

“19° SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”

TEMA: Manutenção

TÍTULO DO TRABALHO: INDICADORES DO MAU FUNCIONAMENTO EM TEMPO REAL DO
SISTEMA DE AR CONDICIONADO DE TRENS

OBJETIVO

Fornecer uma ferramenta (hardware e software) para detecção de desvios em um sistema de ar condicionado de trens de transporte de pessoas, fornecendo subsídios para a manutenção poder melhorar a gestão dos recursos, das competências e auxiliar o desenvolvimento de novos padrões de atuação. Com isso, poder-se-á prever a ocorrência de uma eventual paralisação funcional dos circuitos frigoríficos, evitando transtornos aos passageiros durante a operação comercial, dessa forma, possibilita-se que a equipe de manutenção faça a preditiva, planejando a manutenção de acordo com as taxa de vazamento de fluido, a demanda de atividades e a situação de outros circuitos.

RELEVÂNCIA

Com as expansões, modernizações e implantações de novas linhas no Metrô de São Paulo, introduziu-se um novo padrão de projeto, em que todas as novas frotas de trens possuem ar condicionado. Isso proporciona um novo nível de conforto para os passageiros e, ao mesmo tempo, cria um desafio para o setor de manutenção: conhecer e dominar o processo dessa máquina térmica, que possui um alto grau de realimentação, sendo afetada tanto pelo clima como pela demanda de passageiros (infiltrações térmicas variadas).

Cada trem utiliza em média 135 kg de fluido refrigerante, serão 176 trens com mais de 5 mil circuitos frigoríficos .

Uma das principais causas da degradação de sistemas de refrigeração é a ocorrência de vazamentos, que podem ser pequenos e de forma contínua, extremamente prejudicial, do ponto de vista tanto do consumo de energia quanto dos aspectos ambientais, pois a liberação do fluido refrigerante na atmosfera causa impactos negativos ao meio ambiente e representa desperdício de dinheiro.

DESCRIÇÃO

Monitorar a corrente do compressor dum circuito frigorífico (CF) é acompanhar a quantidade de energia fornecida ao fluido frigorífico (FR), que é afetada pela vazão mássica, pela taxa de troca energética efetuada pela evaporadora e pela condensadora, este equilíbrio é equacionado na figura 1, todas as variações energéticas serão refletidas nas correntes.

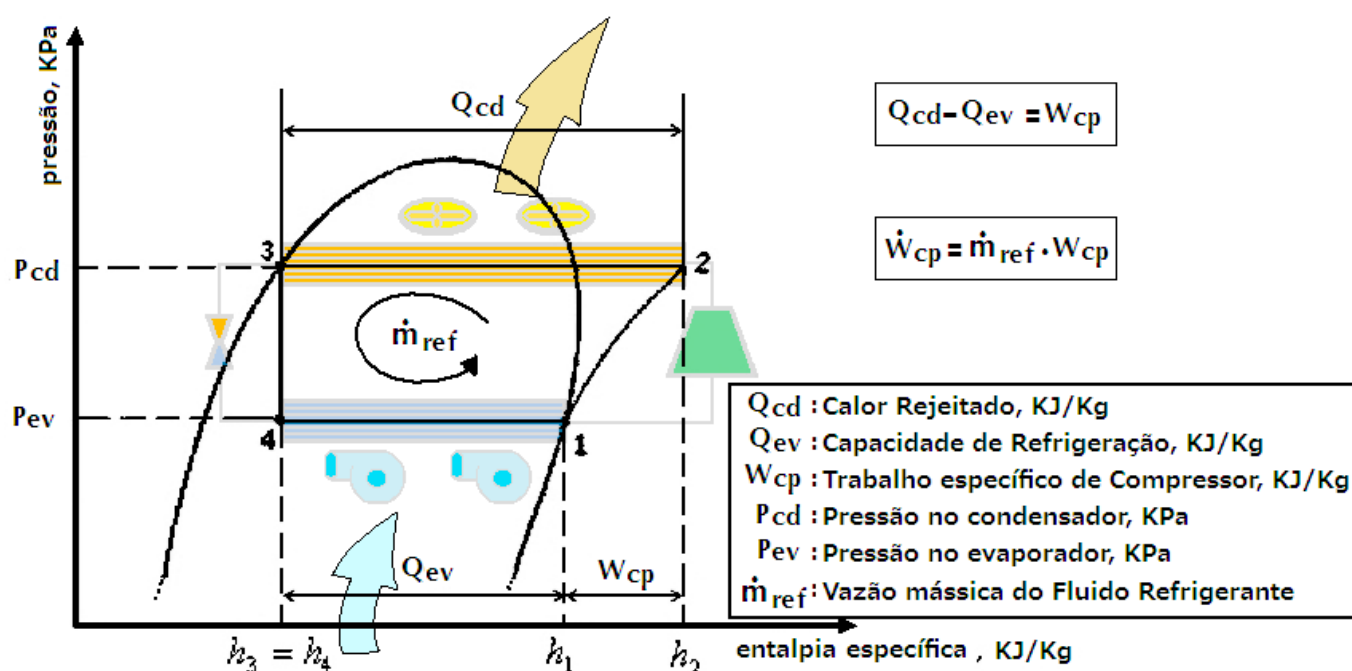


Figura 1 – Diagrama com os balanços energéticos em um CF

O fato do sistema do ar condicionado metroferroviário conter vários CFs idênticos em cada carro possibilita o processo de monitoração e detecção por comparação da energia elétrica fornecida para cada compressor, pois os CF's apresentam:

- teoricamente, os mesmos ajustes de sub-resfriamento e superaquecimento;
- as mesmas perdas de energia, pela semelhança dos equipamentos;
- os mesmos ambientes compartilhados, isto é, recebem as mesmas solicitações térmicas, de temperatura e de umidade, interna e externa ao Trem;

- o mesmo plano de manutenção, limpeza, troca de filtro, etc...;
- o mesmo circuito de controle e alimentação que monitora o ambiente e determina quais circuitos frigoríficos devem atuar naquele instante.

Em ensaios comprovou-se o método de preditiva e desenvolveu-se uma curva ajustada, descrita por uma equação que estima a quantidade de massa de FR que foi perdida para o ambiente, possibilitando identificar o vazamento de FR, com o uso de histogramas relativos e absolutos, ver figura 2 e 3.

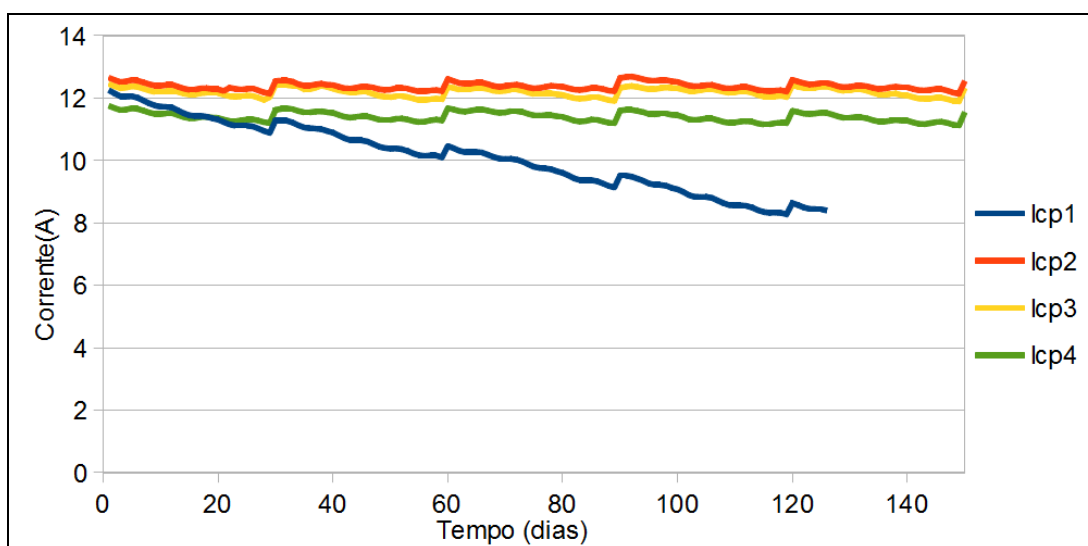


Figura 2 - Exemplo do histograma das médias absolutas diárias

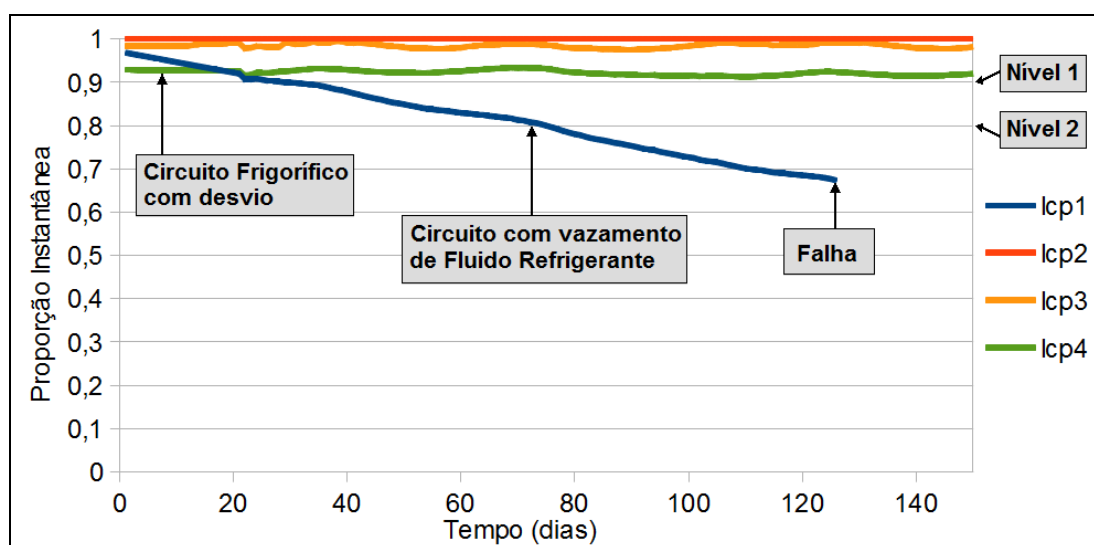


Figura 3 - Exemplo do histograma das médias relativas diárias e níveis de alarmes

A monitoração por placa microprocessada fornece informações “online” e “off-line”, possibilitando às equipes de manutenção e engenharia receber e analisar os alarmes e o comportamento das correntes, pois todos os sinais amostrados serão gravados, gerando uma priorização automática, com alarmes definidos em dois níveis, sendo o nível 1 ajustado para 0,9 e o nível 2 ajustado para 0,8, ver figura 3.

A equação específica para estimar a massa perdida é utilizada na faixa de 1.500 mg até 3.600 mg de massa perdida, mesmo estando ajustada para atender desde 300 mg de massa perdida.

Desenvolveu-se uma ficha para atender a necessidade de detectar os desvios nos CFs, baseada na aplicação manual da monitoração, com processamento manual (ver a Figura 4).

Foi realizado um mapeamento em 19 trens utilizando a ficha, com o objetivo de verificar falhas intermitentes. O resumo é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Circuitos analisados

Trens analisados	Circuitos Frigoríficos	CFs com desvio
19	456	21

Embora o resultado, em primeira análise, seja pouco significativo (4,6% da quantidade de circuitos instalados), esses circuitos representam 76% de todas as falhas abertas no período analisado. Cabe ressaltar que os circuitos reparados apresentaram vazamento de FR.

Para possibilitar a monitoração contínua das correntes dos compressores foi projetada a Placa de Monitoração (PM), possibilitando o processamento das variáveis, com foco na detecção, identificação e envio dos desvios ao Sistema de Apoio à Manutenção (SAM).

A arquitetura da PM é uma plataforma com capacidade de comunicação Ethernet, com um micro SD para armazenamento, e um Real Time Clock (RTC) para sincronismo horário com o Centro de Controle (CCO), com entradas analógicas e digitais. Ver figura 5

Carro	Unid.	Corrente no Circuito (A)			
		1	2	3	4
1	1				
	2				
2	1				
	2				
3	1				
	2				
4	1				
	2				
5	1				
	2				
6	1				
	2				

Obs.:

GMT/MTR/MRN/MRC Resp.: _____ Visto: _____

Figura 4 - Ficha de acompanhamento da corrente do compressor do Ar Condicionado

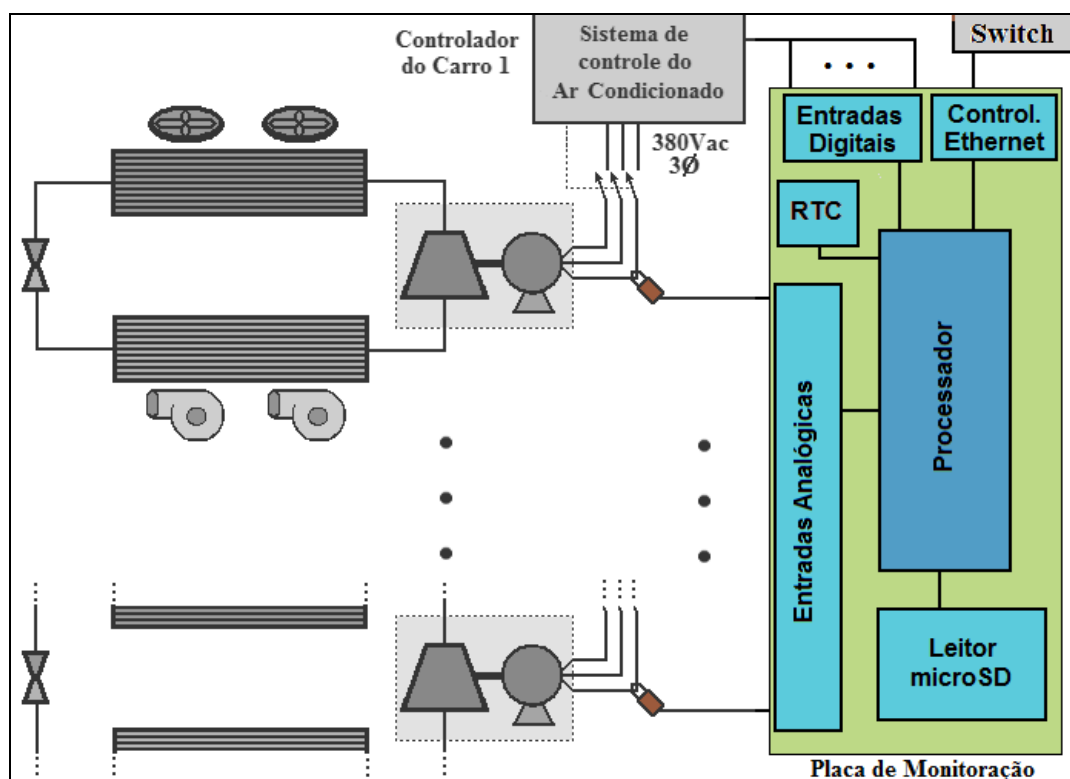


Figura 5 - Arquitetura de hardware da placa de monitoração e conexões ao sistema.

O hardware aceita ampliações, sendo possível atender à necessidade de monitorar a temperatura interna do trem, em vários pontos do carro (ver a Figura 6) O objetivo é registrar e fornecer “on-line” a temperatura de vários pontos dentro do carro, o que permite à Manutenção e à Operação confrontar de forma objetiva as reclamações subjetivas dos passageiros.

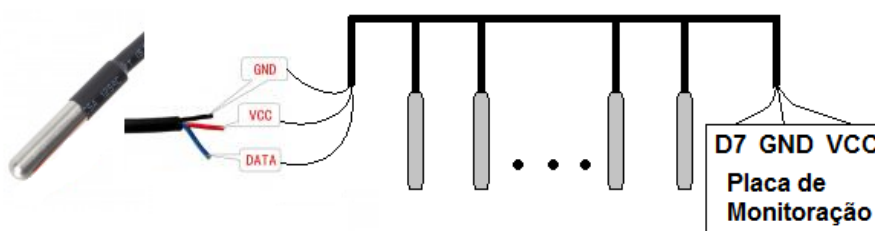


Figura 6 - Rede usando termômetros DS18B20, controlados pela placa de monitoração.

As informações são disponibilizados na rede interna do trem. Na Figura 6, temos um diagrama com as conexões do trem com os sistemas fixos, onde é possível para o Concentrador de Dados (CD) coletar, tratar e enviar informações para a manutenção. sendo enviada para o Sistema de Comunicações Moveis de Voz e Dados (SCMVD), embarcado. Isso permitirá, por

intermédio do Sistema de Transmissão de Dados (STD), o envio dos alarmes até uma Interface Homem Máquina (IHM) do SAM, ficando assim disponível para a equipe de manutenção .

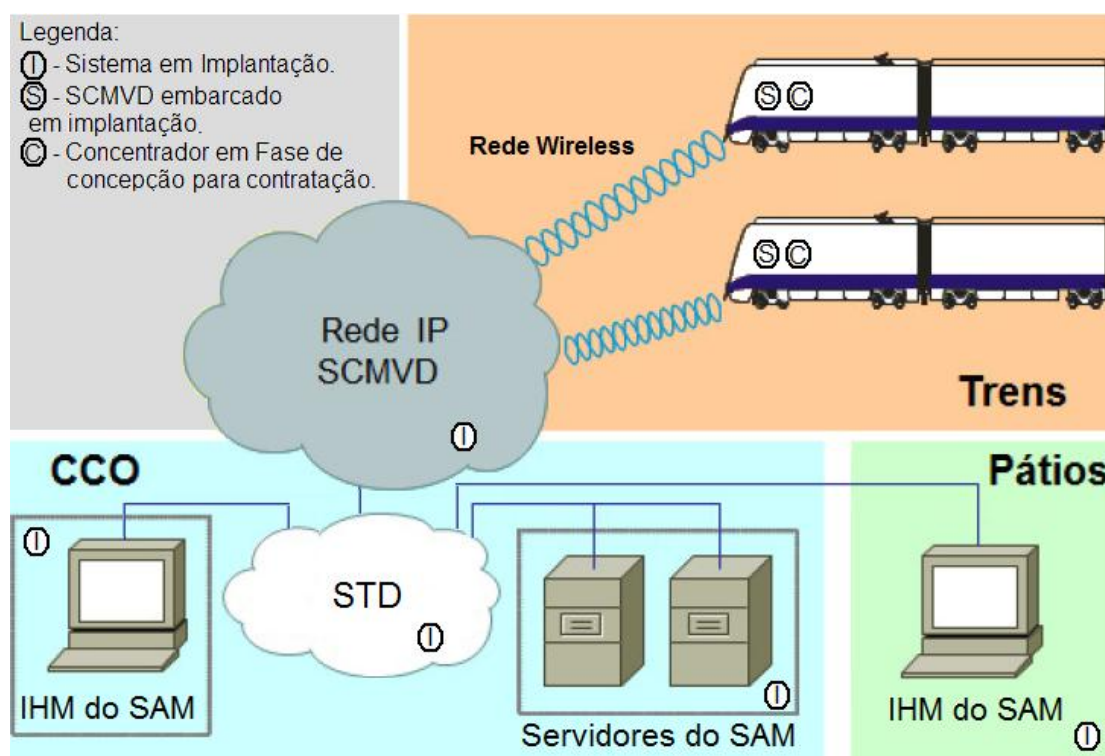


Figura 6 - Interligação entre os sistemas com a monitoração

O uso do método para detecção de desvio, por intermédio da corrente do compressor, possibilita que a equipe de manutenção faça a preditiva do sistema de ar condicionado, atuando antes que a falha ocorra, programando a manutenção de acordo com a taxa de vazamento, a demanda de atividades e a situação dos outros circuitos. Resumindo:

- Usando a corrente do compressor como indicador, a ferramenta matemática média relativa como filtro e outros CFs como padrão de comparação, consegue-se detectar um desvio no CF, baseado na simetria dos CFs e na conservação de massa e de energia;
- Usando as médias relativas de vários dias e a ferramenta histograma, consegue-se detectar um desvio provocado por vazamento de FR, baseado na curva obtida;
- Com o histograma relativo e a equação da curva ajustada, específica para cada tipo de ar condicionado, consegue-se prever a vazão de FR e a quantidade de dias até a falha do CF;

- Usando o histograma relativo e a previsão de vazão, de cada dia, consegue-se verificar se o vazamento está aumentando; conseqüentemente, a quantidade de dias até a falha diminui;
- No histograma das médias absolutas, podem-se detectar desvios que afetam todo o conjunto, em que a média relativa mascara o resultado; observa-se que a corrente absoluta apresenta uma tendência para todos os CFs. Isso determina o melhor momento para algum tipo de manutenção preventiva, tais como troca de filtro e lavagem da evaporadora, baseado na simetria dos CF e na conservação de energia;
- Usando a ficha de acompanhamento da corrente do compressor do ar condicionado, é possível efetuar um trabalho de levantamento de desvios, obtendo-se resultados suficientes para eliminar algumas falhas intermitentes e controlar falhas que estão relacionadas ao CF;
- Com o sincronismo horário fornecido pelo CCO e o uso da PM, será possível recriar a viagem do trem, considerando os vários ambientes transitados (pátio, via aberta, túnel e estações). Esse procedimento viabiliza a análise de falhas recorrentes ou permite verificar quantos CFs estavam acionados, confrontando a hora com a reclamação de um passageiro e considerando as definições do que é conforto térmico;

O nível da comparação é ampliado na análise remota, onde se avalia o comportamento dos CFs entre carros, considerando as particularidades de alimentação elétrica de cada frota, comparando os CFs entre Trens, com foco na manutenção Preventiva.

Na aplicação do método estabelecido, usando-se a ficha de acompanhamento ou a PM, obtêm-se benefícios pela simplicidade de implantação e efetividade com que tais ferramentas permitem comparar o balanço energético dos CFs, identificando desvios. Em última análise, é importante ressaltar que o caminho para garantir o conforto, a segurança, a diminuição dos impactos negativos ao meio ambiente, a confiabilidade do sistema e a redução dos custos de manutenção, foi a implementação da Manutenção Preditiva por Monitoração de Corrente.

JACKSON DE CARVALHO GALOCHA

Engenheiro Eletricista, Administração de Empresas (Finanças), Especialização em Tecnologia Metroferroviária.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO – METRÔ

Supervisor de Manutenção do Material Rodante

E-mail : jgalocha@metrosp.com.br

LUIS CARLOS REBELO

Engenheiro Elétrico, Especialização em Tecnologia Metroferroviária.

Engenheiro da Coordenaria de Estudos e Planejamento da Manutenção de Equipamentos Fixos Eletrônicos do Metrô – SP.

E-mail : lrebelo@metrosp.com.br