

**4º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CATEGORIA 3**

**ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE FUMAÇA COM FOCO NA  
CONFIGURAÇÃO DOS TRENS CRC DO METRÔRIO**

**INTRODUÇÃO**

As estações metroviárias possuem uma característica peculiar por tratarem de túneis escavados para transporte de passageiros, ou seja, os espaços físicos são destinados para atender a este fim. Sendo assim, os ambientes devem atender características embasadas em normas, para atender às necessidades dos passageiros, como exemplo o conforto térmico, níveis de ruído, entre outros.

Inaugurado em 1979, o sistema metroviário da cidade do Rio de Janeiro conta atualmente com quarenta e uma estações, sendo dez exclusivas da Linha 1; dezesseis exclusivas da Linha 2; dez compartilhadas entre as duas linhas; 1 compartilhada entre as Linhas 1 e 4, e cinco exclusivas da Linha 4. 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.

Por terem características de confinamento e, mais que isto, por serem enterradas, as estações da Linha 1 do MetrôRio foram concebidas contemplando um sistema de ventilação primária capaz de atuar tanto em situações de normalidade, garantindo a renovação do ar e conforto térmico das áreas internas da estação, quanto, também, em casos de sinistro das dependências da estação e túnel. Todo e qualquer sistema necessário para o funcionamento das estações do metrô é concebido com o intuito de trazer melhoria e atender de forma eficaz e eficiente aos usuários. Com isso, a interface dos sistemas tende a ser contínua, acompanhando o aprimoramento das tecnologias em utilização e buscando sempre a melhoria na prestação de serviço aos usuários. Os novos trens do MetrôRio são exemplos de melhoria visando o atendimento aos usuários. A companhia foi a segunda do mundo a projetar trens com ar-condicionado, nos anos 70, quando eles deveriam operar em túneis, onde as variações de temperatura do projeto previam diferença de 10°C (ambiente externo e o interno do carro). A solução da época foi a instalação de um sistema Split (evaporador e condensador separados) instalado na parte inferior dos carros de metrô. Ou seja, esse sistema que gera calor trabalhava a temperaturas que chegavam a 72°C em dias quentes na Linha 2, acarretando ineficiência do sistema de ar-condicionado e elevados chamados em razão de falhas. Em 2008, com a renovação antecipada do contrato de concessão para que o MetrôRio continuasse a operar e manter o sistema metroviário do Rio de Janeiro, o Poder Concedente apresentou uma série de exigências, entre elas a renovação da frota de trens. A

aquisição de novos trens era uma oportunidade de melhoria do sistema, pois um novo projeto permitia o desenvolvimento de soluções para os problemas existentes nas linhas.

O trem chinês, mais conhecido pelos usuários como “O Trem Novo”, representava uma oportunidade de correção, aprimoramento e atendimento das expectativas dos usuários, tais como ter mais espaço e refrigeração mais eficiente. O projeto do novo trem foi concebido visando atender tais pontos, com um sistema de ar condicionado localizado na parte superior do trem. Uma vez que o trem teve seus sistemas atualizados, as interfaces com os demais sistemas necessários para a operação da estação deveriam ser analisadas, buscando garantir a interação contínua e equilíbrio dos sistemas. Durante o levantamento das interações entre os sistemas, foi identificada necessidade de adequação no sistema de ventilação primária, ou seja, uma vez que houve mudança na saída de exaustão do sistema de ar-condicionado do trem, a captação dessa exaustão deveria, no mínimo, ser atualizada, de forma a garantir o atendimento da filosofia ao qual o sistema foi concebido e implantado.

Este estudo propõe revisar a interface entre o sistema de ar condicionado do novo trem com o sistema de ventilação primária existente para as estações da Linha 1, propondo uma possibilidade de adequação do sistema de extração de fumaça nas estações e captação da exaustão do calor gerado pelos condensadores do sistema refrigeração com base na configuração dos trens Alstom/ Mafersa e CRC (sigla da fabricante chinesa Chanchung Railway Vehicles Co).

Com base nas normas que regem a boas práticas do sistema de ventilação primária e documentos da filosofia de concepção dos sistemas de operação do MetrôRio. As análises e os conceitos estabelecidos para este trabalho, foram identificados nas exigências e

especificações contempladas e prescritas na regulamentação brasileira ABNT NBR 15661 (Proteção contra incêndio em túneis) e pela norma NFPA 130 (National Fire Protection Association – Comitê Norte Americano) que tem as diretrizes de segurança aplicáveis aos sistemas de transportes Metroferroviários. A NFPA 130 estabelece os requisitos mínimos para prover segurança em caso de emergência devido a um incêndio, e evitar os perigos relativos a ele, no transporte de passageiros em sistemas metroferroviários. Ela envolve (mas não se limita a) trens, estações, vias, túneis, sistema de ventilação de emergência, procedimentos de emergência, comunicação, sistema de controle, pátio e a operação como um todo. Envolve trens subterrâneos, de superfície e elevados.

## **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, balizamento e o próprio trem que irá transportar os usuários, 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.

Acompanhando os avanços tecnológicos, surgem oportunidades de melhoria e aperfeiçoamento dos diversos sistemas necessários para a operação das estações de metrô. Essas modernizações ou muitas vezes soluções de problemas identificados, são o combustível para a continuidade de estudos de aprimoramento.

Com a aquisição dos “Novos Trens”, com sistemas mais modernos e aumento na performance de sistemas, observou-se uma interação necessária à segurança dos usuários. Nos trens Alstom/ Mafersa, os aparelhos de ar condicionado estão localizados na parte inferior dos carros, área do sobestrado dos trens, com temperatura elevadas, uma vez que os equipamentos de maior geração de calor estão instalados nesta área. O trem Alstom/Mafersa, quando estacionado na estação, tem o calor gerado no sobestrado exaurido pelo canal de exaustão, por meio de grelhas posicionadas na altura e direção da via. Já nos trens CRC, as condensadoras estão localizadas na parte superior dos trens, proporcionando maior desempenho do sistema de refrigeração e confiabilidade, porém abre brecha para a segurança, deixando a dúvida: em caso de sinistro, incêndio no sobreestrado dos trens, como seria mantida a extração de fumaça sob a plataforma? A segurança na evacuação estaria comprometida? Como seria feita a captação do calor exaurido? Então qual seria uma alternativa para solução?

Este estudo propõe uma adequação no sistema de extração de fumaça, com alternativa de captação da exaustão do sistema de refrigeração dos Trens CRC, localizados agora na parte superior dos carros.

Fundamentado nos três pontos que devem ser considerados ao propor uma mudança em qualquer sistema de Metrô: Segurança, Confiabilidade e Performance.

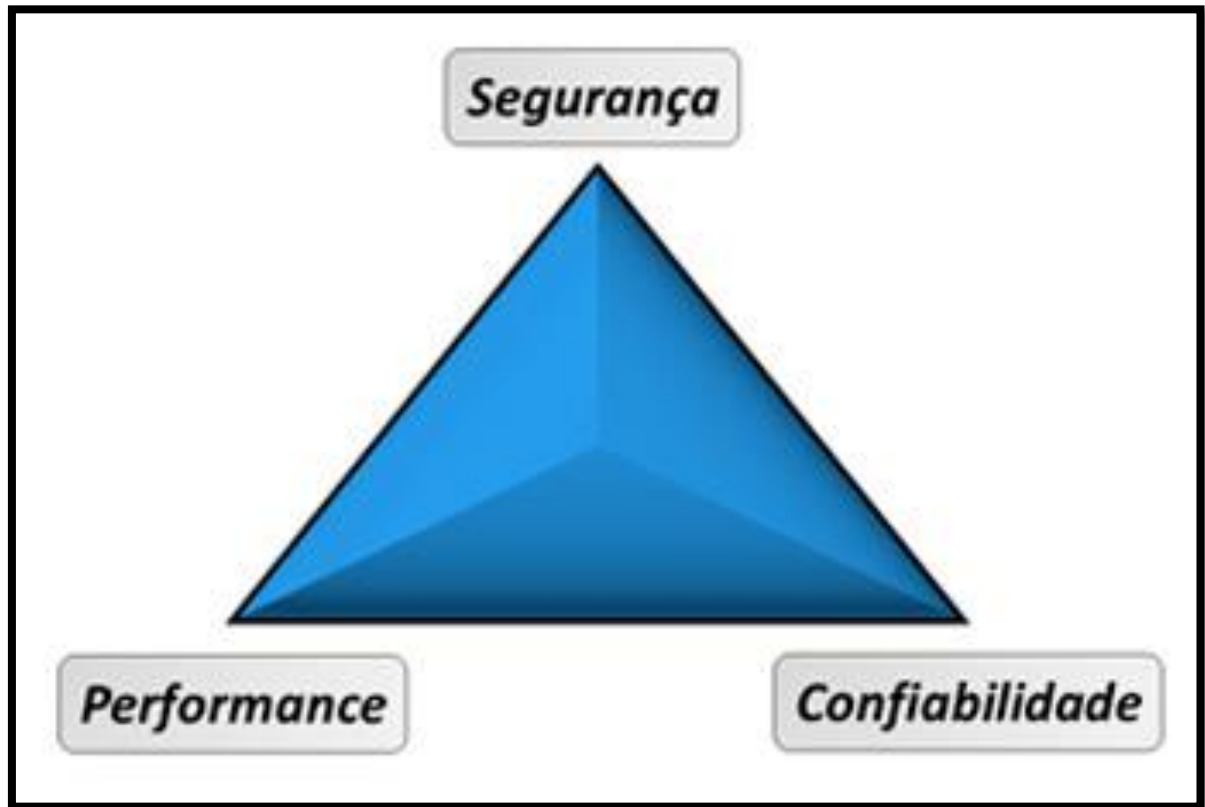


Figura 1 – Pontos-base para sistemas de metrô

O objetivo deste estudo é propor adequação do sistema de ventilação primária para que garanta o funcionamento da extração de fumaça em caso de sinistro em um trem CRC estacionado na plataforma de uma estação, garantindo a segurança, o equilíbrio do sistema e o pronto retorno da operação. Além do benefício principal, em relação à extração de fumaça, a adequação do sistema de ventilação primária proporcionaria uma renovação do ar

mais eficiente, trazendo conforto térmico aos usuários nas estações, com o equilíbrio das trocas de calor nas plataformas de embarque / desembarque.

## **Diretrizes para o Estudo**

O presente trabalho tem como objeto de estudo a Estação Botafogo, em razão de suas características e fluxos de usuários. Estação terminal da Linha 2, com constante fluxo de passageiros, demonstrando a importância de manter as trocas necessárias para o conforto térmico e renovação do ar na estação.

Foram levantados dados do sistema de ventilação primária da estação Botafogo, incluindo vazões de ar dos ventiladores, localização e direção do fluxo. Para os trens, foram coletados dados de filosofia de operação para entender a definição inicial para a localização do sistema de ar condicionado e o comparativo com o novo sistema dos novos trens. Após a coleta de todos os dados, será proposta alternativa para captação e direcionamento da exaustão das condensadoras do trem CRC.

### **1. Sistema de Ventilação Primária**

O tratamento do ambiente tem como finalidade assegurar aos passageiros condições de conforto térmico aceitáveis. Tendo como objetivo: renovação de ar, controle da velocidade do ar nas áreas de fluxo de usuários e controle do nível de ruído das instalações de ventilação primária.

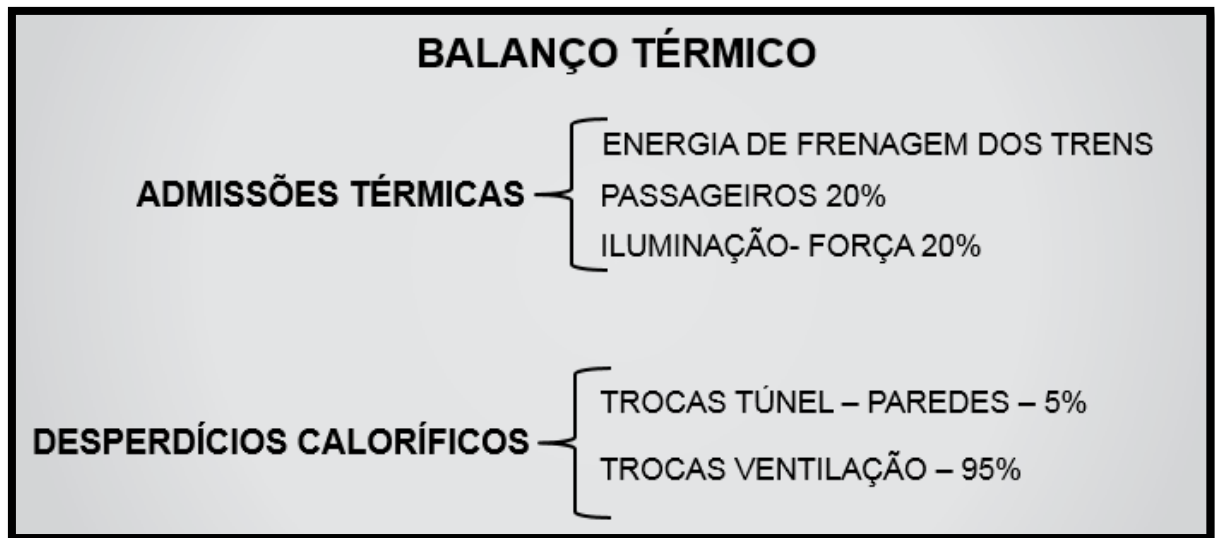


Figura 2 - Balanço térmico

O balanço térmico consiste em estimar as admissões de calor e as trocas térmicas naturais com as zonas adjacentes e o exterior. Conforme a figura 2, as admissões de calor são essencialmente devidas aos trens, aos passageiros e aos equipamentos elétricos. Já os desperdícios originam das trocas entre os túneis e as estações e o exterior. As admissões de calor devidas aos trens provêm, principalmente, da energia elétrica de tração restituída sob forma de calor de aquecimento devido a frenagem dos truques e carros, dissipado por irradiação e por condução durante a parada dos trens em estação. Estas liberações de calor ocorrem essencialmente nas estações, galerias de estacionamento nos terminais e plataformas de manobra. O balanço térmico é estabelecido para as horas de pico com trens a plena carga, representando 80% do aporte de calor no túnel e 60% em estação. Outro elemento de admissão de calor para cálculo do balanço térmico é a iluminação, sendo que a potência luminosa consumida se reparte principalmente nas estações e nos acessos. Provem



da iluminação normal, liberando entre 20 e 30 W/m<sup>2</sup>. Corresponde a 20% da admissão global de calor em estação.

## **2. Ventilação utilizada no Metrô do Rio**

O sistema de ventilação do Metrô do Rio utiliza a conjugação do processo de ventilação ligada por meio de ventiladores e o de ventilação por efeito pistão dos trens. A ventilação tem por finalidade assegurar o nível de conforto térmico exigido pelas normas do Metrô, ou seja:

- Diferença de temperatura de 2°C entre o exterior e o interior das estações;
- Velocidade do ar nas plataformas: máxima 1,5m/s;
- Velocidade do ar nos acessos: máxima 1,2m/s;
- E manter um nível de conforto acústico dentro das estações (NC55 ou 64 dB A) e nas imediações das estações e saídas de ventilação (NC 45 ou 55dB A nas zonas residenciais e NC 55 nos outros casos).

Informações conforme documento AT-SIE-0082 – Descritivo lógico energia – Metrô Rio - 1977.

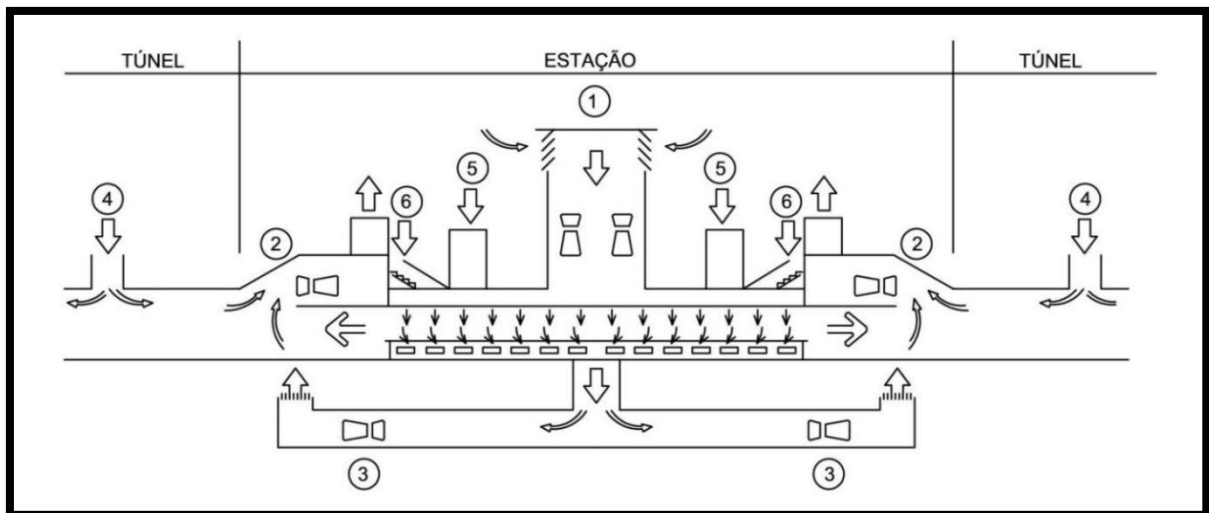


Figura 3 - Esquema do fluxo de ar nas estações de configuração central

O ar fresco aspirado do exterior pelos ventiladores indicados pelo número 1 na figura 3 (2 x  $70\text{m}^3/\text{s}$ , aproximadamente) é distribuído no mezanino e na plataforma através de grelhas dispostas ao longo do forro falso. O ar quente é aspirado pelos ventiladores de exaustão, localizados nas posições indicadas pelo número 3 na figura 3, situados em cada extremidade da estação (2 de cada lado com vazão unitária de  $35\text{m}^3/\text{s}$ ). Eles captam o calor, gerado pelos trens, por canais sob as plataformas e grelhas distribuídas ao longo da estação. Esta ventilação transversal é completada por outra longitudinal, realizada com 2 pontos de exaustão mista (uma de cada lado da estação com 2(dois) ventiladores de vazão unitária de  $40\text{ m}^3/\text{s}$ ). Cada posto localizado na extremidade da estação tem sua aspiração a aproximadamente 30m da entrada da estação e assegura uma vazão de exaustão de  $55\text{m}^3/\text{s}$  para a estação e  $25\text{m}^3/\text{s}$  para o túnel. Esses postos servem também para proteger a estação contra o efeito pistão dos trens. Dessa forma a ventilação mecânica permite uma vazão de exaustão de  $250\text{m}^3/\text{s}$ , e uma de  $140\text{m}^3/\text{s}$  para a insuflação, na estação. Permitindo a

diferença de pressão, fazendo com que o complemento de ar fresco entre através de 2 aberturas de aeração natural, identificadas na figura 3 pelo número 4, e pelos acessos.

No túnel, o ar fresco entra através de uma abertura situada no meio da interestação, identificado na figura 3 pelo número 4, ou seja, aproximadamente a 250m do posto de exaustão mecânica.

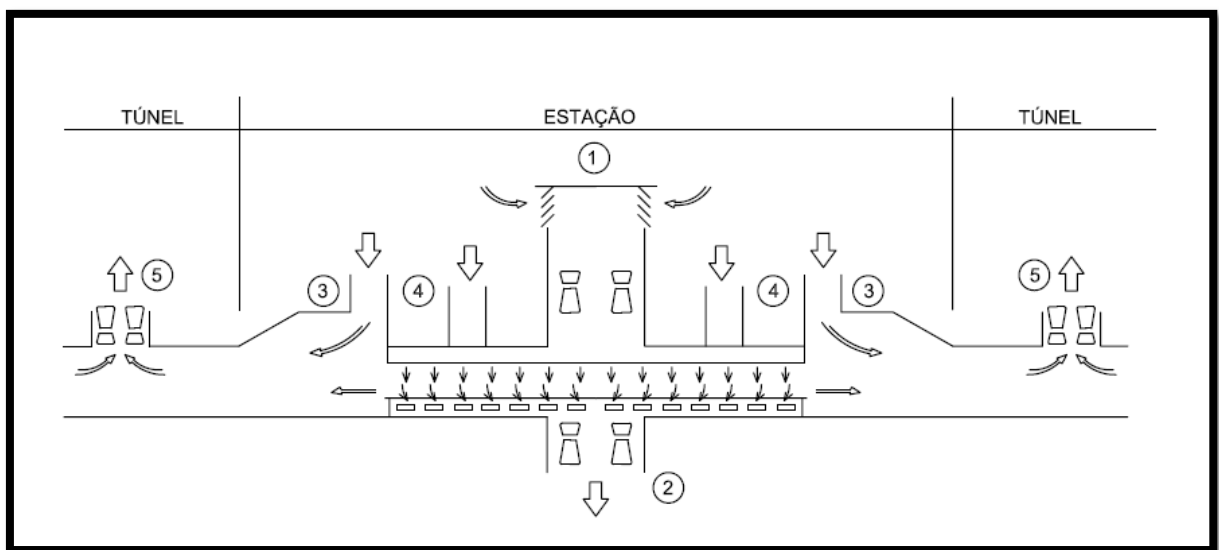


Figura 4 - Esquema do fluxo de ar nas estações - Conjunto Linha 1

A ventilação do conjunto da Linha 1, exceto o trecho central, é realizada nas estações por um posto de exaustão mecânica, identificado na figura 4 pelo número 2 (2 ventiladores de vazão unitária de  $55\text{m}^3/\text{s}$ ) que aspiram o ar quente pelos canais situados sob a plataforma; um posto de insuflação mecânica, identificado na figura 4 pelo número 1 que distribui o ar fresco nas plataformas através de grelhas no teto falso (2 ventiladores de vazão unitária de  $50\text{m}^3/\text{s}$ ). Mantendo o princípio de diferença de pressão, onde o volume extraído é superior

ao volume insuflado, permitindo assim que o complemento de ar fresco entre nas estações através dos acessos e quando necessário pelas aberturas adicionais localizadas na posição 1 de reforço da ventilação. A ventilação no túnel é feita através de duas aberturas, identificadas na figura 4 pelo número 3, situadas nas extremidades das estações a aproximadamente 30m das plataformas. A entrada de ar fresco que é extraído após percorrer o túnel é assegurada pelos postos de ventilação mecânica, identificados na figura 4 pelo número 5, implantados no meio das interestações (posto com 1 ventilador de  $80\text{m}^3/\text{s}$  ou com 2 ventiladores de vazão unitária de  $40\text{m}^3/\text{s}$ ). Para as interestações longas, os postos de exaustão mecânica e as aberturas naturais são dispostos alternadamente de modo a manter a mesma velocidade de ar em cada trecho do túnel. As aberturas naturais de entrada de ar no túnel servem também para a proteção das estações contra o efeito pistão dos trens.

Os níveis de ruído do sistema de ventilação são garantidos pela instalação de amortecedores nos grupos de ventiladores, a fim de evitar a transmissão de vibrações, o conjunto motor ventilador montado sobre chassi-suporte é isolado do resto da estrutura através de amortecedores de vibrações e a ligação entre o ventilador e o difusor é feita por conexão flexível. De modo a assegurar o nível de conforto acústico dentro das estações e nas imediações das instalações do Metrô, são instalados 2 conjuntos de atenuadores de ruídos, um na aspiração, o outro na descarga do ventilador, além de portas e alçapões estanques ao ar e isolados acusticamente para evitar a transmissão de ruído pelos acessos do posto.

Para a segurança do sistema e no caso de interrupção total de alimentação 440V (não ligada ao diesel da estação), o sistema de ventilação primária deverá utilizar um sistema de

emergência automático chamado “Normal-emergência” ligando o barramento geral da ventilação a um grupo gerador móvel permitindo a alimentação automática dos ventiladores, somente para o caso de extração de fumaça, sendo esta a finalidade e motivo principal no momento de definição das especificações do sistema de ventilação primária de uma estação.

## **Regulação do sistema de ventilação**

A regulação da ventilação é baseada no princípio do controle de temperatura do túnel e das temperaturas médias das estações. Sendo controlada por termostatos no túnel e nas estações por sensores de temperatura, para as variações provocadas pelos diversos regimes de operação dos trens nas horas de pouco movimento, nas horas de pico e pela parada da operação à noite.

### **1. Regulagem diurna**

As médias de temperatura das estações são medidas através de 4 sensores distribuídos na plataforma da estação que transmitem um sinal a um módulo de saída. Esse módulo, por sua vez, dá uma ordem correspondente a um dos 3 estágios seguintes:

- 1º estágio: Temperaturas superiores a 35°C
- 2º estágio: temperaturas compreendidas entre 24º a 35°C
- 3º estágio: temperaturas inferiores a 24°C

No túnel, a temperatura é medida através de um único termostato, instalado perto de cada posto de ventilação de exaustão. Este dá uma ordem direta aos ventiladores do túnel, segundo a regulagem prevista:

- 1º estágio: temperatura superior a 35°C
- 2º estágio: temperaturas inferiores a 35°C

## **2. Regulagem noturna**

Fora das horas de operação, um contator-relógio substitui a regulagem da estação e do túnel pelo comando de um programa noturno em função de temperatura externa, medida através de um termostato com 2 estágios, instalado em local abrigado, perto do acesso a estação:

- 1º estágio: temperaturas superiores a 26° C
- 2º estágio: temperaturas inferiores a 26°C

## **3. Extração de Fumaça**

A finalidade da extração de fumaça em um prédio incendiado é a de realizar duas funções essenciais:

- Tornar praticáveis os locais em contato com o local incendiado;
- Impedir a propagação do fogo fora do volume sinistrado.

A conservação das condições de praticabilidade implica em manter em limiares toleráveis os diversos fatores que ameaçam as pessoas.

Para consegui-lo, a extração de fumaça deve visar a:

- Manter uma visibilidade suficiente (superior a 4m);
- Reduzir o teor dos gases tóxico através de uma diluição;
- Conservar uma taxa de oxigênio aceitável;
- Evacuar as calorias produzidas pelo foco.

### **Princípio da Extração de Fumaça**

São designados habitualmente sob o termo genérico de “extração de fumaça” dois grandes tipos de controle das fumaças, correspondendo aos dois objetivos definidos.

O primeiro consiste em assegurar uma varredura do espaço a proteger por ar fresco e extrair dele as fumaças a fim de que, na zona de ocupação, a diluição dos gases de combustão seja tal que reduza ao mínimo seus efeitos nocivos, criando uma rota de fuga segura, permitindo a evacuação e a intervenção.

O segundo consiste em estabelecer uma hierarquia das pressões entre o local sinistrado e os locais adjacentes, de maneira a realizar um equilíbrio que se oponha a propagação das fumaças.

A eficiência desses sistemas será maior na medida em que a evacuação dos gases de combustão ocorra o mais rapidamente e o mais perto possível do foco. Sendo assim, diminuídos os volumes de fumaças a extrair e os riscos de propagação.

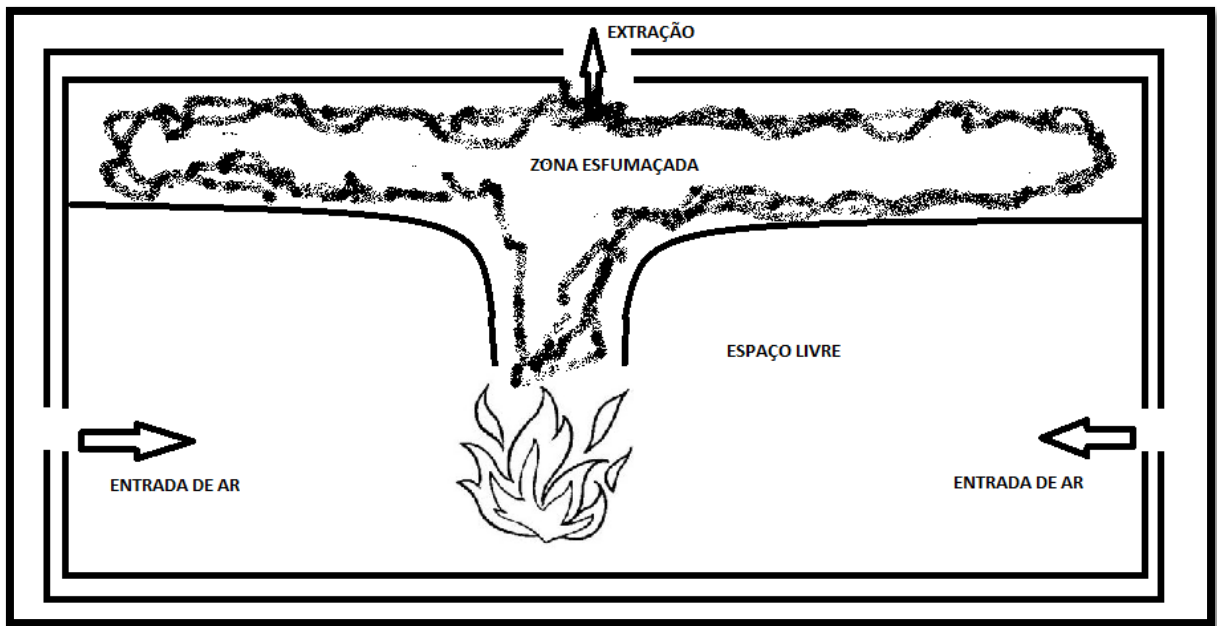


Figura 5 - Extração de uma área por varredura

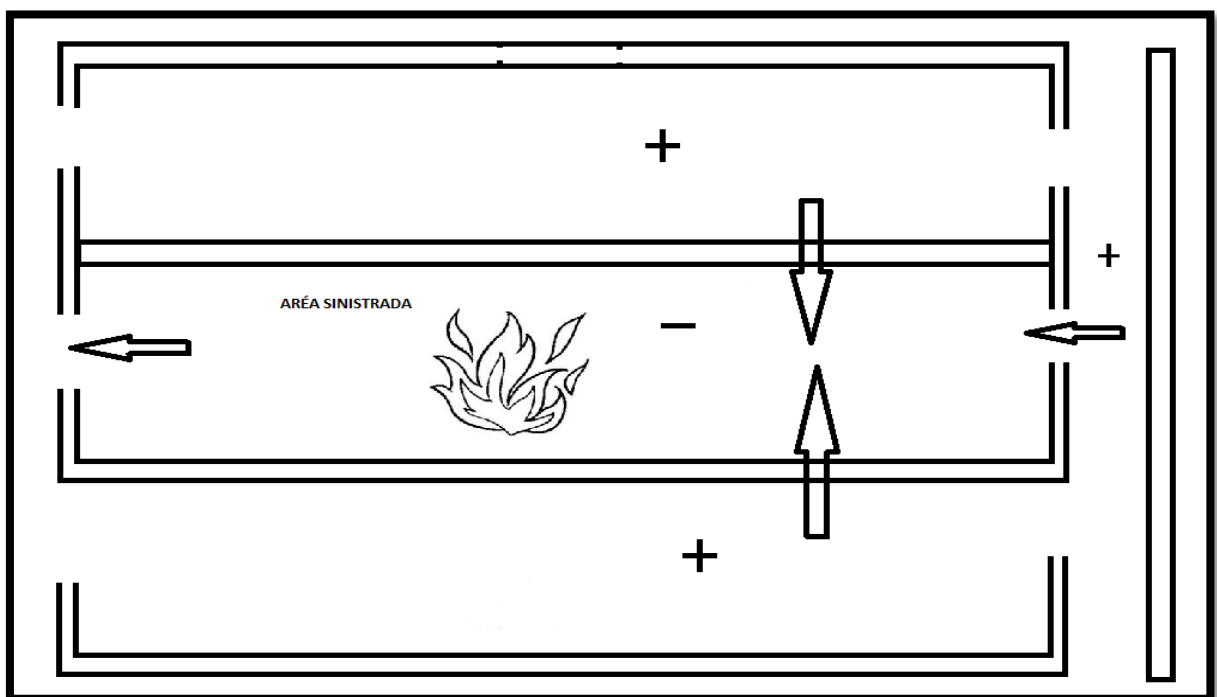


Figura 6 - Extração de fumaça por hierarquia das pressões - O local sinistrado deve estar em depressão com relação aos locais adjacentes.



Um sistema de extração de fumaça, mesmo quando normalmente concebido, é geralmente ineficaz quando os volumes a proteger estiverem totalmente enfumaçados e quando o acionamento da varredura for feito tarde demais. Conforme literatura técnica sobre o assunto, em incêndios, a fumaça pode atingir velocidades de propagação superiores a 2m/s, isto é, se movendo em velocidade mais rápida que a fuga de um ocupante, que é em média entre 1m/s a 2m/s. Quando a fumaça atinge uma lateral fechada, ela desce e volta em direção ao fogo, confundindo os ocupantes quanto à direção de fuga, fazendo com que esses se desloquem em direção ao incêndio. Por isso a importância da velocidade de exaustão ser superior à da propagação da fumaça.

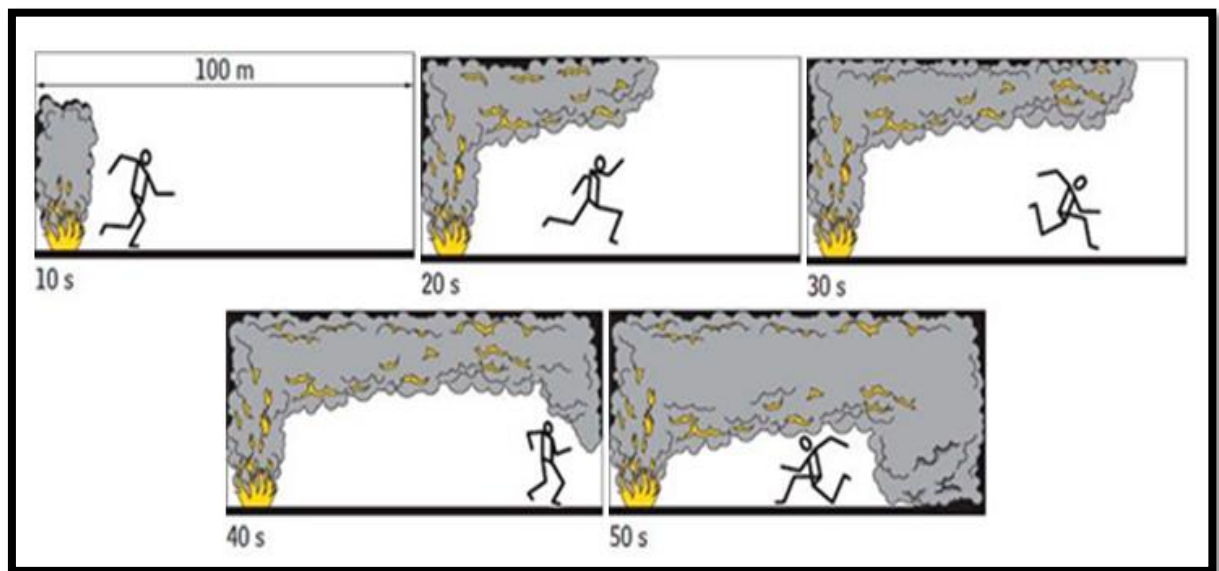


Figura 7 - Dispersão da fumaça em 50s para uma distância de 100m.

Seja realizada por ventilação natural ou por ventilação mecânica, a extração de fumaça só será eficaz se atender a um certo número de obrigações.

A primeira, e talvez a mais importante, concerne a compartimentalização. Os volumes a desenfumaçar devem sempre ter dimensões razoáveis, como um compartimento, um nível, a compartimentalização sendo realizada por divisórias, portas e válvulas a fechamento automático e, nos grandes volumes, por espelhos, dificultando o escoamento das fumaças.

Finalmente, a varredura satisfatória dos locais a desenfumar será obtida por uma distribuição ou divisão sensata das entradas de ar e das bocas de extração, de modo a evitar qualquer zona morta onde poderia estagnar um tampão de fumaça inoportuno. A este respeito, deve-se notar que mesmo com uma extração mecânica, não haverá extração de fumaça sem entrada de ar. Convém ainda não esquecer uma obrigação relacionada com a exigência de conforto térmico, e agravada pelas necessidades de economia de energia a qual condena todos os sistemas de extração de fumaça com aberturas permanentes.

Deve-se finalmente observar que os pontos de extração devem ser os mais numerosos possíveis para serem eficazes; de fato, é melhor extrair as fumaças o mais próximo quanto possível do foco potencial; além disto, para a mesma superfície de abertura, vários exaustores bem repartidos são mais eficazes que um só (tomada de ar).

### **Aplicação ao Metrô do Rio**

Define-se programa de extração de fumaça como funcionamento ou desligamento de todos os ventiladores de uma estação e de suas interestações, conforme as condições a serem

obtidas na zona de sinistro considerada (sobre pressão ou sub pressão). O sistema de ventilação foi projetado para servir, no caso de incêndio, à extração da fumaça. Entre outras medidas, os ventiladores e motores foram previstos para suportar temperaturas elevadas (inicialmente 165°C, atualmente projetados para suportar temperaturas de até 250°C) e com possibilidade de funcionamento em inversão.

A extração de fumaça das estações ou dos túneis, no caso de incêndio, é destinada:

1. A assegurar a retirada rápida dos passageiros nas melhores condições de segurança;
2. A permitir aos bombeiros que tenham acesso aos locais do sinistro.

O sistema de extração de fumaça utiliza todas as instalações de ventilação (ventiladores de exaustão e insuflação com velocidades e sentidos de funcionamento predeterminados em função do programa escolhido, válvulas de fechamento das aberturas de ventilação natural) e tem prioridade sobre o sistema de regulação e de comando manual. A única exceção é o comando manual localizado no posto de ventilação. Por razão de segurança do pessoal, se o comutador estiver na posição “desligamento” ou “comando local”, o comando de extração de fumaça não terá nenhuma ação sobre os ventiladores do posto considerado, mas fará soar um alarme sonoro indicando que o posto deve ser evacuado rapidamente após a colocação em “Comando a distância” para entrar no programa previsto.

Em uma estação, cinco casos podem ser apresentados:

1. Caso: Incêndio no nível da plataforma ou incêndio na parte inferior de um trem estacionado;

2. Caso: Incêndio na parte superior de um trem estacionado;
3. Caso: Incêndio no mezanino;
4. Caso: Incêndio nos locais técnicos da estação;
5. Caso: Incêndio nas interestações.

Todos os comandos de extração de fumaça são concentrados na sala do Supervisor. Após confirmação visual do local de incêndio, o supervisor efetua as manobras.

### **Característica dos Trens do MetrôRio**

Considerações sobre o sistema de Ar Condicionado dos Trens Alstom e Mafersa:

- Cada um dos Carros de Metrô possui 2 equipamentos de Ar Condicionado;
- A potência de refrigeração de cada equipamento é de 10 TRs (Toneladas de Refrigeração);
- 1 TR é equivalente a 12.000 Btu (British Thermal Unit);
- Portanto a potência instalada do sistema é de 240.000 Btu/Carro, equivalente a 20 aparelhos de Ar Condicionado Residencial de 12.000Btu.

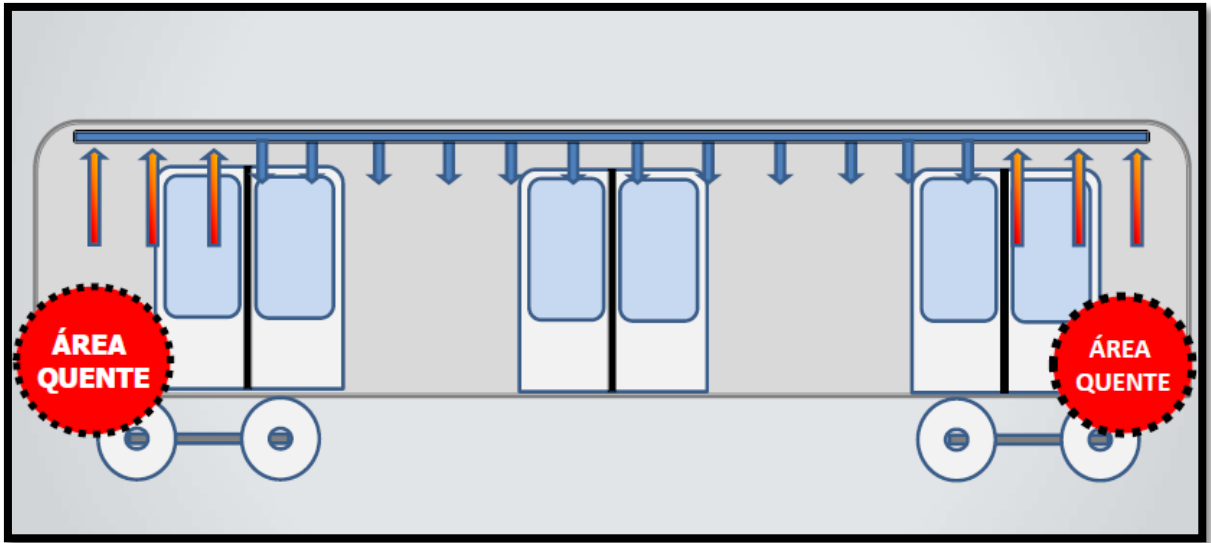


Figura 8 - Fluxo de ar no carro - Alstom/ Mafersa

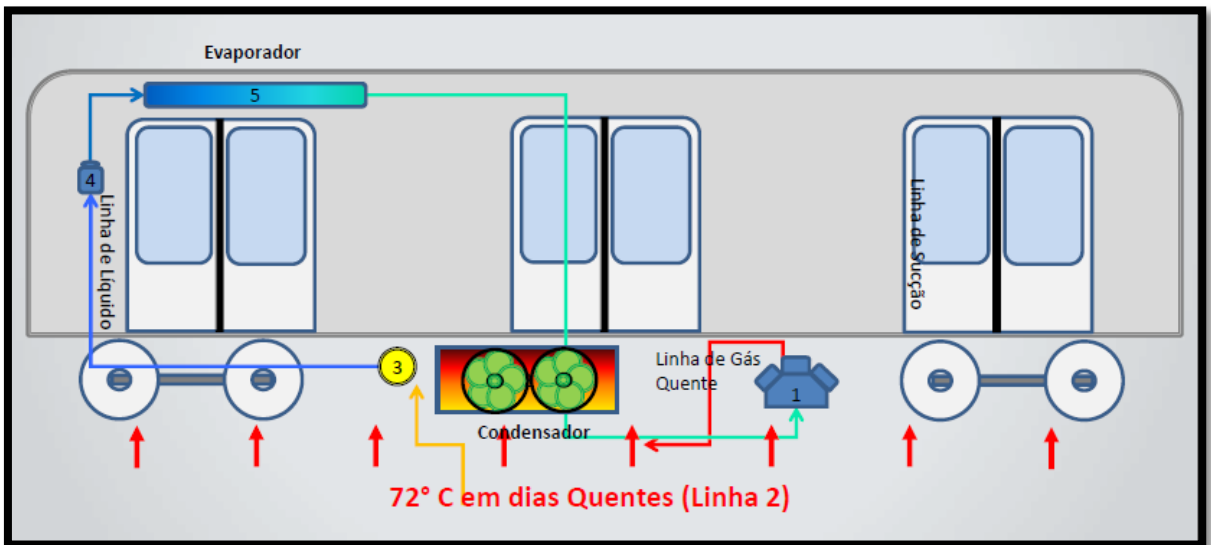


Figura 9 - Esquema de funcionamento do ar condicionado

Em razão das altas temperaturas na Linha 2, a performance e a confiabilidade do sistema de refrigeração ficavam comprometidos. Sendo identificada oportunidade de melhoria e aprimoramento deste sistema nos carros Alstom e Mafersa.

Principais características dos Trens CRC:

- Ar condicionado mais potente que o atual (312.000 Btu's/ carro (aumento de 33% em relação ao atual);
- Nova disposição dos bancos (melhor circulação interna);
- Passagem livre entre os carros (melhor circulação interna e distribuição de ar/ temperatura);
- Sistema de informação aos passageiros (displays internos e externos, TV);
- Sistema de gerenciamento do trem (Maior agilidade na operação e na manutenção);
- Sistema digital de piloto automático.

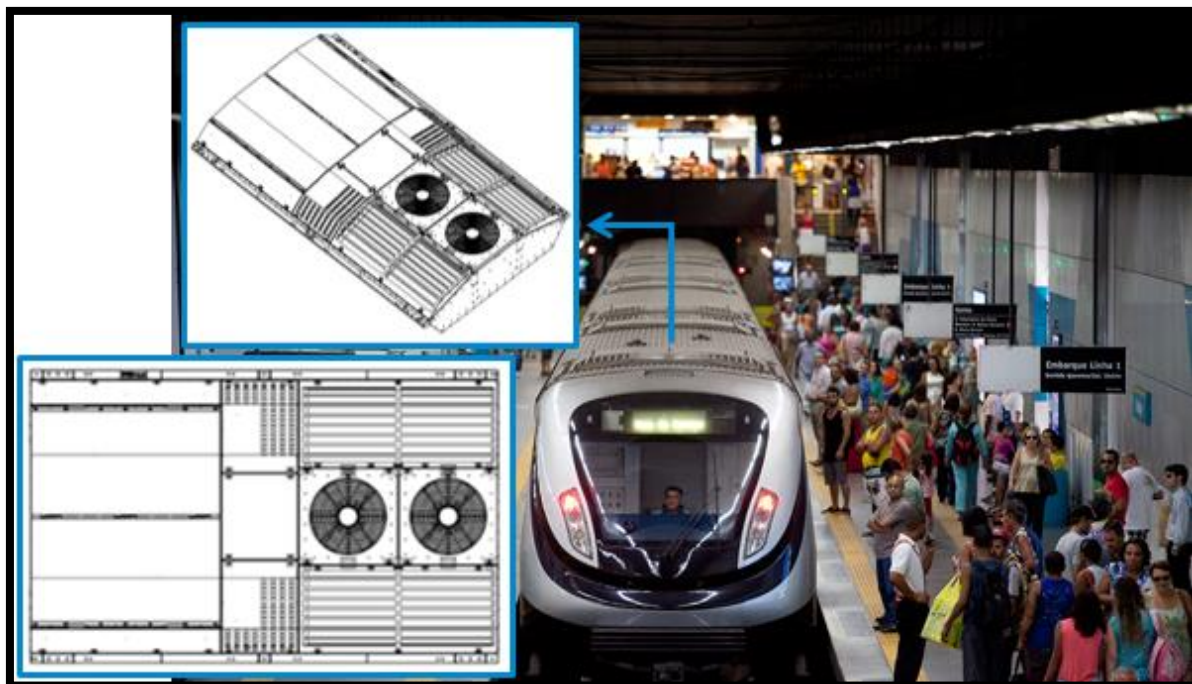


Figura 10 - Visão superior do Trem CRC - Localização dos condensadores

Com a mudança da localização do sistema de ar condicionado, para a parte superior do trem, os problemas como as altas temperaturas com a Linha 2 foram sanados, tendo um aumento na performance do sistema. Porém as interfaces com os demais sistemas precisam ser atualizadas. Essa melhoria trouxe uma preocupação quanto à segurança para os usuários e funcionários nas estações, quanto ao conforto térmico e em caso da ocorrência de um sinistro na parte superior dos trens, pois não se sabia como seria extraída essa fumaça.

A exaustão projetada e existente está localizada no canal de cabos/ sob a plataforma de embarque/desembarque. A ideia é captar essa exaustão, que foi deslocada para cima do trem, direcionando-a para o canal existente e projetado para este fim.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para este estudo adotamos a Estação Botafogo em razão das características de fluxo de usuários, aproximadamente 75 mil passageiros por dia, e pela arquitetura da estação permitir adequações necessárias para instalação de possíveis soluções.

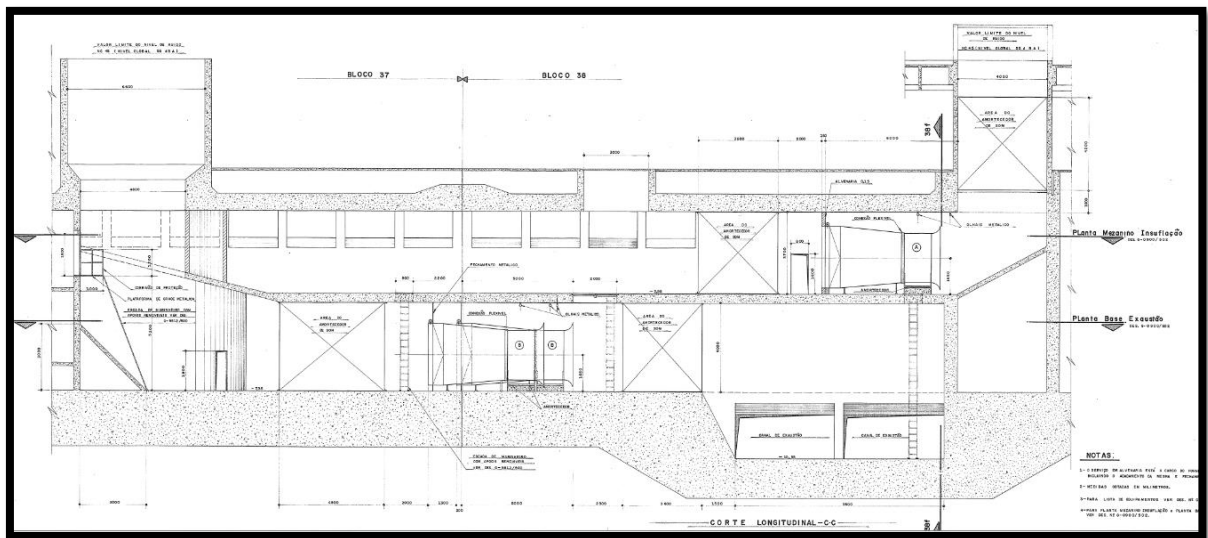


Figura 11 - Disposição dos blocos de ventilação da Estação Botafogo

A estação Botafogo possui dois blocos de ventilação, sendo um de insuflação com 2 ventiladores axiais com  $75\text{m}^3/\text{s}$  de vazão por ventilador, e um bloco de exaustão composto por 3 ventiladores axiais com capacidade de  $70\text{m}^3/\text{s}$  cada ventilador. Garantindo a diferença de pressão na estação, permitindo o complemento da insuflação pela entrada de ar naturalmente pelas aberturas e acessos da estação.



## **Adequação no sistema de extração de fumaça identificada**

A solução proposta para captação da exaustão gerada pelos condensadores do sistema de ar condicionado dos trens CRC é a instalação de um duto posicionado sobre o trem, paralelamente às saídas de exaustão do sistema de ar condicionado. A necessidade de instalação de um duto é devida à configuração dos equipamentos sobre o trem, sendo:

- Uma saída de exaustão;
- Duas entradas de ar para o sistema.

Esse duto será ligado ao final da plataforma, direcionado ao canal de exaustão de plataforma já existente, onde será instalado um ventilador tipo Booster com vazão de  $70\text{m}^3/\text{s}$  (Dimensionamento conforme dados do **anexo 1**), com o intuito de proporcionar a diferença de pressão dentro deste duto, direcionando o fluxo de ar para o canal de exaustão existente, concluindo assim a adequação e restabelecido o fluxo projetado inicialmente.



Figura 12 - Ventilador Axial (Tipo Booster) - Modelo Design 47 Adjustable Pitch Vane Axial

O duto terá abertura posicionada sobre as saídas de exaustão do sistema de ar condicionado do trem CRC, com telas para proteção, evitando a obstrução da passagem do fluxo de exaustão.

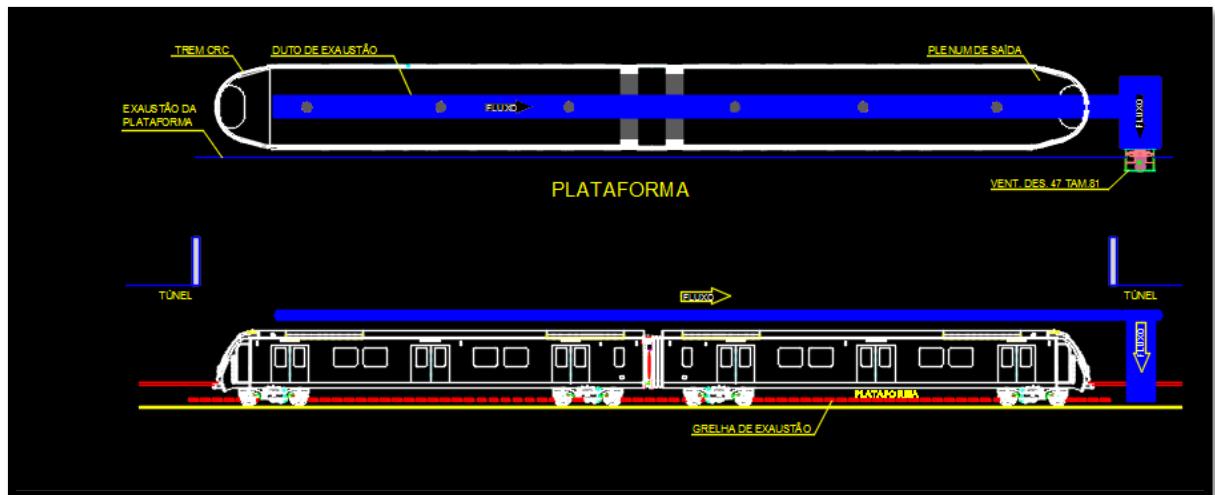


Figura 13 - Vista superior da adequação do sistema de ventilação primária

Como o balanço térmico projetado para o sistema de ventilação não foi alterado, a adequação para o sistema de extração de fumaça terá como solução a criação de uma captação e um meio para direcionar o fluxo de exaustão localizado sobre o trem, destinando o fluxo de ar para o canal de exaustão existente. Permitindo assim a eficiência de operação do sistema por completo, uma vez que no sistema do MetrôRio continua a operação dos trens Alstom/ Mafersa que possuem o sistema de refrigeração na parte inferior dos carros.

### Potência de incêndio

A norma NBR 15661:2012, menciona dados quanto à potência de um incêndio em túnel. “A *potência de incêndio de 30MW é definida para o cálculo do sistema de ventilação contra incêndio de túnel. Este incêndio atinge a sua potência máxima (30MW) em aproximadamente 10 min e gera uma vazão de fumaça de aproximadamente 80m<sup>3</sup>/s, com*

*duração de 60 min. A velocidade do ar no túnel não pode ser inferior a 1,5m/s e superior a 10m/s” (NBR 15661:2012).*

Diante desta informação, em caso de sinistro sobre o trem CRC estacionado na plataforma da estação, os riscos de segurança são altíssimos, caso não tenha uma adequação no sistema de extração de fumaça.

Com o estudo proposto de adequação da captação por meio de duto sobre o trem, instalado ao longo de toda extensão de estacionamento na estação e direcionando essa exaustão para o canal da plataforma existente, a segurança e confiabilidade do sistema seriam reestabelecidos, mantendo a performance do sistema de refrigeração dos trens CRC e cumprindo a filosofia projetada inicialmente das estações quanto à Ventilação Primária.

## **CONCLUSÕES**

Na operação de uma estação de Metrô, a segurança do usuário é o fator prioritário. Por este motivo, é primordial que o sistema de ventilação primária atinja todas as metas de eficiência em extração de fumaça. O estudo propõe uma adequação no sistema de Ventilação Primária, visando o item principal de operação do mesmo, a extração de fumaça. O estudo demonstra que a solução proposta de captação e direcionamento da exaustão leva a concluir que será alcançado um funcionamento perfeito deste sistema, superando as expectativas, pois além de atender o objetivo principal de extração de fumaça de uma estação do MetrôRio, estará atendendo os demais quesitos do sistema, tanto no que se refere à renovação do ar quanto ao conforto térmico.

## 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.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 15661;2012 Proteção contra incêndio em túneis

NFPA 130 - 2015 (National Fire Protection Association – Comitê Norte Americano) - Diretrizes de segurança aplicável aos sistemas de transportes Metroferroviários.

METRÔRIO. Apresentação Por dentro do Metrô Rio: Funcionamento ar condicionado frota atual - abril2010.

SITE: <http://www.chicagoblower.com/products/Axial%20Bladed%20Fans.aspx> – Visualizada em 26/01/17

SOMAX BRASIL . Desenho Esquemático Exaustão Metrô - Autor: Francisco Cardoso.  
27/01/2017.

METRÔRIO. Desenho: Nº G – 0900/ 502 - 04/02/1977 – Fonte: Companhia do Metropolitano.

METRÔRIO. Documento AT-SIE-0082 – Descritivo lógico energia – 1977

METRÔRIO - ENGENHARIA. Coordenação da Gestão da Informação, SISTEMA DE

METRÔRIO. VENTILAÇÃO PRIMARIA DATA BOOK. Data book. Rio de Janeiro, fevereiro de 2014.