

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CATEGORIA 3

IMPULSIONANDO A INOVAÇÃO NA INSPEÇÃO GEOMÉTRICA DE VIA
PERMANENTE: DESAFIOS, AVANÇOS E PERSPECTIVAS

1) INTRODUÇÃO

A missão do MetrôRio é fornecer um transporte público de qualidade, seguro, eficiente e sustentável para os moradores e visitantes da cidade do Rio de Janeiro. O MetrôRio busca atender às necessidades de mobilidade da população, contribuir para a redução do congestionamento nas ruas e promover uma melhor qualidade de vida. Neste sentido, sua operação roda por 19 horas ininterruptas em todos os dias da semana e sábados. Apenas nos domingos e feriados a operação comercial abre 2 horas mais tarde. A demanda de mobilidade da cidade impõe esta grade operacional. O traçado da via férrea do MetrôRio é de 55 km de via dupla que opera em forma de carrossel (via 1 sentido sul / barra e via 2 sentido norte). A operação comercial finaliza às 00:00hrs todos os dias. Até finalizar a última viagem que parte das estações terminais (Jardim Oceânico, Pavuna e Uruguai) à meia noite, a nossa janela de manutenção inicia próximo de 01:00hrs da madrugada, com alguns trens sendo movimentados para suas respectivas vagas de estacionamento. E por volta das 04:00hrs da madrugada, os trens começam a se deslocar para as estações de partida conforme o planejamento da grade operacional para estarem posicionados e iniciar a operação comercial às 05:00hrs. Desta forma, a manutenção de Via Permanente dispõe apenas de 03 horas de janela de manutenção

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



para cumprir toda sua demanda de manutenção preventiva e corretiva. O metrô foi construído no final da década de 70. Devido à implantação da infraestrutura ferroviária há mais de quatro décadas e o aumento da demanda de passageiros e consequentemente da frequência de trens em operação, tem se tornado crucial dedicar uma atenção especial à sua manutenção. Nesse sentido, os componentes estão expostos à fadiga de suas estruturas pela repetição das cargas, e ao desgaste físico de suas superfícies, necessitando de substituição imediata, a fim de garantir a continuidade segura e eficiente das operações metro-ferroviárias. E é diante deste cenário que vem o desafio de buscarmos uma manutenção mais eficiente e assertiva para melhor produtividade em nossas poucas horas disponíveis diariamente.

Este trabalho tem como objetivo explorar a inovação na inspeção geométrica de via permanente, abordando as tecnologias avançadas e os métodos inovadores que estão sendo aplicados nessa área. A inspeção geométrica é essencial para identificar problemas na via permanente, como deformações, desgastes e irregularidades. O uso de tecnologias inovadoras pode aumentar a eficiência dessas inspeções, permitindo uma detecção mais rápida e precisa de falhas, reduzindo assim o tempo e os custos associados à manutenção. Uma via permanente em boas condições geométricas é fundamental para garantir a segurança operacional dos trens, passageiros e funcionários. A inovação na inspeção geométrica pode contribuir para a detecção precoce de problemas, evitando acidentes e melhorando a segurança operacional da via. Com tecnologias inovadoras, é possível obter dados mais detalhados e em tempo

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



real sobre a condição da via permanente. Isso permite uma alocação mais eficiente de recursos, direcionando as atividades de manutenção apenas para as áreas que realmente precisam de intervenção, otimizando assim o uso de materiais, equipamentos e mão de obra. Através de uma predefinição dos parâmetros de tolerância de manutenção e de segurança conforme normas vigentes, são apresentados os valores medidos de forma gráfica em uma escala de cores conforme a criticidade das variações destes parâmetros, facilitando a visualização dos locais de maior criticidade para atuação, propondo assim identificar as limitações dos métodos tradicionais de inspeção e as vantagens das abordagens inovadoras.

Também são detalhados os desafios e as considerações práticas para a adoção desta metodologia, como a integração com outras inspeções existentes, compatibilizações em meio a janela curta de manutenção e a capacitação dos profissionais responsáveis pela inspeção. Ao final, são propostas diretrizes e recomendações para a aplicação desta metodologia inovadora, visando aprimorar a gestão da via permanente e a manutenção preditiva. Ingressamos assim na manutenção 4.0, onde o conceito é utilizarmos cada vez mais as informações dos ciclos de inspeção, analisando os dados, traçando tendências de falhas, de forma que otimize as intervenções das nossas frentes de trabalho na via, contribuindo para o avanço da eficiência da manutenção ferroviária.

2) A INOVAÇÃO NA INSPEÇÃO GEOMÉTRICA

Os procedimentos de inspeção da via permanente ferroviária se destinam a realizar um levantamento detalhado da condição em que os componentes se encontram, seja em

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



relação as suas estruturas, seja em relação à geometria. Como resultado é gerado um conjunto de informações que expressarão de forma objetiva o estado da via no momento da inspeção, permitindo identificar pontos cujas condições demandam medidas corretivas imediatas, e pontos cujas intervenções devem ser programadas. Existem no mercado equipamentos dedicados à inspeção geométrica ferroviária chamados de carro controle. São veículos dotados de sistemas capazes de medir todos os parâmetros geométricos em movimento, com certa precisão. Nessas inspeções com carro controle é feito o levantamento detalhado de cada parâmetro geométrico ao longo da via, referenciando cada ponto de medição aos marcos quilométricos da linha férrea, bem como delimitando pontos importantes como curvas, tangentes, AMV's, pontes, dentre outros. Ao fim é gerado um relatório que pode ser visualizado na forma de um gráfico de leitura, ou então em arquivo de dados com as medições em real grandeza de cada ponto medido. Com relação a esses pontos, os intervalos de medição são delimitados em função da capacidade do equipamento e das premissas adotadas pela ferrovia.

Os modelos até então em uso possuem uma precisão limitada (em média a cada 1 e 2 metros), com recursos que aplicam carga simulando o esforço dinâmico do tráfego do trem. Uma metodologia parcialmente eficiente, uma vez que a aplicação da carga não necessariamente reflete a realidade do esforço real dinâmico da operação, não sendo, portanto, registrados no relatório. Outra defasagem, a equipe técnica durante visita em campo nem sempre identifica os problemas apontados neste modelo de inspeção,

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

devido à falta de precisão dos pontos medidos, incorrendo em não localizar no campo o defeito registrado.

Para uma melhor eficiência na inspeção, é necessário o emprego de ferramentas de alta precisão e confiabilidade na medição da via, de forma a permitir medições eficientes e contínuas para um levantamento preciso dos parâmetros da via, para promover um processo mais ágil entre a inspeção e atuação da manutenção. O MetrôRio investiu em um equipamento com uma moderna tecnologia de monitoramento a laser, trazendo uma alta precisão das medições dos parâmetros geométricos da via. E o grande diferencial: instrumentado em um trem de passageiro da frota do próprio MetrôRio. Seu design monolítico e compacto permitiu que fosse instalado de forma embarcada no truque abaixo de um dos carros do trem CRC MR 50. Este equipamento não requer manutenção e foi projetado para rodar em severas condições junto ao material rodante.



Figura 1 – Equipamento instalado sob o 2º truque do 1º carro

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 2 – Trem MR 50 Frota CRC

Com o implemento desta tecnologia de ponta, o equipamento realiza medições precisas a cada 10 centímetros da via, registrando dados gráficos como bitola, nivelamento, alinhamento, curvatura, superelevação, inclinação do perfil, além de registrar o desgaste do trilho e até mesmo a sua temperatura no local. Após o ciclo de inspeção realizado as informações são carregadas e armazenadas na “nuvem” do software de gerenciamento, que permite acesso para visualização de qualquer estação de trabalho de forma remota, inclusive no nosso CIM (Centro de Inteligência da Manutenção) do MetrôRio.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 3 - Interface do Rail Cloud (Gerenciamento dos dados "em nuvem")

Este equipamento possui uma antena GPS externa instalada no teto do trem conectada no equipamento, associada a um Odômetro também conectado ao equipamento, e TAGs RFID pré-determinados ao longo da via, realiza um mapeando exatamente preciso de cada frame da medição para o registro da inspeção. Com isso os defeitos da via podem ser facilmente encontrados no local pela equipe de manutenção. Durante o comissionamento do equipamento, 100% de todas as variações registradas foram confirmadas em campo.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 4 - Antena GPS, Odômetro e TAG RFID

Portanto, pode-se associar que um dos principais fatores de destaque nesta inovação na ferramenta de inspeção geométrica da via é o equipamento embarcado em um trem de passageiro da própria frota do MetrôRio. Além de proporcionar a carga real aplicada sobre a via férrea, o equipamento é operado durante o dia, dentro da própria grade da operação comercial. Estes benefícios são de grande importância, uma vez que reduz a necessidade de inserir mais um veículo na curta janela de inspeção, de compatibilizar junto com outras atividades de manutenção na via. Comparado aos métodos anteriores, cujo era contratado um veículo Carro Controle dedicado para inspeção, era necessário de 4 a 6 janelas de manutenção para realizar a inspeção em todas as linhas do MetrôRio, impactando em diversas rotinas de manutenção na via. Atualmente a inspeção geométrica no MetrôRio é realizada toda em um único dia, sem interferir na operação comercial, pois ele é inserido dentro da grade de operação.

3) METODOLOGIA DAS INSPEÇÕES DE VIA

Antes da implementação do novo equipamento de inspeção geométrica, a metodologia antiga considerava apenas uma inspeção geométrica completa em todas as linhas do MetrôRio. Para minimizar o impacto de ficar sem registros no caso de um surgimento de novos pontos de variação de qualquer de um dos parâmetros geométricos como abertura de bitola, torção ou empeno por exemplo, entre uma inspeção e outra anual, inseriu-se uma inspeção semestral para linha de maior demanda de ocorrências – a via lastrada, linha 02 (linha de superfície). Mesmo assim, diante das rondas rotineiras em campo, verificava-se algumas variações de parâmetros entre um ciclo de inspeção e outro, próximos dos limites de segurança conforme a norma FRA vigente. Após concluído um ciclo, era emitido um relatório (que era entregue uma semana após o fim da inspeção), para início das rotinas de visitas técnicas em campo para programação da atuação das equipes de manutenção. Como dito anteriormente, alguns dos pontos não eram identificados com as referências enviadas, que geralmente eram através da distância percorrida associada a quilometragem do carro controle.

Atualmente com a aquisição de um equipamento próprio, os ciclos se tornaram mensais, permitindo assim intervalos menores com uma frequência maior de inspeção, que gera uma cobertura maior contra desvio de quaisquer parâmetros geométricos. Os resultados saem em tempo real e são disponibilizados na plataforma *Rail Cloud* no mesmo dia.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Adquirido nosso próprio equipamento de carro controle, o próximo passo foi capacitar a equipe técnica para analisar, interpretar os dados e emitir os relatórios. O equipamento é autônomo, ou seja, não precisa de monitoramento durante o seu uso. Contudo é imprescindível um conhecimento técnico para verificar se os valores são condizentes com a realidade, se não está havendo nenhum problema com os sensores e lasers. Além claro, da confirmação do próprio funcionamento do equipamento durante o andamento da inspeção. Um refinamento deste acompanhamento é utilizar o acesso remoto do computador através de uma conexão com internet.

Prosseguir com este procedimento requer uma dedicação, não só de priorização e programação de correções. Mas uma contínua análise e acompanhamento para analisar a repetibilidades e tendência de falhas. A inspeção geométrica frequente e de alta precisão auxilia na identificação de problemas em estágios iniciais, possibilitando intervenções antes que os danos se agravem. Isso resulta no prolongamento da vida útil da via permanente, evitando gastos desnecessários com substituições completas da grade de superestrutura. Entende-se, portanto, a necessidade de uma equipe de diagnóstico dedicada exclusivamente, para junto com outras ferramentas de inspeção e monitoramento, gerenciar todas as informações pertinentes à Via Permanente. Torna-se extremamente relevante consolidar as diversas inspeções juntamente com a inspeção geométrica, para otimizar as ações da equipe. Anteriormente, cada inspeção gerava seu próprio relatório, levando a equipe a se deslocar por vezes para ações específicas. Ao analisar um outro relatório de outra inspeção, outra equipe atuava no

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



mesmo local, de forma descontínua. Se uma análise prévia houvesse sido realizada abrangendo todos os relatórios juntos, evitaria retrabalhos desnecessários.

Além da inspeção geométrica através do equipamento Carro Controle, também é realizado o ciclo de inspeção ultrassônica contínuo em trilhos, a ronda de via e a inspeção dinâmica em trem (cabinada). Todas estas inspeções têm, além de seus objetivos específicos, garantir a segurança operacional da via permanente.

A inspeção por ultrassom em trilhos ferroviários é uma técnica não destrutiva utilizada para avaliar a integridade dos trilhos em uma linha férrea. Essa técnica é aplicada para detectar defeitos e falhas que possam comprometer a segurança e a eficiência da operação ferroviária.

O procedimento de inspeção por ultrassom envolve o uso de ondas ultrassônicas de alta frequência que são direcionadas para o trilho. Essas ondas penetram no material do trilho e são refletidas de volta ao sensor, formando um perfil detalhado das características internas do trilho. Com base nas informações obtidas, os inspetores podem identificar diversos tipos de defeitos, como trincas, desgastes excessivos, corrosão interna e outras anomalias que possam afetar a estrutura do trilho.

A inspeção por ultrassom é uma ferramenta crucial para a manutenção preventiva e preditiva de linhas férreas, uma vez que permite detectar problemas antes que se tornem críticos, possibilitando a realização de reparos ou substituições necessárias. Além disso, a inspeção periódica ajuda a aumentar a segurança nas operações ferroviárias, evitando acidentes decorrentes de falhas nos trilhos.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



A ronda de via, também conhecida como inspeção de via, é uma atividade rotineira realizada em sistemas ferroviários para garantir a segurança e a eficiência das operações ferroviárias. Essa prática envolve a inspeção física das vias férreas por equipes de profissionais especializados, como agentes de via permanente ou técnicos de manutenção.

A principal finalidade da ronda de via é identificar e detectar potenciais problemas ou defeitos na superestrutura das vias férreas. Durante a inspeção, os inspetores percorrem a via a pé, verificando cuidadosamente os componentes da via permanente, como estado de degradação de dormentes, fixações, lastro e trilho. No caso do MetrôRio, se estende também para o terceiro trilho (responsável para alimentação dos motores de tração da frota de trens do metrô), e demais componentes pertencentes ao gabarito da via.

A inspeção dinâmica da via, também conhecida como “cabinada”, é uma técnica de inspeção da Via Permanente no MetrôRio que é realizada na cabine do trem, ao lado do condutor, durante a sua circulação na operação comercial, enquanto os trens estão em movimento. Diferentemente da inspeção de via convencional (Ronda), em que uma equipe de inspetores percorre a via a pé, a inspeção dinâmica ocorre de forma contínua em toda a via, aproveitando os próprios trens em operação para visualizar alterações relevantes da via, para uma imediata intervenção.

Nossa metodologia propõe integrar as informações da inspeção de ultrassom em trilhos, as informações coletadas durante a ronda de via e da cabinada. Ao combinar diversas

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



abordagens com a inspeção geométrica da via (Carro Controle) passamos a ampliar o horizonte de diagnóstico das causas dos desvios dos parâmetros de via. Um desnivelamento de via pode estar associado com a perda da condição granulométrica ou ausência de lastro da via, por exemplo. Uma variação da bitola pode estar associada à condição das fixações ou do estado de conservação dos dormentes. Um defeito superficial no trilho pode implicar na perda de parâmetros de alinhamento e nivelamento dos trilhos.

Com base nas informações coletadas durante estas inspeções, torna-se necessário a análise conjunta de todos os relatórios para programar as atuações das frentes de trabalho da manutenção corretiva ou preditiva, de forma estruturada para a intervenção da via. Esta é uma das iniciativas para redução de custos, otimização da mão de obra e, conseqüentemente, o aumento da eficiência na manutenção.

4) ELABORAÇÃO DE PROCESSOS DE ANÁLISE

A análise de todos os relatórios se torna fundamental para programarmos as atuações em campo de forma ordenada e em tarefas contínuas. Muitas das vezes é necessário a atuação de uma frente de trabalho para realizar a substituição de determinado componente, para a correção do parâmetro ou outro componente desgastado. Para tal, se torna fundamental o processo de análises de todas as inspeções. Buscamos inicialmente atuar com o IQV.

O IQV (Índice de Qualidade de Via) é uma medida utilizada para avaliar e classificar a qualidade da infraestrutura de uma linha férrea ou via permanente. Esse índice é

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



essencial para acompanhar o estado da via ao longo do tempo e identificar áreas que requerem atenção e possíveis melhorias em termos de manutenção e renovações.

O IQV leva em consideração todos os parâmetros de todos os relatórios até então emitidos, como a geometria da via (desnível, alinhamento, curvatura), a condição dos dormentes e fixações, a qualidade do lastro, desgaste e defeitos dos trilhos, entre outros. Com base nessas avaliações, é possível atribuir uma pontuação ou classificação ao trecho da via, que reflete a sua condição geral. Esse índice gera uma priorização dos trechos que necessitam de intervenção da manutenção.

Próximo passo se torna analisar o conjunto de variações dos parâmetros neste trecho. Se necessário, uma visita técnica em campo é realizada para aprofundar nas identificações das causas dos problemas. Traça-se então um plano de ação para correção do trecho, sequenciando de forma ordenada as primeiras frentes que atuarão na via. A partir daí que é programado as equipes para o serviço. E graças à precisão do equipamento Carro Controle, é absolutamente rápido o tempo entre a inspeção, análise e intervenção nas situações prioritárias.

Estas análises também geram informações para as intervenções de médio e longo prazo, que culminam na orientação de orçamento, suprimentos e compatibilização com grades operacionais de grandes eventos, que necessitam de operações especiais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



5) DIRETRIZES PARA MANUTENÇÃO DE VIA PERMANENTE

As diretrizes propostas visam uma harmonia entre a compatibilização dos serviços necessários identificados no processo de análise. Com uma janela curta de manutenção, é extremamente importante uma programação que atenda as manutenções corretivas prioritizadas, com as demais rotinas preventivas de manutenção, não só da Via Permanente, mas também de outros sistemas. Torna-se fundamental o alinhamento com o PCM – Planejamento e Controle da Manutenção. O PCM é responsável por definir um plano de manutenção que inclui as tarefas a serem realizadas, os recursos necessários e o cronograma de execução.

Para alcançarmos tal objetivo, é necessária a otimização da programação corretiva de via permanente através de priorização, organização dos insumos e calibração dos recursos.

Com base no processo das análises, é priorizado as ações de manutenção de acordo com a criticidade e impacto no desempenho do sistema. E através da organização dos insumos é listados os recursos humanos, materiais e até financeiros necessários para a realização da programação.

Considerando as programações necessárias é feita a calibração destes recursos, buscando otimizar o uso dos recursos disponíveis, evitando desperdícios e reduzindo custos operacionais. Importante nesta etapa ressaltar a limitação das frentes de trabalho. Portanto uma distribuição eficiente considera as informações das análises e

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



visita técnica e associar o estoque de material x capacidade de produção de cada uma das frentes de trabalho.

Esta otimização traz um direcionamento para a programação semanal para o PCM. Para as programações mensais e de longo prazo, também é considerado o resultado do processo de análise das inspeções, como renovação de trilhos em curvas, substituição sequencial de dormentes, adoção do modelo de dormentes monoblocos em pontos estratégicos, intervenção no lastro em curvas e programação da socadora mecanizada de via para completa reestruturação da geometria da via.

Assim se implanta a nova diretriz de manutenção da Via Permanente. A partir do processo contínuo da análise de dados, e registros das atividades de manutenção realizadas, inicia-se um segundo nível de análise de dados obtidos em novos ciclos de inspeção geométrica para identificar padrões e tendências de falhas. A análise de tendências faz parte do processo considerando o segundo ciclo de inspeção, onde é processada as informações que resultam na predição da vida remanescente dos ativos (componentes) por trecho.

Ou seja, o benefício da nova diretriz é utilizarmos cada vez mais as informações dos ciclos de inspeção, analisando os dados, classificando a condição atual dos componentes da via, traçando tendências de falhas e possíveis melhorias no processo, de forma que otimize as intervenções das nossas frentes de trabalho na via, contribuindo para o avanço da eficiência e redução dos custos da manutenção ferroviária.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



6) ANÁLISE DOS RESULTADOS

A modernização das técnicas de diagnóstico de defeitos na geometria de via permanente tem se mostrado um marco crucial para a eficiência e segurança contínuas das operações metroferroviárias. A implementação de tecnologias inovadoras, como sensores a laser de alta precisão, tag's e georreferenciamento, análise e envio de dados em tempo real, proporcionou uma nova dimensão de monitoramento detalhado e análise preditiva das condições da via permanente.

Ao avaliar os resultados coletados por meio dessas tecnologias avançadas, torna-se evidente que a detecção de defeitos está mais precisa e sensível do que nunca. O tempo de atendimento a ocorrências de aberturas de bitola, um dos parâmetros mais cruciais para a segurança operacional, se tornaram muito mais eficiente depois que implementamos a nova tecnologia de inspeção geométrica. Deformações sutis no trilho que, anteriormente, poderiam passar despercebidas, agora são capturadas em alta resolução, permitindo a identificação precoce de potenciais pontos problemáticos. A análise em tempo real desses dados, muitas vezes apoiada por algoritmos de aprendizado de máquina, fornece uma capacidade sem precedentes de prever o desenvolvimento futuro desses defeitos. Os gráficos a seguir mostram uma evolução neste ano de 2023 com no novo implemento tecnológico no SLA em dias de atendimento entre a identificação e a atuação do time de manutenção corretiva em campo, considerando a norma FRA classe 3 vigente para parâmetros de velocidade praticados em nossa malha.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

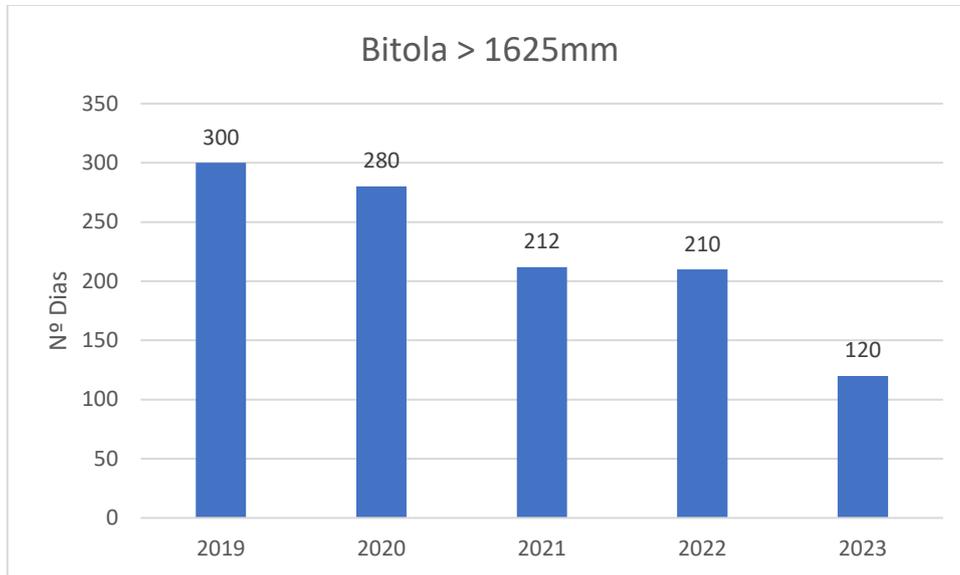


Figura 5 – Gráfico de SLA em dias para atendimento em campo. Bitola > 1625

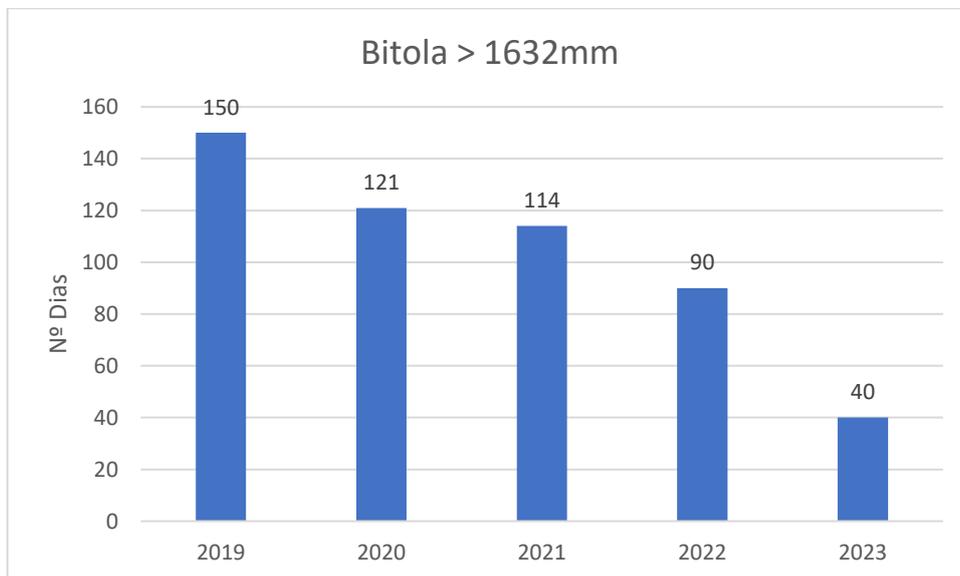


Figura 6 – Gráfico de SLA em dias para atendimento em campo. Bitola > 1632

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

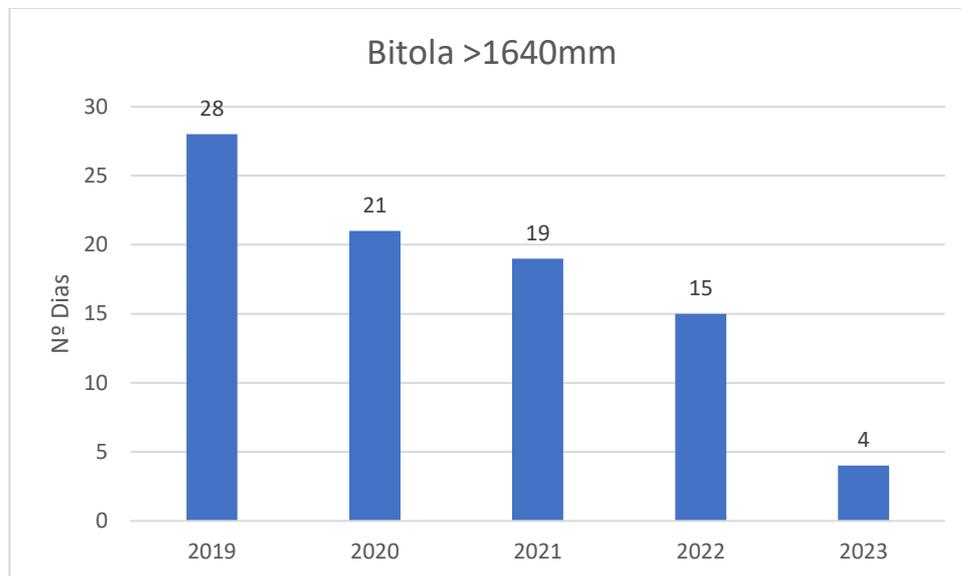


Figura 7 – Gráfico de SLA em dias para atendimento em campo. Bitola > 1640

A abordagem mais detalhada e proativa na análise dos resultados oferece um vasto leque de benefícios. Em primeiro lugar, a segurança operacional é aprimorada consideravelmente. Com a capacidade de identificar irregularidades mínimas na geometria da via, as ações corretivas podem ser tomadas antes que essas questões se intensifiquem e possam representar riscos à integridade dos trens e, conseqüentemente, à segurança dos passageiros e equipe. Contudo com o aumento desta sensibilidade, aumentou o número de ocorrências deste mesmo parâmetro de abertura de bitola, conforme a seguir.

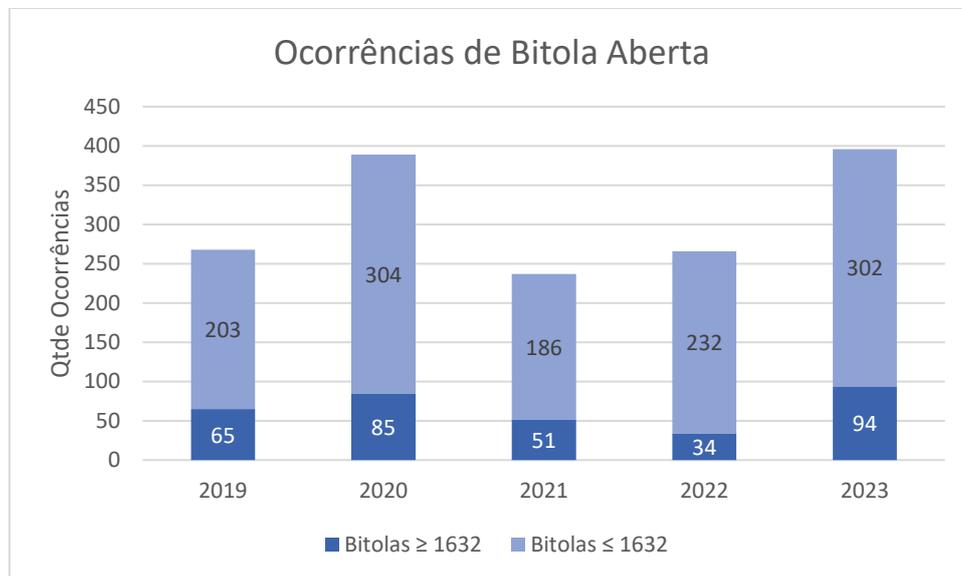


Figura 8 – Gráfico de quantidade de Ocorrências de Bitola Aberta ao longo dos anos

Além disso, a eficiência é elevada a um novo patamar. A análise avançada permite uma alocação precisa de recursos de manutenção. Em vez de realizar reparos amplos e dispendiosos em segmentos de via que aparentemente necessitam, as intervenções podem ser focalizadas em áreas específicas, economizando tempo e recursos financeiros. Isso também contribui para minimizar o tempo de paralisação da operação ferroviária, aumentando sua confiabilidade e competitividade.

No entanto, a adoção dessas tecnologias não está isenta de desafios. A integração eficaz dos sistemas de coleta e análise de dados requer investimentos em infraestrutura e treinamento. Além disso, a interpretação precisa dos dados requer uma combinação de expertise técnica e compreensão prática das operações ferroviárias.

Em resumo, a análise avançada de defeitos na geometria de via permanente marca uma era de transformação positiva no setor metroferroviário. Os resultados obtidos por meio

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



dessas tecnologias oferecem insights valiosos para aprimorar a segurança, eficiência e longevidade da superestrutura ferroviária. Existem desafios ainda para explorar a melhoria contínua das diretrizes com novas possibilidades de implemento de *learn machine* (IA), big data, softwares autônomos para uma era de análises automáticas eficientes e confiáveis.

7) CONCLUSÃO

A implementação de uma metodologia que analisa todos os dados de inspeções tomando como matriz a inspeção geométrica tem um potencial enorme de ganhos quantitativos e qualitativos para uma ferrovia que atua por condição, e que possui uma janela curta de intervenção, como o MetrôRio. O negócio principal do metrô é o transporte ferroviário de passageiros. E a equipe de manutenção tem como objetivo promover a segurança operacional da via, seja de forma preventiva ou corretiva. Para estabelecer essa prática de avaliação e interpretação de informações internamente na empresa, é necessário contar com especialistas altamente capacitados, tais como cientistas de dados, engenheiros de dados, especialistas em governança de dados e outros profissionais similares, cuja disponibilidade no mercado frequentemente é limitada ou demanda um longo período para sua formação e desenvolvimento. E para enfrentar este desafio, além de promovermos a integração com os demais profissionais da engenharia do MetrôRio, utilizamos as ferramentas disponíveis do software de gerenciamento do nosso carro controle, realizando a implantação dos dados básicos das vias do MetrôRio, tais como: levantamento georreferenciado da via e dos marcos

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



quilométricos e cadastro de ativos. Depois de devidamente configurada, ocorre o envio dos dados de condição para a plataforma, contendo os dados atuais e históricos para a geração das análises. A plataforma Rail Cloud realiza o alinhamento e agrupamento dos dados de forma automática dos parâmetros medidos pelo carro controle. E o IQV consolida as demais informações para uma melhor análise dos nossos técnicos para priorização de programação a curto, médio e longo prazo.

Existe no mercado algumas outras soluções que estão sendo analisadas para testes futuros, como aplicativos para smartphones, facilitando o acesso aos dados pelas equipes de campo e permitindo a troca de informações de maneira rápida, com a indicação do local mais próximo do usuário, baseado nas coordenadas de GPS do celular.

Por fim, podemos concluir que o uso dessas metodologias e plataformas são fundamentais para o avanço da eficiência da manutenção da via permanente. Reduz-se os tempos de análise e processamento dos dados, permitindo que mais dados sejam analisados em menos tempo. Abre-se também um potencial plano de análise dos planos de manutenção, que atualmente são baseados em recomendações de fornecedores e/ou práticas comumente adotadas em rotinas pré-estabelecidas, para uma análise completa de repetibilidade e tendência de falhas, gerando insumos para a manutenção preditiva.

O aprimoramento da gestão da manutenção de via permanente tem como base a comparação entre medições geométricas do carro controle, que avalia a efetividade da intervenção, e indica se a manutenção foi eficiente. Estas medições comparáveis

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



permitem uma rastreabilidade dos materiais utilizados, a repetibilidade do número de intervenções, e a tendência de nova falha. Essa combinação da tecnologia de alta precisão com uma metodologia e diretriz inovadoras, que resulta em uma eficiência no monitoramento da superestrutura ferroviária.

8) REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT NBR 16387 Via férrea — Classificação de vias. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AREMA - American Railway Engineering and Maintenance of Way Association. Manual for Railroad Engineering. Estados Unidos da América: AREMA, 2011.

BRINA, H. L. Estradas de ferro. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, v.1, 1983.

BRANCO, J. E. S. C.; FERREIRA, R. (ed.). Tratado de estradas de ferro. Rio de Janeiro, v.2, 2002.

FRA. Track Safety Standards Compliance Manual. FRA, 2002.

STECH, P. H. Parâmetros do Projeto Geométrico para trens de passageiro de alta velocidade e longo percurso. São Paulo, 2012.

STOPATTO, S. Via permanente ferroviária: conceitos e aplicações. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.