

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



**CATEGORIA (3)**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE TELEMETRIA PARA VLT TIPO**

**MOBILE 3**

**1. Introdução**

O veículo leve sobre trilhos (VLT) modelo Mobile 3 fabricado pela Bom Sinal<sup>1</sup> trata-se de um Trem Unidade Diesel-Hidráulico (TUDH), construído em aço galvanizado, com sistema diesel-mecânico fornecido pela Voith<sup>2</sup>, bi-direcional composto por três carros, sendo dois de tração e um reboque (M+R+M).

O modelo atualmente está em operação em várias cidades do Nordeste do Brasil, incluindo Recife (Metrorec), Maceió (VLT de Maceió), João Pessoa (Sistema de trens urbanos de João Pessoa), Natal (Sistema de trens urbanos de Natal) e Teresina (Metrô de Teresina). Esses sistemas têm sido reconhecidos como uma opção sustentável de

---

<sup>1</sup> A companhia cearense Bom Sinal Indústria e Comércio Ltda é uma empresa brasileira, fabricante de Veículo Leve sobre Trilhos, ou Transporte Rápido Automotriz (Tram), fundada em 1999, no município de Barbalha, (Ceará)[2]. Além da fabricação de VLTs, a empresa fabrica carteiras escolares de plástico, e foi a responsável pela reforma dos TUEs do Metrofor.

<sup>2</sup> A Voith GmbH & Co. KGaA, sediada na Alemanha, é uma empresa familiar na engenharia mecânica e automotiva com operações mundiais.

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



transporte público, desempenhando um papel importante ao oferecer alternativas ao uso de veículos particulares nas respectivas regiões metropolitanas.

Uma das limitações impostas pelo projeto original do VLT entregue pela empresa Bom Sinal é a falta de capacidade de telemetria, um item de extrema importância para a equipe de manutenção do material rodante. Isso se deve ao fato de que a telemetria possibilita a coleta e transmissão remota de dados críticos relacionados ao funcionamento e desempenho do veículo.

A telemetria oferece diversas vantagens e benefícios para a equipe de manutenção, incluindo:

- **Manutenção preditiva:** Com a telemetria, a equipe de manutenção pode obter informações sobre a condição de vários componentes do VLT, como motores, sistemas de freios, climatização, sistemas de portas e grupo geradores. Esses dados são cruciais para programar estratégias de manutenção preditiva, visto que a manutenção é realizada com base nas condições reais dos equipamentos, em vez de intervalos de tempo fixos. Isso permite que a equipe faça reparos ou substituições preventivas antes que ocorram falhas, aumentando a disponibilidade operacional e reduzindo custos.
- **Diagnóstico remoto:** A telemetria permite que a equipe de manutenção monitore o VLT em tempo real, mesmo quando ele está em operação. Isso possibilita a detecção precoce de problemas e a identificação de falhas

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



potenciais antes que se tornem problemas graves. Os dados de telemetria podem ser usados para realizar diagnósticos remotos, ajudando a equipe a entender melhor a natureza dos problemas e preparar-se adequadamente para a intervenção necessária.

- **Eficiência na programação de manutenção:** Com a telemetria, a equipe de manutenção pode planejar e programar as atividades de manutenção de forma mais eficiente. Eles podem identificar quais componentes precisam de atenção imediata e quais podem esperar, permitindo que priorizem as tarefas mais críticas e minimizem o tempo de indisponibilidade do VLT.
- **Acesso a dados históricos:** A telemetria registra dados históricos do desempenho e condição do VLT ao longo do tempo em servidor local. Essas informações são importantes para a equipe de manutenção, pois são usadas para análise de tendências e padrões de desgaste ou problemas recorrentes. Com base nesses dados, a equipe pode desenvolver estratégias de longo prazo para aprimorar a confiabilidade e a durabilidade do veículo.
- **Redução de custos operacionais:** A manutenção reativa, que ocorre após a falha de um componente, geralmente é mais cara e leva a maior tempo de inatividade do VLT. A telemetria ajuda a equipe de manutenção a evitar problemas sérios ao adotar abordagens proativas, reduzindo, assim, os custos operacionais gerais.

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



Em suma, a telemetria oferece à equipe de manutenção do VLT informações valiosas e oportunas, capacitando-os a realizar uma manutenção mais eficiente, proativa e baseada em dados, contribuindo para o funcionamento seguro, confiável e econômico do sistema de transporte.

Desta maneira, visando atender à necessidade de melhorar a confiabilidade e disponibilidade do material rodante para os usuários do transporte sobre trilhos, foi desenvolvida, inicialmente na região metropolitana de Natal, uma tecnologia/plataforma inovadora. Essa solução possui a capacidade de realizar a extração e armazenamento em tempo real dos parâmetros de operação do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) do tipo Mobile 3, utilizando hardwares de baixo custo e softwares livres.

## **2. Diagnostico**

### **2.1. Descrição da eletrônica embarcada do VLT**

Inicialmente, é importante destacar que foi realizado um estudo prévio da eletrônica embarcada original fornecida pela empresa Bom Sinal para o VLT Mobile 3, Figura 1. Esse estudo teve como objetivo garantir uma conexão mais eficiente possível, economizando recursos financeiros na aquisição de módulos de comunicação e softwares proprietários para o protótipo desenvolvido.

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



**Figura 1 - VLT tipo mobile 3.**

A eletrônica embarcada no projeto original utiliza controladores lógicos programáveis (CLP) dos modelos ILC131 e ILC171 da Phoenix Contact<sup>3</sup>, que se comunicam com os sistemas do VLT através dos módulos CAN, RS232 e RS485, conforme Figura 2. Cada VLT possui três CLPs (Um em cada carro) que se conectam por meio de rede Ethernet com a IHM (Interface Homem-Máquina).

---

<sup>3</sup> A Phoenix Contact, com sede em Blomberg, Ostwestfalen-Lippe, Alemanha, é fabricante de soluções de automação industrial, interconexão e interface.

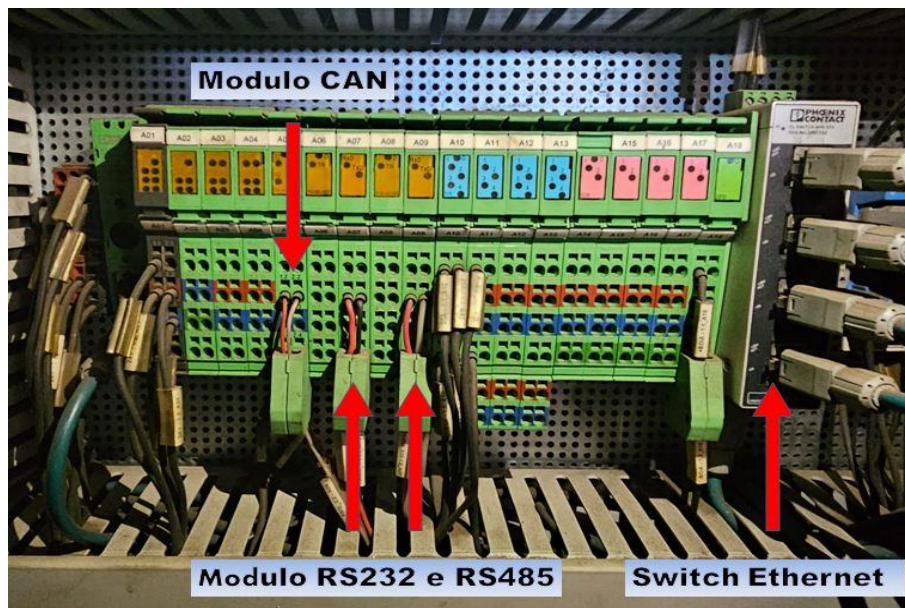


Figura 2 - Controlador lógico ILC171.

Para a IHM, são utilizados softwares proprietários da Phoenix Contact, o Visu+ e o AX OPC Server, que integra uma interface *front-end* para o operador do VLT. Através dessa interface, os dados de funcionamento do VLT são continuamente exibidos para o maquinista, e somente para ele, conforme Figura 3 e 4. Além disso, não são registrados em um banco de dados e não são gerados relatório de falhas ou acompanhamento de métricas de funcionamento pela equipe de manutenção.



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



Figura 3 - Visão do painel do VLT para o operador.



Figura 4 - Front-end do IHM para o operador.

Os módulos CAN são responsáveis pela comunicação com a ECU (*Engine Control Unit*) dos motores de tração VOITH, enquanto os módulos RS232 são utilizados para se

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



comunicar com a IHM dos geradores CUMMINS<sup>4</sup> modelo C100D6. Já os módulos RS485 são destinados à comunicação com a central de ar-condicionado e portas. Dessa maneira, é importante destacar que todos os dados de funcionamento do VLT ficam confinados na rede interna.

### **3. Descrição do protótipo e Resultados**

O protótipo desenvolvido descrito nesse trabalho emprega um Raspberry Pi 4 como interface de comunicação entre a eletrônica embarcada do VLT, descrita no item 2, e o banco de dados do servidor de telemetria.

O Raspberry Pi 4 trata-se de mini-computador de placa única com capacidade multiplataforma, de dimensões compactas, baixo custo, baixo consumo energético e capacidade de executar sistema operacional Linux. Figura 5.

---

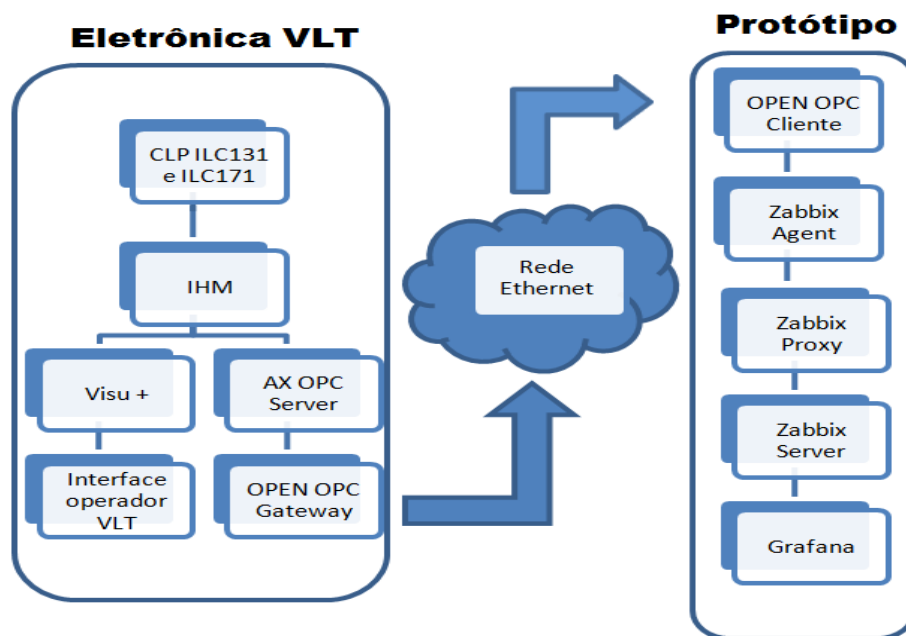
<sup>4</sup> A Cummins é uma empresa multinacional de negócios complementares que projeta, fabrica, distribui e presta serviços em um amplo portfólio de soluções. Os produtos da empresa incluem motores a combustão interna, elétricos, híbridos e a célula de combustível; componentes como filtros, turbos e sistemas de pós-tratamento; geradores de energia; eletrolisadores e produtos a célula de combustível.





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

dados são armazenados via Zabbix Proxy, que é executado diretamente no Raspberry Pi. Posteriormente, as informações são tratadas e enviadas, em tempo real, ao Zabbix Server por meio de uma conexão de internet 4G/5G ou de um ponto de acesso WI-FI instalado na oficina de manutenção. O fluxograma da coleta de dados é descrito detalhadamente na Figura 6.



**Figura 6 – fluxograma da coleta de dados.**

Já de posse dessas informações, o servidor local (Zabbix Server) é capaz de gerar notificações, gráficos e relatórios de acordo com a programação que o centro de manutenção desejar, como por exemplo, gerar um alerta se a temperatura do motor do gerador ultrapassar 92°C. A Figura 7 exemplifica os alertas gerados no servidor.

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

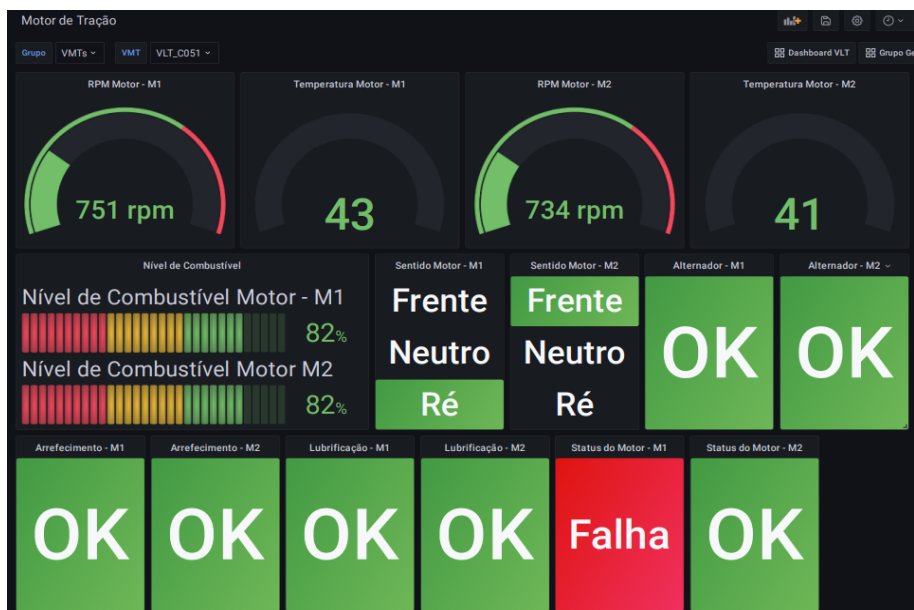


Hora	Informação	Host	Incidente - Severidade	Duração
10:51:04		Radio_Server	VLT-01 em Manutenção	3h 48m 43s
10:00				
09:27:33		VMT_MA_VLT-03	Indisponível	5h 12m 14s
09:24:31		VLT-03	Falha no Ar-condicionado 05	5h 15m 16s
09:24:26		VLT-03	Falha no Ar-condicionado 06	5h 15m 21s
09:19:21		VLT-03	Falha no Ar-condicionado 02	5h 20m 26s
09:19:21		VLT-03	Falha no Ar-condicionado 01	5h 20m 26s
09:00				
08:57:01		VLT-03	Falha no Ar-condicionado 04	5h 42m 46s
08:00				
07:27:06		Radio_Server	VLT-03 em Manutenção	7h 12m 41s
07:23:31		VLT-03	Erro no motor M1	7h 16m 16s

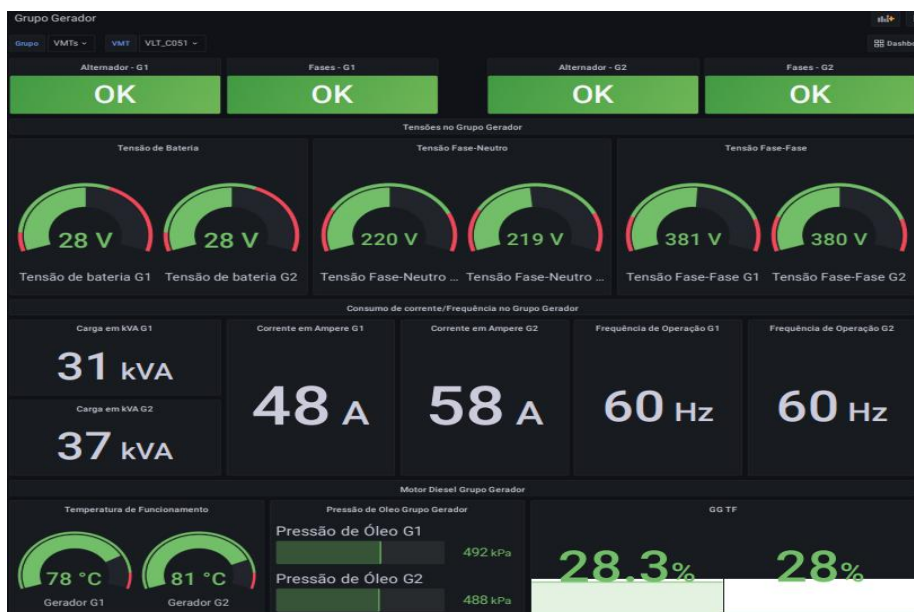
Figura 7 – Alertas de falhas gerados no servidor.

A interface para o usuário foi desenvolvida utilizando o Grafana, uma plataforma de código aberto e grátis, assim como os demais softwares mencionados. O Grafana desempenha um papel essencial na criação de uma interface de usuário amigável, proporcionando uma experiência visualmente agradável e intuitiva. No Grafana são exibidos diversos marcadores e painel de alertas divididos em diversos *dashboard* (abas) para os diversos sistemas do VLT, tais como ar-condicionado; motor; gerador e ECT. Como exemplo temos a Figura 8 que retrata status de funcionamento dos motores de tração a Figura 9 o grupo gerador e a Figura 10 o sistema de climatização.

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



**Figura 8 – Status de funcionamento do motor de tração.**



**Figura 9 – Status de funcionamento do grupo gerador.**

# 29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

## 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 10 - Status de funcionamento do sistema de climatização.**

Os dados ficam armazenados no servidor Zabbix sendo possível a geração de relatórios e gráficos, conforme Figura 11 que retrata a pressão de óleo lubrificante do gerador em função do tempo. Ademais, é valioso destacar que o sistema é multiplataforma, ou seja, pode ser acessado em smartphones, tablets e computadores.



Figura 11 – Gráfico da pressão de óleo lubrificante do gerador em função do tempo.

#### 4. Conclusões

O protótipo desenvolvido foi implementado na Superintendência da CBTU Natal e encontra-se instalado em cinco VLTs tipo Mobile 3, responsáveis por realizar aproximadamente 36 (trinta e seis) viagens diárias na região metropolitana de Natal. Isso inclui as cidades de Nísia Floresta, São José do Mipibu, Parnamirim, Natal, Extremoz, Ceará-Mirim e São Gonçalo, percorrendo um trecho com mais de 78 km de via férrea.

O sistema de telemetria desenvolvido foi capaz de estabelecer conexão e extrair informações da eletrônica embarcada do VLT utilizando hardwares de baixo custo e softwares gratuitos, tais como; Raspberry Pi 4, software Open OPC, Zabbix e Grafana. Os resultados obtidos confirmam que a telemetria fornece dados precisos e confiáveis, fundamentais para melhorar a disponibilidade do sistema de transporte sobre trilhos.

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



A implementação da telemetria possibilitou uma manutenção preditiva, onde a equipe de manutenção pode se basear em dados reais para programar estratégias de manutenção, reduzindo os custos operacionais e aumentando a disponibilidade operacional dos VLTs. O diagnóstico remoto em tempo real possibilitou uma rápida detecção de problemas, permitindo que a equipe tome ações corretivas de forma ágil, otimizando a eficiência operacional e garantindo um transporte seguro para os passageiros.

Além disso, a telemetria facilitou o acesso a dados históricos, o que possibilita uma análise mais profunda de tendências e padrões de desempenho, permitindo o desenvolvimento de estratégias de longo prazo para aprimorar a confiabilidade e durabilidade dos veículos.

O sucesso do protótipo demonstra o potencial dessa tecnologia para transformar a gestão da manutenção e a operação do transporte público sobre trilhos. Espera-se que, com a expansão do uso da telemetria para outros VLT's e sistemas ferroviários, os benefícios se estendam para mais cidades e regiões, proporcionando uma experiência de viagem mais eficiente, segura e confortável para os passageiros.



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



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

<https://www.gov.br/transportes/pt-br/centrais-de-conteudo/1derin-vlt-pdf>, acesso em 16/07/2023.

<https://www.phoenixcontact.com/pt-br/produtos/software>, acesso em 16/07/2023.

<https://github.com/sightmachine/OpenOPC>, acesso em 18/07/2023.

<https://www.cummins.com/pt/>, acesso em 18/07/2023.