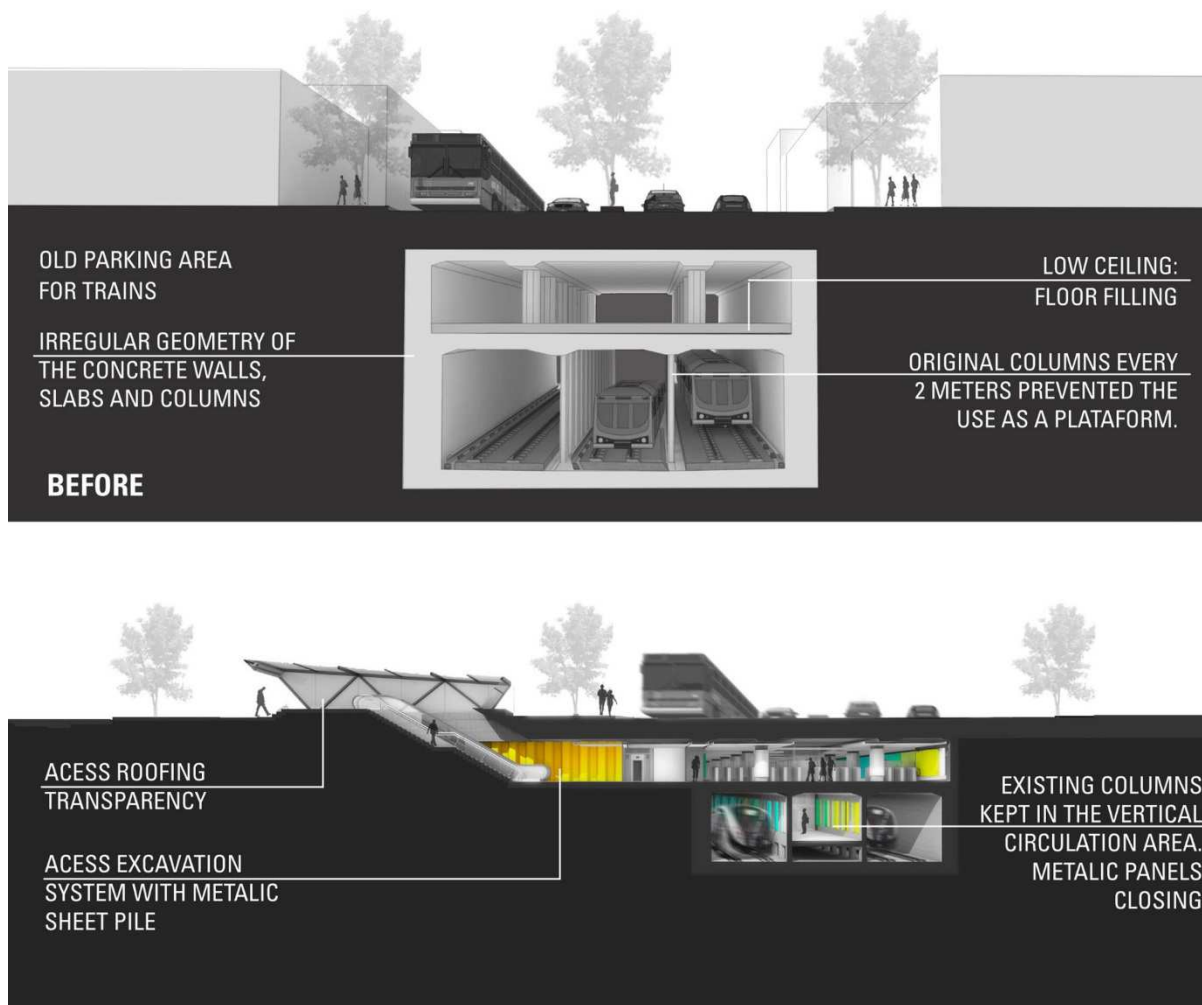


Figura 4 - Situação anterior e proposta da área subterrânea

A nova estação do metrô possui dois níveis, mezanino e plataforma, onde foram projetadas bilheterias, sala de supervisão e quiosques de serviços no nível superior e uma plataforma central de embarque e desembarque, no nível inferior. A estação tem 120 metros de comprimento e 7 metros de largura em sua plataforma de embarque.



Figura 5 - Estação Uruguai

Além das reformas, foi necessário projetar o sistema de ventilação primária com uma restrição não contemplada antes em nenhuma estação de metrô. Projetar, implantar e operacionalizar um sistema voltado para ser uma estação de passageiros em uma área construída para ser atender uma finalidade diferente desta. Ou seja, todos os cálculos previstos para o dimensionamento do sistema de ventilação primária estariam restritos à área de túnel já construída, para ser estacionamento de trens e zona de manobras.

O Sistema de Ventilação Principal é composto pelos seguintes subsistemas:

- Mecânico - Ventiladores e Atenuadores de ruído;
- Elétrico e de Controle - Painéis elétricos, de automação e de comando local.

O Subsistema Mecânico é composto basicamente dos seguintes equipamentos:

- Grupos moto-ventiladores;
- Registros de regulação;

- Diafragmas de fechamento;
- Atenuadores de ruído;
- Portas, fechamentos e alçapões;
- Grelhas de exaustão;
- Elementos diversos.

O sistema de ventilação primária é concebido para realizar a ventilação para o complexo da estação, compreendendo os níveis dos túneis, plataforma e mezaninos. Basicamente, a estação como um todo funciona sob o ponto de vista da pressão, com pressões negativas internamente, o que significa que todas as aberturas naturais existentes (vãos das escadas e outras) permitirão a entrada de ar fresco proveniente do meio exterior. Provenido desta forma o suprimento e a movimentação de ar necessários para a ventilação interna da estação.

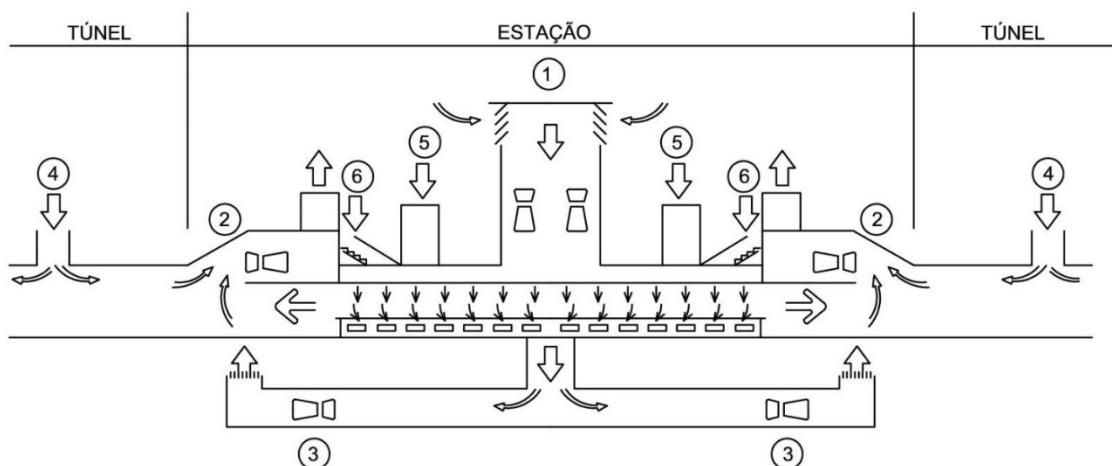


Figura 6 - Esquemático do fluxo do sistema de ventilação

A Ventilação Primária tem o objetivo de promover o conforto térmico, renovar o ar interno da estação e garantir a extração de fumaça em caso de sinistro. A definição do sistema é feita de acordo com o cálculo das cargas térmicas resultantes do calor dissipado no interior da estação Uruguai e no túnel de ligação com a estação Saens Peña, compreendendo o que é definido como unidade de ventilação. Em função da carga térmica calculada, são definidas as vazões de ar necessárias à manutenção de condições adequadas de conforto térmico dos usuários e pessoal de operação do Metrô.

Consideram-se ainda, para definição das vazões de ar do sistema de ventilação da estação e túnel, as condições que deverão ser mantidas em situações de emergência, especialmente para segurança dos usuários na hipótese de ocorrência de incêndio nas dependências do Metrô. A experiência tem demonstrado que vazões de ar necessárias ao atendimento às

situações de emergência suplantam os valores calculados para remoção do calor e, conseqüentemente, para manutenção de condições adequadas de conforto dos usuários.

Para definição das vazões de ar finais de projeto, deve-se efetuar o balanço das mesmas entre os postos de ventilação da estação e dos túneis adjacentes, considerando-se a situação atual e situação futura (extensão da linha), de modo a estabelecer os fluxos de ar necessários para o conforto térmico e para o atendimento a eventuais situações de emergência.

Para tanto, o projeto contempla a instalação de dois ventiladores de exaustão para remoção de ar sob a plataforma bem como parte do ar sobre a plataforma; dois ventiladores de insuflação para reposição de ar no túnel; dois ventiladores de exaustão em Posto de Ventilação localizado no lado norte da estação (Bloco 64) e ainda um ventilador no Posto de Ventilação de túnel localizado entre as estações Uruguai e Saens Peña (Bloco 71/48). A estação funcionaria em depressão, proporcionando a entrada de ar pelos acessos. Os mezaninos seriam ventilados a partir das escadas mezanino-rua; o ar que entra pelos acessos, após percorrer o mezanino desceria à plataforma pelas escadas mezanino-plataforma.

Na plataforma, além do aporte de ar vindo dos mezaninos, o ar insuflado na extremidade leste da plataforma seria direcionado ao longo da mesma para as aberturas a serem feitas no teto da plataforma, bem como para o bloco 64, na outra extremidade da plataforma.

Trata-se de manter na área da plataforma uma depressão suficiente para provocar a entrada de ar na quantidade e velocidade adequadas ao público, bem como manter a exaustão sob a plataforma para atender à carga térmica sob estrado dos sistemas do material rodante.

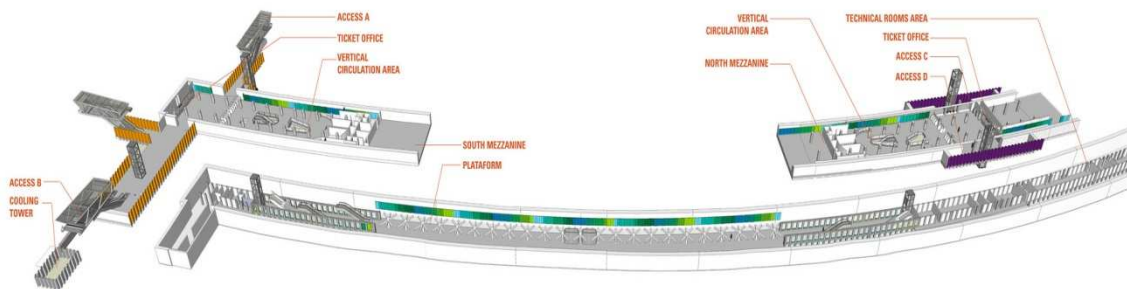


Figura 7 - Solução de Ventilação

O Sistema de Ventilação Primária da Estação Uruguai é composto pelos seguintes subsistemas:

Mecânico: 7 (Sete) Ventiladores Axiais Witt&Sohn, 1 (um) Ventilador Centrifugo Somax;

Equipamentos: Grupo moto-ventiladores, registros de regulagem, diafragmas de fechamento, atenuadores de ruído, portas, fechamentos e alçapões, grelhas de exaustão e elementos diversos;

Elétrico e de Controle: 8 (oito) painéis elétricos Yaskawa, 7 (sete) painéis de automação e 8 (oito) painéis de comando local.

O sistema foi concebido para realizar a ventilação para o complexo da Estação Uruguai compreendendo os níveis dos túneis, plataforma e mezaninos.

A estação como um todo funciona sob o ponto de vista da pressão, com pressões negativas internamente, o que significa que todas as aberturas naturais existentes (vãos das escadas e outras), permitirão a entrada de ar fresco proveniente do meio exterior. Provedo desta forma o suprimento e a movimentação de ar necessários para a ventilação interna da estação.

Para a obtenção deste efeito, foram projetados quatro postos de ventilação e um sistema de ventilação auxiliar.

Ventilador auxiliar: localizado no Mezanino Sul (Bloco 54) insufla o ar exterior permitindo a renovação do ar, juntamente com o ar insuflado através dos quatro vãos das escadas, complementando a ventilação do mezanino sul.

Bloco 58 nível Mezanino: composto por dois ventiladores axiais, este bloco tem a função de insuflar ar exterior para a plataforma, permitindo o suprimento de ar fresco em troca do ar exaurido através dos ventiladores do Bloco 59. Foram previstos conjuntos de atenuadores de ruídos colocados à montante e à jusante da casa de máquinas dos ventiladores, evitando a propagação de ruído acima do prescrito em norma.

Bloco 59 nível Mezanino: semelhante ao Bloco 58, este Bloco é composto por dois ventiladores axiais, que promovem a exaustão do ar captado dentro da estação. Ar sob a

plataforma / canal de cabos (ar quente oriundo da frenagem do trem, ao parar para embarque e desembarque de passageiros) e ar sobre a plataforma (ar utilizado pelo público circulante). Através de canais distintos, este ar é aspirado da plataforma e em seguida exaurido através de torres de exaustão próprias.

Bloco 64 Final do túnel: responsável pela exaustão no final do Túnel Norte, este Bloco é composto por dois ventiladores axiais que trabalham exaurindo o ar viciado do túnel.

Bloco 71/48 (túneis entre as estações Uruguai e Saens Peña): possui um ventilador axial que tem função similar ao Bloco 64, sendo que exaure o ar do Túnel Sul que vem tanto da direção da Estação Uruguai, como do lado que liga a estação Saens Pena.

Todo o sistema ocorre de forma automática, com o comando obtido através de seis sensores de temperatura que indicam para os PLCs as temperaturas do ar exterior e da estação, ocorrendo nestes, conforme uma lógica predefinida, o comando dos inversores de frequência e conseqüentemente dos ventiladores. Existe uma lógica de programação para o funcionamento diurno e noturno que permite variar a vazão de ar em função das variações destas temperaturas.

O Sistema permite, além do funcionamento em regime de ventilação para toda a estação, o funcionamento como um sistema de extração de fumaça. Quando, através de desligamento e reversores na rotação de determinados ventiladores de acordo com a localização e caso de



incêndio, seria possível direcionar a fumaça produzida pelo incêndio, permitindo desta forma que os usuários e colaboradores evacuem a estação pelas rotas de fuga.



Figura 8 - Painéis elétricos e de automação

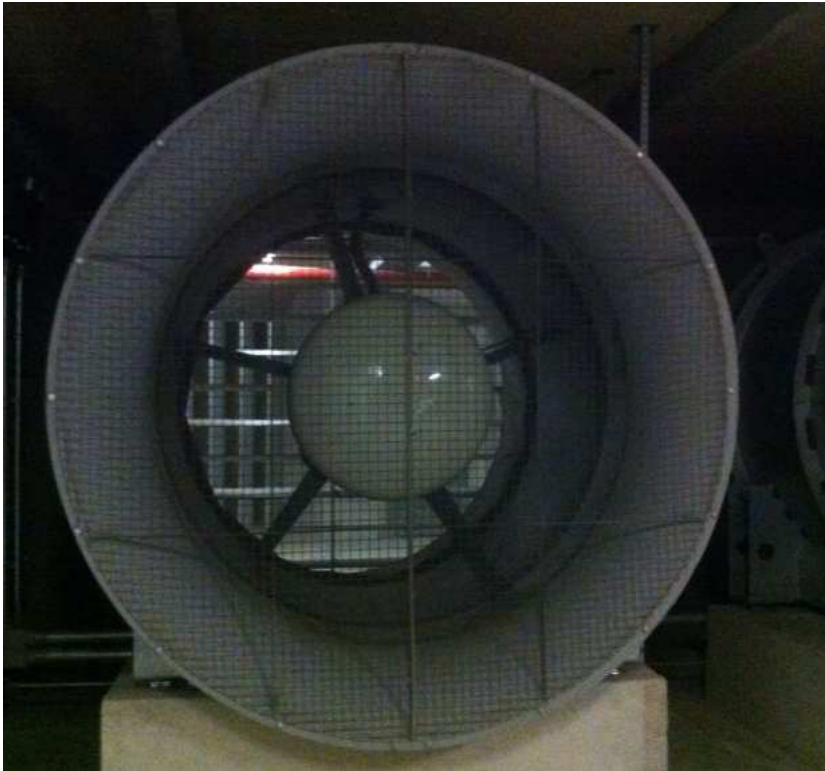


Figura 9 - Ventilador Axial



Figura 10 - Atenuadores de ruido



Figura 11 - Tela do IHM (visualização do status do equipamento)

## Projetos:

Os projetos foram feitos de acordo com os cálculos de vazão necessários para atendimento da especificação e finalidade do sistema de ventilação primária. Porém, na implantação, as restrições que já eram conhecidas foram sofrendo interface na execução, como, por exemplo: no projeto o piso do nível mezanino do Bloco 58 deveria ser rebaixado até a cota projetada (Figura 12), porém a existência de lençol freático impossibilitou que o projeto inicial fosse executado, sendo realizadas adequações in loco em tempo real de execução (Figura 13).

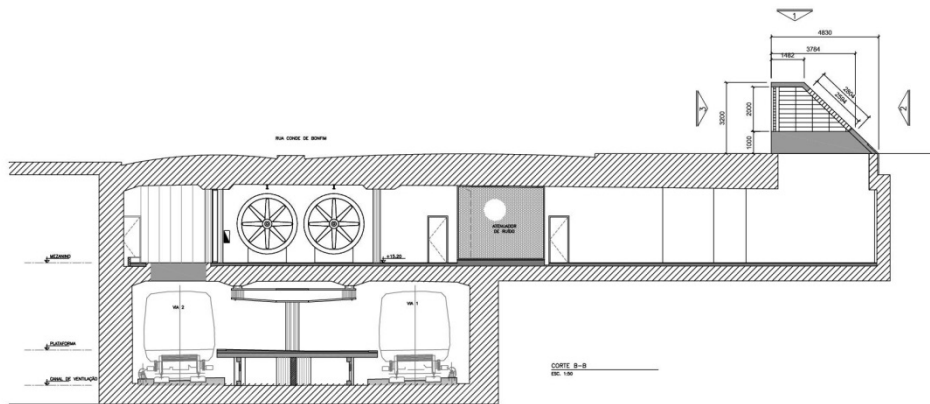


Figura 12 - Desenho do Projeto

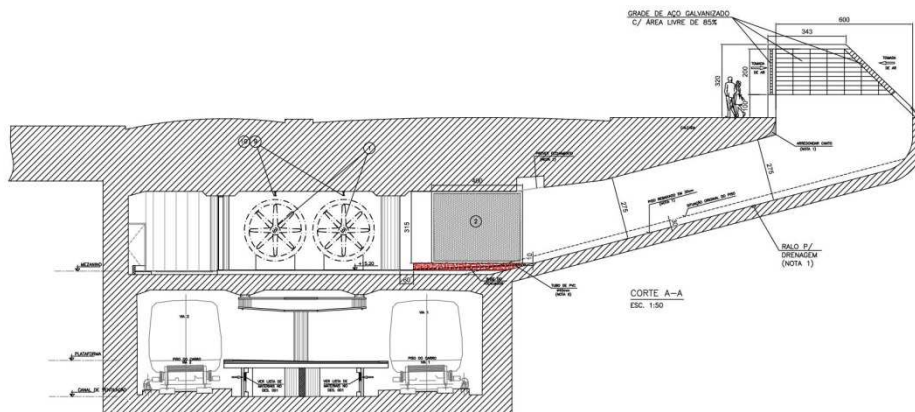


Figura 13 - Projeto executado

## Equipamentos

Ao projetar e realizar o cálculo de vazão necessário para extração de fumaça, renovação de ar e conforto térmico da Estação Uruguai, além dos requisitos técnicos que seriam necessários para a especificação dos equipamentos, havia outro grande desafio. Seria necessário executar o processo inverso de implantação de um sistema de ventilação: fabricar os equipamentos de acordo com as especificações técnica necessárias, com restrição de dimensão de instalação, devido a uma arquitetura existente, executada para outra finalidade, ou seja, executar uma "engenharia de solução", projetar as medidas e dimensões dos ventiladores, atenuadores de ruído, painéis, olhando para a restrição de área existente para instalação dos mesmos.

Tudo que foi pensado, projetado e implantado é solução para este sistema. Para exemplo de entendimento, o desafio encontrado se assemelhava a construir um apartamento dentro de uma caverna. A situação era tão singular, que as soluções executadas poderiam parecer equivocadas a pessoas que não conhecessem o histórico do projeto. Porém, ao se avaliar as restrições existentes na implantação, conclui-se que não haveria soluções mais apropriadas para a implantação do sistema de ventilação primária em um túnel existente projetado para uma finalidade diferente que o de uma estação de metrô.



Figura 14 - Ventiladores axiais (demonstrando as restrições de área para instalação de equipamentos)

### **Instalação e equipe:**

As instalações dos sistemas eram dinâmicas, contando com uma equipe especializada, composta por profissionais de referência quanto ao sistema de ventilação primária, bem como profissionais da área civil, que propuseram soluções diante de interferências não previstas.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **Descrição do Sistema**

Composto de 05 Sistemas de Ventilação Primária, instalados nos seguintes blocos:

Bloco 54: Sistema de Insuflamento Auxiliar ao Mezanino Leste, TAG: VA-000001

Bloco 58 - Posto-A: Sistema de Insuflamento da Plataforma, TAG: BLIF58 MV 000170 / 171

Bloco 59 - Posto-E: Sistema de Exaustão da Plataforma, TAG: BLEP59 MV 000165 / 166

Bloco 64 - Posto-ETO: Sistema de Exaustão do Túnel, TAG: BLET64 MV 000167 / 168

Bloco 71 - Posto-ETL: Sistema de Exaustão do Túnel, TAG: BLET71 MV 000169

A regulação da ventilação será baseada no princípio do controle das temperaturas médias das estações e do túnel. As variações de temperatura provocadas pelo desprendimento de calor em função dos diversos regimes de operação dos trens nas horas de pouco movimento e nas horas de pico, assim como pela parada de operação à noite, seriam controladas por sensores de temperatura.

Essas variações determinariam 2 programas:

1. O primeiro corresponderia ao comando dos ventiladores da estação em função das temperaturas dessa estação, durante o horário operacional do Metrô (programa diurno). Esse programa teria 4 estágios de funcionamento.
2. O segundo corresponderia ao programa noturno. Esse programa, com 3 estágios, correspondendo ao comando dos ventiladores em função das temperaturas externas durante a noite (da 0:00 hs até às 06:00 hs).

Os sensores indicarão quatro estágios de temperatura, conforme descrito abaixo:

1º estágio: Temperatura média inferior à 24º C;

2º estágio: Temperatura média compreendida entre 24º C e 27º C;

3º estágio: Temperatura média compreendida entre 27 º C.e 30º C;

4 º estágio: Temperatura média superior à 30º C;

#### REGULAÇÃO DIURNA

Estágio	Programa	Temperatura Estação 3c	BL 58		BL 59		BL 64		BL 71	
			POSTO A Vazão m³/h	POSTO A % de Vazão/HZ	POSTO E Vazão m³/h	POSTO E % de Vazão/HZ	POSTO ETO Vazão m³/h	POSTO ETO % de Vazão/HZ	POSTO ETL Vazão m³/h	POSTO ETL % de Vazão/HZ
1	1	T < 24	189.000	35% / 25 HZ	253.440	40% / 20 HZ	172.800	40% / 25 HZ	187.200	40% / 25HZ
2	2	= 24 < 27	189.000	35% / 25HZ	380.160	60% / 30 HZ	259.200	60% / 45 HZ	280.800	60% / 35HZ
3	3	= 27 < 30	243.000	45% / 30 HZ	443.520	70% / 35 HZ	345.600	80% / 55 HZ	374.400	80% / 50 HZ
4	4	t >= 30	243.000	45% / 30HZ	443.520	70% / 35 HZ	345.600	80% / 55 HZ	374.400	80% / 50HZ

Figura 15 - Regulação diurna de operação dos ventiladores

Cada um desses estágios teria um programa de funcionamento, envolvendo:

POSTO A: posto de insuflação da estação (Bloco 58);

POSTO E: posto de exaustão da estação (Bloco 59);

POSTO ETO: posto de exaustão de túnel lado oeste (Bloco 64);

POSTO ETL: posto de exaustão de túnel lado leste (Bloco 71).

As temperaturas externas noturnas medidas através de um termostato com 2 estágios

instalados em local abrigado e perto do acesso da estação:

1ª estágio: Temperatura inferior a 26º C;



2ª estágio: Temperatura igual ou superior a 26º C;

3ª estágio: Temperatura igual ou superior a 30º C.

Cada um desses estágios teria um programa de funcionamento, conforme tabela abaixo:

REGULAÇÃO NOTURNA - ENTRE 0:00 HS ATÉ 06:00HS

Estágio	Programa	Temperatura Externa t <sub>c</sub>	BL 58 POSTO A Vazão m <sup>3</sup> /h	BL 58 POSTO A % de Vazão/HZ	BL 59 POSTO E Vazão m <sup>3</sup> /h	BL 59 POSTO E % de Vazão/HZ	BL 64 POSTO ETO Vazão m <sup>3</sup> /h	BL 64 POSTO ETO % de Vazão/HZ	BL 71 POSTO ETL Vazão m <sup>3</sup> /h	BL 71 POSTO ETL % de Vazão/HZ
1	1	T < 26	0	0%	0	0%	216.000	50% / 40HZ	234.000	50% / 35 HZ
2	2	= 26 < 30	0	0%	0	0%	302.400	70% / 50 HZ	327.600	70% / 40 HZ
3	3	t >= 30	0	0%	0	0%	302.400	70% / 50 HZ	327.600	70% / 40 HZ

Figura 16 - Regulação noturna de operação dos ventiladores

## Programação de Incêndio

Em nível de segurança da Estação Uruguai, a programação de incêndio está definida

conforme tabela a seguir:

PROGRAMAÇÃO DE INCÊNDIO											
Caso	Programa		Vazão POSTO A BL 58 m <sup>3</sup> /h	% de Vazão POSTO A BL 58	Vazão POSTO E BL 59 m <sup>3</sup> /h	% de Vazão POSTO E BL 59	Vazão POSTO ETO BL 64 m <sup>3</sup> /h	% de Vazão POSTO ETO BL 64	Vazão POSTO ETL BL 71 m <sup>3</sup> /h	% de Vazão POSTO ETL BL 71	
1 ou 2	1	Incêndio	0	0%	520.200	91% / 50 HZ	302.400	70% / 50 HZ	0	0%	
3	2	Incêndio	394.200	73% / 50 HZ	416.200	100% Inverso	240.000	100% Inverso	0	0%	
4	3	Incêndio	394.200	73% / 50 HZ	416.200	100% Inverso	240.000	100% Inverso	374.400	80% / 50 HZ	
5	4	Incêndio	394.200	73% / 50 HZ	416.200	100% Inverso	0	0%	275.900	100% Inverso	

Observação: 1) Durante a programação de incêndio todos os ventiladores estarão limitados ao regime de 50 Hz.  
2) Nos postos de rotação invertida, a indicação " 100% inverso" também corresponde a 50 HZ.

Figura 17 - Programação de Incêndio

Estavam ainda previstos programas de operação de emergência (quatro programas para atender a cinco casos possíveis ocorrências de incêndio) para o caso de extração de fumaça.

Estes programas, que seriam acionados pela sala de supervisão da estação, também atuariam no comando dos conversores de frequência, variando velocidades, desligando ventiladores ou invertendo o sentido de rotação, conforme as necessidades de cada programa.

## **Programas de incêndio**

Os programas de incêndio seriam sempre acionados manualmente pelo Supervisor da Estação, e estavam previstos para as seguintes situações:

- Caso 1: incêndio embaixo de um trem estacionado na plataforma;
- Caso 2: incêndio dentro de um trem estacionado na plataforma ou incêndio na plataforma;
- Caso 3: incêndio no Mezanino;
- Caso 4: incêndio no Túnel entre Uruguai e Bloco 71;
- Caso 5: incêndio no Túnel entre Bloco 71 e Saens Peña.

A chave de quatro posições (casos de extração de fumaça em incêndios) deveria ter a seguinte configuração :

- Programa 1: (Casos de incêndio 1 e 2)

A – 0%

E – 100% sentido normal

ETO - 100% sentido normal

ETL - 0%

- Programa 2: (Caso de incêndio 3)

A – 100% sentido normal

E – 100% sentido inverso

ETO - 100% sentido inverso

ETL - 0%

- Programa 3: (Caso de incêndio 4)

A – 100% sentido normal

E – 100% sentido inverso

ETO - 100% sentido inverso

ETL - 100% sentido normal

- Programa 4: (Caso de incêndio 5)

A – 100% sentido normal

E – 100% sentido inverso

ETO - 0%

ETL - 100% sentido inverso

## CONCLUSÕES

Na operação de uma estação de Metrô, a segurança do usuário é o fator prioritário. Por este motivo, era essencial que o sistema de ventilação primária atingisse todas as metas de eficiência em extração de fumaça. O funcionamento perfeito deste sistema superou as expectativas do projeto, tanto no que se refere à renovação do ar quanto ao conforto térmico.

Em uma situação ideal de desenvolvimento e implantação de sistema de ventilação primária para uma nova estação de metrô, inicialmente dimensionamos os equipamentos necessários para atender às especificações do projeto e, posteriormente, preparamos a estrutura civil onde os equipamentos serão instalados.

No caso da Estação Uruguai, foi necessário seguir uma ordenação fora do convencional, dimensionando os equipamentos de acordo com a infraestrutura existente, sem deixar de lado os requisitos técnicos demandados pelo projeto. Para completar a implantação do sistema, muitas vezes precisamos executar modificações nos equipamentos in loco. Incluindo adoçamento de pilares, para redução de resistência do fluxo de ar e perda de carga do sistema.

Estes desafios contribuíram para a valorização do projeto, cujo êxito foi comprovado pelos resultados dos testes que demonstraram que a especificação e a projeção de vazão necessárias em projeto foram atendidas no operacional, mesmo diante das restrições existentes desde a concepção até a operacionalização.

Seguem as vazões após finalização da implantação:

#### Postos de Ventilação

- Ventilação auxiliar para o Mezanino Leste (Bloco54):

Composto de um ventilador centrífugo do tipo Limit Load, que insufla o ar exterior necessário à renovação através da grelha existente ao lado da bilheteria.

Este ar, junto com o ar descendente através dos quatro vãos das escadas, complementa a ventilação deste mezanino.

- Posto A, localizado no Bloco 58 no nível do Mezanino:

Sistema composto de dois ventiladores axiais com capacidade de até 121.500 m<sup>3</sup>/h cada um.

Estes insuflam ar exterior em uma das extremidades da plataforma, permitindo o suprimento de ar fresco em troca do ar exaurido através dos ventiladores do Bloco 59.

Foram previstos também conjuntos de atenuadores de ruídos colocados a montante e a jusante da casa de máquinas dos ventiladores, evitando a propagação de ruído acima do prescrito na especificação técnica.

- Posto E, localizado no Bloco 59:

Tecnicamente se assemelha ao sistema do Bloco 58, composto por dois ventiladores axiais sendo que existem as seguintes diferenças neste sistema que promove a exaustão do ar captado dentro da estação:

a) Sob a plataforma (Ar quente oriundo da frenagem do trem ao parar para o desembarque e embarque de passageiros). Foram instaladas para esta captação do ar , 133 grelhas com regulagem, colocadas em ambos os lados na plataforma (Via 1 e 2).

b) Ar sobre a plataforma (Ar utilizado pelo público circulante). Através de canais distintos, este ar é aspirado da plataforma e em seguida exaurido através de torres de exaustão próprias. Este posto movimenta até 443.520 m<sup>3</sup>/h de ar.

- Posto ETO – Bloco 64:

Sistema de exaustão localizado no final do túnel oeste, composto de dois ventiladores axiais cujas capacidades são de 172.800m<sup>3</sup>/h cada um, que trabalham exaurindo o ar viciado do túnel.

- Posto ETL – Bloco 71:

Este posto tem uma função similar a do posto ETO, sendo que exaure o ar do túnel leste que vem tanto da direção da estação Uruguai, como do lado que liga a estação Saens Peña, com a capacidade de 374.400m<sup>3</sup>/h. O funcionamento de todos estes sistemas ocorre de forma automática, cujo comando é obtido através de seis sensores de temperatura que indicam para os PLCs as temperaturas do ar exterior e da estação, ocorrendo nestes conforme uma

lógica predefinida o comando dos conversores de frequência, e conseqüentemente dos ventiladores.

Foi montada uma lógica de programação para o funcionamento diurno e noturno que permite variar a vazão de ar em função das variações destas temperaturas.

O sistema concebido permite, além do funcionamento em regime de ventilação para toda a estação, o funcionamento como um sistema auxiliar ao combate de incêndio, quando, através de desligamento e reversões na rotação de determinados ventiladores, é possível direcionar a fumaça produzida pelo incêndio, impedindo desta forma que o público seja atingido por esta fumaça, preservando as rotas de fuga isentas deste perigo.

### **A temperatura:**

As soluções de ventilação utilizadas na construção da Estação Uruguaí podem ser consideradas referências no desenvolvimento de projetos de novas estações em túneis já existentes e projetados para finalidades que não o atendimento a fluxo de passageiros. O atendimento prioritário da filosofia de operação do sistema de ventilação primária, além de propiciar conforto térmico ao público, garante a extração de fumaça em caso de sinistro para

evacuação dos usuários e renovação do ar, atendendo aos requisitos de segurança de quaisquer modelos de estação metroviária.

Nota<sup>1</sup>

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

METRÔRIO. Coordenação de Obras, Vias e Equipamentos, Ciclo de palestras sobre tecnologia do Metrô/Rio. Sistema de ventilação primária do Metrô do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, setembro de 1982.

METRÔRIO/ AURA Engenharia. Coordenação da Gestão da Informação, DT@@-ARQ-000001 RA - Doc. Técnico - Descrição das Modificações de Arquitetura - Estação Uruguai. Relatório. Rio de Janeiro, março de 2012.



METRÔRIO/ AURA Engenharia. Coordenação da Gestão da Informação, MC@@-VEN-000001  
R0 - Memória de Cálculo - Projeto Executivo - Ventilação Principal da Estação Uruguai. Rio de Janeiro, maio de 2012.

METRÔRIO - ENGENHARIA. Coordenação da Gestão da Informação, SISTEMA DE VENTILAÇÃO PRIMARIA DATA BOOK. Data book. Rio de Janeiro, fevereiro de 2014.

Nelson Kon/ Estação Uruguai / JBMC Arquitetura e Urbanismo

<http://www.archdaily.com.br/br/626048/estacao-uruguai-jbmc-arquitetura-e-urbanismo>.