

Starlink como Terceiro Link Embarcado e Suporte de Campo na Operação Ferroviária da Rumo

Autores: Fernanda Dorneles Malaquias; Fernando Augusto Fujimoto; Edson Fernandes Botelho

Resumo

Este artigo apresenta a implantação pioneira da tecnologia Starlink na frota de locomotivas da Rumo Logística, sendo a primeira ferrovia no mundo a integrar este tipo de conectividade em um ambiente operacional ferroviário. A antena do tipo Flat High Performance foi instalada como terceiro link embarcado, complementando as comunicações via LTE e satélite tradicional. A tecnologia mostrou-se altamente eficiente para garantir resiliência da conectividade, evitando falhas de comunicação sem impactar a circulação do trem. Além da aplicação embarcada, a Starlink passou a ser utilizada como infraestrutura de comunicação para equipes técnicas em campo, permitindo acesso remoto a sistemas internos, diagnósticos online e atualizações de sistema em regiões sem cobertura de rede móvel.

Este artigo detalha as especificações técnicas do equipamento, metodologia de implantação, uso prático embarcado e em campo, benefícios operacionais e avanços em confiabilidade da rede. A cobertura global da constelação de satélites Starlink e sua baixa latência a tornam uma alternativa robusta e escalável para o futuro da conectividade ferroviária.

Palavras-chave: Starlink, Comunicação Embarcada, Terceiro Link, Rumo Logística, Suporte Remoto.

Abstract

This article presents the pioneering implementation of Starlink technology in the locomotive fleet of Rumo Logística, making it the first railway in the world to integrate this type of connectivity in an operational railway environment. The Flat High Performance antenna was installed as a third onboard link, complementing LTE and traditional satellite communications. The technology proved highly efficient in ensuring communication resilience, preventing failures without affecting train operation. Beyond onboard application, Starlink has also been used as a communication infrastructure for field teams, enabling remote access to internal systems, online diagnostics, and system updates in regions without mobile network coverage.

This paper details the technical specifications, deployment methodology, practical use cases onboard and in the field, operational benefits, and advances in communication reliability. Starlink's global coverage and low latency make it a robust and scalable alternative for the future of railway connectivity.

Keywords: Starlink, Embedded Communication, Third Link, Rumo Logística, Remote Support.

Sumário

Resumo	2
Abstract	3
1. Introdução.....	5
2. Metodologia	6
3. Desenvolvimento e Resultados.....	7
3.1 Estabilidade e Qualidade da Conexão	7
3.2 Continuidade Operacional em Cenários de Falha	8
3.3 Aplicações Técnicas Embarcadas e em Campo	8
3.4 Análise de Cobertura e Áreas de Sombra	9
3.5 Facilidade de Integração e Retrofit.....	10
4. Conclusões.....	13
5. Referências	14

1. Introdução

A operação ferroviária moderna depende diretamente da comunicação entre os sistemas embarcados das locomotivas e o Centro de Controle Operacional (CCO). Essa comunicação garante o envio de dados do sistema de bordo, a transmissão de informações de rastreabilidade, suporte técnico remoto e atualização de softwares embarcados.

Na Rumo, essa conectividade historicamente é sustentada por dois links principais: a rede LTE e o satélite tradicional (GlobalSAT ou Inmarsat). Embora eficazes, esses meios apresentam limitações em trechos de sombra de cobertura, regiões montanhosas e áreas remotas, além de apresentarem instabilidade em determinados horários ou condições climáticas.

Neste contexto, surgiu a necessidade de buscar uma solução adicional, que aumentasse a disponibilidade de comunicação sem comprometer a operação. A resposta veio com a tecnologia Starlink, uma rede global de satélites de baixa órbita (LEO), desenvolvida pela SpaceX.

A Rumo tornou-se, em 2025, a primeira ferrovia no mundo a utilizar a Starlink embarcada em operação real, aplicando a tecnologia como um terceiro link de comunicação em suas locomotivas. Essa solução não visa substituir os links existentes, mas sim agregar robustez, continuidade e escalabilidade à arquitetura de comunicação ferroviária.

Além da aplicação embarcada, a Starlink passou a ser utilizada por equipes técnicas em campo, permitindo conexão com os sistemas corporativos mesmo em locais remotos, viabilizando diagnósticos online, reprogramações e suporte técnico assistido à distância.

2. Metodologia

A implantação da tecnologia Starlink na operação ferroviária da Rumo seguiu uma abordagem estruturada e gradual, composta por quatro etapas principais: estudo técnico preliminar, teste piloto embarcado, projeto de instalação e expansão controlada.

Inicialmente, foi conduzida uma análise de viabilidade técnica para avaliar o uso da antena Starlink Flat High Performance em locomotivas. Esse estudo incluiu: cobertura da constelação de satélites, latência média estimada, consumo energético, capacidade de fixação e compatibilidade com a estrutura existente.

Com base nessa análise, foi iniciado um piloto técnico com a instalação da antena em uma locomotiva dedicada. Foram monitorados latência, estabilidade de sinal, throughput, e comutação automática entre os links embarcados.

Após a validação em campo, foi padronizado o projeto de instalação: antena fixada em suporte metálico inclinado, alimentação via inversor de 1000 W, uso de fonte IP66 e cabeamento blindado com fixação ferroviária. O sistema foi integrado logicamente com o CBL e com o bordo PTC por meio de roteador ethernet.

Além da aplicação embarcada, a tecnologia também passou a ser utilizada por equipes técnicas de campo com kits móveis compostos por antena, bateria e roteador, permitindo atuação remota em regiões sem cobertura celular.

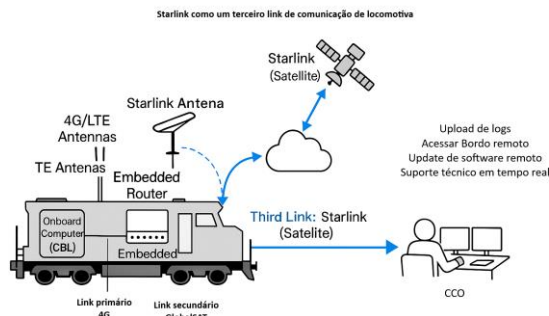


Figura 1 – Estrutura de como a arquitetura da Starlink na locomotiva

3. Desenvolvimento e Resultados

A adoção da tecnologia Starlink como terceiro link embarcado resultou em avanços significativos para a confiabilidade da comunicação ferroviária da Rumo. Os testes de campo, os registros operacionais e a experiência das equipes técnicas demonstraram benefícios claros tanto na operação embarcada quanto no suporte técnico em campo.

3.1 Estabilidade e Qualidade da Conexão

Nos testes com a locomotiva equipada, a Starlink apresentou latência média inferior a 90 ms, com estabilidade de sinal superior a 97% ao longo dos trechos percorridos. Mesmo em áreas críticas onde os links LTE e satélite tradicional apresentavam falhas ou desconexões completas, a Starlink manteve a conectividade com o CCO e os sistemas de monitoramento.

A taxa de vazão observada superou 50 Mbps em diversos momentos, o que permitiu a transmissão simultânea de arquivos de log, suporte remoto via acesso direto ao CBL e o bordo PTC e atualizações embarcadas de software, mesmo com o trem em movimento.

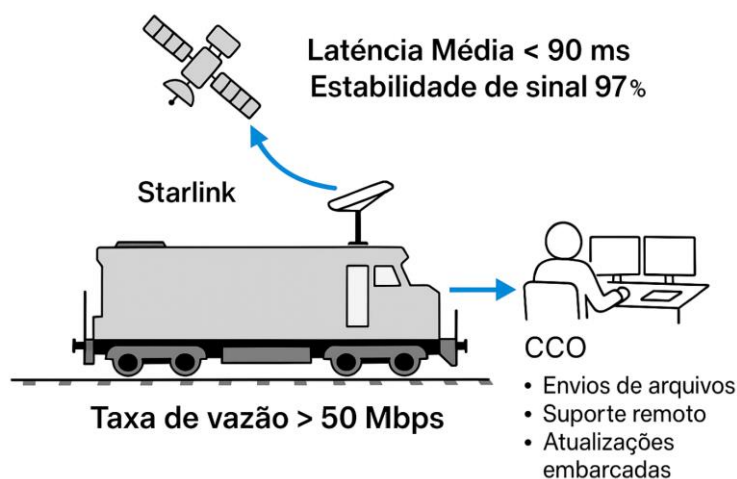


Figura 2 – Desenho ilustrativo mostrando a média de comunicação com o CCO do meio Starlink

3.2 Continuidade Operacional em Cenários de Falha

A Starlink se destacou como infraestrutura de contingência eficiente. Em situações reais de perda de LTE e falha no link satelital convencional, foi possível manter o envio de dados operacionais e técnicos, sem comprometer a circulação do trem.

É importante destacar que a Starlink não é responsável por autorizar ou bloquear a movimentação dos trens, mas sim por manter a continuidade da comunicação — fator essencial para o despacho, rastreamento e diagnóstico de falhas em tempo real.

3.3 Aplicações Técnicas Embarcadas e em Campo

A nova infraestrutura viabilizou uma série de funcionalidades embarcadas, como:

- Upload automatizado de arquivos de log e dados técnicos;
- Acesso remoto ao sistema de bordo (PTC) para suporte técnico assistido;
- Atualizações de software via VPN, sem a necessidade de parada;
- Acesso em tempo real a câmeras das locomotivas;
- Redução de intervenções presenciais, com atuação preventiva remota.

Em paralelo, as equipes de manutenção de via passaram a utilizar kits móveis com antena Starlink e bateria, permitindo:

- Diagnóstico remoto de sistemas de via e sinalização;
- Reinstalação de restrições e reprogramações técnicas com apoio de especialistas;
- Acesso a sistemas corporativos, plantas, manuais e aplicações via conexão segura.

Essas soluções foram aplicadas com sucesso em áreas de difícil cobertura no interior de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Tocantins, reduzindo deslocamentos e aumentando a efetividade das equipes de campo.

3.4 Análise de Cobertura e Áreas de Sombra

Foi realizada uma análise comparativa entre os três links no trecho entre Perequê (ZPG) e Boa Vista (ZQB), com 249,1 km de extensão. O LTE + Satélite tradicional apresentaram 6,6 km de sombra de cobertura em três pontos distintos. Já com o uso da Starlink, a conectividade foi mantida em 100% do trajeto, inclusive nas áreas anteriormente críticas.

Além disso, foi elaborada uma curva de implantação escalonada por modelo de locomotiva, iniciando com 2 unidades em fevereiro de 2025 e chegando a 349 locomotivas previstas até setembro de 2025.

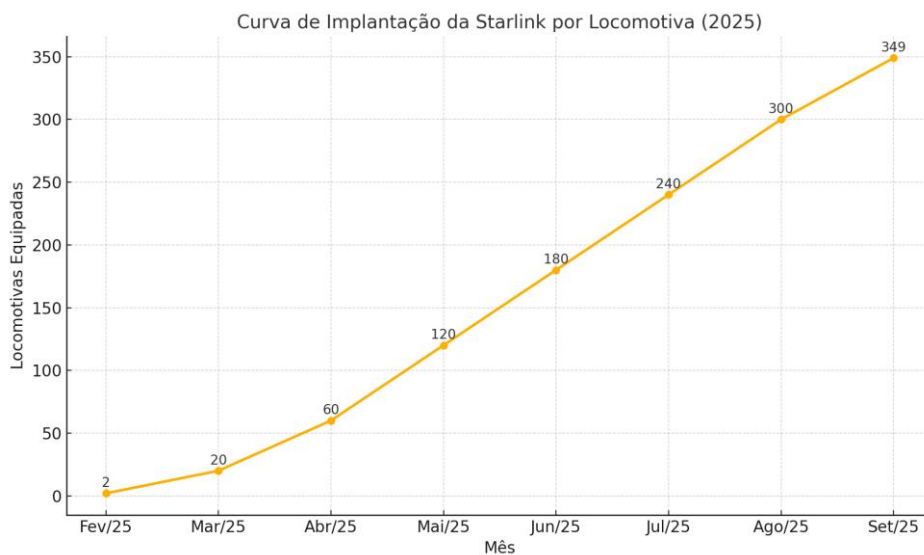


Figura 3 – Curva de instalação de locomotiva

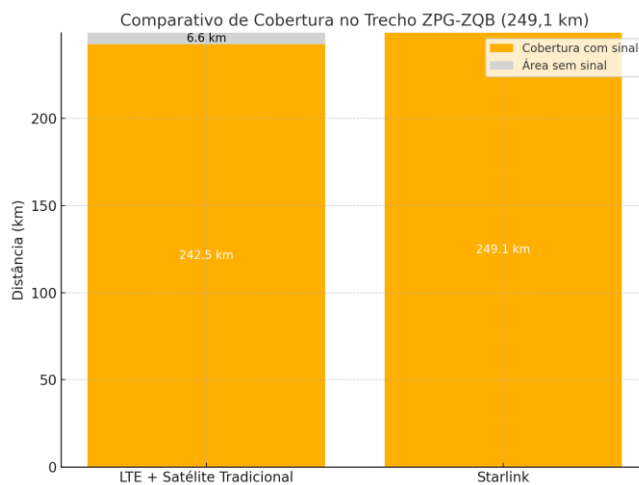


Figura 4 - Cobertura Starlink x LTE + GlobalSAT

3.5 Facilidade de Integração e Retrofit

A arquitetura proposta permitiu fácil adaptação às locomotivas existentes, com tempo médio de instalação inferior a 3 horas. O cabeamento, a alimentação e o roteador seguem padrão modular e compatível com os sistemas de bordo atuais, o que simplifica a manutenção e o reaproveitamento em locomotivas de teste ou contingência.



Figura 7 – Posicionamento da antena na locomotiva

4. Conclusões

A implantação da Starlink como terceiro link embarcado representa um avanço expressivo na infraestrutura de comunicação ferroviária da Rumo. A solução permitiu ampliar a robustez do sistema de conectividade das locomotivas, garantindo resiliência operacional mesmo em cenários de falha dos links tradicionais (LTE e satélite convencional).

Com latência reduzida, alta taxa de transmissão e cobertura global, a Starlink se consolidou como uma tecnologia complementar de alta performance, viabilizando novas funcionalidades, como upload remoto de logs, suporte técnico em tempo real e atualizações de software durante a circulação do trem, além do licenciamento do trem em PTC.

Além da aplicação embarcada, a utilização da Starlink em kits móveis para equipes de manutenção em campo agregou valor direto à operação, permitindo diagnósticos online, acesso a sistemas internos da companhia e atuação técnica mesmo em regiões sem sinal de rede celular.

A Rumo se posiciona como a primeira ferrovia do mundo a utilizar a Starlink embarcada em operação real, reforçando seu protagonismo em soluções digitais e sua capacidade de integrar tecnologias emergentes ao ambiente ferroviário de forma prática, segura e escalável.

O sucesso do projeto demonstra que a modernização da conectividade não exige grandes alterações estruturais, mas sim visão estratégica, capacidade técnica e foco em eficiência. A Starlink inaugura um novo patamar de conectividade ferroviária e prepara o caminho para uma operação cada vez mais inteligente, integrada e conectada.

5. Referências

RUMO LOGÍSTICA. Projeto de conectividade embarcada – Starlink como terceiro link. Documentação técnica interna. São Paulo, 2025.

SPACEEX. Starlink Technical Specifications – Flat High Performance. Disponível em: <https://support.starlink.com>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SPACEEX. Starlink Flat High Performance Installation Guide. Disponível em: <https://support.starlink.com>. Acesso em: 4 ago. 2025.

GELUSO, Joe. CRC-16-CCITT specification: implementations and reference values. SRecord efforts, 2001–2007. Disponível em: <http://www.joegeluso.com/software/articles/ccitt.htm>. Acesso em: 30 jul. 2025.

RUMO LOGÍSTICA. Plano de Instalação de Antenas Starlink por Tipo de Locomotiva. Documento interno de engenharia. 2025.

RUMO LOGÍSTICA. Mapa de cobertura LTE e satélite – Trecho Perequê x Boa Vista. Documento de telecomunicações interno. 2025.