

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



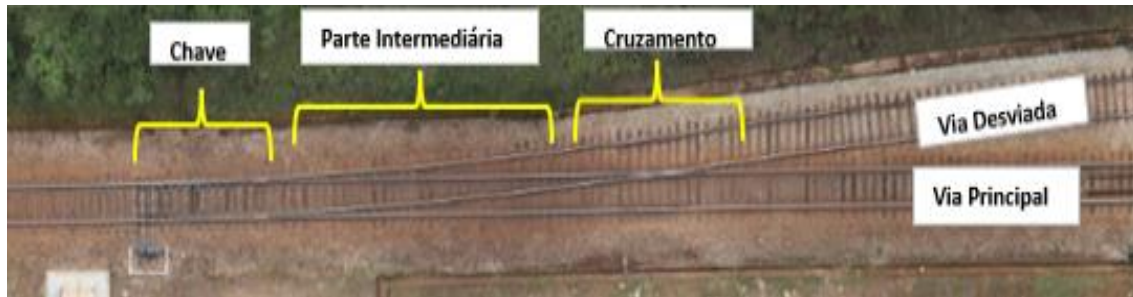
**CATEGORIA 3**

**AEROFOTOGRAMETRIA APLICADA A INSPEÇÃO DE LINHA FÉRREA**

**INTRODUÇÃO**

O grande desafio para as operadoras de ferrovias é controlar a quantidade de ativos instalados ao longo dos km de via é a gestão das inspeções e o diagnóstico da condição dos componentes. A via férrea no Brasil apresenta características de implantação específicas em função do traçado centenário que ainda hoje desafia a manutenção para garantir a segurança operacional dos trens que cruzam as vias.

Em uma via férrea é considerado a via de maior tráfego como principal, e as vias que derivam da linha principal são consideradas desviadas. A união da via principal e a via desviada constitui uma bifurcação onde é necessário instalar um dispositivo que permita orientar os veículos ferroviários para outra direção. Estes dispositivos são definidos como Aparelhos de Mudança de Via (AMV), que é composto basicamente por três partes: Chave, parte intermediária e cruzamento (Figura 1). Para garantir a geometria e segurança operacional dos trens em todo o conjunto de componentes que compõem o aparelho de mudança de via é definido parâmetros de cotas de salvaguardas na região do cruzamento e livre passagem na região da chave. O monitoramento dos desgastes dos componentes e os parâmetros geométricos é feito através de ciclos de inspeções em campo. O estudo compreende a uma via férrea que é composto de 1900 unidade aparelhos de mudança de vias que necessitam de monitoramento constante.



**Figura 1 - AMV – Aparelho de Mudança de via Simples.**

**Fonte: Autor**

O modelo do AMV basicamente consiste em uma estrutura de trilho, fixação e dormentes, elementos que compõem a superestrutura, e que são apoiados pelo lastro de pedra britada, que é então assentado acima do sub lastro e subleito subsequentemente. A definição do local de instalação do AMV depende de vários fatores como: exigências e dados operacionais, características do material rodante, previsão de manutenção, sinalização, velocidade, etc. A via férrea é composta de materiais robustos capazes de suportar veículos com altas cargas por eixo e em ciclos constantes, sendo o dormente de madeira o empregado para resistir aos esforços mecânico e às intempéries e serve de apoio para os trilhos. Os trilhos são fixados nos dormentes, com acessórios que atuam no patim e alma dos trilhos, garantindo resistência aos esforços verticais, longitudinais e transversais que atuam no trilho durante a passagem do material rodante.

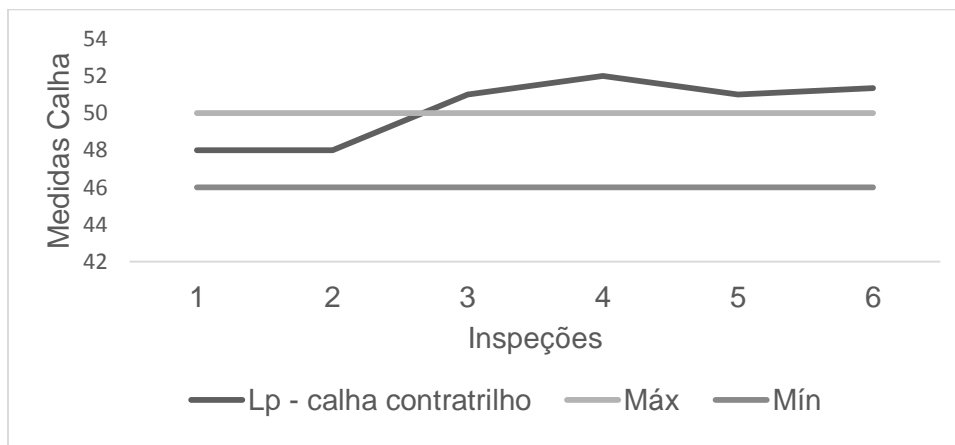
Todos os materiais que compõem e forma um aparelho de mudança de via sofre o processo de degradação natural, pelo tempo de vida útil determinado pelo fabricante e é acelerado pelas condições adversas no qual está instalado, seja pela intensidade do tráfego, pelo traçado centenário e até mesmo pelo processo de inspeção realizado que muitas vezes não reflete a real condição dos componentes e geometria. A proposta do desenvolvimento de novas técnicas de inspeção é justamente padronizar a coleta de informação afim de mitigar os possíveis impactos que a visão tácita do colaborador insere na coleta dos dados durante a inspeção.

## **DIAGNÓSTICO**

As inspeções de aparelhos de mudança de vias manual, realizado pelos colaboradores, ocorria em ciclos definidos em função do volume de trens anuais por corredor. Alguns ativos eram inspecionados entre duas e até oito vezes no período de um ano e em alguns casos não tinha rastreabilidade das intervenções ocorridas e não eram consideradas no momento de inserir os dados no sistema. Foram analisadas as inspeções de aparelhos de mudança de vias realizadas no ano de 2020, 2021 e retirado seis amostras de cada

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

corredor das últimas inspeções. Constatou que as etapas entre a coleta e o lançamento dos dados no sistema apresentavam inconsistências de valores medidos e de criticidade da condição do item inspecionado. Em cada corredor os dados coletados estavam muito ligados a percepção tácita do colaborador que realizava a inspeção e não refletia a condição real do ativo. Um exemplo de uma amostra de AMV que foi inspecionado entre 2020 e 2021 seis vezes com intervalos de quatro meses entre as inspeções (Figura 2). Na figura apresenta a curva de desgaste da componente calha do contratrilho. O ponto onde o friso da roda de um trem circula e necessita de manter os parâmetros máximo e mínimos para garantir a segurança operacional. Observe que a calha do contratrilho tem na primeira inspeção a medida de 48 mm e posteriormente na segunda medição (após 4 meses de operação) apresentou zero desgaste. Na terceira medição já apresentou um desgaste de 3 mm em relação a medição anterior e 1 mm a mais de desgaste na quarta medição e manteve sem desgaste na quinta e sexta medição. Os valores demonstram uma inconsistência na informação coletada e lançada no sistema, não sendo possível utilizar os dados para gerar uma curva de degradação do ativo e conseqüentemente intervenção para correção.



**Figura 2 – Amostra de medição da calha do contratrilho**

**Fonte: Autor**

Ao longo da vida útil da componente base de dados geradas pelas inspeções não refletiam a condição real do ativo sendo necessário desenvolver outro método de coleta de informação padronizada e com nível de detalhes capaz de gerar uma base de dados confiável.

O projeto implantado e em fase contínua de desenvolvimento, consiste em inspecionar componentes de via férrea utilizando o drone para uma coleta detalhada de dados, processar e analisar as imagens utilizando softwares específicos de aerofotogrametria e eliminar assim a subjetividade da informação. Uma vez definido o problema e a necessidade de implantar novas ferramentas para mitigar desvios no processo, a

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



utilização de drone para inspeção em via férrea apresentou com uma alternativa inovadora a ser desenvolvido de acordo com a necessidade das operadoras ferroviárias, em função das características da ferrovia no Brasil. Várias etapas foram planejadas e executadas conforme segue descrito na sequência.

**Recurso para gerar imagens e processamento**

A utilização de drone para inspeção em via férrea utilizam recursos específicos para a captura de imagens e o processamento. A especificação do drone, software e hardware foram determinantes para o avanço do desenvolvimento do trabalho assim como os treinamentos, certificações conforme legislação brasileira. A captura de imagem utiliza o equipamento Matrice 300 RTK, que é a mais recente plataforma de drone da DJI, inspirada em sistemas modernos de aviação e com até 50 minutos de tempo voo e habilidades avançadas de IA. Para o processamento de imagens foi definido uma estação de trabalho workstation específica para suportar o processamento de imagens e software de aerofotogrametria.

**Captura de imagens da inspeção de aparelho de mudança de via**

A captura de imagens foi definida após a realização de vários testes de ajustes e calibração dos equipamentos para utilizar todos os recursos oferecidos pelo drone e a câmera, a fim de obter a melhor definição da imagem e riqueza de detalhes possíveis dos componentes dos ativos inspecionados, e definiu como o voo padrão para inspeção de um aparelho de mudança de via a altura máxima de 12,0 m e obtendo acurácia de 1,5 mm/pixel. Com base nos testes e analisando a ficha de inspeção de aparelho de mudança de via (Figura 3), foi quantificado quais dados era possível extrair através das imagens coletadas pelo drone na inspeção.

FICHA DE EXAME DE AMV BITOLA LARGA			
<b>3) EXAME DO JACARÉ</b>			
IDENTIFICAÇÃO DO JACARÉ:			<input type="checkbox"/> MARTELAMENTO
DATA DE APLICAÇÃO:			<input type="checkbox"/> EXPLOSÃO
FABRICANTE:			<input type="checkbox"/> CONVENCIONAL
Nº DO JACARÉ			<input type="checkbox"/> BAIXO IMPACTO
<b>3.1) INSPEÇÃO VISUAL</b>			
<b>LINHA PRINCIPAL</b>		<b>LINHA SECUNDÁRIA</b>	
<input type="checkbox"/> TRINCA NA PONTA 1/2	<input type="checkbox"/> DS NA PONTA 1/2	<input type="checkbox"/> TRINCA NA PONTA 1/2	<input type="checkbox"/> DS NA PONTA 1/2
CIRCULAÇÃO: <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> DS LEVE <input type="checkbox"/> DS SEVERO <input type="checkbox"/> COM IMPACTO		CIRCULAÇÃO: <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> DS LEVE <input type="checkbox"/> DS SEVERO <input type="checkbox"/> COM IMPACTO	
COTAS DE SALVAGUARDA: PP = 1 - 2 = LP = 1 - 2 - 3 =		COTAS DE SALVAGUARDA: PP = 1 - 2 = LP = 1 - 2 - 3 =	
1 BITOLA NA PONTA DE 1/2=	2 CALHA DO CONTRATRELHO=	1 BITOLA NA PONTA DE 1/2=	2 CALHA DO CONTRATRELHO=
3 CALHA DO JACARÉ=	4 BOLETO DO CONTRATRELHO=	3 CALHA DO JACARÉ=	4 BOLETO DO CONTRATRELHO=
5 DESGASTE DO CONTRATRELHO = 4 - (A ou B) =		5 DESGASTE DO CONTRATRELHO = 4 - (A ou B) =	
<input type="checkbox"/> PP ≥ 1552 mm LP ≤ 1511 mm	<b>CIRCULAÇÃO NORMAL</b>	<input type="checkbox"/> PP ≥ 1552 mm LP ≤ 1511 mm	<b>CIRCULAÇÃO NORMAL</b>
<input type="checkbox"/> PP < 1552 mm LP < 1511 mm	<b>IMPACTO NA PONTA DE 1/2"</b>	<input type="checkbox"/> PP < 1552 mm LP < 1511 mm	<b>IMPACTO NA PONTA DE 1/2"</b>
<input type="checkbox"/> PP ≥ 1552 mm LP > 1511 mm	<b>IMPACTO NO CONTRATRELHO DESGASTE NA ASA DO JACARÉ</b>	<input type="checkbox"/> PP ≥ 1552 mm LP > 1511 mm	<b>IMPACTO NO CONTRATRELHO DESGASTE NA ASA DO JACARÉ</b>
<small>BITOLA NA PONTA DE 1/2 &gt; 1810 - CORRIGIR PARA 1805 mm CALHA DO JACARÉ &lt; 48 mm - DIMENSIONAR A PONTA E ROSBARRAS</small>		<small>BITOLA NA PONTA DE 1/2 &gt; 1810 - CORRIGIR PARA 1805 mm CALHA DO JACARÉ &lt; 48 mm - DIMENSIONAR A PONTA E ROSBARRAS</small>	

**Figura 3 - Ficha de exame de AMV**

Fonte: Autor

# 29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

## 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Processamento de imagens da inspeção com drone no aparelho de mudança de via realizada.

Após a inspeção do AMV é aquisição de imagens com o drone em campo, dá-se início ao processamento e análise dessas imagens em softwares específicos. Os passos seguintes são divididos em etapas de acordo com o fluxo (Figura 4).

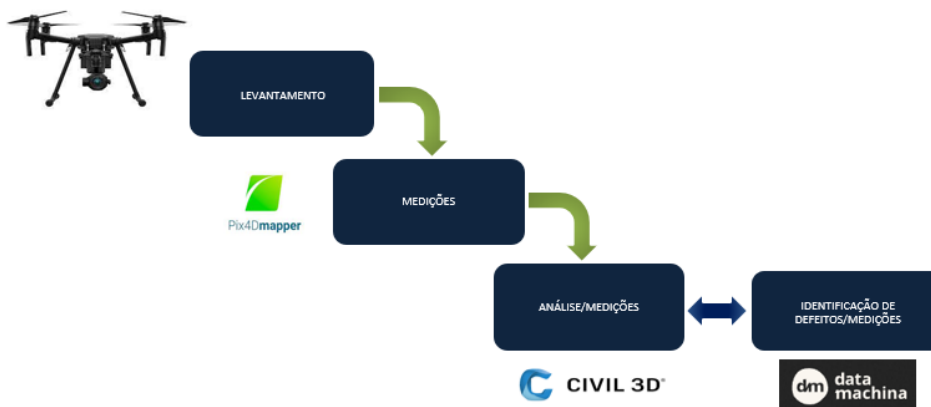


Figura 4 - Fluxo de projeto implantado.

Fonte: Autor

Após o processamento a visualização pelo MapView (Figura 5), cria o projeto no modelo 3D, com distância ou anotação desejada, essa medida criada ajuda no escalonamento posterior da ortofoto no software e exportar o ortomosaico para o software Civil 3D.

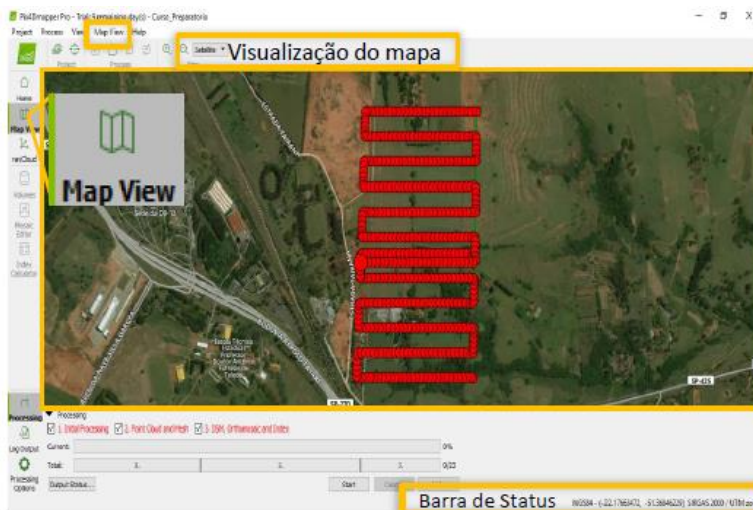


Figura 5 – MapView

Fonte: Autor



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

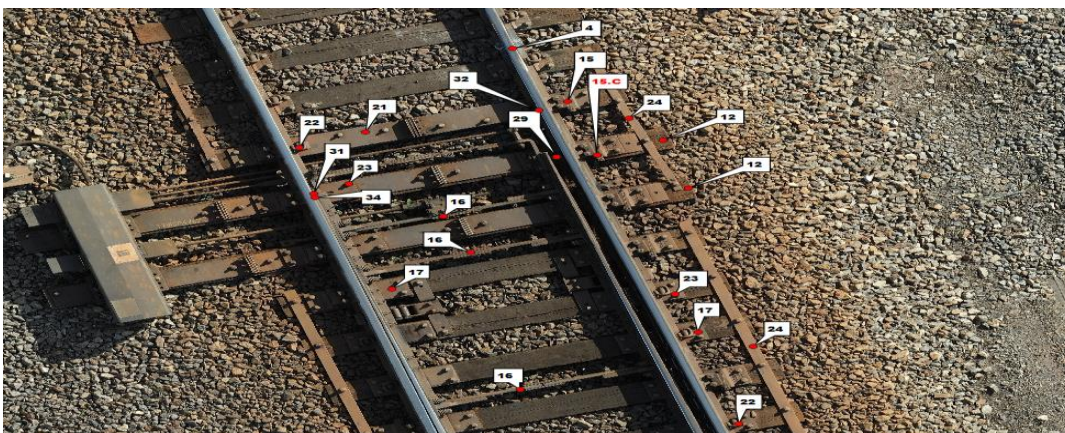
Com a imagem em modelo 3D, escalona com base na medida conhecida e inicia as medições de todos os parâmetros definido na ficha de inspeção de aparelho de mudança de via (Figura 6). As medidas são extraídas na região da agulha, grade intermediária e cruzamento.



**Figura 6 - Medição de bitola**

**Fonte: Autor**

A detecção de defeitos no aparelho de mudança de via, pelas imagens processadas, segue o mesmo padrão utilizado pela equipe em campo, ou seja, é observado nas imagens os componentes individualmente (Figura 7), sua condição referente a desgastes, vida útil, comportamento em função do tráfego ou manutenção realizada e até a condição do aparelho de mudança de via em relação ao projeto original. Identificando quais são os desvios que pode comprometer a aceleração de desgaste dos componentes ou o funcionamento do sistema de movimentação das chaves ou até mesmo inscrição dos rodeiros na região das agulhas ou cruzamentos.



**Figura 7 – Componentes identificados para diagnostico de defeitos.**

**Fonte: Autor**

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

Todo o processo de inspeção das imagens do aparelho de mudança de via segue os itens listado na ficha de exame. Ao final é gerado uma lista automática de materiais, defeitos e medidas identificadas durante a análise da imagem, que é exportada para uma tabela de Excel (Figura 8), onde é inserido no sistema para criação de ordens de serviços para os itens críticos.

Análise Completa AMV			
Count	File Name	Length	
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	VIGIATAS IRREGULARES	19912626
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	VIGIATAS IRREGULARES	7452765
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BARRA IRREGULAR	34224300
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS SEVERO	7827878
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BARRA IRREGULAR	
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	RÓDIDO TOLANDO	9610859
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS SEVERO	5063706
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	RÓDIDO TOLANDO	
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS SEVERO JAC LP	6267726
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS SEVERO JAC LS	7265261
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	ACHURAS	164436
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	LP - CALHA JACARÉ	520319
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	ACHURAS	720792
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BITOLA PONTA DE AGULHA	96086000
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	COXILP DOR	1142329
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS LEVE	16439597
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS SEVERO	69266711
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS LEVE	36497708
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BITOLA JAC LP	15823016
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	ACHURAS	16269660
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	COMPRIENTO CONTRATILHO LD	46625240
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	COMPRIENTO CONTRATILHO LP	48518567
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	LS - CALHA CONTRATILHO	5228549
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BITOLA JAC LS	36096729
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	LS - BOLETO CONTRATILHO	741842
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	LP - BOLETO CONTRATILHO	711631
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	COXILP ISO	1648296
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	LP - CALHA CONTRATILHO	5223226
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	POSICIONAMENTO CONTRATILHO LP	13468267
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	POSICIONAMENTO CONTRATILHO LS	16269633
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	VIGIATAS IRREGULARES	
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	ESGASTAMENTO LEVE	
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	VIGIATAS IRREGULARES	26632769
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS LEVE	5789291
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	VIGIATAS IRREGULARES	25832931
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BITOLA COXILP AGULHA LS	14881671
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	LS - CALHA JACARÉ	464976
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	BITOLA COXILP AGULHA LP	16082375
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	ESGASTAMENTO LEVE	4928852
1	VP-IG-1409-006-01d.wg	ESQUADRO	33921
4	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS LEVE	
4	VP-IG-1409-006-01d.wg	VIGIATAS IRREGULARES	
5	VP-IG-1409-006-01d.wg	DS SEVERO	
6	VP-IG-1409-006-01d.wg	ESTORA IRREGULAR	
6	VP-IG-1409-006-01d.wg	ESORA LATERAL (CONJ)	6982095

Figura 13: Planilha gerada da inspeção por imagem

Fonte: Autor

### ANÁLISE DOS RESULTADOS

As comparações feitas entre as medidas adquiridas em campo pelo técnico utilizando a ficha de inspeção em aparelho de mudança de via, e as medidas adquiridas com o processo de aerofotogrametria foram satisfatórias (Figura 14). Os resultados confirmaram a escalabilidade do processo de inovação implantado. Na ficha de inspeção (Figura 3), de aparelhos de mudanças de via, constam vários itens de inspeção e parâmetros de medição de cotas que garante a circulação segura dos trens, à medida que os desgastes dos componentes ocorrem devem ser controlados regularmente, e sendo as imagens georreferenciada os pontos observados passam a ter coordenadas de identificação.

Os estudos posteriores indicarão o ponto ótimo de GSD (Ground Sample Distance) para análise e atualmente, verificaram-se que as análises são totalmente aceitáveis para valores de GSD de até 3,0 mm/pixel. Produtos com valores acima não trazem a qualidade adequada para visualização e inspeção dos ativos em questão uma vez que o GSD está diretamente ligado à altura de voo para aquisição das imagens, ou seja, nos locais em que não for possível efetuar o voo a uma altura menor que 25 metros, as imagens não serão aproveitadas para a análise de inspeção.

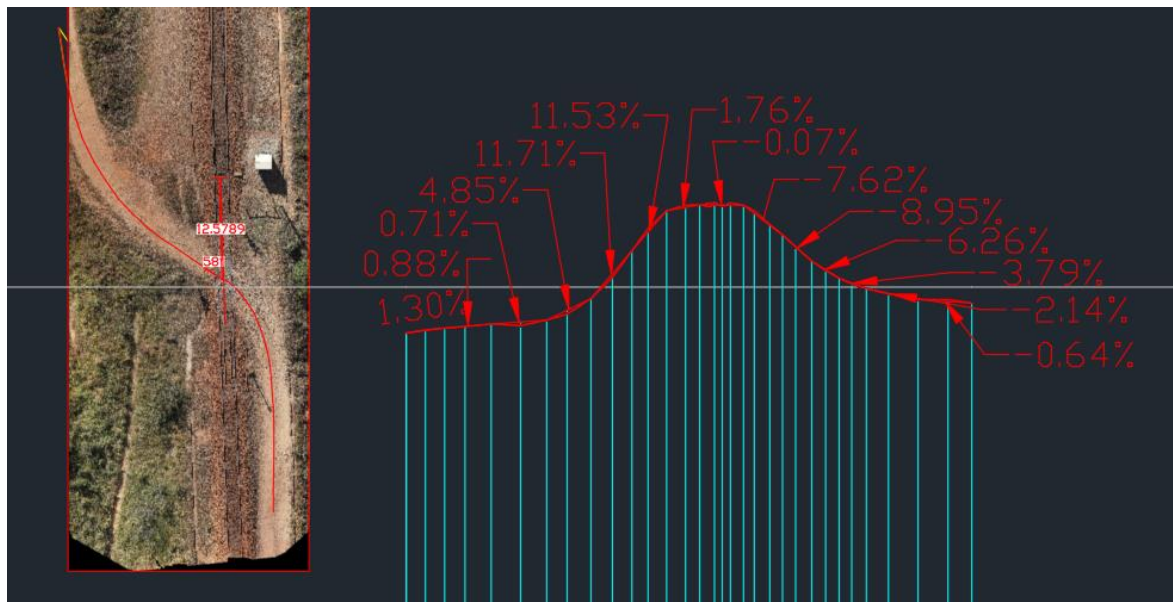
**29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**  
**METROFERROVIÁRIOS**

Jacaré									
Principal					Desviada				
Cotas	Inspeção em campo	Inspeção Drone	Diferença	Erro percentual	Cotas	Inspeção em campo	Inspeção Drone	Diferença	Erro percentual
Amassamento da asa	9	X	-	-	Amassamento da asa	9	X	-	-
Bitola na ponta de 1/2	1605	1502,31	102,69	6%	Bitola na ponta de 1/2	1608	1609,61	-1,61	0%
Calha do contratrilho	52	52,24	-0,24	0%	Calha do contratrilho	52	51,55	0,45	1%
Calha do jacaré	48	52,03	-4,03	-8%	Calha do jacaré	47	46,87	0,13	0%
Boleto do contratrilho	72,9	71,16	1,74	2%	Boleto do contratrilho	73,31	75,31	-2	-3%
Desgaste do contratrilho	-1,71	-3,45	1,74	-	Desgaste do contratrilho	-1,3	0,7	-2	-
Proteção de ponta	1553	1450,07	102,93	7%	Proteção de ponta	1556	1558,06	-2,06	0%
Livre passagem	1505	1398,04	106,96	7%	Livre passagem	1509	1511,19	-2,19	0%

**Figura 14: Tabela de comparação entre medidas manual e com o drone.**

**Fonte: Autor**

Com a implantação da metodologia aplicada para inspeção em aparelho de manobras foi possível avançar para outros ativos da via férrea. A passagem em nível de uma ferrovia necessita de constante monitoramento, sendo possível também aplicar a aerofotogrametria e monitorar o sistema de sinalização da via férrea e das rodovias, assim como a rampa de acesso, item crítico para veículos rodoviários (Figura 15).



**Figura 15: Passagem em nível – Medição de rampa de acesso**

**Fonte: Autor**



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

Para o acompanhamento e recebimento de projetos ferroviários a aerofotogrametria, mostrou eficiente e produtiva para verificação e conferência da implantação, sendo possível analisar o projetado com o executado validar o aceite final (Figura 16).



**Figura 16: Validação aceite de implantação de linha férreas.**

Fonte: Autor

## CONCLUSÕES

Os dados extraídos das imagens levantadas na inspeção por drone na via férrea corresponde a 83% das informações necessárias para o diagnóstico da condição do aparelho de mudança de via e, de forma padronizada. Com a implantação do processo de inspeção com drone em linha férrea, foi possível rever o ciclo de inspeção de aparelhos de mudança de via, com redução de 35% nos números de inspeções realizada anualmente. A inserção da aerofotogrametria nos processos de inspeção de via férrea é uma inovação para padronização da coleta de dados, de forma precisa, rápida e econômica. A possibilidade de agregar a visão computacional no processo de inspeção por imagens e automatizar o processo torna ainda mais tentador e promissor esta tecnologia para o modal ferroviário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT].2020 - NBR 16827 - Aparelho de Mudança de Via – Localização do AMV no traçado geométrico da via – Requisitos – Primeira Edição, Item 4.1

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



AUTODESK. Tutoriais do Autodesk Civil 3D. Manual de utilização do software Civil 3D. [S.l.]. Autodesk, 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/civil-3d/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/PTB/Civil3D-Tutorials/files/GUID-B6CF98F9-FF6F-4FF5-8022-60EB21A611A7-htm.html>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Costanobreengenharia. E-book Vantagens do trabalho com o drone para a engenharia. Disponível em: <https://costanobreengenharia.com.br/wpcontent/uploads/2020/08/E-book-Vantagens-do-Trabalho-com-o-Drone-paraEngenharia-Costanobre-Engenharia.pdf>/ Acesso em: 07 out. 2022.

ENTERPRISE, DJI. New Maintenance Plans Brings Enhanced Safety to Your Enterprise Drone Fleet. In: DJI Enterprise. Enterprise Insights DJI. [S.l.]. 7 mai. 2020. Disponível em: <https://enterprise-insights.dji.com/blog/introducing-djis-first-maintenance-service?hsCtaTracking=009c4c3e-e8ca-43de-8c9b-fd4b8291e89c%7C944a9476-443e-4e86-b83e-8e6358d66fc0>. Acesso em: 21 Jul. 2023.

Dnit - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – Glossário Setor Ferroviário. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/centrais-de-conteudo/glossarioterminosferroviarios.pdf> Acesso em: 27 jul. 2023.

PIX4D. Manual - Support. Manual de processamento e utilização do software Pix4D. [S.l.]. Pix4D, 2018. Disponível em: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/sections/360003718992-Manual>. Acesso em: 20 jul. 2023.