

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

ESTRUTURAÇÃO DOS PLANOS PREVENTIVOS DE VAGÕES PELO  
MONITORAMENTO WAYSIDE NA VLI

**INTRODUÇÃO**

Para que a operação logística mantenha seu desempenho ótimo, é necessário que os ativos se mantenham funcionais. Este objetivo é alcançado com a estruturação de uma política de manutenção adequada. Esta política deve garantir a disponibilidade dos equipamentos, a confiabilidade e segurança da operação com o menor custo possível.

De acordo com Silva et al [1], a manutenção tem como missão garantir a disponibilidade dos equipamentos, a confiabilidade e segurança da operação com o menor custo possível.

As técnicas de manutenção mais utilizadas são a corretiva, preventiva e preditiva. Recentemente alguns conceitos vem crescendo como a Manutenção Produtiva Total (MPT), Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção de classe Mundial (MCM) [1].

Para determinação do intervalo das manutenções preventiva (MP) pode se utilizar diversos meios como data calendário, quilometragem rodada, diesel consumido, entre outros, de forma a reduzir a probabilidade de falha ou degradação dos itens em operação.

A Manutenção preditiva é o monitoramento contínuo, ou em intervalos de tempo, de certas características dos equipamentos ou peças. Através deste é possível estimar a vida útil do

componente com grande assertividade, sendo possível antecipar quando o será necessária intervenção no sistema, aumentando a disponibilidade dos equipamentos, reduzindo paradas emergenciais e aumentando a vida útil e confiabilidade do sistema [2].

O método de data calendário não é o melhor modelo para a indicação dos ativos para manutenção, pois é susceptível a tomada de decisões equivocadas durante a priorização de quais vagões necessitam de intervenção. Como por exemplo fazer manutenção em um vagão sem falhas, de fluxos de baixa produção que não degrada os ativos, ativos de reserva estratégica, etc.

Para conseguir um salto na confiabilidade com aumento na performance dos componentes (menores taxas de desgaste), iniciou-se um processo de benchmarking em ferrovias brasileiras e norte americanas, que culminou na implantação de equipamentos Wayside na VLI para mudança da estratégia de manutenção.

Wayside são equipamentos instalados na via permanente para monitoramentos de sistemas em ativos ferroviários, especialmente vagões e foram fundamentais para a estruturação dos planos preventivos. Os equipamentos de monitoramento podem ser divididos em reativos ou preditivos, conforme ilustrado na figura 1.

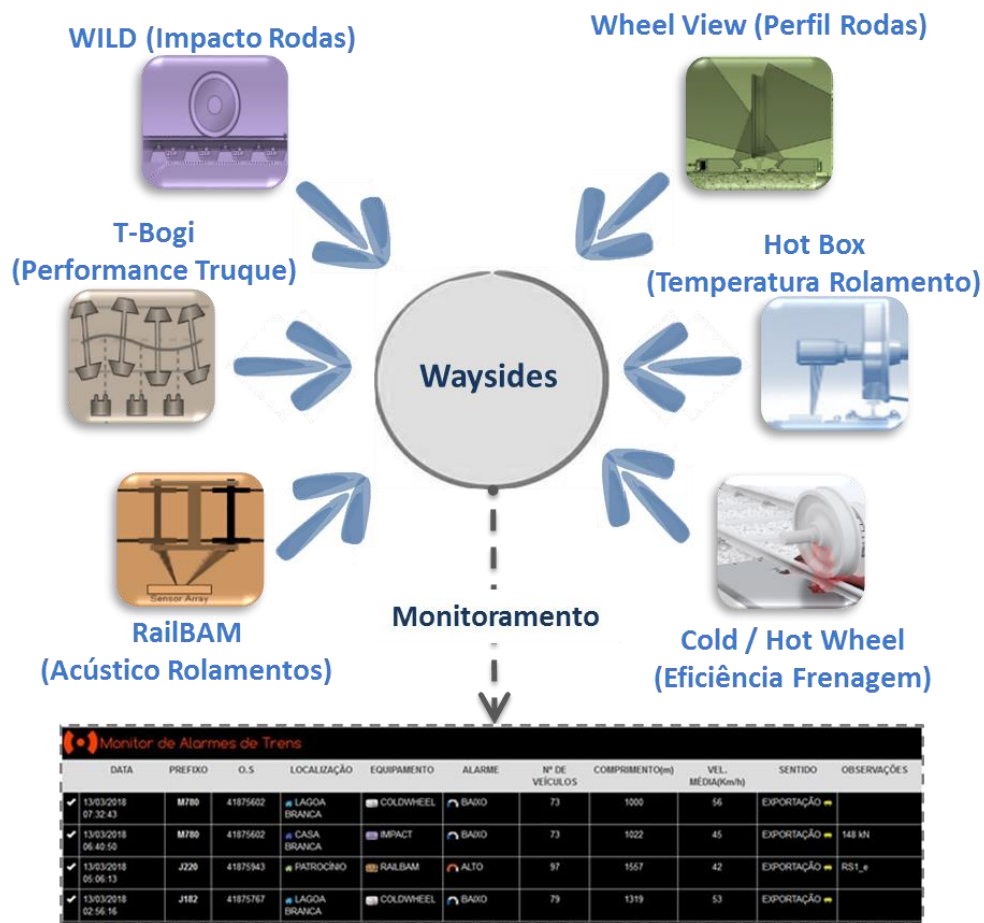


Figura 1 – Sistema Waysides VLI

Sistemas Reativos detectam falhas já presentes no veículo. Estes normalmente não podem ser utilizados em cálculos de tendência, porém ajudam a proteger os sistemas de danos mais severos. Os equipamentos considerados como reativos são: Hot Box, que tem a função de detectar a falha ocorrida no rolamento possibilitando a parada do ativo antes de um efeito catastrófico como a "degola" que provoca o rompimento do eixo; Cold / Hot Wheel, que atua identificando as falhas de frenagem e o WILD que mede o impacto de rodas nos trilhos.

Sistemas preditivos detectam o avanço de avarias no sistema. Estes equipamentos podem ser utilizados em cálculos de tendência, de forma a tratar o ativo antes que a falha ocorra. O

sistema é capaz de dizer quais componentes podem estar danificados de acordo com o tipo de alarme. Na VLI os equipamentos preditivos são: T-Bogie para a performance do truque, RailBAM que monitora por sensor acústico os barulhos dos rolamentos e o Wheel View que acompanha o perfil dos rodeiros.

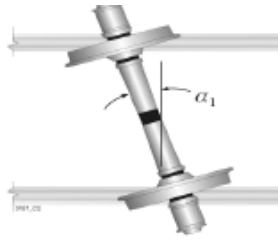
A partir do estudo dos alarmes dos equipamentos, indicação dos ativos e check detalhado na oficina, foi possível verificar quais componentes deveriam ser substituídos nos planos preventivos.

A última etapa do projeto foi revisar a estratégia de manutenção de vagões adotando a quilometragem percorrida pelo ativo, número de falhas e alarmes do Waysides para priorizar os ativos para manutenção com a área de planejamento. Com isso conseguimos melhorar a confiabilidade de nossos ativos e reduzirmos os impactos nas malhas ferroviárias da VLI e de nossas parceiras.

## **DIAGNÓSTICO**

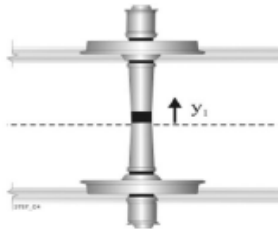
O equipamento T-Bogie foi o principal equipamento utilizado no diagnóstico da frota e fundamental para a remodelação da estratégia de manutenção. Através dele foi possível analisar os ativos e priorizar os vagões críticos que necessitam realizar as manutenções preventivas. O sistema acompanha os alarmes detectados da seguinte forma:

Ângulo de ataque (Angle of Attack), representado na figura 2, é o giro do rodeiro em torno do próprio eixo, ou seja, um deslocamento que cria o ângulo de ataque  $\alpha_1$ , que é dado em mil radianos (mrad).



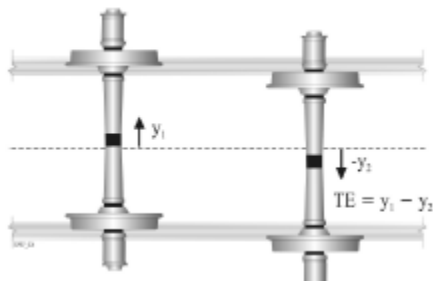
**Figura 2 – Ângulo de ataque - Angle of Attack**

A posição na via (Track Position), representado na figura 3, é o deslocamento lateral do rodeiro tendo como referência a linha de centro da via em relação ao ponto médio do eixo, em que este deslocamento  $y_1$  é dado em milímetros (mm).



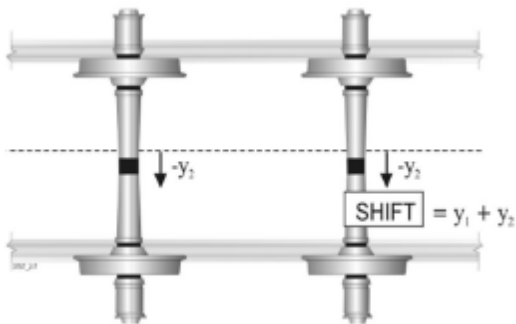
**Figura 3 – Posição na Via - Track Position**

O erro de via (Tracking Error), que pode ser visto na figura 4, é a diferença da distância lateral entre os dois pontos médios dos eixos do mesmo truque em relação ao centro da via. Este deslocamento é também dado em milímetros.



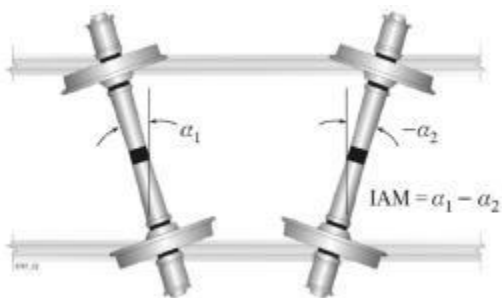
**Figura 4 – Erro de Via - Tracking Error**

O deslocamento lateral (SHIFT), que pode ser visto na figura 5, é o somatório da distância lateral entre os dois pontos médios dos eixos do mesmo truque em relação ao centro da via. Este deslocamento é também dado em milímetros.



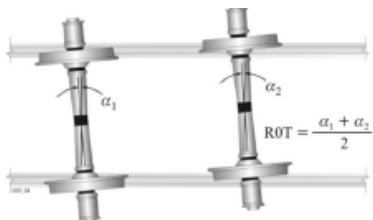
**Figura 5 – Deslocamento Lateral - Shift**

O desalinhamento entre eixos (Inter Axle Misalignment), que pode ser visto na figura 6, é a diferença da distância obtida no AOA (ângulo de ataque) do rodeiro de ataque e o rodeiro posterior do mesmo truque, ou seja, é o desalinhamento entre os eixos.



**Figura 6 – Desalinhamento entre Eixos**

O alarme de rotação (rotation), que pode ser visto na figura 7. É o ângulo do truque definido como a média dos ângulos de ataque do rodeiro de ataque e seu rodeiro posterior ou simplesmente o ângulo de giro do truque em mrad.



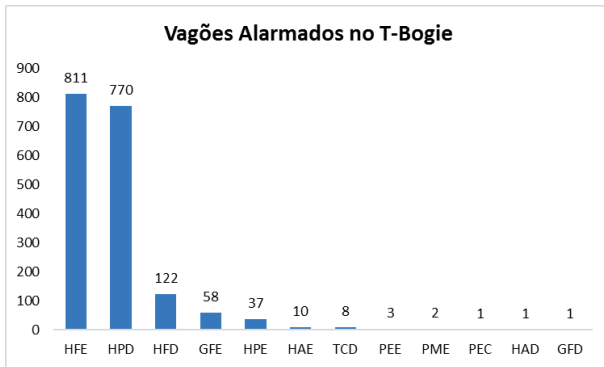
**Figura 7 – Rotação**

O vagão e/ou locomotiva deverá ser recomendado para a oficina caso os valores da leitura no T-BOGI tenham os limites excedidos nos valores estabelecidos pela tabela 1 no mínimo três vezes no mesmo truque com o mesmo alarme/parâmetro em uma janela de seis passagens.

**Tabela 1**

Alarmes / Parâmetros	Limites recomendados pelo Fabricante
AoA (Ângulo de Ataque)	+ 3 (mrad) / - 3 (mrad)
TP (Track Position)	+ 20 (mm) / - 20 (mm)
TE (Tracking Error)	+35 (mm) / -35 (mm)
Shift	+ 20 (mm) / - 20 (mm)
ROT (Rotation)	+ 10 (mrad) / - 10 (mrad)
IAM (inter-axle-misalignment)	+ 10 (mrad) / - 10 (mrad)

Diante dos alarmes obtidos no sistema do período de março a agosto de 2017, foi analisado a frota de vagões do Corredor Centro Leste com o objetivo de identificar os vagões mais críticos para manutenção. A estratificação foi apresentada nos gráficos das figuras 8 e 9.

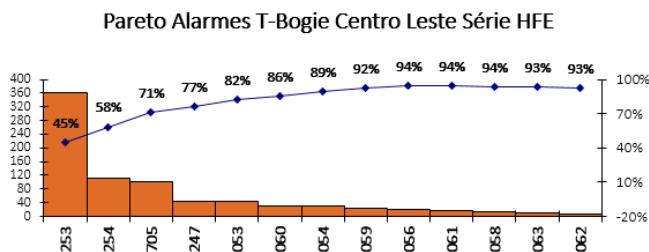


**Figura 8 – Vagões Alarmados no T-Bogie Corredor Centro Leste**

No total de 1824 vagões com algum tipo de alarme, podemos verificar que aproximadamente 87% (1581) são concentrados nas séries HFE e HPD e ambas precisariam ser tratadas.

Os alarmes na série HPD já eram previstos pois se tratava da idade média dos truques superior a 40 anos, sendo assim seriam tratados via investimento corrente.

Analisando profundamente a série de vagões HFE, como pode ser visto no gráfico da figura 9, identificou-se que 77% dos alarmes ocorriam nas séries 253, 254, 705 e 247, vagões que possuem a mesma idade média e similaridade.



**Figura 9 – Vagões HFE Alarmados no T-Bogie Corredor Centro Leste**

Por este motivo a série HFE foi definida como fonte do piloto para o projeto de estruturação dos planos preventivos de vagões.



Após definição da frota partiu-se para análise dos vagões que estavam sendo alarmados no Wayside e correlacionar aos componentes encontrados com algum tipo de avaria. A figura 10 apresenta os itens dos truques de vagões alarmados pelo sistema.



**Figura 10 – Componentes com Elevado Índice de Desgaste**

Após constatação dos itens com elevado índice de desgaste e que podem provocar os alarmes no T-Bogie foi criado a lista de correlação e através dela foi definido os itens que necessitavam serem inclusos como troca obrigatória nos planos preventivos Revisão Geral e Revisão Intermediária. A relação de itens pode ser vista na figura 11.

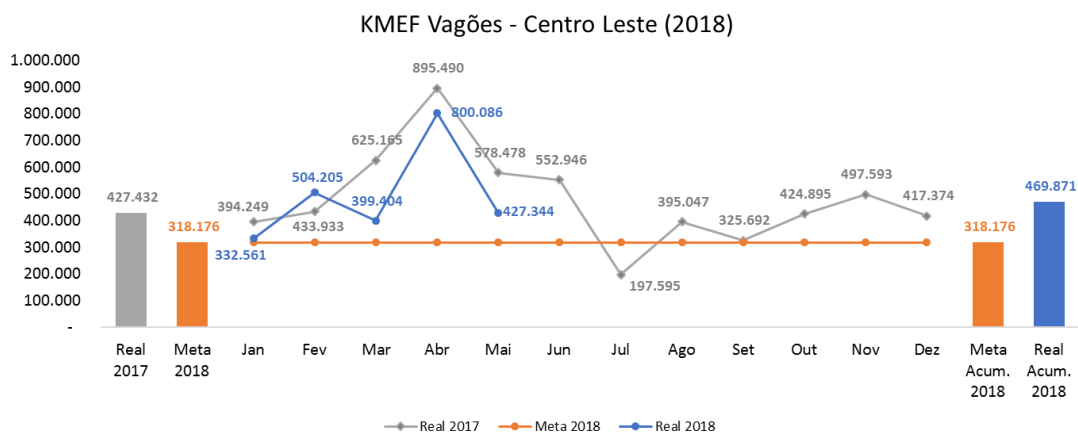
<i>Item</i>	<i>ROT</i>	<i>AOA</i>	<i>IAM</i>	<i>TP</i>	<i>TE</i>	<i>SHIFT</i>
RODAS	X	X	X	X	X	X
ADAPTADOR DO ROLAMENTO	X	X	X	X	X	X
CUNHA DE FRICÇÃO	X	X		X	X	X
DISCO SOLTO PRATO PIÃO	X					X
MOLAS	X			X	X	X
FLANGE DO PIÃO SUPERIOR	X					X
TRIANGULO DE FREIO		X	X	X	X	X
MOLA DA CUNHA FRICÇÃO	X	X		X	X	X
CHAPA DE DESGASTE DO TOPO DO PEDESTAL	X					X
SAPATAS	X	X	X	X	X	X
LATERAL DO TRUQUE		X		X	X	X

### Figura 11 – Itens que Geram Alarmes no T-Bogie.

O objetivo dos novos planos de manutenção é superar 5% no indicador KMEF<sup>1</sup> no corredor Centro Leste até dezembro de 2018, comparado ao fechamento do ano de 2017.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Podemos observar na figura 12, que o objetivo está sendo cumprido. Até o acumulado do mês de maio, o indicador KMEF 2018 está acima de 9% comparado ao ano de 2017.



### Figura 22 – Indicador de KMEF Vagões - Corredor Centro Leste VLI

---

1 KMEF = Quantidade de Falhas dividida pela Quilometragem Rodada

Somando-se ao indicador principal, tivemos ganhos intangíveis importantes para o processo como eliminação dos desperdícios principalmente por defeitos e processamento excessivo, além de proporcionar maior segurança para nossas operações.

## **CONCLUSÕES**

Este trabalho apresentou a forma de estruturação do plano preventivo de vagões na VLI através do monitoramento Wayside. Foram apresentados os conceitos básicos do sistema de monitoramento preditivo, como foi feita a estratificação e a forma de priorização da frota piloto. Além disso foi apresentado a definição da meta e como é feito o acompanhamento do indicador.

Na Vli buscamos de forma incessante vencer os obstáculos e melhorar os processos para facilitar nossas operações para proporcionar segurança para nossos colaboradores e comunidade agregando valor para nossos clientes. Este trabalho reflete um pouco do que fazemos para transformar a logística do Brasil.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1 Silva, et al. Implementação do conceito de fast track em uma ferrovia de carga geral. 72° ABM Annual Congress — vol. 72, num.72 (2017)
- 2 Nepomuceno LX. Manutenção Preditiva em instalações industriais: Procedimento técnicos. São Paulo: Edgar Blucher; 1985