



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

Cockpit de ativos rodantes orientado a dados de condição para estratégia e otimização da manutenção

INTRODUÇÃO

Grandes ferrovias buscam a maior eficiência dos seus ativos no transporte de cargas para elevar sua competitividade no mercado. A frota de minério da Estrada de Ferro Carajás (EFC) consiste em cerca de 20 mil vagões. Diariamente, uma média de 20 trens de minério de ferro, cada um composto por 330 vagões, percorrem a linha, resultando em um total de 52.800 rodas e rolamentos em operação, e em busca de um acompanhamento dinâmico de condição destes componentes críticos em circulação, que ao longo do tempo podem apresentar diversos defeitos, o monitoramento é realizado através dos equipamentos waysides instalados ao lado da via, montados nos



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

trilhos ou entre dormentes, cuja função principal é o monitorar a condição de saúde de todo material rodante (SOUSA et al., 2023).

Todos os dados gerados por estes equipamentos ficam disponíveis nos supervisórios integradores, sendo analisados constantemente no Centro de Monitoramento de Ativos (CMA), por uma equipe que atua 24h como barreira de segurança operacional na identificação de defeitos que podem levar a graves eventos ferroviários. Assim, através da monitorização do desempenho dos componentes críticos de cada ativo que percorre a ferrovia, é possível gerenciar os desvios causados por mau funcionamento e desgaste excessivo do material rodante em cada composição, garantindo que a segurança e a eficiência possam ser maximizadas.

A EFC dispõe de um Centro de Troca e Manutenção de Rodeiros (CTMR). A oficina funciona no modelo “pit-stop” em que, rodeiros pré-mapeados são trocados para realização de manutenção. Em 2023 cerca de 89,2% das trocas de rodeiros foram provenientes de indicações preditivas via equipamentos Waysides, utilizando-se da curva P-F para estipular, em dias, limites para a detecção de falhas funcionais. Atualmente 76,4% dos problemas mapeados estão entre defeitos de perfil (47,5%) e superficiais na roda (28,9%). O desgaste de largura de friso representa 89,8% dos defeitos de perfil. Atualmente o gerenciamento da manutenção dos rodeiros é realizado de duas maneiras. A primeira é através da “concepção de demanda” que, utilizando-se



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

de um forte trabalho de “Big data” trabalha na identificação de defeitos que podem atingir seu nível mais crítico em período de 60 a 30 dias. A segunda maneira é realizada por um monitoramento 24h de condição ativo, captando principalmente defeitos emergenciais (*outliers*) e ajustando o período de manutenção dos rodéis com base nas datas estipuladas no acompanhamento da curva P-F.

À medida que as práticas de manutenção evoluem, os dados desempenham um papel crucial na formação de estratégias de manutenção modernas. A revolução da manutenção orientada por dados capacita as indústrias com *insights* acionáveis para tomar decisões mais inteligentes. A manutenção baseada em condições envolve o monitoramento da condição real do ativo, alimentada por análises de *big data* e aprendizado de máquina, para decidir qual manutenção precisa ser feita. Essa abordagem usa dados em tempo real para prever quando um componente pode falhar, para que a manutenção possa ser planejada *just-in-time*.

Diante desse cenário, o presente artigo tem por objetivo abordar a implementação do “cockpit de monitoramento de ativos rodantes”, que possui uma solução baseada nos dados de condições, para a manutenção e garantia da integridade da saúde da frota de ativos rodantes usando modelos estatísticos gerados a partir de dados de medição do sistema waysides, alimentado por meio de Aprendizagem de



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Máquina Supervisionado por Regressão, para a idealização de estratégias e otimização da manutenção de rodas e rolamentos na Estrada de Ferro Carajás (EFC).

MONITORAMENTO DE RODAS E ROLAMENTOS VIA EQUIPAMENTOS

WAYSIDES

Uma das estratégias preditivas utilizadas na Estrada de Ferro Carajás (EFC) para monitorar as rodas que circulam diariamente são os equipamentos waysides (Figura 1). Trata-se de equipamentos instalados ao lado da via, montados nos trilhos ou entre dormentes, cuja função principal é o monitoramento da condição de saúde de todo material rodante (SOUSA et al., 2023). Esses equipamentos são o *Wheel Profile Monitor* (WPM), *Wheel Condition Monitor* (WCM2), *Railway Bearing Acoustic Monitor* (RAILBAM) e o *Hot Box Detector / Hot Wheel Detector* (HBD/HWD).

Através da monitorização do desempenho dos componentes críticos de cada vagão que percorre a ferrovia, é possível gerenciar os desvios causados por mau funcionamento e desgaste excessivo.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 1 – Waysides EFC.

COCKPIT DE ATIVOS RODANTES

Os modelos de manutenção preditiva orientados por Inteligência Artificial (IA) utilizam algoritmos de aprendizado de máquina para analisar grandes quantidades de dados e prever falhas de equipamentos com alta precisão, ao reconhecer padrões e anomalias, os sistemas de IA podem gerar alertas de manutenção com antecedência, permitindo a manutenção proativa, sendo particularmente eficazes na detecção de anomalias. Esses algoritmos podem identificar o comportamento anormal do equipamento que pode indicar possíveis problemas ou falhas. A detecção de anomalias



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

ajuda as equipes de manutenção a priorizar e abordar tarefas críticas de manutenção (BALACHANDRAN, 2024).

As práticas tradicionais de manutenção muitas vezes ignoram a importância dos dados históricos na melhoria das estratégias de manutenção. Os registros históricos são inexistentes ou armazenados em sistemas manuais ou descentralizados, dificultando a análise de tendências passadas, a identificação de problemas recorrentes e a implementação de medidas preventivas. Essa falta de análise de dados históricos perpetua um ciclo de manutenção reativa e oportunidades perdidas de melhoria (FACTIBIRD, 2023).

As soluções de manutenção orientadas a dados capturam e armazenam dados históricos abrangentes, facilitando a análise aprofundada. Ao aproveitar as ferramentas de análise avançada, pode-se identificar padrões de falha, comparar o desempenho e estabelecer regimes de manutenção proativos. A análise de dados históricos permite a identificação de indicadores-chave de desempenho (KPI's) e o desenvolvimento de modelos preditivos para otimizar cronogramas de manutenção, reduzir custos e maximizar a confiabilidade do equipamento (FACTIBIRD, 2023).

O cockpit de programação orientado à manutenção (MDSC) propõe uma abordagem inovadora para gerenciar dados de saúde de máquinas em qualquer sistema de produção e fornece suporte para comparar as informações sobre sua Vida Útil



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Remanescente (RUL) com o respectivo cronograma de produção, oferecendo, de fato, uma ferramenta de decisão de suporte para a estratégia de manutenção a ser implementada que pode ajudar no gerenciamento da produção e manutenção, na programação ideal de intervenções de manutenção preventiva com base na estimativa de RUL.

Este trabalho aborda o conhecimento dos dados coletados de ativos físicos rodantes para gerenciamento de manutenção preditiva com a possibilidade de simular dinamicamente o comportamento futuro de rodas e rolamentos por meio de um *workspace* para gerenciamento ideal de intervenções de manutenção no CTMR (Figura 2).

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

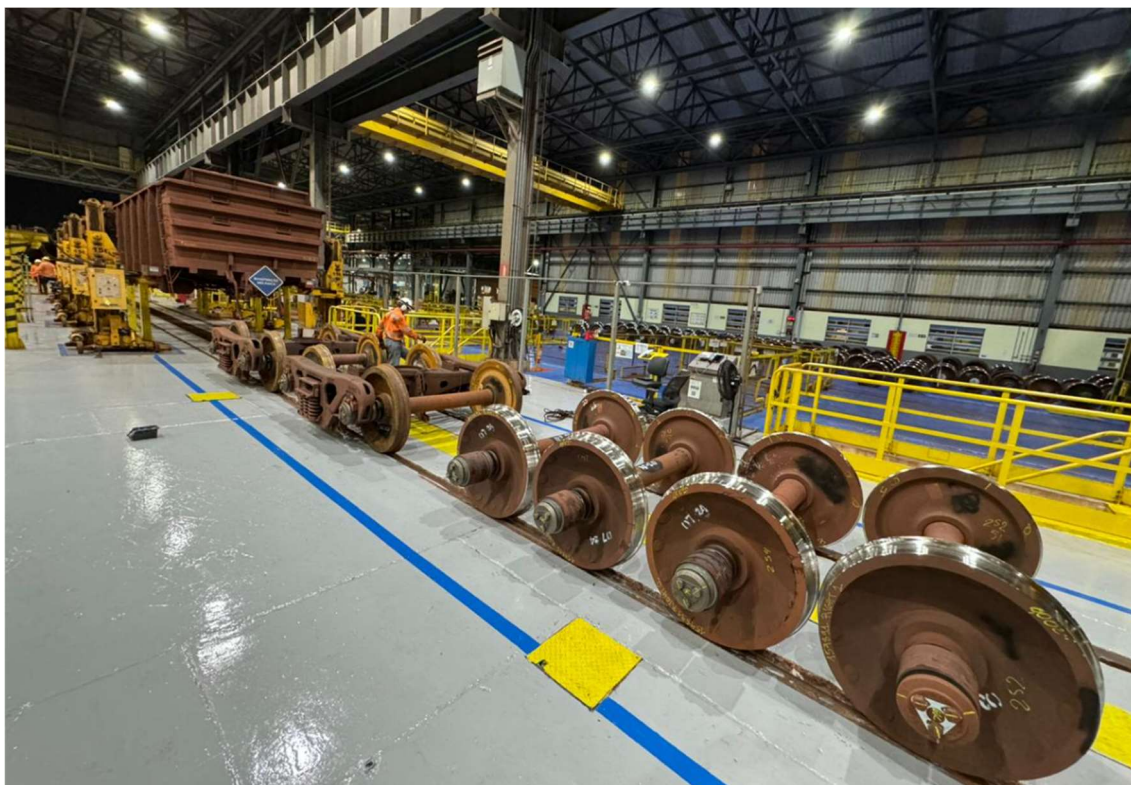


Figura 2 - Centro de Troca e Manutenção de Rodeiros (CTMR)

O artigo, de fato, apresenta um cockpit digital de suporte para programação integrada de manutenção com base em criticidades (C0, C1 e C2) estabelecidas por meio de estudos estatísticos (Figura 3). Os alarmes C2 geram previsibilidade de manutenção de até 60 dias para o ativo, os alarmes C1 geram previsibilidade de manutenção de até 30 dias, e os alarmes C0 geram a necessidade de manutenção em caráter emergencial de até 24h. Para os painéis de predição na seção do WPM, as criticidades são acompanhadas conforme a curva P-F.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 3 – Resumo dos alarmes com base nas criticidades estabelecidas.

Com a manutenção orientada por dados, a ideia é adotar uma abordagem de manutenção baseada em condições, em vez de aderir a um cronograma de revisão fixo com base em horas de execução registradas e relatórios pouco frequentes. Monitorando todos os parâmetros críticos das rodas (largura de friso, altura de friso, profundidade de cava e largura da bandagem) e rolamentos em tempo real.

O “cockpit” trata-se de um *workspace* que reúne painéis elaborados em *dashboards*, no Power BI, por meio dos dados gerados pelos supervisórios integradores que são enviados sistematicamente para um banco de dados armazenado no *Sharepoint*. Nesse *workspace* é possível visualizar o processamento de trens e a análise da performance dos equipamentos *waysides* (Figura 4). Também é possível gerenciar o status do processamento de cada trem que passa na região instrumentada (Figura 5).

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Essas informações auxiliam na identificação de defeitos originados em quaisquer dos cinco equipamentos *waysides* e o direcionamento para uma rápida tratativa da equipe de manutenção. Esse painel traz a identificação da quantidade de trens processados por dia em cada uma das linhas (Linha 1 ou 2), o sentido sendo São Luís ou Carajás, e quais equipamentos fizeram as leituras dos dados dos rodeiros, mostrando ao longo do ano os resultados para cada um deles mensalmente.

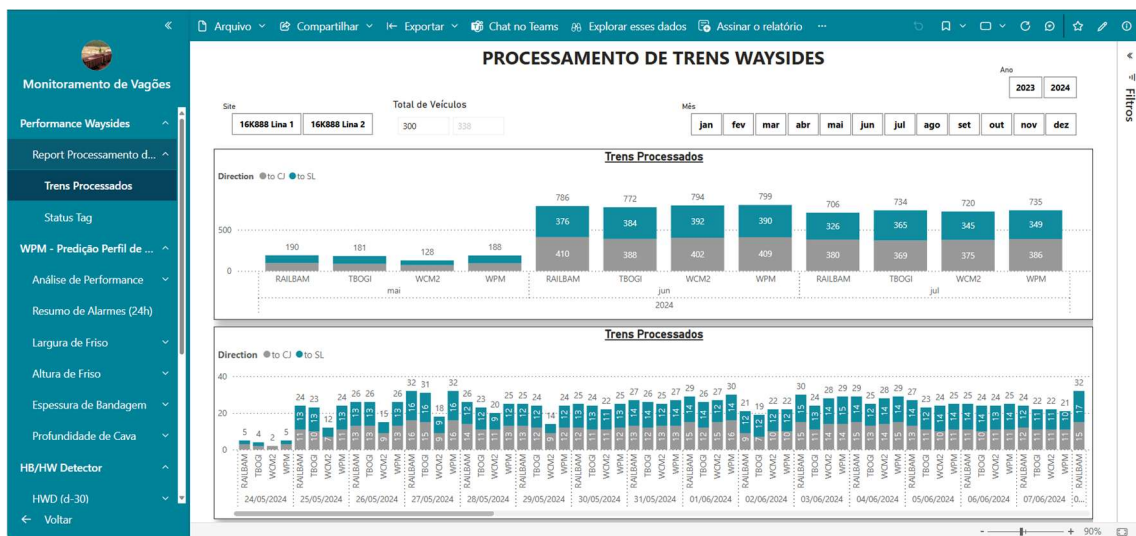


Figura 4 – Processamento de Trens – Waysides

Na seção “Status Tag”, faz-se o gerenciamento da quantidade de trens em que todos os dados (*tag's*) foram lidos, identificados na cor verde. Todos os *tag's* parcialmente lidos estão representados na cor amarela, e todos os que tiveram perda de leitura, identificados em vermelho.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

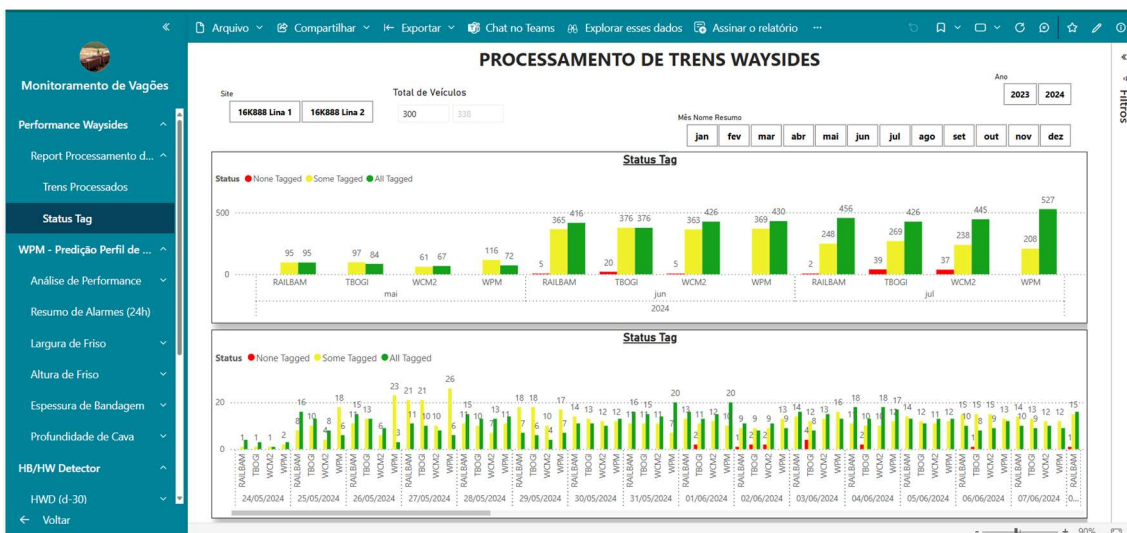


Figura 5 – Status do processamento de cada sensor - Waysides

Os valores gerados para o perfil de rodas através WPM para largura de friso, altura de friso, espessura de bandagem e profundidade de cava (Figura 6 – representado pelo Painel de Predição de Largura de Friso) são visualizados na seção “WPM – Perfil de Rodas”, no qual é possível avaliar os ativos para o último trem processado pelo equipamento, e até visualizar o relatório dos trens processados nas últimas 24h, sendo possível também gerenciar a carteira de notas de manutenção para cada ativo em sua posição específica da roda (RD1, RD2, RD3 e RD4).

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

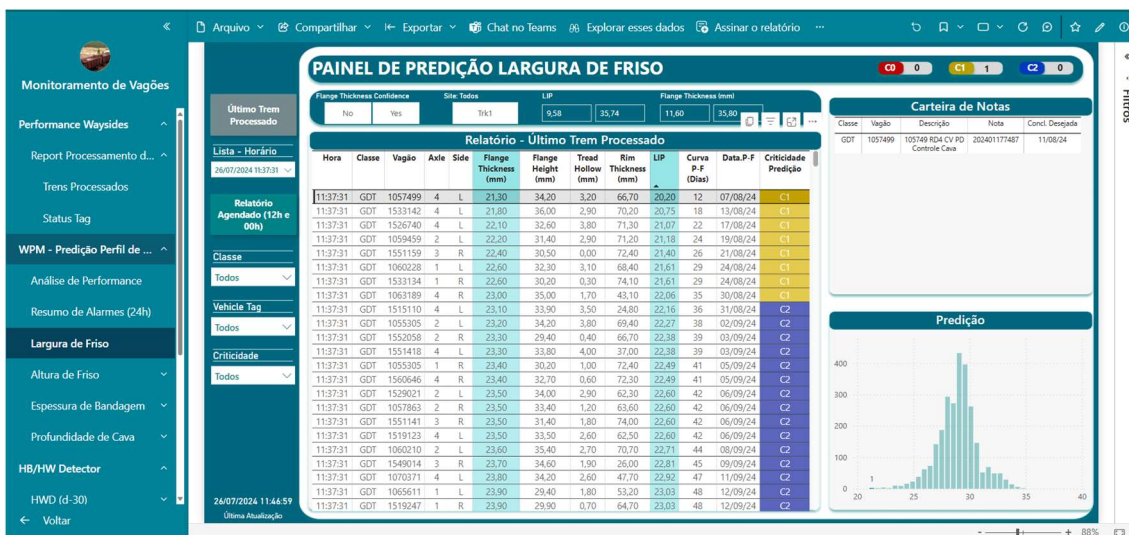


Figura 6 – Painel de Predição de Largura de Friso

No Painel de Predição de Largura de Friso, pode-se filtrar os trens a partir do seu horário de passagem do *waysides*, pela classe dos vagões, pela TAG (identificação) veículo, pela criticidade (C0, C1, C2) e pela largura de friso apontada no sistema WPM ou gerada a partir da equação pelo Limite Inferior de Predição (LIP). Dessa maneira as equipes de monitoramento fazem o gerenciamento da saúde do material rodante em tempo hábil para a identificação de desvios e anormalidades, acompanhamento na Carteira de Notas a condição para a manutenção de cada ativo.

Na Figura 7 e 8, tem-se a representação do painel de predição para os dados de temperatura de rolamentos e rodas coletados do *Hot Box Detector* e do *Hot Wheel Detector*.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

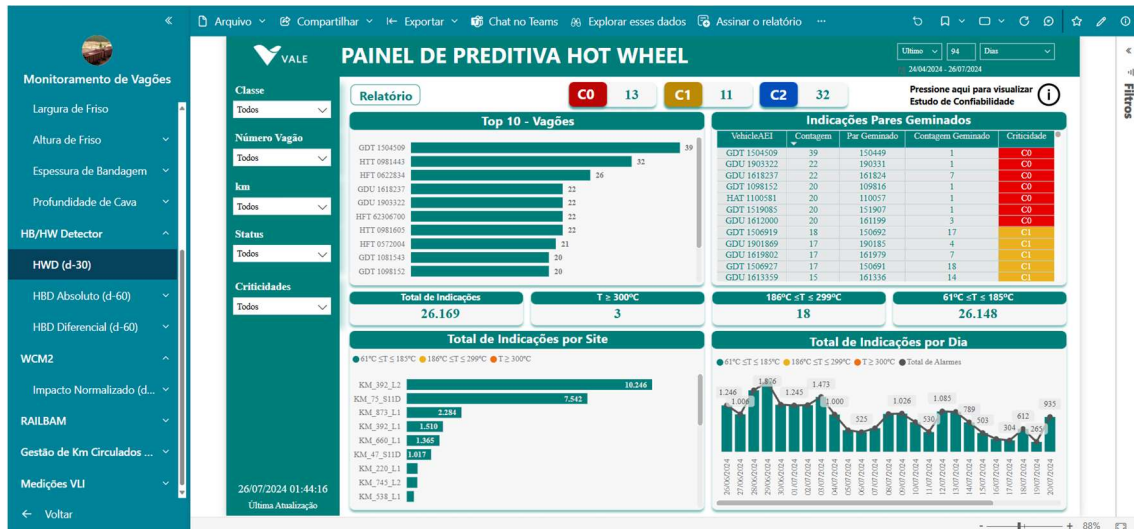


Figura 7 – Painel de Preditiva Hot Wheel

Através da monitorização do desempenho dos componentes críticos de cada vagão que percorre a ferrovia, é possível gerenciar os desvios causados por mau funcionamento e desgaste excessivo do sistema de frenagem de cada composição (FRANCO et al., 2018). Um destes equipamentos é o *Hot Wheel Detector* (HWD), responsável por determinar através de sensores infravermelhos, a temperatura das rodas e dos rolamentos em ambos os lados do trem, gerando dados que são lidos e armazenados por uma central.

Os parâmetros de leitura de temperatura das rodas determinam a parada do trem durante a sua circulação, sendo o a indicação de alarme absoluto, quando a temperatura $T \geq 300^{\circ}\text{C}$, fundamental na tomada de decisão. Desta maneira, para estabelecer uma estratégia associada à manutenção preditiva visando auxiliar na



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

detecção de falhas no sistema de frenagem, e com base na análise de confiabilidade de dados de temperatura, foram coletados os registros das rodas de vagões alarmados e não alarmados através do *Hot Wheel Detector* (HWD). Os dados avaliados representaram as temperaturas lidas no intervalo dia 23/01 a 24/01 de 2023. Percebeu-se que, na análise, a função Weibull 2P foi eficiente para descrever a melhor distribuição para o conjunto de dados. Calculou-se o *Time To Fail* (TTF) para os vagões alarmados, em sequência, realizou-se o cálculo de confiabilidade, $R(t)$, a partir da curva de sobrevivência para traçar os parâmetros de criticidade à manutenção dos vagões. Através do gráfico *boxplot*, a partir do 3º quartil, determinou-se a proposta de modelo de limite preditivo para manutenção dos vagões em oficina. E dessa maneira foram determinadas as criticidades baseadas na repetibilidade de temperaturas elevadas, e possibilitou, após melhoria implantada e ações de confiabilidade, a redução de em indicações de defeitos em 39,71%, bem como os eventos de Hot Wheel que diminuíram significativamente em 54,29%, mesmo com a estratégia sendo adotada de maneira mais minuciosa a partir do segundo semestre de 2023.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

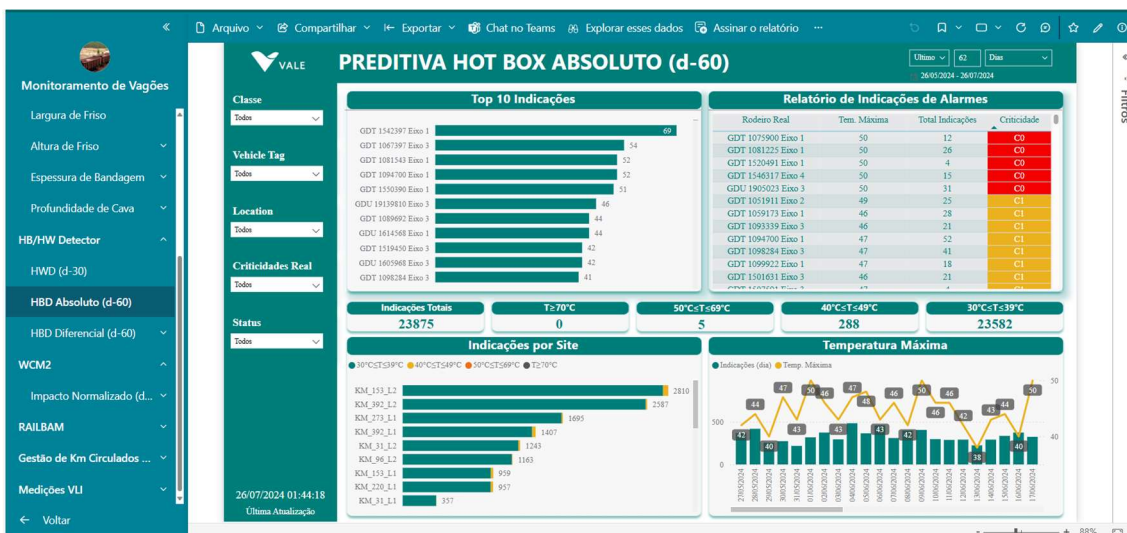


Figura 8 – Painel de Preditiva Hot Box Absoluto

O Painel de Preditiva de Hot Box, permite junto à equipe de monitoramento, o acompanhamento dos principais alarmes de caixa quente. Pode-se filtrar neste painel a classe dos vagões, a TAG do veículo, o site no qual o alarme ocorreu (*Location*), a criticidade e o *Status* (referente às temperaturas que são exibidas entre gráficos), bem como a visualização do TOP 10 dos rolamentos com mais indicações de temperaturas elevadas.

É ainda possível acompanhar os Impactos Normalizados (IT) por roda que vêm do equipamento *Wheel Conduction Monitor* (WCM2), Figura 9. Os alarmes C2 que registram impactos maiores ou iguais a 230 kN, têm previsibilidade de manutenção de 60 dias, os alarmes C1 com impactos maiores ou iguais a 250 kN têm previsibilidade de

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

manutenção de 30 dias, e os alarmes C0 com impactos maiores ou iguais a 285 kN têm caráter emergencial e precisam ser tratados em até 1 dia.

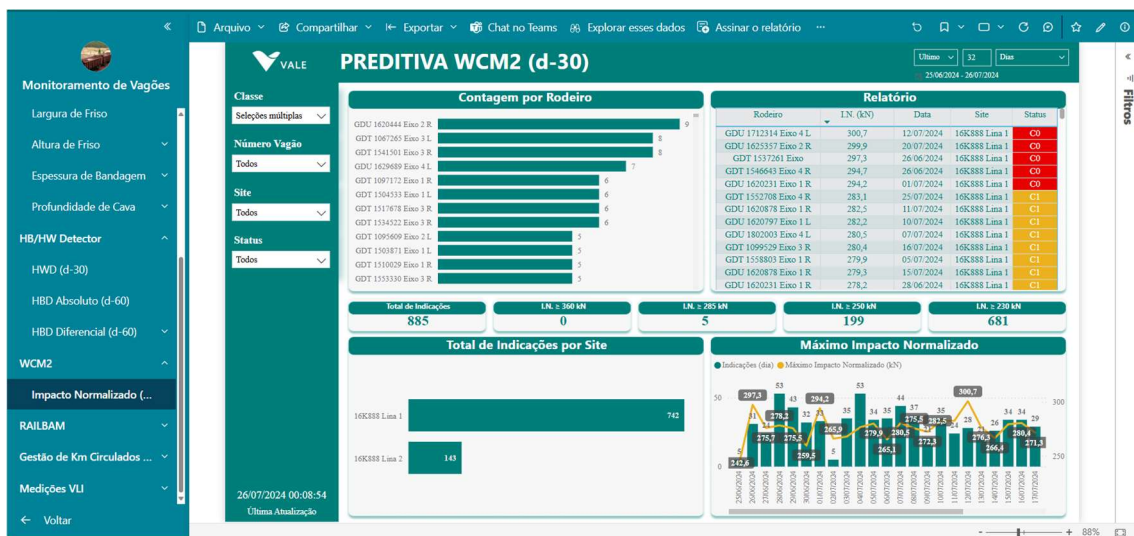


Figura 9 – Painel de Preditiva WCM2

No cockpit os alarmes acústicos em rolamentos que provém das informações do *Railway Bearing Acoustic Monitor* (RAILBAM) são apresentados conforme a Figura 10. Os alarmes C2 contém indicações de rolamentos com *Clear Level 2*, os alarmes C1 contém *Clear Level 1* com média exponencial móvel de consistência menor que 0.7, e os alarmes C0 possuem *Clear Level 1* com média exponencial móvel de consistência maior ou igual a 0.7.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

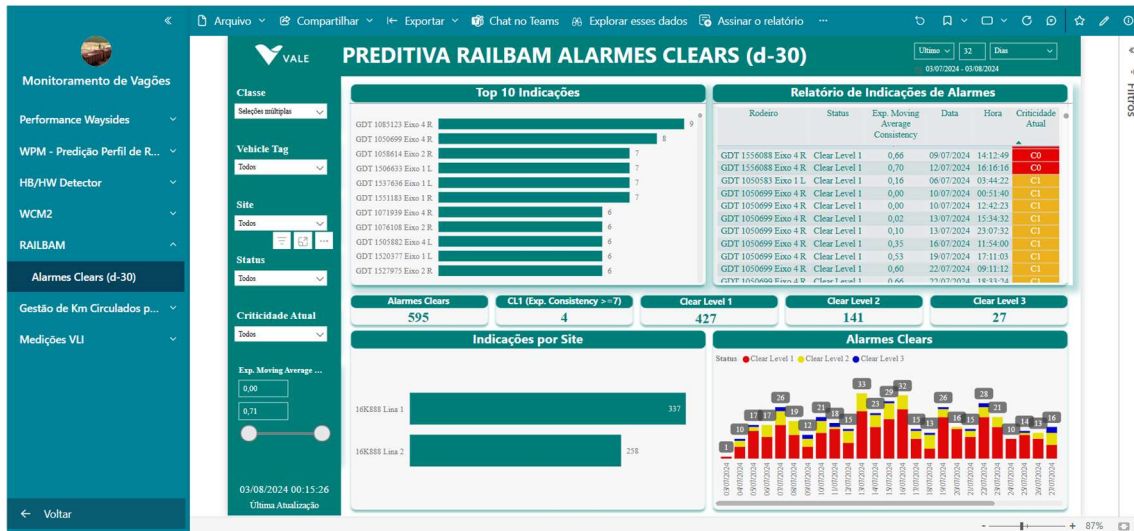


Figura 10 – Painel de Preditiva de RAILBAM

E por fim, o gerenciamento de quilometragem das rodas é realizado na seção “Gestão de Km Circulados”, na Figura 11.

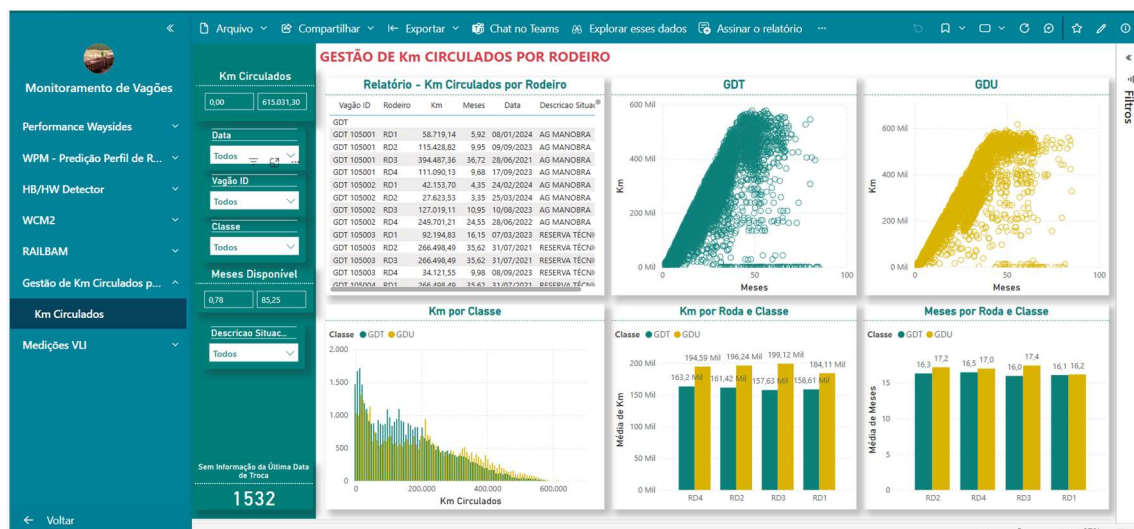


Figura 11 – Gestão de Km Circulados



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Todos esses equipamentos geram dados que são tratados e exibidos em painéis específicos para cada um deles, que serão apresentados nas seções a seguir, originando uma estimativa em dias (curva P-F) para que as principais indicações de defeitos elencadas em níveis de criticidades (C0, C1, C2), estabelecidas com base em análises estatísticas e estudos de confiabilidade, sejam atingidos e cheguem à falha funcional, possibilitando uma previsibilidade de 30, 60 e 90 dias para a manutenção. A partir do painel, a equipe do CMA, que atua 24h no monitoramento na EFC, pode avaliar as condições de ativo e solicitar por meio do sistema SAP a manutenção baseada na condição.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observou-se que a implementação do Cockpit de Monitoramento de Ativos Rodantes, gerou ganhos significativos para a EFC. Dentre eles podem-se elencar os seguintes ganhos:

1. Previsibilidade de manutenção;

Para cada equipamento *wayside* foi gerado um painel de predição para o acompanhamento dos dados de condição dos rodeiros, visto nas seções anteriores, o que possibilitou o gerenciamento da manutenção gerando previsibilidade, antecipando a falha funcional e garantindo a segurança operacional. Parâmetros críticos das rodas são acompanhados diariamente e potenciais desvios ou defeitos



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

em decorrência de degradação aceleradas são identificados, bem como um dos maiores ofensores da segurança operacional nas ferrovias, a largura de friso segundo dados da IHHA (HARRIS et al., 2001). A progressiva redução de largura do friso é dada devido ao desgaste que ocorre principalmente como resultado do atrito no contato deslizante dessa região com a face e o canto do boleto do trilho. A degradação pode tornar-se mais elevada se houver desalinhamento do sistema de suspensão do veículo, levando as rodas de apenas um lado do truque à um desgaste acentuado, ou até mesmo as rodas em cantos diagonalmente opostos. Se não houver monitoramento constante da taxa de degradação de largura de friso, maior será a probabilidade de acidentes e descarrilamentos, pois o perfil da roda não estará adequado ao perfil do trilho (IWNICKI, 2006). Segundo a *Association of American Railroads* (AAR, 2012) e a *International Heavy Haul Association* (IHHA) (HARRIS et al., 2001), a degradação do material do friso pode ocasionar defeito de friso fino.

Assim, são realizadas o monitoramento e manutenções regulares nas rodas, até que seja necessária sua substituição. Uma das práticas de manutenção mais utilizadas para lidar com o desgaste de roda, sobretudo o desgaste de largura de friso, é o reperfilamento do rodeiro, dado através da usinagem, garantindo uma condição de uma roda nova que, segundo a AAR, apresenta espessura de friso de 32,1 mm (EBERSOLE, 2019). Os demais parâmetros também possuem caráter críticos



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

que podem ser atingidos e que precisam ser antecipados a manutenção, e que são acompanhados nos demais painéis.

2. Acompanhamento de performance por sensor;

Os equipamentos *waysides* responsáveis por todos os dados gerados, e que alimentam os painéis, necessitam de gerenciamento e manutenção bem como os rodeiros. Portanto, faz-se necessário o acompanhamento da performance de cada sensor. Com isso, pode-se identificar em quais linhas os sensores estão perdendo leituras de dados e necessitam de reparos. Em todo o cockpit é possível acompanhar tendências de alarmes e até identificar defeitos (falsos positivos) através da visualização de *sites* com muitos alarmes gerados ou até mesmo sem alarmes gerados.

3. Gestão de carteira de notas;

Com a implementação do Cockpit, realizou-se com maior eficiência a gestão da carteira de notas dos ativos, podendo, para os defeitos gerados a partir do WPM, realizar o ajuste da manutenção em tempo hábil, no monitoramento, para o prazo identificado na curva P-F (Data.P-F), conforme a Figura 4. Possibilitando a tratativa antecipada de defeitos que evoluíram para níveis críticos por diversos fatores da dinâmica do contato roda-trilho.

4. Redução percentual de defeitos de Largura de Friso;

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Outro ganho substancial para as operações na EFC, com a implantação da previsibilidade de manutenção a partir da visualização gerada no Cockpit para o Painel de Predição de Largura de Friso, foi a redução de notas em caráter emergencial abertas para o defeito de Friso Fino (Figura 12), caracterizadas como Notas Não Programadas (NPROG), que requerem a manutenção do ativo em até 24h. Observou-se que as notas NPROG sofreram redução de cerca de 39,06%, considerando de janeiro até julho de 2024, em relação ao ano de 2023. Ou seja, todos esses ativos foram programados antecipadamente sem gerar superlotação nas oficinas e custos maiores associados para a manutenção muito próxima da falha funcional.

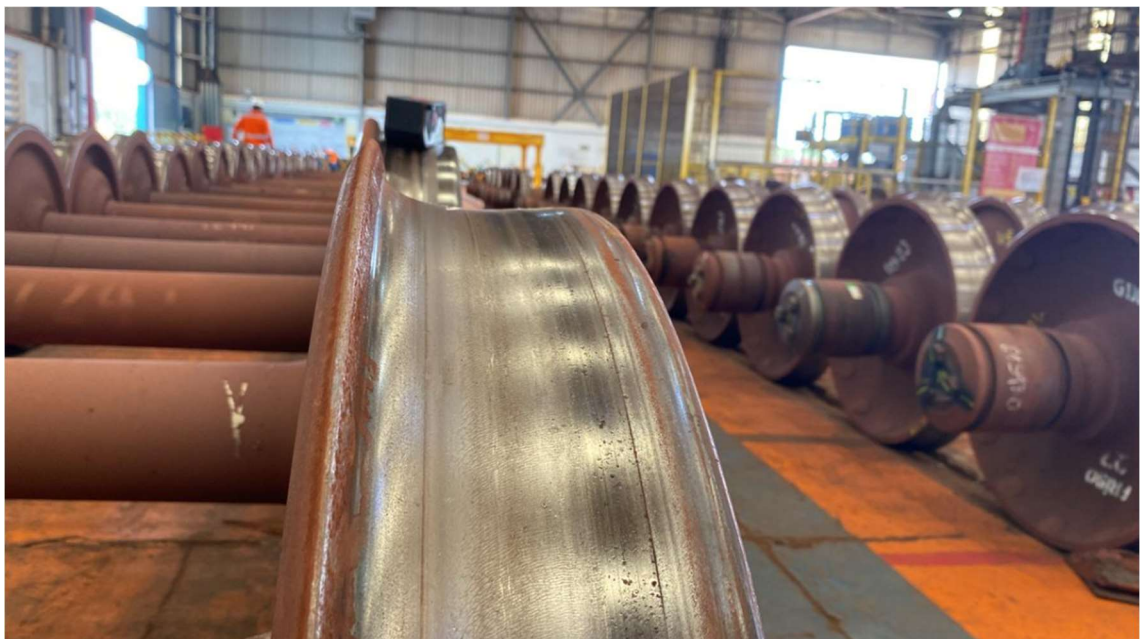


Figura 12 – Friso Fino



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CONCLUSÕES

O monitoramento dos principais parâmetros de um ativo considerado crítico, como as rodas de vagões e locomotivas, é fundamental para assegurar a segurança operacional, bem como balizar a estratégia de manutenção. A coleta, mineração, tratamento e visualização de dados dão fundamentos para aprimorar as tomadas de decisões e garantir a maior precisão da informação. O desenvolvimento do Cockpit de Monitoramento deu-se a partir da necessidade de tratar alarmes falsos positivos, priorizando a antecipação dos alarmes verdadeiros, e tratando preventivamente os defeitos com níveis elevados em sua degradação. A partir da criação de um banco de dados robusto, e da priorização do tratamento da manutenção orientada pela condição do ativo, foi possível idealizar os painéis de preditiva para o monitoramento dos rodízios.

As equipes de monitoramento 24h do CMA – EFC recebem esses valores gerados nos painéis e podem tratar com maior precisão da informação os valores gerados pelos sistemas, decidindo de maneira mais clara as rodas a serem priorizadas na manutenção, e ainda definir por uma possível parada do ativo para assegurar a segurança ferroviária e mitigar eventos. A visualização nos painéis tornou mais dinâmico o entendimento dos dados e o comportamento dos sistemas e equipamentos, facilitando a identificação de tendências de alarmes, por localidade, classe do vagão ou defeito.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Para os próximos trabalhos, visto os ganhos já alcançados com redução de notas emergenciais abertas por defeito, estudos estão sendo realizados para a utilização de aprendizagem de máquinas associadas à elaboração de um ambiente virtual com maior capacidade de processamento e atualização que o Power BI, implementando melhorias nos visuais e acelerando a entrega das informações com seus principais resultados para o monitoramento de ativos rodantes.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arena, M., Di Pasquale, V., Iannone, R., Miranda, S., & Riemma, S. "A maintenance driven scheduling cockpit for integrated production and maintenance operation schedule." *Advances in Manufacturing*, vol. 10, pp. 205-219, 2022. Acessado em 26 de julho de 2024. <https://doi.org/10.1007/s40436-021-00380-z>.

Association of American Railroads (AAR). "The Association of American Railroads." AAR, 2024. Acessado em 26 de julho de 2024. <https://www.aar.org/>.

Balachandran, Jaishankar. "Data-Driven Maintenance Revolution: Insights for Smarter Decision Making." *MaintWiz*, 1 de abril de 2024. Acessado em 26 de julho de 2024. <https://www.maintwiz.com/blog/data-driven-maintenance-revolution/>.

EBERSOLE, Kyle. Analysis of wheel wear and forecasting of wheel life for transit rail operation. 2019. A thesis submitted to the Faculty of the University of Delaware in partial fulfillment of the requirements for degree of Master of Civil Engineering.

FACTIBIRD. "Digitalizing Equipment Maintenance: Harnessing the Power of Data." LinkedIn, 26 de maio de 2023. Acessado em 26 de julho de 2024. <https://www.linkedin.com/pulse/digitalizing-equipment-maintenance-harnessing-power-data/>.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

HARRIS, W. J. et al. Guidelines to best practices for heavy haul railway operations: wheel and rail interface issues. Virginia Beach, International Heavy Haul Association Publ, 2001.

IWNICKI, Simon. Handbook of railway vehicle dynamics. CRC press, 2006.

SOUSA, Lucas Fabrício Neves de; LOPES, Leandro Rocha; SILVA, Francywaldo Marcos Vieira; REZENDE, Andrei Bavaresco. Determinação de limite preditivo para rodas de locomotivas GE Evolution com base na análise da curva de degradação de largura de friso. In: ANAIS DO VI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA, 2023, Campinas. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sef/sef-2023/trabalhos/determinacao-de-limite-preditivo-para-rodas-de-locomotivas-ge-evolution-com-base?lang=en>. Acesso em: 16 mar. 2024.