

32^a

SEMANA DE
TECNOLOGIA
METROFERROVIÁRIA

DIAGNÓSTICO
AUTOMATIZADO DE
RÁDIOS DE DADOS:
ANÁLISE MULTICAMADA
E MONITORAMENTO
PREDITIVO

Michel Ferreira

O APRESENTADOR

MICHEL DOS SANTOS FERREIRA

Engenheiro Eletricista · Analista PPCM · MRS Logística

9 ANOS

DE EXPERIÊNCIA FERROVIÁRIA — DE
ESTAGIÁRIO A ANALISTA

FRENTES

TELECOM, SINALIZAÇÃO, WAYSIDES E
FIBRA ÓPTICA

4 FERRAMENTAS

EM PRODUÇÃO, DUAS DELAS ESTÃO
AQUI

HABILIDADES

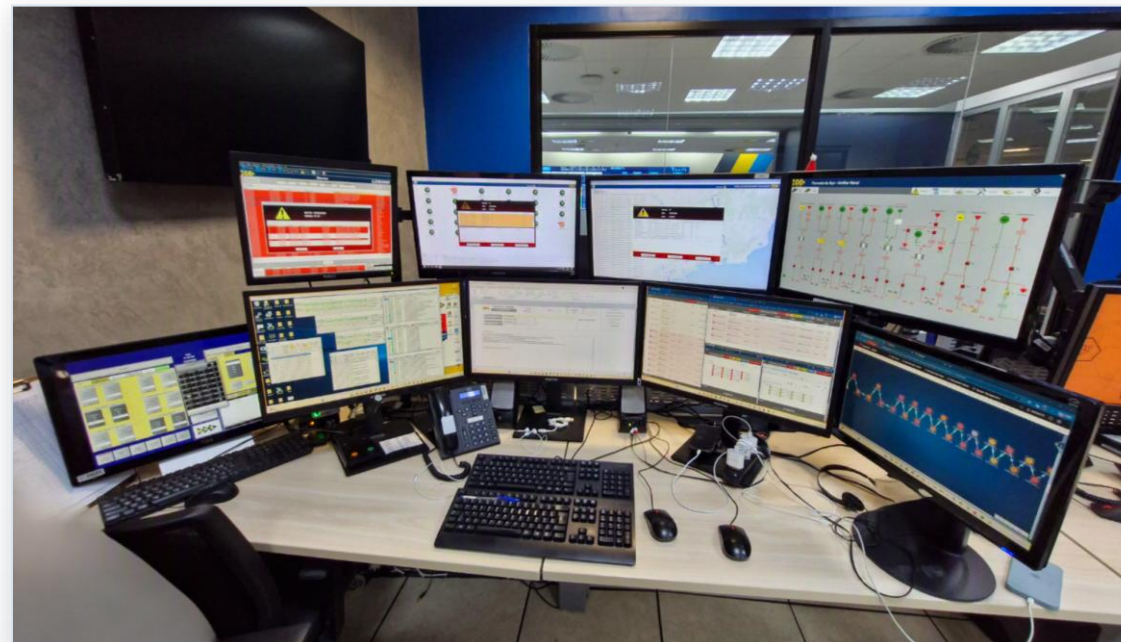
PYTHON, C#, VBSCRIPT, BATCH
DATABRICKS E POWER BI



Centro de Diagnóstico de Confiabilidade — MRS Logística.

O CDC E SUA ATUAÇÃO

- Monitoramento remoto e contínuo dos ativos de telecom e sinalização de toda a malha.
- Análise técnica das falhas: cada ocorrência registrada pela operação vira um diagnóstico.
- Apoio ao campo em tempo real: leitura de log, configuração de equipamento e orientação durante a intervenção.
- Monitorar, analisar e apoiar ao mesmo tempo é o que explica o tamanho da demanda do CDC.



432

PREDITIVAS (2025)

2.398

ATIVOS MONITORADOS

6.795

FALHAS REGISTRADAS (2025)

RÁDIOS DE DADOS

- O Rádio de Dados é o equipamento de comunicação instalado ao longo da via, operando em faixa dedicada de 256 MHz.
- Ele faz o envio e o recebimento das informações que trafegam entre o CCO, os ativos de campo e o computador de bordo do trem, e também entre os próprios rádios da malha.
- O GPS opera em conjunto com o rádio e é o elemento que torna essa comunicação possível: é dele que vem a referência de tempo. Sem o GPS, o rádio deixa de enviar e receber informações de maneira sincronizada.
- São 351 rádios cobrindo os 1.643 km da malha. Se um falha, os trens sob sua cobertura podem ser parados por segurança.



Figura 1 – Rádios de Dados em campo: torre de antenas, bastidor de equipamentos, transceptor em armário e antena de GPS. Fonte: acervo técnico da MRS Logística (2026).

A MALHA DE RÁDIOS DE DADOS

- Control Point (CP): tem fibra óptica e conexão direta ao servidor — o que trafega na fibra já está compartilhado.
- Intermediário (INT): não tem fibra. Recebe e repassa a informação do CP somente por radiofrequência.
- Um mesmo CP chega a atender ele e até mais dois rádios na mesma frequência, dividindo o canal em janelas de tempo (TDMA).
- Por isso o sincronismo é crítico: os rádios da via e os das locomotivas precisam transmitir e receber dos dados de forma sincronizada.

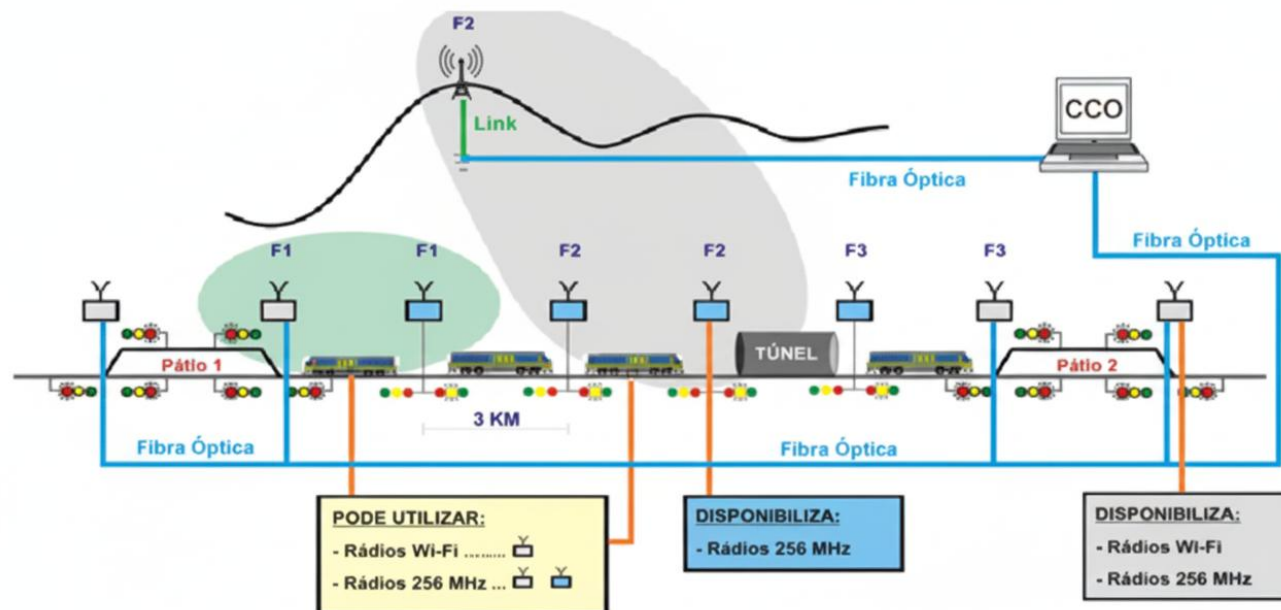


Figura 2 – Visão geral da comunicação dos Rádios de Dados. Fonte: Workshop Telecomunicação Rádio de Dados 256 MHz, 2022.

CONTROLE DE TRENS POR COMUNICAÇÃO

- O rádio entrega ao trem a informação do trecho à frente: sinal, chave, detectores. É com ela que o CBTC licencia a circulação.
- O computador de bordo trabalha com duas distâncias: a de alerta e a de parada segura.
- Se um ativo dentro da distância de alerta deixa de informar, começa a contagem regressiva e a redução de velocidade.
- Se a falha invade a distância de parada, o CBTC penaliza e para o trem, e o trem de trás espera se próximo tem que esperar o primeiro a recobrir.

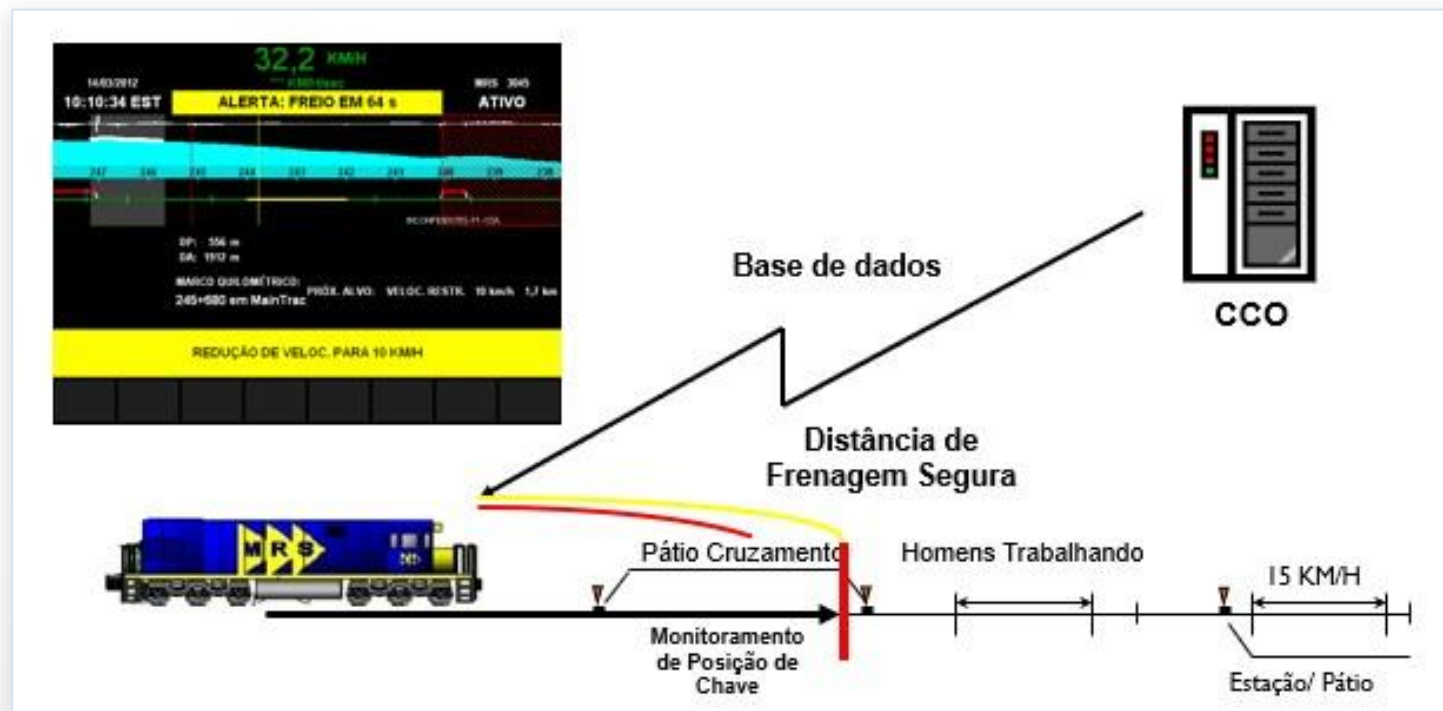


Figura 3 – Visão geral do sistema de bordo do CBTC. Fonte: Workshop Telecomunicação Rádio de Dados 256 MHz, 2022.

DOIS PROBLEMAS, DUAS CAMADAS

DEPOIS DO INCIDENTE · DIAGNÓSTICO

Como diagnosticar rápido um log com milhares de linhas?

560

análises de falhas em 2025

373 H

de trabalho técnico na leitura manual

ANTES DO INCIDENTE · PREDIÇÃO

Como enxergar o rádio já degradado, antes que ele pare um trem?

84

trens parados (THP) em 2025

41,8 H

de trem parado (THP) em 2025

TEMPO GASTO EM ANALISES

POR QUE 40 MINUTOS

- O analista faz a leitura linha a linha um arquivo de milhares de linhas.
- Sem critério padronizado: cada analista confere do jeito a que está habituado.
- Leitura visual e cálculo manual: fadiga, erro de interpretação e podendo gerar resultado inconsistente.

O QUE O ANALISADOR VERIFICA

- Perda de pacotes — acima do ciclo TDMA de 6 s
- Nível de sinal (RSSI) — recepção ≤ -100 dBm
- Escorregamento de tempo — alto, médio e baixo
- Sequência de slots desordenada
- Perda de WSM — qual faltou e em qual transmissão
- Ausência longa de WSM
- Sequências de WSM travadas
- Sequências de WSM retrocedidas
- Pacotes pequenos ou vazios — abaixo de 40%

```
00:00:05.24 STFP RX Slot 32 Freq 0257525000 RSSI -78, Size 113
RCP Rptr 0 BCN Size 001
RCP Rptr 1 WsR Size 030
    WSM 712500204310 Seq 217 Time 0
RCP Rptr 1 WsR Size 026
    WSM 712500204510 Seq 185 Time 0
RCP Rptr 1 WsR Size 029
    WSM 712500200510 Seq 221 Time 1
RCP Rptr 1 WsR Size 016
    WSM 712500204110 Seq 108 Time 1

00:00:06.78 STFP TX Slot 00 Freq 0257525000 Pwr 08 Size 100
RCP Rptr 0 BCN Size 001
RCP Rptr 1 WsO Size 017
    WSM 712500204010 Seq 4 Time 5
RCP Rptr 1 WsO Size 029
    WSM 712500200510 Seq 222 Time 4
RCP Rptr 1 WsO Size 026
    WSM 712500204510 Seq 186 Time 3
RCP Rptr 1 WsO Size 016
    WSM 712500204110 Seq 109 Time 4
```

Figura 4 – Recorte de log bruto de comunicação (1,5 s de captura). Fonte: Rádio de Dados.

DE ANALISAR PARA INTERPRETAR

- Um script em Python faz todas essas verificações de uma vez, sobre o arquivo inteiro do log de comunicação do rádio de dados.
- A rede/frequência do rádio é parametrizada no próprio script: o nome de cada rádio e quais Intermediários pertencem a cada Control Point.
- A ferramenta é um único executável: na pasta de trabalho ficam o analisador, os logs de comunicação e o CPeINT com o mapeamento da rede. Os relatórios saem prontos na pasta Relatórios.
- O operador escolhe o modo: individual, em massa ou selecionados, informa o período e executa.

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
CPeINT	22/09/2025 21:17	Pasta de arquivos	
Logs	30/09/2025 21:58	Pasta de arquivos	
Relatórios	30/09/2025 20:01	Pasta de arquivos	
analisadorRD9.73	29/09/2025 18:09	Aplicativo	238.637 KB

Figura 5 – Pasta de trabalho do analisador. Fonte: ferramenta desenvolvida pelo autor (2026).

Analisando o arquivo: LOGS\Pico do Lico J0 09.log

=====

Horário de Início da Análise: 01:48:00

Horário de Término da Análise: 01:58:00

Slots presentes no arquivo:

Slots encontrados: ['00 (TX)', '08 (RX)', '16 (RX)', '24 (TX)', '32 (RX)', '40 (RX)']

Pico do Lico J0 : ['00 (TX)', '24 (TX)']

INT 087 J1 : ['08 (RX)', '32 (RX)']

INT 083 J2 : ['16 (RX)', '40 (RX)']

Nenhuma sequência de WSM travada foi detectada.

Nenhuma sequência de WSM retrocedida foi detectada.

Nenhuma perda de WSM foi detectada nos slots analisados.

Nenhum escorregamento de tempo foi detectado.

Nenhum slot desordenado detectado.

Nenhum pacote pequeno/zerado de WSM foi detectado.

Perdas de pacotes detectadas:

=====

INT 083 J2

(2/200 = 1.50% de perdas)

Slot 40 (RX) - 11.96 segundos entre:

01:48:36.20 STFP RX Slot 40 Freq 0256725000 RSSI -79, Size 101

01:48:48.16 STFP RX Slot 40 Freq 0256725000 RSSI -79, Size 114

Pacotes perdidos estimados: 1

Slot 16 (RX) - 11.98 segundos entre:

01:50:03.21 STFP RX Slot 16 Freq 0256725000 RSSI -79, Size 114

01:50:15.19 STFP RX Slot 16 Freq 0256725000 RSSI -78, Size 100

Pacotes perdidos estimados: 1

Figura 6 – Relatório gerado pelo analisador. Fonte: ferramenta desenvolvida pelo autor (2026).

ECONOMIA DE HH

- Queda de ~95% no tempo de análise por ocorrência.
- Em 2026, com a ferramenta em operação: ~155 h já recuperadas.
- Mais de 1 hora liberada por dia.

371 H

ECONOMIA / PRODUTIVIDADE EM 2026
(projeção 2026)

Ano	Análises	HH manual	Economia
2023	440	~293 h	~279 h
2024	579	~386 h	~367 h
2025	560	~373 h	~355 h
2026 realizado*	244	~163 h	~155 h
2026 projetado	~586	~391 h	~371 h

Tabela 1 – Volume de análises e ganho em horas-homem. 2023–2025.
Fonte: registros de falhas de telecomunicação da MRS Logística (2026).

TRENS PARADOS

- Quando o trem entra na cobertura de um rádio com o sincronismo comprometido, o CBTC corta tração e imobiliza a composição.
- Cada parada vira THP: trem parado na via principal, efeito cascata nas composições seguintes e deslocamento de equipe para o campo.
- Em 2024 foram 71 trens e 61 h de trem parado; em 2025, 84 trens e 41,8 h. É um passivo que se repete todo ano.

Sem enxergar o rádio degradado antes, só resta agir depois que o trem já parou.

Trens parados

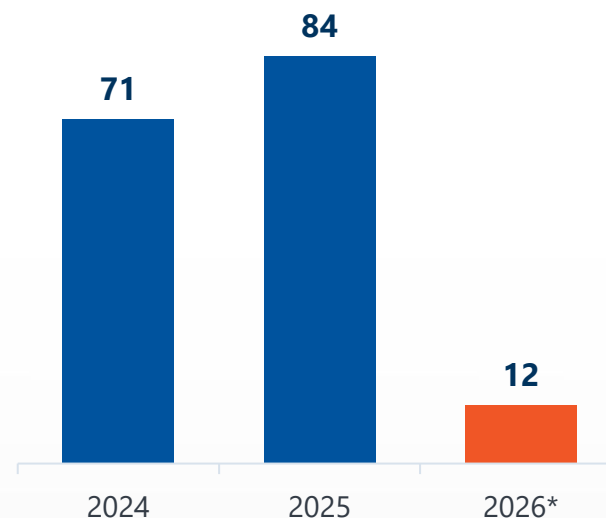


Figura 7 – Trens parados (THP) por ano. Fonte: registros de THP da MRS Logística (2026).

THP (horas)

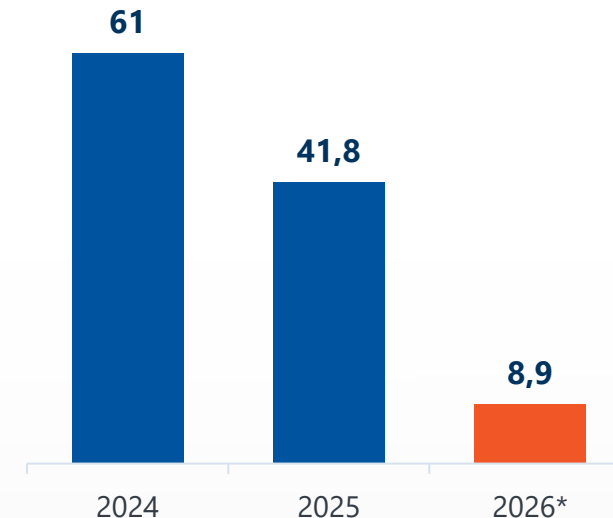


Figura 8 – Horas de trem parado (THP) por ano. Fonte: registros de THP da MRS Logística (2026).

* 2026 parcial, até julho - já com a coleta automatizada em operação.

O GPS É O RELÓGIO DA REDE

- O GPS entrega a referência de tempo que ordena as janelas do TDMA. Quando ele degrada, todo o protocolo do rádio é comprometido.
- No exemplo ao lado o alarme recuperou no mesmo minuto, mas foram segundos sem sincronismo, suficientes para penalizar um trem no trecho.
- O alarme já existe e já fica registrado no Event Log, dentro do próprio rádio. O que faltava era enxergá-lo em escala.

202

RÁDIOS DE DADOS COM FIBRA
ÓPTICA, TODOS COM ACESSO
REMOTO

~4 H/DIA

PARA CONFERIR O EVENT LOG DOS
RÁDIOS DE DADOS MANUALMENTE

Num	Date	Time	Description
== START OF EVENT LOG ==			
1884	08 May 2026	17:32	GPS PPS OK
1883	08 May 2026	17:32	GPS PPS Not Available
1882	17 Apr 2026	14:44	Parameter Changed (Event Log Host Address)
1881	15 Apr 2026	08:18	Parameter Changed (Event Log Host Address)
1880	15 Apr 2026	08:16	Parameter Changed (Event Log Host Address)
1879	09 Apr 2026	16:29	Parameter Changed (Event Log Filename)
1878	09 Apr 2026	16:29	Parameter Changed (Event Log Host Address)
1877	25 Mar 2026	09:36	GPS PPS OK
1876	25 Mar 2026	09:35	GPS PPS Not Available
1875	09 Mar 2026	17:17	GPS PPS OK
1874	09 Mar 2026	17:17	GPS PPS Not Available
1873	23 Feb 2026	02:49	NMEA Data - Valid
1872	23 Feb 2026	02:47	NMEA Data - Invalid
1871	23 Feb 2026	02:47	Network Interface OK

Figura 9 – Event Log do Rádio de Dados P2-11(2). Fonte: acesso via Telnet/PuTTY (2026).

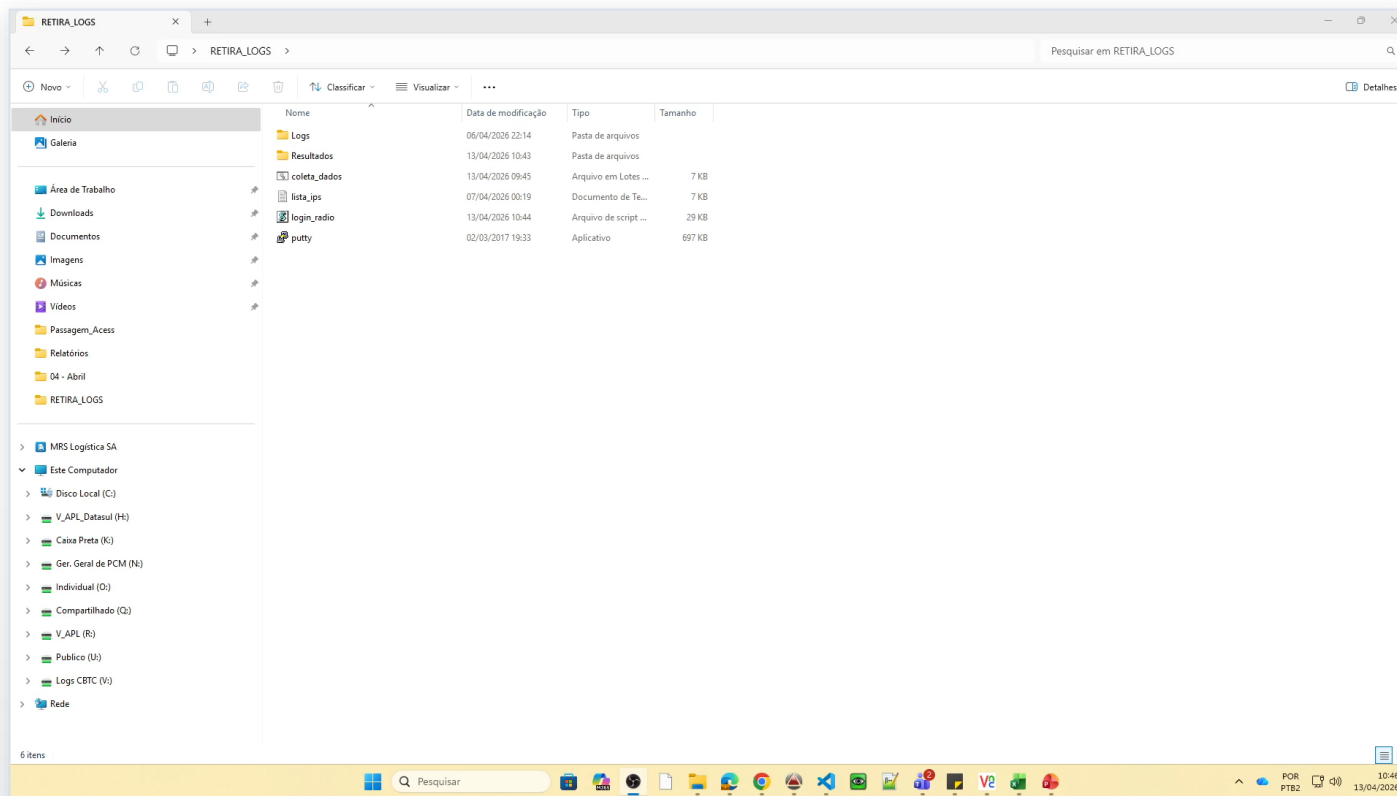
As informações sempre estiveram nos ativos. O
que faltava era coletá-las e parametriza-las.

A COLETA DOS EVENT LOGS

- Um robô acessa cada rádio por Telnet (PuTTY) e abre o coletor que grava a sessão.
- A rotina é um script .bat: autentica, navega pelos menus internos e retira o Event Log.
- A cada passo ele confere em qual menu está. Se erra uma tecla ou a senha, volta um passo e tenta de novo, sem entrar no menu errado.
- Sem hardware novo e sem licença - automação sobre o dado que o ativo já produz.

202 RÁDIOS

VARRIDOS A CADA CICLO PROGRAMADO — O EVENT LOG DE TODA A MALHA EM UM ÚNICO REPOSITÓRIO.



Vídeo – Coleta automatizada do Event Log via Telnet. Fonte: registro de tela da rotina em operação (2026).

PAINEL PREDITIVO DE EVENT LOGS

- O Power BI se alimenta dos Event Logs coletados e centralizados no SharePoint.
- Os alarmes são classificados por frequência: 7, 3 e 1 dia. O painel mostra os últimos 7 dias — quanto mais alarmes, mais crítico o rádio.
- A janela de 7 dias foca o recente e o frequente: com o volume de ativos, alarme antigo não é prioridade.
- Sem log: o rádio parou de disponibilizar registros. A equipe de campo vai ao local e reseta o equipamento.
- Rádio crítico vira ordem de manutenção preditiva planejada.

Quem não mede, não controla. O painel transforma o Event Log em decisão de manutenção.

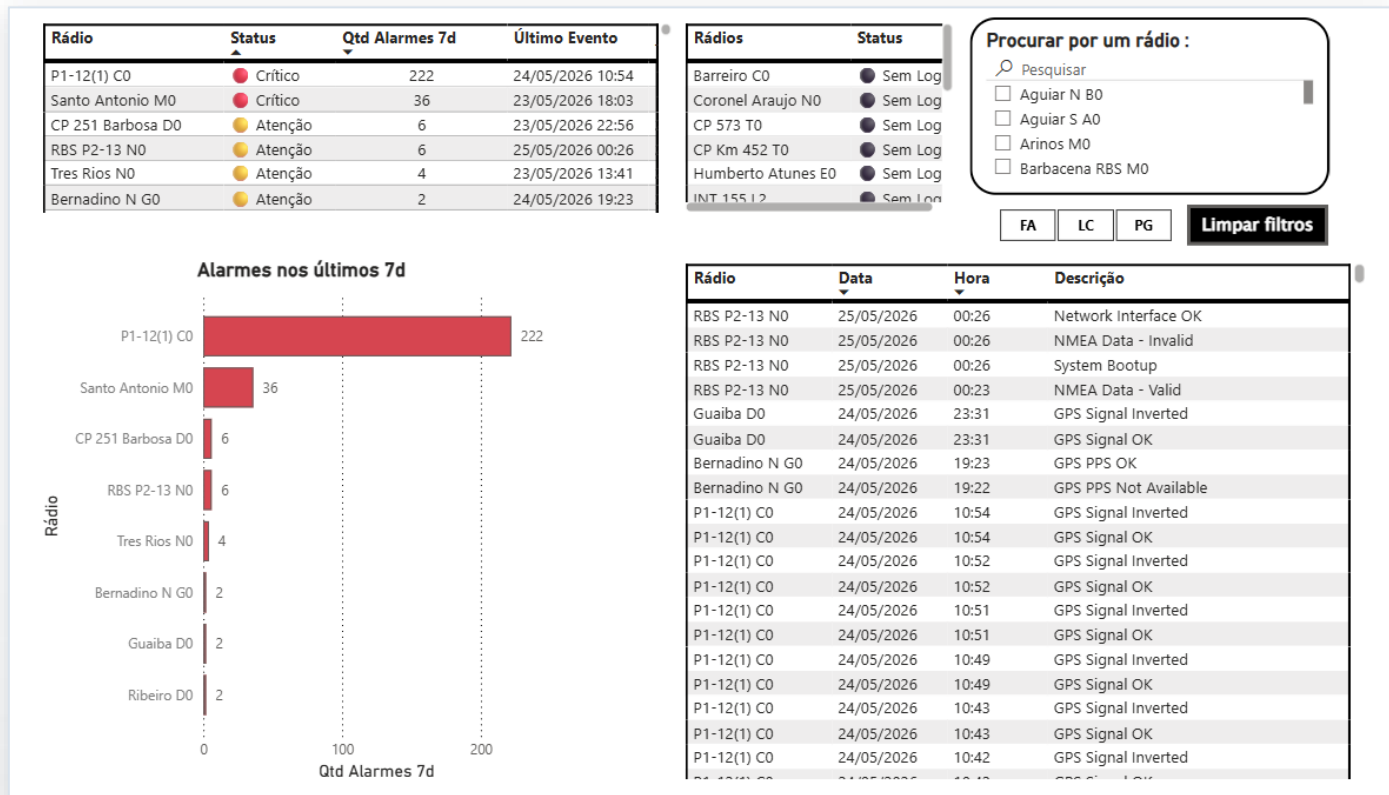


Figura 10 – Painel de Event Logs dos Rádios de Dados. Fonte: Power BI desenvolvido pelo autor (2026).

RESULTADO 2

MENOS HORAS DE TREM PARADO

Com a rotina preditiva em operação, a média mensal de horas de trem parado caiu de 3,48 h em 2025 para 1,27 h em 2026 — 2,25 h a menos por mês, 27 h por ano.

27 H
DE THP EVITADAS POR ANO

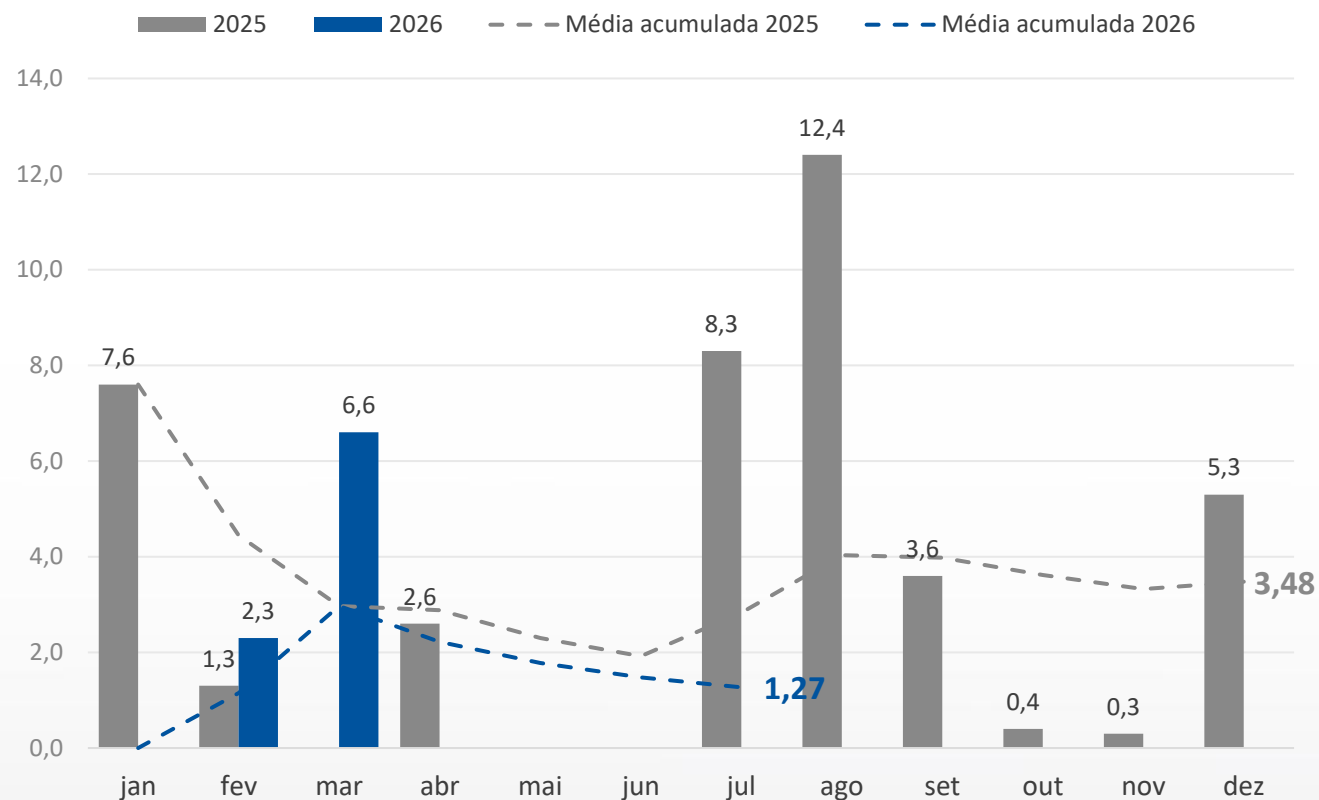


Figura 11 – Horas de trem parado (THP) por mês: 2025 x 2026. Fonte: registros de THP da MRS Logística (2026).

RESULTADO 2

MENOS TRENS PARADOS

A média mensal de trens parados caiu de 7,00 em 2025 para 1,71 em 2026 — 4,92 paradas evitadas por mês, 59 por ano. Cada parada evitada preserva a VMA do trecho.

59

TRENS PARADOS A MENOS POR ANO

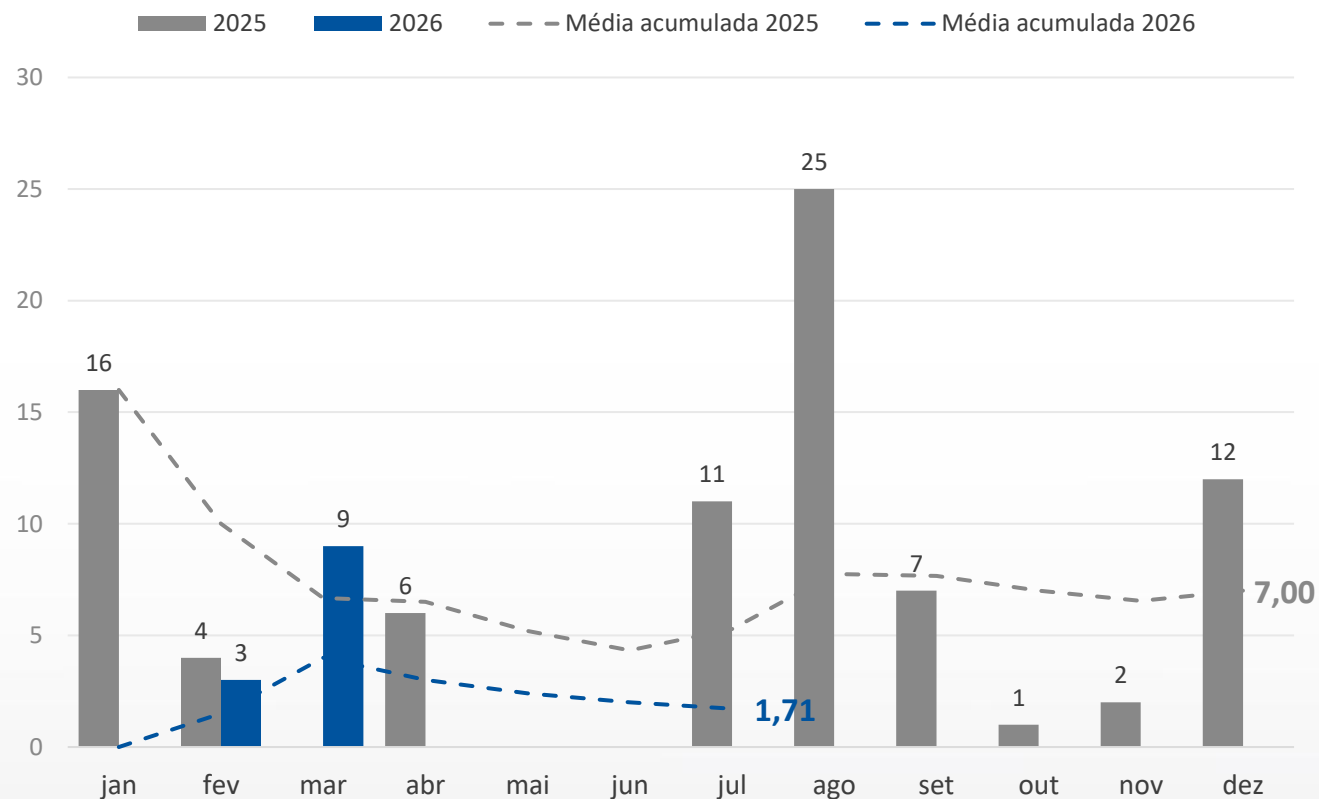


Figura 12 – Quantidade de trens parados (THP) por mês: 2025 x 2026. Fonte: registros de THP da MRS Logística (2026).

O GANHO DOS DOIS PROJETOS

DE CORRETIVO A PREDITIVO

- O tempo recuperado na análise é o que financia a rotina preditiva.
- Menos horas de análise, menos trens parados e menos horas de trem parado.
- Os dois projetos já estão em produção, com custo zero de implantação.

95%

DE REDUÇÃO NO TEMPO DE
ANÁLISE

371 H

DE TRABALHO TÉCNICO A
RECUPERAR EM 2026

27 H

DE THP EVITADAS POR ANO

59

TRENS PARADOS A MENOS
POR ANO

R\$ 426 MIL

DE GANHO APURADO COM OS DOIS PROJETOS

Fonte: registros operacionais do CDC — MRS Logística (2026).

32^a

SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Obrigado!

Michel dos Santos Ferreira

michel.ferreira@mrs.com.br



13ª Edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP **TRILHOS**
Associação Nacional dos Transportadores
de Passageiros sobre Trilhos

TIC TRENS

AEAMESP
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ