

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

**SISTEMA EMBARCADO DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA DE
MANCAIS DOS RODEIROS**

INTRODUÇÃO

Em todas as aplicações de equipamentos com elementos de rotação, a solução mais comumente utilizada é a de mancais de rolamentos, que podem assumir as mais diversas configurações em função de características intrínsecas dos equipamentos, tais como: dimensões, cargas, rotação, características geométricas, tipo de ambiente, etc. Geralmente a falha de rolamentos leva à parada do equipamento, sendo, portanto, um dos grandes responsáveis por prejuízos causados por lucros cessantes e gastos com manutenção. É certo que boa parte dessas falhas são causadas ou potencializadas por erros de especificação, lubrificação, montagem, ou transporte e armazenagem. Porém, existem também alguns fatores relativos à operação dos equipamentos, como contaminação, sobrecargas, choques, etc., que nem sempre estão sob controle e domínio por simples desconhecimento de alguns parâmetros de operação, ou mesmo originados por ocorrências aleatórias e imprevisíveis.

No segmento metroferroviário, essa preocupação é muito maior, na medida em que os rolamentos são também responsáveis pela segurança do sistema, visto que na ocorrência de uma falha neste elemento, eventualmente podemos ter como desdobramento um descarrilamento. E nesse caso, além dos danos materiais, há o risco de lesões aos usuários

(no caso das operadoras de passageiros), o que acaba tornando extremamente complexo o levantamento de custos, pois existe nesses casos, um forte componente de custos indiretos, tais como indenizações pessoais e prejuízos de imagem. E é dentro desse contexto que procuraremos mostrar a relevância do projeto em questão e suas contribuições no aumento da confiabilidade de rolamentos aplicados no segmento de veículos ferroviários, podendo ser também aplicado a outros tipos de veículos, de acordo com a necessidade.

DIAGNÓSTICO

O objetivo deste trabalho é disseminar na comunidade do segmento metroferroviário uma solução técnica desenvolvida com o intuito de tentar evitar ocorrências de travamento de rolamentos em operação, cujos desdobramentos acarretam grandes perdas materiais e, dependendo das circunstâncias, até pessoais. Tendo como motivação uma ocorrência real, este projeto foi concebido e desenvolvido utilizando-se a técnica de monitoramento contínuo de temperatura num sistema embarcado, que, através de alarmes pré ajustados, informa ao operador, com a devida antecedência, a necessidade de parada da composição para manutenção, devido à degradação de um ou mais rolamentos. O acompanhamento da temperatura de trabalho do rolamento é um dos métodos mais precisos no prognóstico de falhas, pois se constitui num excelente indicador do estado do rolamento. A elevação excessiva de temperatura tem influência direta no desempenho do lubrificante, que nessa condição sofre os efeitos da decomposição catalítica e oxidação, que por sua vez, acelera a degradação do rolamento até o seu travamento ou quebra.

A concepção do projeto baseia-se no monitoramento contínuo da temperatura de cada um dos mancais de uma composição, bem como a temperatura ambiente, através de um sistema embarcado cujos dados trafegam numa rede física tipo RS485. O protótipo foi instalado numa composição que encontra-se em operação, e os dados gerados passam por acompanhamento e avaliação com o intuito de promover os ajustes necessários, garantindo o perfeito funcionamento e a definição de um padrão de temperatura que servirá de referência para determinar o momento adequado de retirada do equipamento para manutenção. Lembrando que nessa composição temos um universo de rodéiros com diferentes situações de rolamentos (novos, usados com diferentes periodicidades e marcas), de modo a enriquecer a análise, do ponto de vista comparativo.

ARQUITETURA DO SISTEMA

A composição é formada por 06 carros, tendo cada um 08 mancais, totalizando 48 pontos de monitoramento de temperatura. Em cada um dos mancais foi instalado um termopar tipo K. O sinal de temperatura passa por um condicionador que o converte num sinal RS485 e através da rede é transmitido até um módulo CLP (que fica localizado um dos carros das extremidades) que efetua o processamento e armazenagem dos dados. Existe ainda um termopar que mede a temperatura ambiente, que serve de referência para as demais temperaturas. Cada carro possui alimentação do sistema de forma independente, oriunda das baterias dos sistemas auxiliares, permitindo o funcionamento do sistema, mesmo que o trem não esteja energizado. Em cada carro a linha de alimentação passa por um disjuntor de proteção e por um conversor que reduz a tensão de 48 para 24 VCC.

O cabo da rede de dados é um par trançado com shield em cobre estanhado e capa em PVC, de modo a evitar ou minimizar possíveis interferências eletromagnéticas.



Figura 1: Condicionador de sinal, termopar tipo K e módulo CLP

Em cada um dos carros das extremidades existe um painel de sinalização instalado no console de operação que faz a interface com o operador. Cada um dos 49 pontos de monitoramento possui um endereçamento lógico individualizado, permitindo a identificação física ponto a ponto. Existe a possibilidade de configurar parâmetros, tais como: intervalo de coleta, valores de temperaturas de alarme, definição de parâmetros de controle, entre outros, além de permitir inserção de filtros para efetuar triagem dos dados coletados. O módulo CLP possui IHM, que permite também a configuração para consulta de dados em tela.



Figura 2: Painel de sinalização

O ponto de aquisição de temperatura foi determinado fazendo-se uma análise do espectro de temperatura do mancal através de uma câmera termográfica. Na figura 3 temos uma imagem do mancal, seguida de uma imagem do espectro de temperatura, onde podemos observar que os pontos mais quentes do mancal estão localizados no labirinto (ponto 1) e nos parafusos superiores de fixação das tampas (ponto 2). A parte superior do mancal é onde fica localizada a zona de carga do rolamento.

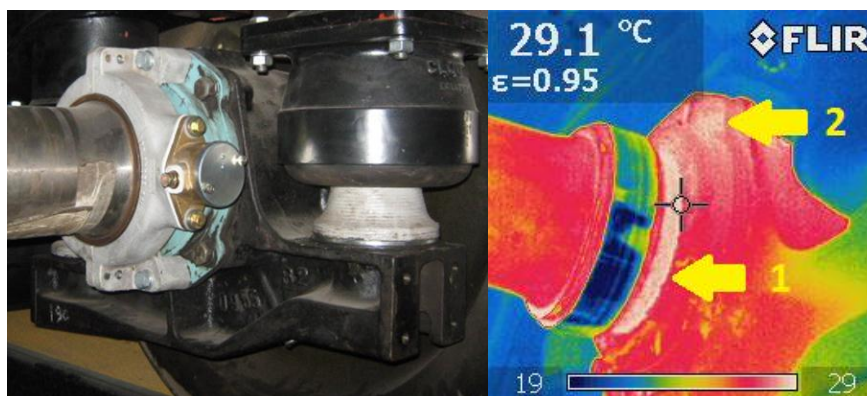


Figura 3: imagem do mancal de rolamento e à direita imagem do espectro de temperatura.

Elegemos o parafuso superior da tampa do mancal como ponto de monitoramento, solicitando a confecção de um termopar com ponta em forma de meia arruela, permitindo sua instalação sem necessidade de desmontagem do mancal, bastando desrosquear um dos parafusos superiores de fixação da tampa e inserir o termopar, como vemos na figura 4.



Figura 4: detalhe da montagem do termopar no mancal

FUNCIONAMENTO

A cada ciclo de tempo pré ajustado, o sistema efetua a leitura dos 49 pontos de temperatura (48 mancais + temperatura ambiente) e, através da rede, envia os dados para o CLP, que efetua seu processamento e armazenamento e sinalização no painel, caso alguma das temperaturas esteja fora dos parâmetros pré configurados. O painel de sinalização possui as seguintes funções:

- led verde: permanentemente aceso, indica que o sistema encontra-se ligado e OK;
- led amarelo: quando aceso, indica falha de comunicação em algum ponto da rede;
- led âmbar: quando aceso, indica que um ou mais rolamentos encontram-se com temperatura anormal (faixa de alerta – a partir de 85°C);

- led vermelho: piscando, acompanhado de alerta sonoro, indica que um ou mais rolamentos encontram-se em temperatura crítica (a partir de 110°C);

O módulo CLP possui um cartão SD onde são armazenados todos os dados, que podem ser resgatados a qualquer momento com a substituição do cartão. Um cartão de 2 GB é suficiente para armazenar dados referentes a mais de um ano de monitoramento contínuo. Os dados são apresentados em arquivo com extensão .csv, que pode ser lido em formato de planilha.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados obtidos podem ser plotados em gráfico, conforme exemplo abaixo. Neste exemplo temos um período completo de 24 horas. Para não poluir excessivamente o gráfico, apresentaremos somente os resultados de 01 carro (08 mancais) e a temperatura ambiente.

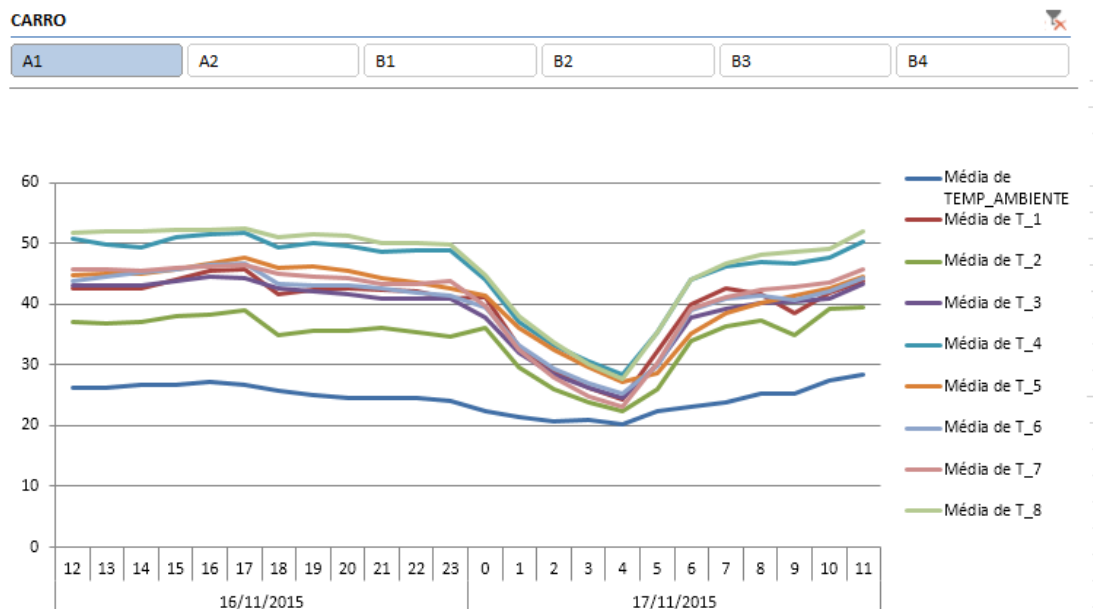


Figura 5: Gráfico das temperaturas dos mancais do carro A1 num período de 24 horas

Temos dados de um período de 6 meses, nos quais foi possível obter informações relativas a temperatura de mancais em operação que os próprios fabricantes (do rolamento e do trem) não possuíam com exatidão. A precisão dos dados obtidos nos proporcionaram traçar um perfil térmico dos rolamentos em regime de trabalho que nos será de imensa utilidade no estudo do comportamento desses rolamentos no que tange a falhas que até então não tínhamos como determinar a causa raiz por impossibilidade de análise antes que o rolamento entrasse em colapso. É importante salientar que esse sistema opera com uma rede independente da rede de monitoramento do trem, portanto, sem risco de introdução de qualquer tipo de interferência no train line original. O fato de existir essa rede independente também é estrategicamente interessante por permitir, sempre que necessário, efetuar o monitoramento de outros parâmetros (tensão, corrente, vibração, etc.), de acordo com a necessidade, desde que exista um condicionador de sinais adequado e respeitada a capacidade de processamento do CLP.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos comprovamos a funcionalidade e eficácia do sistema, avalizando tecnicamente a proposta de implantação em toda a frota circulante. Os dados permitem também traçar o perfil térmico de temperatura dos mancais em operação, de modo que podemos estabelecer um padrão típico (assinatura), que servirá de referência, permitindo que os rolamentos que apresentarem comportamento diferente do padrão estabelecido sejam retirados de operação para análise, sem que necessariamente atinjam a temperatura de alerta ou crítica.

Como continuidade do trabalho está prevista a realização de testes em oficina, utilizando-se jiga de teste de rodeiro com carga, inserindo-se falhas nos rolamentos dos mancais a fim de verificarmos a evolução da temperatura num rolamento em modo degradado. Isto nos permitirá determinar com maior precisão o tempo disponível para retirada de operação de um trem com falha em um ou mais rolamentos, de forma segura. Este sistema também nos permitirá realizar verificações práticas relativas aos planos de manutenção, no tocante aos impactos que eventuais alterações podem provocar na temperatura dos mancais em operação (exemplo: alteração de periodicidade ou volume de relubrificação).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://nsk.com.br/upload/file/B08.pdf>

<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3244-deteccao-de-falhas-prematuras-de-lubrificacao-nos-rolamentos/>

http://www.irayrolamentos.com.br/imagens/Analise_de_falhas.pdf