



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

**CATEGORIA 3**

**MANUTENÇÃO PREDITIVA DA REDE AÉREA ATRAVÉS DO  
MONITORAMENTO DA CATENÁRIA COM UTILIZAÇÃO DE SENSORES**

**INTRODUÇÃO**

A alta disponibilidade operacional é crucial em serviços de transporte como metrô, trens e VLTs, pois o desgaste e a quebra de peças podem causar paralisações. A Manutenção Preditiva se destaca como uma solução eficaz, utilizando dados de instrumentos para avaliar a condição dos ativos e prever falhas por meio de técnicas como análise de vibração e termografia. Essa abordagem é essencial para garantir a operação contínua e eficiente do sistema de mobilidade urbana.

A Via Mobilidade, responsável pelas linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda desde 2022, tem investido na modernização das infraestruturas e equipamentos para melhorar a experiência dos passageiros, garantindo uma jornada segura e confortável. Dada a



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

variedade e a idade dos ativos, a concessionária realiza diagnósticos detalhados para aprimorar continuamente as técnicas de manutenção.

O grupo CCR, atuando na infraestrutura de mobilidade urbana, concessão de rodovias e aeroportos, gerencia 39 ativos em 13 estados brasileiros, com mais de 17 mil colaboradores. Na mobilidade urbana, a CCR transporta diariamente 3 milhões de passageiros por meio de metrô, trens, VLTs e barcas.

A ViaMobilidade Linhas 8 e 9 é a concessionária responsável pela operação e manutenção das Linhas 8-Diamante e 9-Esmalda de trens metropolitanos de São Paulo. **(ViaMobilidade, 2024)**

3 milhões  
de passageiros por dia

124 estações  
de metrô, trens, VLT e barcas

+ de  
7380  
colaboradores e colaboradoras

220 composições  
entre trens, metrô e barcas

Figura 1 - Números da plataforma Mobilidade em julho de 2024<sup>1</sup>

A Linha 8-Diamante possui 22 estações operacionais e uma estação em projeto (Ambuitá). Com 41,6 km de extensão, a linha liga Júlio Prestes a Amador Bueno. Ela

<sup>1</sup> Grupo CCR. (12 de julho de 2024). Fonte: <https://www.grupoccr.com.br/negocios/mobilidade-urbana/>



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

interliga-se com a Linha 3-Vermelha do Metrô, a Linha 7-Rubi da CPTM e a Linha 9-Esmeralda da ViaMobilidade, com previsão de conexão futura com a Linha 6-Laranja.

A Linha 9-Esmeralda conta atualmente com 20 estações, estendendo-se de Mendes-Vila Natal até Osasco, e possui uma estação em construção (Varginha). Com 37,3 km de extensão, a linha se integra com as Linhas 4-Amarela, 5-Lilás e 8-Diamante, além de uma futura conexão com a Linha 17-Ouro. Somadas, as Linhas 8 e 9 possuem uma extensão total de 78,9 km.



**Figura 2 - Mapa de estações das linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda (Metrô CPTM, 2021)**

Gerenciar e manter um ativo não é uma tarefa fácil, ainda mais quando tratamos um subsistema (rede aérea) de aproximadamente de 219 km de vias operacionais.

As principais características da rede aérea de tração das linhas 8 e 9 são mostradas na tabela a seguir:



**Rede Aérea de Tração (Catenária)**

TRECHO	Linha 8 Diamante		Linha 9 Esmeralda		
	Julio Prestes à Itapevi	Itapevi à Amador Beuno	Osasco à Ceasa	Ceasa à Grajaú	
TIPO	Fixa	Auto compensada	Fixa	Auto compensada	
VIAS PRINCIPAIS	78 Km	6 Km	7 Km	57 Km	148Km
VIAS AUXILIARES E PÁTIOS		53 Km	7 Km	5 Km	65Km
CABO MENSAGEIRO (MM <sup>2</sup> )		253,35		253,35	
FIO TROLLEY (MM <sup>2</sup> )		2 x 107		2 x 107	

Figura 3 - Características da Rede Aérea de Tração das Linhas 8 e 9 (ViaMobilidade, 2024)

Obs.: Entre as estações de Grajaú e Mendes-Vila Natal (linha 9), temos cerca de 3 km de extensão, ou seja, 6 km de vias e rede aérea.



Figura 4 - Exemplo de Rede Aérea - Linha 9

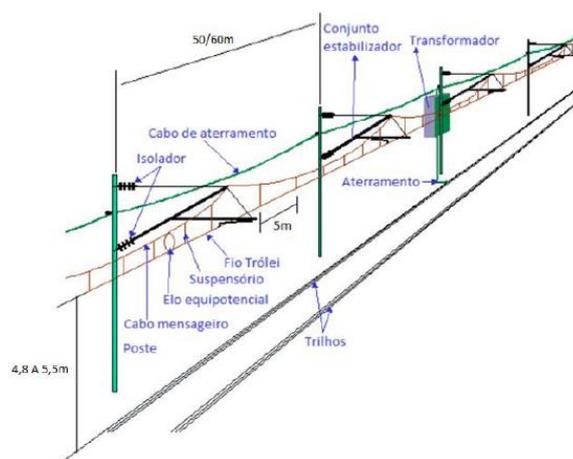
A rede aérea é um fio de contato montado a uma altura acima dos trens e diretamente sobre a via. Geralmente, o fio de contato pode ou não estar suspenso por uma catenária (Pires, 2006 apud Schmit, 1988).

De acordo com (Morales, 2018) Rede Aérea são circuitos aéreos que transportam energia elétrica fornecidas pelas subestações retificadoras e Cabines seccionadoras/Paralelismos. Alimentam os Trens de Unidade Elétricas, em qualquer ponto do trecho eletrificado em que se encontrem.

Partes principais que compõem o circuito:

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

- sustentação mecânica;
- isolador;
- catenária.



**Figura 5 – Componentes de uma rede aérea convencional**

### **Características catenária Linha 8-Diamante**

**Tensão:** 3 kVcc;

**Tipo:** Fixa;

**Cabo mensageiro:** Seção 253 mm<sup>2</sup>;

**Cabo feeder (reforço):** Seção 253 mm<sup>2</sup> - Utilizado somente em regiões de subestação, sendo 2,5 km para "direita e esquerda" totalizando 5 km de cabo feeder por subestações;

**Fio de contato:** Seção 107 mm<sup>2</sup> - Dois fio de contato por via, no total são 4 fios de contato somando via 1 e via 2;

**Cabo Equipotencialização/Ômega/Alimentação:** Seção 185 mm<sup>2</sup> 444 fios;



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**Suspensórios para um fio de contato:** Seção 16 mm<sup>2</sup> cabo de bronze e conectores em CuNiSi - instalados a cada 6 metros para cada fio.

#### **Características catenária Linha 9-Esmeralda**

**Tensão:** 3 kVcc;

**Tipo:** Autocompensada;

**Cabo mensageiro:** Seção 253 mm<sup>2</sup>;

**Cabo feeder (reforço):** Seção 253 mm<sup>2</sup> - Utilizado somente em regiões de subestação, sendo 2,5 km para "direita e esquerda" totalizando 5 km de cabo feeder por subestações;

**Fio de contato:** Seção 107 mm<sup>2</sup> - Dois fio de contato por via, no total são 4 fios de contato somando via 1 e via 2;

**Cabo Equipotencialização/Ômega/Alimentação:** Seção 185 mm<sup>2</sup> 444 fios;

**Suspensórios para um fio de contato:** Seção 16 mm<sup>2</sup> cabo de bronze e conectores em CuNiSi - instalados a cada 6 metros para cada fio.



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

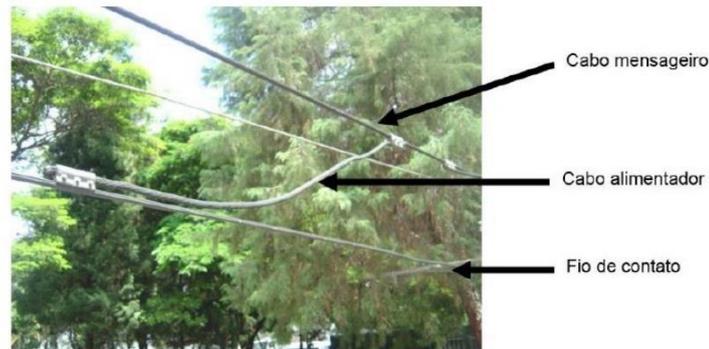


Figura 6 - Detalhe principais componentes de uma catenária

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, manutenção envolve todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado funcional. Isso inclui cuidados e reparos periódicos para preservar um ativo.

Existem três tipos principais de manutenção:

**Preventiva:** Realizada para reduzir e evitar falhas nos equipamentos, envolve inspeções, substituições de peças e reformas, além de monitorar o desgaste natural.

**Corretiva:** Não programada, ocorre a qualquer momento para corrigir problemas inesperados.

**Preditiva:** Baseada no monitoramento em tempo real e na análise de dados para prever e prevenir falhas, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de manutenção.



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

A manutenção preditiva oferece benefícios como redução do tempo de inatividade não planejado, economia de custos, melhoria da eficiência operacional, planejamento otimizado de recursos, segurança aprimorada e maior vida útil dos equipamentos.

O estudo foca em ações para mitigar falhas na rede aérea das linhas 8 e 9 da Via Mobilidade em São Paulo, utilizando sensoriamento remoto. Foram desenvolvidas estratégias de revisão, controle e monitoramento, em parceria com empresas para implementar novas tecnologias, visando a segurança dos passageiros e a eficiência operacional.

### **DIAGNÓSTICO**

No início da concessão, a ViaMobilidade contratou uma empresa especializada para realizar uma inspeção detalhada em todo o sistema de rede aérea na linha 8-Diamante, nos trechos entre as estações Júlio Prestes e Amador Bueno, e na linha 9-Esmeralda, nos trechos entre as estações Osasco e Grajaú. O objetivo era avaliar o estado de conservação do ativo recebido pelo poder concedente. Durante um cronograma de 6 meses de trabalho, foram realizados dois tipos de inspeção:

1. **Inspeção Diurna:** Foi realizada uma filmagem da via com uma câmera embarcada no trem durante a operação comercial, além de uma inspeção ao nível da via, capturando imagens de todos os elementos da catenária, com destaque para os pontos que necessitavam de manutenção corretiva.



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

Durante essa inspeção, os seguintes pontos foram verificados:

- **Postes:** Medidas de implantação dos postes;
- **Bases dos Postes:** Verificação visual de trincas, rachaduras, ferragens expostas (em postes de concreto), oxidação (em postes metálicos), tipo de poste, ferragens em geral;
- **Triângulos:** Offset dos triângulos, verificação visual de conexões rompidas, oxidação ou cabos desgastados;
- **Suspensórios:** Verificação de suspensórios rompidos;
- **Para-raios de Chifre:** Verificação visual de falta de conexão com a rede aérea ou descida de terra;
- **Interferências:** Verificação visual de possíveis interferências com outros sistemas, conforme fotos levantadas durante a inspeção.

As fotos a seguir mostram os detalhes capturados durante a inspeção visual.



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



Figura 7 - Exemplo compilados de arquivos fotograficos etapa dos levantamentos diurnos

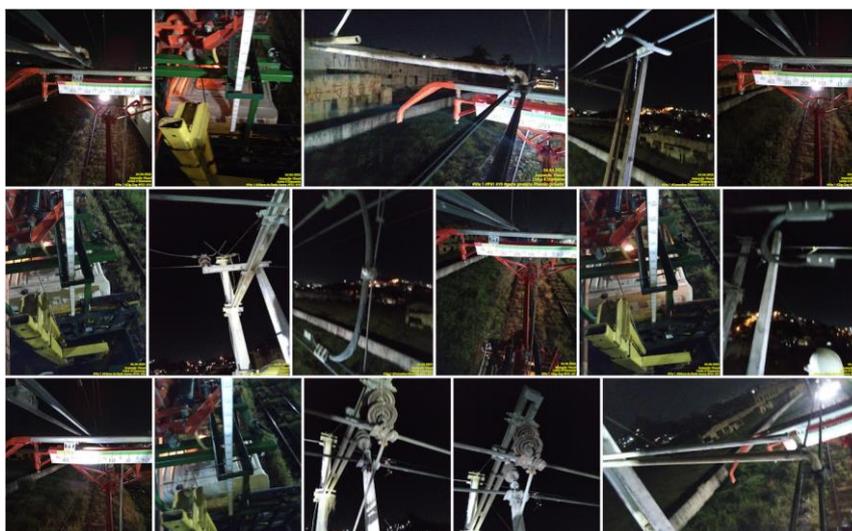
2. Inspeção Noturna: Equipes percorreram toda a extensão das linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda durante os intervalos de manutenção, das 1h às 3h30, e em alguns finais de semana com intervalos longos. Utilizando um veículo rodoferroviário equipado com plataforma, pantógrafo e régua, focaram em ações complementares às inspeções diurnas ao nível da via. Foram inspecionados e levantados os seguintes pontos:

- Altura da Rede Aérea;
- Medição de Zig-Zag;
- Desgaste do Fio de Contato;
- Mapeamento das Emendas e seu Estado de Conservação;

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

- Estado do Cabo Mensageiro e Cabo Feeder;
- Posicionamento do Offset e Regulagem dos Aparelhos Tensor;
- Chaves Seccionadoras: Estado e Funcionamento

As fotos a seguir mostram os detalhes capturados durante a inspeção visual.



**Figura 8 - Exemplo compilados de arquivos fotograficos etapa dos levantamentos noturnos**

Ao final do cronograma de inspeção, todos os dados coletados em campo foram sintetizados em uma planilha, permitindo a criação de gráficos e mapas de calor que abrangem todas as não conformidades encontradas. Isso facilita a implementação de ações corretivas ou preventivas na rede aérea. Abaixo está um exemplo da planilha de dados compilados da linha - 8, juntamente com uma breve explicação sobre a interpretação dos dados obtidos.



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

ULTIMA ATUALIZAÇÃO: 12/09/2022														
DIURNO 100,00%	NOTURNO 100,00%	TOTAL 100,00%	VISTORADO			DIURNO DATA	FOTOS ESTRUTURA	NOTURNO DATA	FOTOS ESTRUTURA	H.RA	ITEM	NÃO CONF.	KM	PDD
			D	CK	N									
00/00	JPR/BFU	0	606	1	1	08/03/22		28/03/22		5,30	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/01	JPR/BFU	0	-	1	1	08/03/22		28/03/22		5,74	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/02	JPR/BFU	0	-	1	1	08/03/22		28/03/22		5,78	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/03	JPR/BFU	0	-	1	1	08/03/22		28/03/22		5,90	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/04	JPR/BFU	0	-	1	1	08/03/22		28/03/22		5,90	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/05	JPR/BFU	0	809	1	1	08/03/22		28/03/22		5,91	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/06	JPR/BFU	0	839	1	1	08/03/22		28/03/22		5,95	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/07	JPR/BFU	0	865	1	1	08/03/22		28/03/22		5,70	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/08	JPR/BFU	0	893	1	1	09/03/22		28/03/22		5,57	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/09	JPR/BFU	0	920	1	1	09/03/22		19/03/22		5,52	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/10	JPR/BFU	0	947	1	1	09/03/22		19/03/22		5,45	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
00/11	JPR/BFU	0	976	1	1	09/03/22		19/03/22		5,56	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/01	JPR/BFU	1	006	1	1	09/03/22		28/03/22		5,47	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/02	JPR/BFU	1	036	1	1	09/03/22		28/03/22		5,45	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/03	JPR/BFU	1	057	1	1	09/03/22		28/03/22		5,49	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/04	JPR/BFU	1	087	1	1	09/03/22		29/03/22		5,59	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/05	JPR/BFU	1	117	1	1	09/03/22		29/03/22		5,80	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/06	JPR/BFU	1	147	1	1	09/03/22		29/03/22		5,65	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/07	JPR/BFU	1	177	1	1	09/03/22		29/03/22		5,64	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/08	JPR/BFU	1	208	1	1	09/03/22		29/03/22		5,60	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/09	JPR/BFU	1	238	1	1	09/03/22		29/03/22		5,55	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/10	JPR/BFU	1	268	1	1	09/03/22		29/03/22		5,59	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/11	JPR/BFU	1	299	1	1	09/03/22		29/03/22		5,54	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4
01/12	JPR/BFU	1	329	1	1	09/03/22		29/03/22		5,54	Trolley	Desgaste	0/E	00 - 4

Figura 9 - Compilado do mapa de calor da Linha 8

No campo PDD (em destaque na figura 9), os níveis de prioridade foram subdivididos da seguinte forma:

- **Nível 4:** Representado pela cor verde, não apresenta risco à operação. A equipe de manutenção pode atuar de forma preventiva, monitorando durante o ciclo de manutenção preventiva conforme a programação da ViaMobilidade.
- **Nível 3:** Representado pela cor azul, oferece baixo risco à operação e necessita de intervenção em até 4 meses.
- **Nível 2:** Representado pela cor amarela, requer atenção, indicando alto risco à operação, com necessidade de reparo em até 2 semanas.
- **Nível 1:** Representado pela cor vermelha, apresenta risco iminente à operação e deve ser resolvido em até 2 dias.



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

Desta forma, foi possível construir o mapa de calor das linhas 8 e 9 e montar um cronograma de manutenção corretiva.

INDICE DE NÃO CONFORMIDADES POR TRECHO																				
VIA 1	JPR/BFU	BFU/LAB	LAB/DMO	DMO/ILE	ILE/PAL	PAL/OSA	OSA/CSA	CSA/QTU	QTU/GMC	GMC/CPB	CPB/STE	STE/AJO	AJO/BRU	BRU/JBE	JBE/DI	DI/SCD	SCD/ECO	ECO/IPV	IPV/SRT	SRT/ABU
1 IMEDIATO	0	2	2	1	5	0	5	0	0	2	0	1	1	1	0	5	4	0	1	1
2 URGENTE	10	7	18	18	17	6	13	7	1	2	4	4	15	6	3	7	6	12	4	10
3 MÉDIO	77	159	224	122	231	67	139	52	14	124	96	61	136	50	14	63	42	38	11	13
4 BAIXO	206	294	245	131	265	233	227	89	72	222	116	117	250	124	66	152	119	121	62	238

VIA 2	JPR/BFU	BFU/LAB	LAB/DMO	DMO/ILE	ILE/PAL	PAL/OSA	OSA/CSA	CSA/QTU	QTU/GMC	GMC/CPB	CPB/STE	STE/AJO	AJO/BRU	BRU/JBE	JBE/DI	DI/SCD	SCD/ECO	ECO/IPV	IPV/SRT	SRT/ABU
1 IMEDIATO	3	7	1	3	1	1	3	1	0	4	6	4	4	2	2	0	0	0	0	2
2 URGENTE	12	16	7	7	21	8	11	7	1	13	4	5	20	14	8	40	13	11	7	16
3 MÉDIO	188	271	207	124	268	143	220	53	44	133	91	73	144	87	47	57	50	32	40	14
4 BAIXO	282	282	287	176	257	193	241	84	77	260	136	106	254	169	66	232	181	118	80	213

Figura 10 - Mapa de calor geral da linha 8 Diamante

MAPA DE DESGASTE DO FIO TROLLEY																					
VIA 1	Desgaste	JPR/BFU	BFU/LAB	LAB/DMO	DMO/ILE	ILE/PAL	PAL/OSA	OSA/CSA	CSA/QTU	QTU/GMC	GMC/CPB	CPB/STE	STE/AJO	AJO/BRU	BRU/JBE	JBE/DI	DI/SCD	SCD/ECO	ECO/IPV	IPV/SRT	SRT/ABU
1	8,00 - 8,50 (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	9,00 mm	2	3	0	1	3	0	2	1	0	0	1	1	9	0	1	0	1	0	0	0
3	9,50 mm	28	12	0	0	1	1	3	2	0	0	0	0	4	0	1	0	2	3	1	0
4	10,00 - 11,50 (mm)	58	66	73	44	72	49	60	27	22	66	32	27	47	47	29	78	41	49	41	158

Figura 11 - Mapa de calor com foco em substituição de fio de contato da linha 8 Diamante

INDICE DE NÃO CONFORMIDADES POR TRECHO																		
VIA 1	OSA/PAL	PAL/CEA	CEA/JAG	JAG/USP	USP/PIN	PIN/HRB	HRB/CID	CID/VOL	VOL/BRR	BRR/MRB	MRB/GIT	GIT/IDS	IDS/SAM	SAM/SOC	SOC/JUR	JUR/AUT	AUT/INT	INT/GRA
1 IMEDIATO	1	7	2	0	2	3	0	2	2	1	0	3	8	1	3	3	0	0
2 URGENTE	9	15	20	8	11	5	5	5	14	6	3	15	2	18	28	35	24	22
3 MÉDIO	199	144	46	174	92	44	62	53	98	83	2	13	58	33	49	147	55	26
4 BAIXO	148	247	51	91	86	91	109	59	57	120	46	65	118	62	80	206	77	65

VIA 2	OSA/PAL	PAL/CEA	CEA/JAG	JAG/USP	USP/PIN	PIN/HRB	HRB/CID	CID/VOL	VOL/BRR	BRR/MRB	MRB/GIT	GIT/IDS	IDS/SAM	SAM/SOC	SOC/JUR	JUR/AUT	AUT/INT	INT/GRA
1 IMEDIATO	0	2	1	6	2	0	3	0	4	0	0	1	2	2	10	8	5	1
2 URGENTE	5	14	8	16	12	10	14	17	23	22	5	3	12	5	5	11	10	13
3 MÉDIO	161	195	51	143	123	33	32	35	52	51	10	78	77	40	43	107	40	32
4 BAIXO	75	226	27	83	45	27	77	66	52	102	50	48	115	91	92	180	52	71

Figura 12 - Mapa de calor geral da linha 9 Esmeralda

MAPA DE DESGASTE DO FIO TROLLEY																			
VIA 1	Desgaste	OSA/PAL	PAL/CEA	CEA/JAG	JAG/USP	USP/PIN	PIN/HRB	HRB/CID	CID/VOL	VOL/BRR	BRR/MRB	MRB/GIT	GIT/IDS	IDS/SAM	SAM/SOC	SOC/JUR	JUR/AUT	AUT/INT	INT/GRA
1	8,00 - 8,50 (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0
2	9,00 mm	3	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	4	1	0	3	6	1	0
3	9,50 mm	6	3	1	5	1	0	0	0	0	0	1	1	7	0	3	5	0	1
4	10,00 - 11,00 (mm)	48	76	24	52	39	25	32	26	32	51	24	40	48	29	38	88	46	39

Figura 13 - Mapa de calor com foco em substituição de fio de contato da linha 9 Esmeralda

Com o mapa de calor em mãos, a ViaMobilidade realizou as manutenções corretivas conforme o grau de criticidade. Atualmente, a empresa está investindo na modernização dos conjuntos de suspensório. O modelo articulado, recebido no início da concessão e que apresentava um alto índice de quebras devido ao desgaste mecânico, está sendo substituído pelo modelo de suspensório flexível de curto-circuito. Essa



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

mudança visa reduzir a necessidade de manutenção corretiva e minimizar o impacto na operação comercial.

Paralelamente às iniciativas mencionadas anteriormente, logo após o início da concessão das linhas 8 e 9, foram desenvolvidos procedimentos de manutenção preventiva em rede aérea. Esses procedimentos foram baseados na experiência adquirida na linha 4-Amarela, que possui catenária rígida em toda a extensão e catenária convencional fixa apenas no pátio Vila Sônia, na linha 5-Lilás, onde o trecho é dividido em catenária rígida e autocompensada em toda a extensão e catenária convencional fixa nos pátios de manutenção Capão Redondo e Guido Caloi e no Metrô Bahia, que possui catenária auto compensada com fio de contato duplo no trecho de via operacional e catenária convencional simples no pátio de manutenção.

Ao nos depararmos com o sistema de rede aérea das linhas 8 e 9, observamos que os procedimentos precisariam ser adequados para atender às particularidades do sistema, garantindo que as manutenções fossem feitas de maneira correta e eficaz, assegurando a confiabilidade e a redução de falhas que poderiam impactar diretamente a operação comercial.

Atualmente, a equipe de rede aérea trabalha com os seguintes procedimentos de manutenção preventiva:



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

- **Manutenção Anual (P12):** Uma manutenção mais profunda na rede aérea, visando garantir o melhor estado de funcionamento dos equipamentos do sistema, detectar possíveis pontos de mau contato, danos visíveis nos equipamentos, verificar o zigue-zague, altura gradiente, fixação de isoladores e garantir a isolação ideal através da limpeza dos isoladores;
- **Manutenção Semestral (P6):** Além da verificação funcional, visa garantir a isolação ideal através da limpeza dos isoladores;
- **Manutenção Semanal (P7 - Visual):** Inspeção visual realizada de maneira embarcada no trem ou a pé (a nível de via), para detectar possíveis pontos de mau contato, danos visíveis nos equipamentos e pontos de poda que necessitam de atuação emergencial da equipe;
- **Manutenção Preventiva Anual (P12) e Semestral (P6 – Visual) para os Pátios de Manutenção:** Realizada nos pátios de manutenção;
- **Manutenção Preditiva Diária (PD):** Atuação preditiva através do monitoramento e análise das condições reais de funcionamento do sistema de rede aérea, realizada constantemente pelo sistema de detecção de colisão pantográfica.

Para tornar os procedimentos de manutenção preventiva mais ricos em informações e detalhes, confiáveis e adequados para situações reais, foram realizadas revisões em conjunto com a equipe de manutenção que executa as atividades diárias na rede aérea.



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

Essas revisões incluíram sugestões de melhorias e adequações baseadas em situações reais de campo, além de contar com a consultoria de profissionais experientes em rede aérea, que aprovaram os documentos.

Com foco constante na melhoria contínua, os procedimentos passam por revisões e aprimoramentos frequentes para garantir que as manutenções sejam executadas com excelência e o mais alto nível de confiabilidade.

Nas linhas 4-Amarela e 5-Lilás, ambas pertencentes ao Metrô de São Paulo e atualmente operadas pelo Grupo CCR, as manutenções na rede aérea eram realizadas exclusivamente no período noturno, com todo o sistema de tração desenergizado "de ponta a ponta". Esse procedimento proporciona maior segurança à equipe que atua em campo, evitando contato acidental com corrente elétrica e a circulação de trens na via oposta, garantindo a integridade física dos colaboradores.

Nas linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda, é necessário adotar uma abordagem diferente para a implantação de segurança elétrica, devido a diversos fatores como: extensão das linhas, necessidade de manobras de trens durante a madrugada, horário de início da operação comercial (4 horas da manhã), diversas manutenções e implantações ocorrendo simultaneamente, e furtos no sistema. Com esses desafios, tornou-se necessário adotar a implantação de segurança elétrica em apenas uma via, utilizando trechos específicos de acordo com a atividade.



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

Para atender essa demanda, a engenharia elaborou um documento que contém a análise de desligamento juntamente com figuras/diagramas unifilares, facilitando a compreensão da implantação de segurança elétrica a ser executada. Esses desligamentos foram planejados com o menor trecho possível em toda a extensão das linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda, permitindo que qualquer atividade tenha um desligamento pronto e analisado pela engenharia.

Este procedimento, denominado ITS (Instrução Técnica de Segurança), possui mais de 300 páginas e mais de 250 figuras/diagramas, garantindo que todos os trechos de ambas as linhas estejam contemplados e à disposição das equipes de manutenção e do CCO para a correta implantação de segurança elétrica, conforme ilustrado na figura 14.

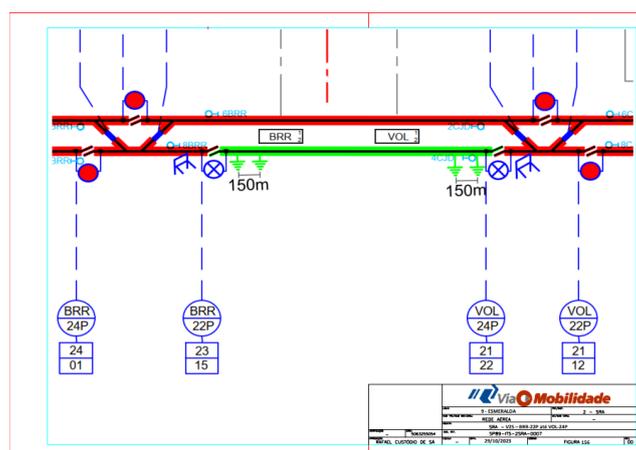


Figura 14 – Exemplo de figuras do procedimento de implantação de segurança elétrica

Com o objetivo de manter a melhoria contínua e o mais alto nível de segurança, os procedimentos e figuras foram revisados por consultores especializados em rede aérea,



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

com anos de experiência no sistema. Além disso, foram incorporados constantes feedbacks da equipe de manutenção e do CCO para aprimorar o processo.

Entre as diversas funções desempenhadas pela engenharia de manutenção para apoiar as equipes, uma das mais importantes é a busca por fornecedores, o desenvolvimento de materiais e equipamentos, e a exploração contínua de novas tecnologias que possam agregar valor, facilitar processos e aprimorar as análises do sistema metroferroviário.

Ao longo dos dois anos de concessão, foram cadastrados diversos materiais, desenvolvidos fornecedores para atender às nossas demandas e adquiridas novas tecnologias para melhorar o desempenho do sistema de Rede Aérea e aumentar a confiabilidade.

Durante este período, foi identificado um problema significativo com os suspensórios instalados nas linhas 8 e 9, que são componentes essenciais para o funcionamento adequado do sistema. Os suspensórios são responsáveis por manter os fios de contato na altura correta para a passagem do pantógrafo e, em alguns casos, ajudam na distribuição de corrente. Instalados a cada 6 metros no fio de contato, e a cada 3 metros nas linhas 8 e 9 devido ao fio de contato duplo, os suspensórios atuais são do tipo rígido



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

articulado, compostos por celote, castanhas, fio de cobre rígido e suplemento, conforme ilustrado na figura 15.

A alta incidência de falhas revelou a fragilidade desses suspensórios, o que motivou a engenharia a buscar soluções para melhorar a confiabilidade e o desempenho da rede aérea.



**Figura 15 - Exemplo de modelo antigo de suspensório utilizado na linha 8 e 9**

Esse modelo, atualmente considerado obsoleto pela equipe de manutenção das linhas 8 e 9, apresenta várias falhas principais, entre elas, destacam-se o desgaste excessivo causado pelo atrito entre o suplemento e o fio de cobre rígido, que define a altura do

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

suspensório, conforme ilustrado na Figura 16. Além disso, foram observadas trincas nas castanhas e desgaste nos parafusos.



Figura 16 - Desgaste no suplemento do suspensório modelo antigo



Figura 17 - Suspensório modelo antigo rompido

Além das falhas mencionadas, o modelo atual de suspensório requer uma mesa de montagem para a pré-fabricação dos suplementos e posterior instalação em campo. Diante dessas limitações, a engenharia, em colaboração com a equipe de manutenção, desenvolveu um novo modelo de suspensório para as linhas 8 e 9. Este novo suspensório



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

é flexível, possui condutibilidade elétrica, o que é crucial devido às características da linha 9, e oferece maior confiabilidade e desempenho. O material foi submetido aos seguintes testes e ensaios:

- Teste Mecânico de Oscilação: Após 3.150.000 ciclos, não foram observadas deformações significativas;
- Teste de Resistência à Tração: Foram realizados vários testes mecânicos entre fios de contato, braçadeira e fio de conexão. Com parafusos apertados a 25 Nm, a carga requerida foi de 500 daN, com valores obtidos variando entre 740 e 800 daN após diferentes testes;
- Remoção de Braçadeira: Testou-se a força necessária para afastar o grampo do fio de contato, com parafusos apertados a 25 Nm. A força solicitada pelo projeto foi de 250 daN, com resultados variando entre 390 e 695 daN após diferentes testes;
- Teste de Deslizamento Lateral: Avaliou-se a força de deslizamento lateral entre a pinça e o fio de contato, com parafusos apertados a 25 Nm. A força solicitada foi de 200 daN, e os resultados obtidos variaram entre 220 e 260 daN;
- Teste de Curto-Circuito: A potência foi de 3 Ka por 2,3 segundos, sem causar danos aos suspensórios.

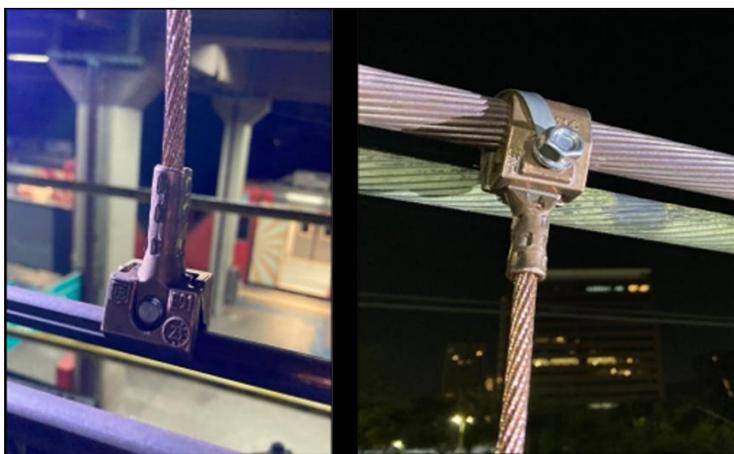


## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 18 - Teste de fadiga realizado nos suspensórios, conforme norma EN50119

Este modelo de suspensório já está sendo instalado pela equipe de manutenção nas linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda. A instalação começou pela linha 9 devido às características atuais do sistema de tração, desempenhando um papel crucial na distribuição de corrente elétrica ao longo da linha e na redução de falhas. O objetivo é substituir todos os suspensórios do modelo antigo pelo novo em ambas as linhas.





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

Figura 19 – Suspensório modelo novo instalado na rede aérea da linha 9

Para alcançar os benefícios da manutenção preditiva, como otimizar a vida útil dos ativos, reduzir custos com mão de obra intermitente e diminuir os riscos de erro e falha pós-reparo, além de reduzir a frequência de manutenção programada e o tempo de inatividade, foi implantado em caráter demonstrativo, em janeiro de 2022, um sistema de monitoramento contínuo de detecção de colisão pantográfica. Este sistema operou durante dois meses no Metrô Bahia. Instalado diretamente no pantógrafo do trem, foi utilizado durante toda a operação comercial sem causar impactos.

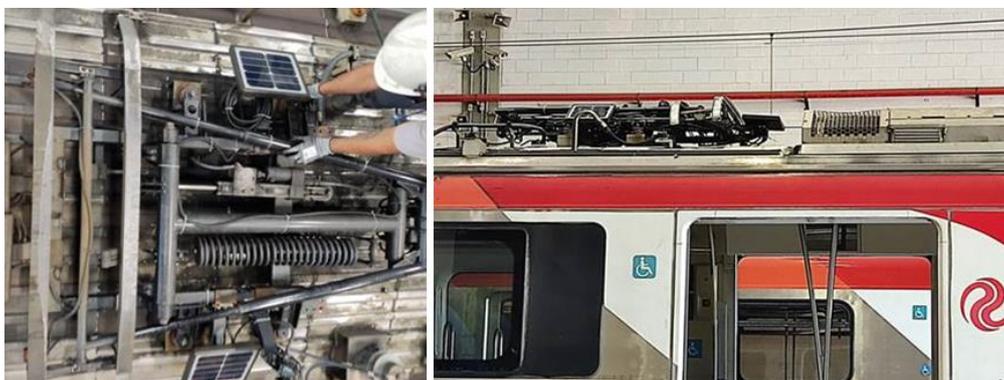


Figura 20 - Sistema instalado no pantógrafo de um trem do Metrô Bahia

Além de validar o sistema de detecção de colisão pantográfica, o objetivo desta demonstração foi identificar possíveis pontos de falhas na Rede Aérea não detectados durante as manutenções preventivas, construir perfis históricos da Rede Aérea com identificação de anomalias e variação da criticidade destas ocorrências, e avaliar se, com a utilização do sistema de detecção de colisão pantográfica, é possível aumentar a

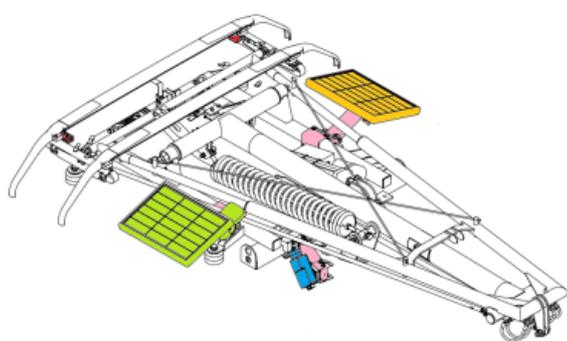


## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

periodicidade das manutenções preventiva e se sistema oferece uma forma de manutenção preditiva para o fio de contato.

O sistema possui as seguintes capacidades:

- Detecção de falhas na interação entre o pantógrafo e a catenária;
- Gravação de imagens de vídeo dos eventos de anomalias;
- Rastreamento da rota do trem e posição via satélite;
- Registro histórico da localização das anomalias;
- Autossuficiência energética, com uso de baterias alimentadas por energia solar;
- Transmissão de dados sem fio via rede 2G/3G/4G, com armazenamento na nuvem e integração dos resultados nos softwares das Unidades através de APIs.



Acelerômetros (SU1000)

Gateway Data Unit (GW2000)

Painéis solares (PM1020 Y PM1025)

Câmera (SU1220)

Acessórios de montagem (personalizado)

Cabeamento (personalizado) – sem imagem

Figura 21 - Design adaptado para o pantógrafo do Metô Bahia

Os sensores do sistema de detecção de colisão pantográfica permitem identificar as seguintes falhas: desgastes excessivos/anormais do fio de contato, isolador de secção



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

desregulado, suspensório rompido, deformações mecânicas no fio de contato que causam desgastes pontuais excessivos, objetos estranhos presos na rede aérea, variações na altura do fio de contato sem transição correta, e ocorrência de arcos voltaicos em isoladores de secção.

Após a demonstração e validação no Metrô Bahia, também foi realizada uma visita técnica na SuperVia do Rio de Janeiro para certificar as funcionalidades do sistema de detecção de colisão pantográfica e compreender como os dados são tratados pela equipe de manutenção. Além disso, buscou-se identificar possíveis erros e pontos de melhoria para aprimorar a experiência do equipamento nas linhas 8 e 9.

Concluídas essas etapas, no início de 2024, o sistema foi instalado em uma das composições que circulam pelas linhas 8 e 9. Para ampliar a abrangência, um segundo equipamento já está no processo de contratação e será instalado em outra composição, permitindo o monitoramento simultâneo das Linhas 8 e 9, ou seja, com um sistema dedicado para cada linha.

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Com base nos alertas recebidos pelo sistema de detecção de colisão pantográfica é definido o perfil de integridade da linha por onde o trem transita. Esse perfil da rede aérea é monitorado em tempo real apontando as falhas na catenária durante a operação



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

dos trens. As informações dos alertas são enviadas por 2G/3G/4G para a nuvem e acessados direto pelo navegador de internet pelo usuário habilitado.

Na página inicial é mostrada a lista dos alertas ativos com a severidade e o tempo que ocorreu de cada um alerta. A severidade é uma medida calculada pelo algoritmo do sistema que combina as variações de impacto registradas pelos acelerômetros nos eixos X, Y e Z para gerar um número adimensional que representa a magnitude da força do impacto naquele ponto.

No início do funcionamento do sistema de detecção de colisão pantográfica são detectadas as falhas ativas presentes na rede aérea. Com base na análise dos registros dos alertas, são programadas as manutenções corretivas das falhas identificadas. O perfil de integridade da catenária é então definido e as novas falhas são acompanhadas pela equipe de manutenção que é automaticamente informada dos alertas por e-mail. Diariamente, caso a equipe seja notificada de novos alertas, faz-se a verificação das imagens e programa-se a manutenção no local indicado pelas coordenadas geográficas informadas pelo sistema.

### **EXEMPLOS DE CASES:**

No Metrô Bahia, o sistema foi instalado e operou nas linhas 1 e 2 durante 2 meses e 15 dias, identificando quatro pontos com falhas nos dias 15/02/2022, 18/02/2022, 23/02/2022 e 05/05/2022. Na Via Mobilidade, nas linhas 8 e 9, o sistema está



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

operacional desde o primeiro trimestre de 2024 e, até o momento, já sinalizou seis pontos com grandes potenciais de falhas.

No decorrer deste capítulo, serão apresentados alguns exemplos ("cases"), bem como a atuação corretiva pela equipe de manutenção.

### 1. Metrô Bahia - 15/02/2022 às 08h02m

Em análise aos dados fornecidos pela plataforma do sistema e os dados operacionais do Metrô Bahia, no dia 15/02/22 às 08:02h, o Trem Bravo 30, prefixo 2301, estava subindo pela linha 2 – Via 1 (sentido estação Aeroporto – ARP) quando foi registrado um impacto no pantógrafo (severidade 61) próximo ao poste 02/23, no trecho Rodoviária (RDV) ernambués (PNB), já próximo à estação Rodoviária. A velocidade registrada do TUE era de 57 km/h. Esse evento também teve um vídeo disponibilizado pela plataforma.

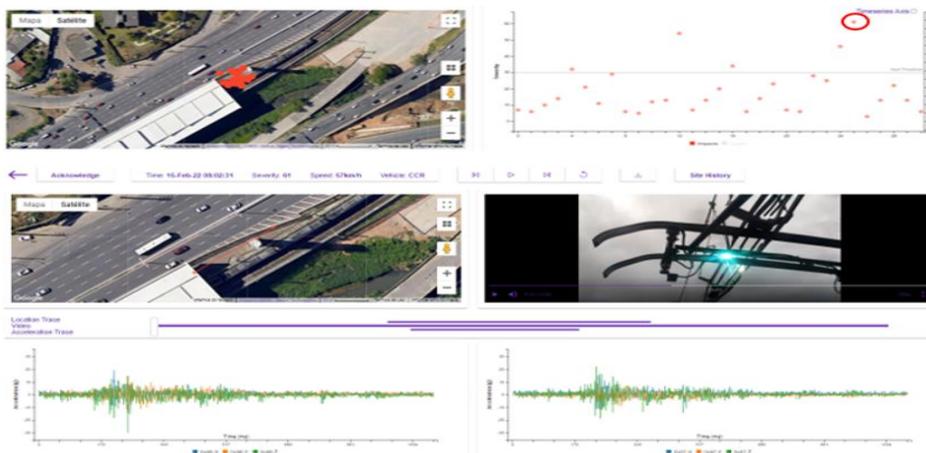


Figura 22 - Detalhes do alerta enviado pelo sistema de detecção de colisão pantográfica no dia 15/02/2022



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

Com base nos dados fornecidos pelo sistema (localização e dados dos acelerômetros), foi possível analisar a ocorrência que indicou um impacto (severidade 61) na interação entre pantógrafo e catenária. Como resultado, foi programada uma intervenção na linha 2 na madrugada de 18/02/2022, para que a equipe de manutenção de rede aérea pudesse averiguar o ocorrido. No local, a equipe constatou sinais de centelhamento elétrico nos bastões isolantes e na estrutura do isolador, além de algum desgaste dos chifres de deslizamento e bastões isolantes. Também foi identificado um leve desalinhamento do chifre de deslizamento, que poderia estar contribuindo para os centelhamentos.

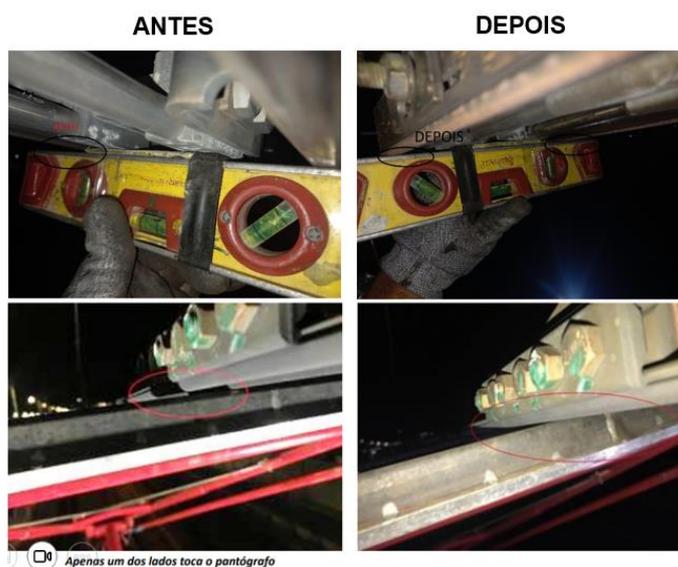


Figura 23 - Sinais de centelhamento elétrico nos bastões isolantes e na estrutura do isolador.

A equipe realizou ajustes no isolador de secção para melhorar o contato durante a passagem do pantógrafo. Após a regulagem dos chifres e o torqueamento dos



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

parafusos, foi notado um alinhamento perfeito. Foram também realizados vários testes com o pantógrafo do caminhão rodoferroviário VRA01, nos quais se verificou o perfeito deslizamento.

### 2. Metrô Bahia - 05/05/2022 às 10h39m

Analisando os dados fornecidos pela plataforma, no dia 05/05/22 às 10:39h, o Trem Bravo 30, prefixo 2301, estava subindo pela linha 2 – Via 1, quando foi registrado um impacto no pantógrafo (severidade 56). O impacto ocorreu no trecho Pernambués (PNB) – Imbuí (IMB), próximo à estação Imbuí. A velocidade registrada do TUE era de 80 km/h. Nesse evento, não foi disponibilizado um vídeo pela plataforma.

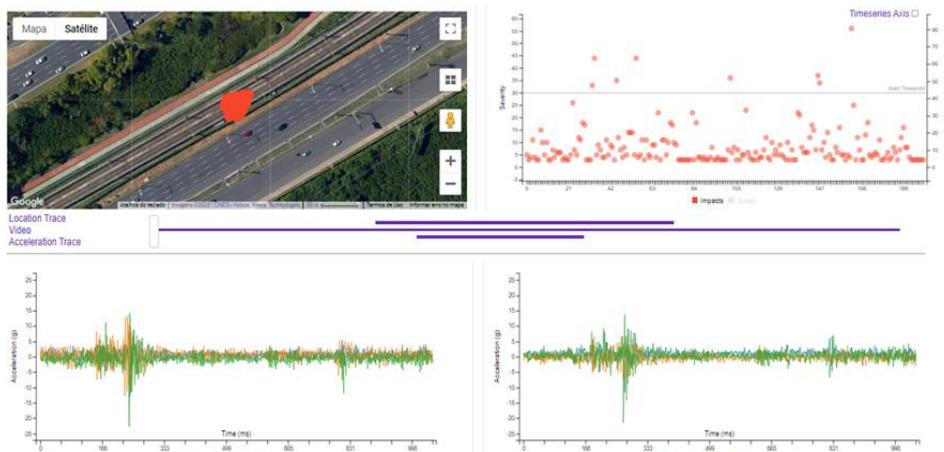


Figura 24 -Detalhes do alerta enviado pelo sistema de detecção de colisão pantográfica no dia 05/05/2022

Com base nos dados fornecidos pelo sistema (localização e dados dos acelerômetros), foi possível analisar a ocorrência que indicou um impacto (severidade 56) na interação com o pantógrafo. Uma intervenção foi programada para a linha 2 na madrugada de



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

08/03/2022, para que a equipe de manutenção de rede aérea pudesse averiguar o ocorrido. No local, a equipe constatou que o problema era uma desregulagem do "freia cabo", que é um cabo de ligação entre o cabo mensageiro e os fios de contato, parte do conjunto do Ponto Fixo da Rede Aérea. A irregularidade consistia em um desnivelamento entre os fios de contato, onde apenas um deles estava fazendo contato com o pantógrafo, devido à falta de ajuste do grampo de fixação do freia cabo.



**Figura 25 - Ajustes no nivelamento dos fios de contato**

A equipe realizou ajustes no nivelamento dos fios de contato para que, durante a passagem do pantógrafo, ambos os cabos pudessem tocar a canoa de grafite. Após a regulagem e o torqueamento dos parafusos, foi notado um melhor nivelamento dos fios de contato e uma passagem mais adequada do pantógrafo. Vários testes também foram realizados com o pantógrafo do caminhão rodoferroviário VRA01, nos quais se verificou o perfeito deslizamento.



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

### 3. Via Mobilidade 8 e 9 – 22/04/2024 às 10h00m

Cronologia resumida do Case:

- Aviso de impacto com severidade alta – 1762;
- Acionada equipe para realizar inspeção em campo;
- Identificada necessidade de atuação emergencial da manutenção devido uma falha no isolador de seção;
- Realizada manutenção corretiva com nivelamento e ajuste do isolador de seção;
- Diminuição drástica da severidade após a atuação (Evitada queda de Rede Aérea que iria impactar as duas vias em BFU).

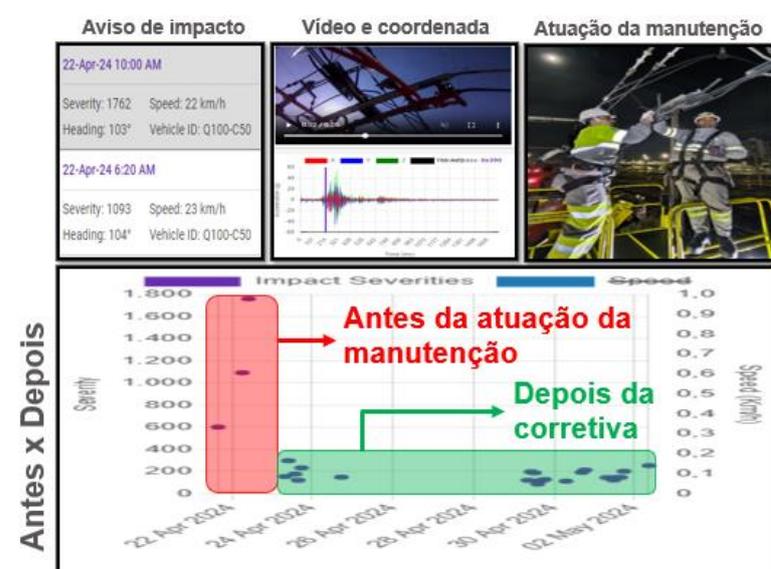


Figura 26 - Detalhes do evento do dia 22/04/2024



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

### 4. Via Mobilidade 8 e 9 – 01/06/2024 às 10h02m

Cronologia resumida do Case:

- Falha apontada pelo sistema, com uma gravidade de 705, com tendência de crescimento, entre Vila Olímpia e Cidade Jardim;
- Após análise, foi constatado desnivelamento do travessão, causando uma instabilidade do pantógrafo e consequentemente faiscamentos;
- Realizada manutenção com o nivelamento do travessão que estava mais baixo que a via principal;
- Diminuição drástica da severidade após a atuação (Evitada queda de Rede Aérea que iria impactar o trecho entre Vila Olímpia e Cidade Jardim da linha 9).



Figura 27 - Detalhes do evento do dia 01/06/2024



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

### **5. Via Mobilidade 8 e 9 – 28/04/2024 às 04h08m**

Cronologia resumida do Case:

- Falha apontada pelo sistema, alarmando com níveis crescente chegando a uma severidade de 4294;
- Acionada a equipe de manutenção e identificado uma avaria no isolador de secção, proveniente de um furto de anilhas do contrapeso, causando um desbalanceamento da rede aérea acompanhado de um balanço excessivo do pantógrafo e risco de queda da rede aérea, entre Grajaú e Mendes-Vila Natal;
- Durante a realização da manutenção corretiva foi identificado um ponto de início de cisalhamento do fio de contato, em função do desbalanceamento da rede aérea.
- Equipe realizou todas as manutenções corretivas (Evitada queda de Rede Aérea que iria impactar o trecho entre Grajaú à Mendes-Vila Natal).

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



Figura 28 - Detalhes do evento do dia 28/04/2024

### 6. Via Mobilidade 8 e 9 – 24/06/2024 às 11h12m

Cronologia resumida do Case:

- Falha apontada pelo sistema, com uma tendência de severidade crescente, entre o trecho de Santo Amaro e João Dias;
- Após análise, foi identificado uma emenda de fio de contato com avaria e necessidade de troca de fio de contato, entre Santo Amaro e João Dias – Linha 9;
- Realizada a troca da emenda e substituição do fio de contato., normalizado o trecho e sanando a falha descrita.



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



Figura 29 - Detalhes do evento do dia 24/06/2024

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO:

Com o sistema de detecção de colisão pantográfica totalmente operacional, a equipe de manutenção da ViaMobilidade 8 e 9 conseguirá ser mais eficiente nas intervenções na linha, pois irá diretamente ao ponto da falha e concluirá o serviço mais rapidamente, reduzindo o tempo de intervenção em aproximadamente 30%.

Com os custos atuais das manutenções preventivas (incluindo mobilização de pessoal, máquinas e materiais), calcula-se uma redução de 40% na frequência das intervenções, o que resulta em uma economia para a ViaMobilidade 8 e 9 de R\$ (xx), equivalente a (y) % do custo de implantação do sistema de detecção de colisão pantográfica e da manutenção preditiva.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

O sistema reduz o número de enrosocos em média em 40%, com base nos registros reais dos custos dos enrosocos já ocorridos na ViaMobilidade 8 e 9. É essencial considerar o custo monetário dos enrosocos já ocorridos, tanto os gastos e o tempo para restabelecer a rede, quanto os custos de perda de receita com bilhetagem causados pela interrupção dos serviços e a perda de imagem, confiabilidade, conforto e segurança da operação comercial ofertada pela empresa. O monitoramento preditivo identifica os pontos frágeis do fio condutor para que a equipe de manutenção repare as falhas conforme surgem, eliminando as causas dos enrosocos.

O sistema também detecta objetos jogados no fio condutor, como tênis amarrados pelos cadarços e fios com pedras, que oferecem grande risco de se embolarem com o pantógrafo e causarem falhas graves. Com o uso do monitoramento, os pantógrafos operam na rede aérea sem impactos severos, resultando em um aumento médio de 30% na vida útil das fitas de carbono dos pantógrafos.

A manutenção na rede aérea é realizada de forma preventiva ou programada. Com a manutenção preditiva, é possível prever falhas, permitindo otimizar os cronogramas de manutenção e substituir ou reparar ativos conforme necessário, em vez de seguir um agendamento periódico. Dadas as condições ideais e dados precisos, uma economia de custo de 30% pode ser viável. Este valor conservador permite uma transição mais



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

gradual para as práticas de manutenção preditiva, mantendo certa flexibilidade na programação de manutenção.

## **CONCLUSÕES**

A ViaMobilidade 8 e 9 tem demonstrado um compromisso contínuo com a manutenção e modernização das linhas 8-Diamante e 9-Esmeralda desde o início da concessão. Através de inspeções detalhadas, tanto diurnas quanto noturnas, foram identificadas e categorizadas as não conformidades na rede aérea, facilitando a priorização das ações corretivas. Além disso, a empresa implementou um rigoroso cronograma de manutenção preventiva, inspirado em práticas bem-sucedidas das linhas 4-Amarela e 5-Lilás, garantindo a confiabilidade e segurança do sistema.

A substituição dos suspensórios antigos por modelos mais modernos e a adoção de novas tecnologias de monitoramento, como o sistema de detecção de colisão pantográfica, ilustram a busca incessante por melhorias e a adaptação às especificidades das linhas operadas. Essas iniciativas visam não apenas otimizar a operação comercial, mas também minimizar interrupções e maximizar a segurança das equipes de manutenção e dos passageiros.

Com procedimentos de segurança elétrica bem estruturados, revisões constantes e a colaboração entre equipes de engenharia e manutenção, a ViaMobilidade 8 e 9 reforça



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

seu compromisso com a excelência operacional e a inovação tecnológica. Isso a prepara para enfrentar os desafios futuros e assegurar um transporte público de qualidade para a população.

Com base nos exemplos apresentados, é evidente que o sistema de detecção de colisão pantográfica tem demonstrado eficácia significativa na identificação e correção de falhas na rede aérea das linhas de metrô e trens. A capacidade de monitorar em tempo real e gerar alertas precisos permite intervenções rápidas e direcionadas, minimizando o tempo de inatividade e os custos associados às manutenções corretivas. Além disso, a implementação desse sistema resultou em uma redução notável na frequência de intervenções preventivas e no número de enroscos, contribuindo para uma operação mais eficiente e econômica. A detecção preditiva de falhas e a manutenção baseada em dados precisos não só aumentam a vida útil dos componentes, como também melhoram a segurança e a confiabilidade do sistema de transporte. Em conclusão, a utilização do sistema de detecção de colisão pantográfica representa um avanço significativo na gestão e manutenção da infraestrutura ferroviária, proporcionando benefícios tangíveis tanto em termos de custo quanto de desempenho operacional.

Próximos passos:

- Estudo de viabilidade para realizar a termografia;



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

- Estudo de viabilidade para colocar IA fazendo o diagnóstico de mais variáveis (arco elétrico, zig e zague, altura, passáros, etc).

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*Grupo CCR. (13 de Julho de 2024). Fonte: Grupo CCR: <https://www.grupoccr.com.br/grupo-ccr/sobre-o-grupo/>*

*Grupo CCR. (12 de julho de 2024). Fonte: Grupo CCR: <https://www.grupoccr.com.br/negocios/mobilidade-urbana/>*

*Metrô CPTM. (20 de Abril de 2021). Fonte: Metrô CPTM: <https://www.metrocptm.com.br/linhas-8-diamante-e-9-esmeralda-sao-arrematadas-pela-ccr-e-ruasinvest-do-consorcio-viamobilidade/>*

*Morales, R. T. (2018). Manutenção de Sistemas de Alta Tensão. São Paulo: CPTM\SENAI-SP.*

*Moro, N. (2007). Introdução à Gestão da Manutenção. Introdução à Gestão da Manutenção.*

*Pires, C. L. (2006). Simulação do sistema de tração elétrica Metrô-Ferrovária. Tese, p. 221 .*

*RIJEZA Metalurgia. (12 de Julho de 2024). Fonte: Web site de RIJEZA Metalurgia: <https://rijeza.com.br/NOVIDADES>*

*ViaMobilidade. (12 de Julho de 2024). Fonte: ViaMobilidade: <https://www.viamobilidade.com.br/nos/empresas>*