

# Proposta Técnica Comercial

PTC.01.2610

## PN Inteligente: Plataforma Integrada de Digitalização de Passagens de Nível para Monitoramento, Vigilância, Detecção de Obstáculos e Novas Tecnologias de Sinalização Ativa

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Descrição      | Plataforma integrada de digitalização de 4 passagens de nível piloto da MRS (malha RJ/MG/SP) com 3 camadas de segurança (monitoramento da sinalização, vigilância remota, detecção de obstáculos conforme NBR 17252:2026) e frente exploratória de interoperabilidade e controladores com integridade de segurança ferroviária. |
| Referência     | PTC.01.2610 / Rev00                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Preparado para | MRS Logística S.A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Contato        | Coordenação RDT — MRS Logística                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Preparado por  | Daniel Giacometti (daniel@embeddo.io)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Data           | 24/04/2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 1. Resumo Executivo

---

A presente Proposta Técnica Comercial detalha os serviços da Embeddo Computação Aplicada Ltda. para o projeto "PN Inteligente — Plataforma Integrada de Digitalização de Passagens de Nível", a ser executado em parceria com a MRS Logística S.A. com recursos do programa RDT (Resolução ANTT 6.021/2023, Deliberação 28/2026, Tema 4 — Segurança em Passagens de Nível).

O projeto tem duração de 24 meses, executado em 4 passagens de nível piloto da malha MRS (RJ/MG/SP) e na infraestrutura da Embeddo (frente exploratória), com valor total de R\$ 3.399.530,00.

O objeto desta proposta comercial são os serviços de engenharia e o fornecimento de materiais da Embeddo, totalizando R\$ 2.093.800,00 (61,6% do projeto), dos quais R\$ 1.711.800,00 (81,8%) correspondem a serviços de engenharia e R\$ 382.000,00 (18,2%) ao fornecimento de hardware para campo. A contratação do SENAI CIMATEC como ICT parceira (R\$ 435.000) e as aquisições diretas da MRS para a bancada de interoperabilidade (R\$ 496.500) são objeto de contratos separados e não compõem este instrumento.

A solução integrada PN Inteligente implementa três camadas complementares de segurança em passagens de nível ativas: Camada 1 — monitoramento da saúde operacional do sistema de sinalização ativa conforme o item 5 da NBR 17252:2026; Camada 2 — vigilância remota por visão computacional conforme o item 6; Camada 3 — detecção de obstáculos com contagem volumétrica e geração de alarmes críticos e não críticos conforme o item 7. Complementarmente, uma frente exploratória investiga a viabilidade de interoperabilidade via protocolos abertos e de controladores que atendam aos requisitos de segurança ferroviária (SIL 4 / AREMA) com suporte técnico no Brasil.

A Embeddo atua como Entidade Executora com equipe de 13 profissionais qualificados em visão computacional, computação de borda, hardware eletrônico e sistemas embarcados, com experiência prévia comprovada em projetos ferroviários da MRS (PTC.01.2513, PTC.01.2605). A execução segue 8 etapas operacionais com 5 Gates decisórios (G1 a G4) que balizam entregas físicas e financeiras ao longo dos 24 meses.

## 2. Escopo

---

A atuação da Embeddo está organizada em 8 etapas operacionais, conforme o Cronograma Físico-Financeiro (Anexo III) e o Plano de Trabalho (Anexo I) do pacote de submissão ANTT. As etapas que envolvem fornecimento de hardware pela Embeddo (Etapas 2 e 4) discriminam o valor dos serviços e dos materiais em linhas separadas na Seção 7.

## 2.1. Levantamento Técnico e Projeto Executivo (Etapa 1, M1–M4)

Caracterização das 4 passagens de nível piloto, mapeamento dos sistemas de sinalização ativa existentes, visitas técnicas diurnas e noturnas, e elaboração do projeto executivo integrado das Camadas 1, 2 e 3.

- Seleção e caracterização das PNs em parceria com a MRS
- Mapeamento dos sistemas de sinalização ativa e interfaces de integração
- Visitas técnicas às 4 PNs (diurnas e noturnas) com registro fotográfico
- Projeto executivo integrado com fluxograma de tratativas (Gate G1 em M4)

## 2.2. Desenvolvimento de Hardware e Módulos de Aquisição (Etapa 2, M3–M10)

Projeto eletrônico, prototipagem e fabricação dos dois módulos de hardware da solução — módulo de computação de borda e módulo de aquisição de sinais de sinalização ativa. Inclui ensaios de compatibilidade eletromagnética (EMC) do protótipo.

- Projeto eletrônico e *layouts* de placa dos dois tipos de módulo
- 1 protótipo de cada tipo (módulo de borda e módulo de aquisição de sinais)
- Ensaios EMC do protótipo (serviço de engenharia, incluído no valor)
- Fabricação de 5 unidades de produção de cada tipo (4 para as PNs + 1 sobressalente)
- Gate G2 em M8: protótipo aprovado em testes de aceitação

## 2.3. Desenvolvimento de Software, IA e Monitoramento de Sinalização (Etapa 3, M2–M10)

Desenvolvimento do software embarcado, dos modelos de IA para as 3 camadas, do sistema de monitoramento da saúde operacional da sinalização ativa (Camada 1) e da plataforma web integrada de monitoramento (Produto P1). A consultoria técnico-científica do SENAI CIMATEC como ICT parceira está consolidada nesta etapa: co-desenvolvimento e validação científica de modelos, orientação metodológica e co-autoria técnico-científica dos produtos.

- Coleta e preparação de dataset ( $\geq 5.000$  imagens anotadas em cenários reais)
- Treinamento e otimização de modelos de IA com quantização INT8 para borda
- Software embarcado com inferência de baixa latência ( $< 2$  s, P95)
- Sistema de monitoramento da Camada 1 (sinalização, item 5 NBR 17252)
- Plataforma web integrada de monitoramento (Produto P1, entrega em M16)
- Gate G2.5 em M9 (Camada 1 operacional) e Gate G3 em M10 (software funcional)

## 2.4. Instalação e Comissionamento (Etapa 4, M6–M14)

Instalação física dos módulos nas 4 PNs piloto, fornecimento da infraestrutura de campo (mastros, eletrodutos, infraestrutura elétrica, aterramento) e comissionamento das 3 Camadas, com testes de aceitação por PN e integração sistêmica.

- Instalação da Camada 1 nas 4 PNs (M6–M9)
- Instalação física das Camadas 2 e 3 (M9–M12)

- Fornecimento da infraestrutura de campo (mastros, eletrodutos, infraestrutura elétrica, aterramento — R\$ 60.000)
- Comissionamento e integração sistêmica (M10–M14)

## **2.5. Validação e Testes de Aceitação conforme NBR 17252 (Etapa 5, M8–M9, M13–M16)**

Validação integrada das 3 Camadas conforme os itens 5, 6 e 7 da NBR 17252:2026, testes com eventos sintéticos e reais, monitoramento contínuo de 14 dias por PN e emissão do Relatório de Validação em Campo (Produto P2).

- Validação da Camada 1 (item 5): checklist de conformidade operacional
- Testes com eventos sintéticos das Camadas 2 e 3 ( $\geq 30$  eventos/tipo)
- Monitoramento operacional contínuo (14 dias  $\times$  4 PNs)
- Métricas de aceite:  $F1 \geq 95,4\%$  padrão /  $\geq 85\%$  adverso; disponibilidade  $\geq 90\%$ ; latência  $< 2$  s
- Gate G4 em M16: validação aprovada — libera operação assistida

## **2.6. Operação Assistida e Transferência de Conhecimento (Etapa 6, M15–M22)**

Operação assistida das 3 Camadas durante 8 meses com suporte remoto e presencial, manutenção proativa baseada em evidência de anomalia e autodiagnóstico, coleta de dados para a metodologia de análise integrada de risco (OE7) e capacitação das equipes usuárias da concessionária. O SENAI CIMATEC participa dos workshops e da capacitação técnica como contrapartida institucional não-financeira (sem valor alocado a esta etapa).

- Operação assistida (3 camadas, 4 PNs, 8 meses)
- Treinamentos presenciais e material EAD (operadores, TI, engenharia)
- Suporte remoto 24/7 e visitas técnicas programadas
- Coleta de dados operacionais para a metodologia de análise integrada de risco

## **2.7. Documentação Final, Consolidação e Transferência (Etapa 7, M21–M24)**

Consolidação da documentação técnica final (Produto P3), elaboração do Relatório Técnico Final incluindo a metodologia de análise integrada de risco (Produto P4 / OE7), consolidação de resultados operacionais e exploratórios e seminário de encerramento. O SENAI CIMATEC participa como co-autor nas publicações científicas previstas como contrapartida institucional não-financeira (sem valor alocado a esta etapa).

- Documentação técnica completa (hardware, software, IA, sinalização)
- Manuais de operação e manutenção, material EAD final
- Relatório Técnico Final com metodologia de análise integrada de risco (OE7)
- Publicações técnicas (ANPET, IRSE, Workshop RDT) e seminário de encerramento

## 2.8. Frente Exploratória de Interoperabilidade e Sinalização Ativa Digital (Etapa 8, M4–M20)

Duas linhas exploratórias em paralelo: (OE8) estudo de interoperabilidade com protocolos abertos e prova de conceito de comunicação entre a plataforma PN Inteligente e um controlador comercial (Produto P5); (OE9) avaliação de viabilidade de controladores que atendam aos requisitos de segurança ferroviária (SIL 4 / AREMA), testes em bancada e roadmap tecnológico para sinalização ativa digital (Produto P6). A bancada física é aquisição direta da MRS.

- OE8: Estudo de interoperabilidade + PoC funcional em bancada (Produto P5, M18)
- OE9: Viabilidade de controladores (SIL 4 / AREMA) + roadmap tecnológico (Produto P6, M22)
- Execução da bancada de testes na sede da Embeddo, disponível para pesquisas futuras da MRS

## 3. Modelo de Execução e Marcos

A execução do projeto é balizada por 5 Gates decisórios que liberam as etapas subsequentes após formalização de aceite pela MRS. Os Gates G3 e G4 acionam pagamentos vinculados (ver Seção 7.3). Gates intermediários (G1, G2, G2.5) disparam apenas liberação de escopo, sem pagamento específico.

### 3.1. Gates Decisórios

| Gate | Mês | Critério de aprovação                                                          | Libera                                 |
|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| G1   | M4  | Projeto executivo aprovado para as 4 PNs piloto                                | Produção de hardware (Etapa 2)         |
| G2   | M8  | Protótipo aprovado em testes de aceitação                                      | Instalação na PN 1 (MVP)               |
| G2.5 | M9  | Camada 1 validada e operacional nas 4 PNs (item 5 NBR 17252)                   | Supervisão remota da sinalização ativa |
| G3   | M10 | Software embarcado e monitoramento funcionais                                  | Comissionamento (aciona pagamento)     |
| G4   | M16 | Validação aprovada ( $F1 \geq 95,4\%$ padrão / $\geq 85\%$ adverso, NBR 17252) | Operação assistida (aciona pagamento)  |

Cada Gate é formalizado mediante apresentação de Relatório de Evidências da Embeddo e aceite escrito da MRS em até 15 dias úteis após submissão. Em caso de reprovação, a Embeddo apresentará plano de retrabalho sem custos adicionais, desde que o escopo original permaneça inalterado.

### 3.2. Frente Exploratória

Complementarmente aos Gates, a Etapa 8 (Frente Exploratória) opera em cadência própria entre M4 e M20, com entregas pontuais dos Produtos P5 (M18) e P6 (M22). Essas entregas não acionam pagamentos específicos — estão incluídas no cronograma de parcelas mensais da Seção 7.3.

## 4. Métricas e Critérios de Aceite

### 4.1. Métricas de Desempenho

As métricas quantitativas de aceite são aferidas em ambiente de produção nas 4 PNs piloto, em janela contínua de 14 dias por PN, com dataset de referência contendo eventos reais e sintéticos em condições padrão e adversas.

| Métrica                                     | Aplicação                                      | Valor mínimo de aceite |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| F1-score (condição padrão)                  | Deteção e classificação de eventos de risco    | ≥ 95,4%                |
| F1-score (condição adversa)                 | Chuva, neblina, baixa luminosidade, contra-luz | ≥ 85%                  |
| Latência de inferência (P95)                | Tempo entre captura e geração de alarme        | < 2 segundos           |
| Disponibilidade operacional                 | Uptime da solução por PN (14 dias contínuos)   | ≥ 90%                  |
| Taxa de falsos positivos (alarmes críticos) | Operação nominal                               | < 3%                   |

### 4.2. Conformidade com a NBR 17252:2026

A validação segue o checklist consolidado de conformidade aos itens 5 (monitoramento da sinalização ativa), 6 (vigilância remota) e 7 (deteção de obstáculos e alarmes) da ABNT NBR 17252:2026, gerando Relatório Técnico de Validação em Campo (Produto P2).

### 4.3. Critérios de Aceite Formal

Cada Gate dispõe de critério de aceite específico (ver Seção 3). O aceite é formalizado por escrito pelo responsável técnico da MRS em até 15 dias úteis após a submissão do Relatório de Evidências pela Embeddo. A ausência de manifestação no prazo implica aceite tácito. O aceite final do projeto ocorre em M24 mediante entrega do Relatório Técnico Final (Produto P4) e realização do seminário de encerramento.

## 5. Entregáveis

### 5.1. Produtos Principais (P1 a P6)

| #  | Produto                                        | Descrição                                                                            | Mês |
|----|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| P1 | Plataforma integrada de digitalização de PNs   | Software embarcado + plataforma web + modelos de IA + dataset anotado                | M16 |
| P2 | Relatório de validação em campo                | Resultados de testes de aceitação conforme NBR 17252 (itens 5, 6 e 7)                | M16 |
| P3 | Documentação técnica e material de capacitação | Manuais operacionais, procedimentos de manutenção, material EAD                      | M22 |
| P4 | Relatório técnico final do projeto             | Consolidação de resultados + metodologia de análise integrada de risco (OE7)         | M24 |
| P5 | Estudo de interoperabilidade + PoC (OE8)       | Especificação de interfaces abertas + prova de conceito em bancada                   | M18 |
| P6 | Viabilidade de controladores + roadmap (OE9)   | Avaliação de controladores (SIL 4 / AREMA) + testes em bancada + roadmap tecnológico | M22 |

## 5.2. Relatórios Técnicos por Etapa (RT1 a RT8)

Para cada etapa operacional do projeto, a Embeddo entrega um Relatório Técnico consolidado que documenta integralmente o escopo intelectual executado (memoriais, diagramas, código-fonte, datasets, estudos e resultados). Esses relatórios compõem a Lista de Transferência (Anexo V) e são de domínio público conforme Art. 12 da Resolução ANTT 6.021/2023.

| #   | Relatório Técnico da Etapa                                   | Mês |
|-----|--------------------------------------------------------------|-----|
| RT1 | Etapa 1 — Levantamento Técnico e Projeto Executivo           | M4  |
| RT2 | Etapa 2 — Desenvolvimento de Hardware e Módulos de Aquisição | M10 |
| RT3 | Etapa 3 — Desenvolvimento de Software, IA e Monitoramento    | M10 |
| RT4 | Etapa 4 — Instalação e Comissionamento                       | M14 |
| RT5 | Etapa 5 — Validação e Testes de Aceitação                    | M16 |
| RT6 | Etapa 6 — Operação Assistida e Transferência de Conhecimento | M22 |
| RT7 | Etapa 7 — Documentação Final, Consolidação e Transferência   | M24 |
| RT8 | Etapa 8 — Frente Exploratória                                | M20 |

## 6. Cronograma

O cronograma detalhado do projeto (24 meses) está apresentado no Anexo III do pacote ANTT. As matrizes abaixo sintetizam a distribuição das 8 etapas da Embeddo ao longo dos 24 meses, separadas em Ano 1 (M1–M12) e Ano 2 (M13–M24), indicando atividades (X) e os 5 Gates decisórios (G1, G2, G2.5, G3, G4).

### 6.1. Ano 1 — M1 a M12

| Etapa | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 | M9 | M10 | M11 | M12 |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| E1    | X  | X  | X  | G1 |    |    |    |    |    |     |     |     |
| E2    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | G2 | X  | X   |     |     |
| E3    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | G3  |     |     |
| E4    |    |    |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X   | X   |     |
| E5    |    |    |    |    |    |    |    | X  | X  |     |     |     |
| E6    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| E7    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| E8    |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X   | X   | X   |

### 6.2. Ano 2 — M13 a M24

| Etapa | M13 | M14 | M15 | M16 | M17 | M18 | M19 | M20 | M21 | M22 | M23 | M24 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| E1    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| E2    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| E3    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| E4    | X   | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| E5    | X   | X   | X   | G4  |     |     |     |     |     |     |     |     |
| E6    |     |     | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |
| E7    |     |     |     |     |     |     |     |     | X   | X   | X   | X   |
| E8    | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X   |     |     |     |     |

## 7. Valores

### 7.1. Valor por Etapa (Serviços e Materiais discriminados)

A tabela abaixo discrimina, para cada etapa, o valor de serviços de engenharia Embeddo e o valor do fornecimento de materiais. Etapas que não envolvem hardware (E1, E3, E5, E6, E7, E8) apresentam apenas linha de serviços.

| Etapa                                                       | Natureza                  | Valor (R\$)  |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|
| 1. Levantamento Técnico e Projeto Executivo                 | Serviços de engenharia    | 182.050,00   |
| 2. Desenvolvimento de Hardware e Módulos de Aquisição       | Serviços de engenharia    | 273.950,00   |
|                                                             | Fornecimento de materiais | 310.000,00   |
| 3. Desenvolvimento de Software, IA e Monitoramento          | Serviços de engenharia    | 630.180,00   |
| 4. Instalação e Comissionamento                             | Serviços de engenharia    | 251.100,00   |
|                                                             | Fornecimento de materiais | 60.000,00    |
| 5. Validação e Testes de Aceitação                          | Serviços de engenharia    | 70.270,00    |
| 6. Operação Assistida e Transferência                       | Serviços de engenharia    | 107.550,00   |
| 7. Documentação Final, Consolidação e Transferência         | Serviços de engenharia    | 68.700,00    |
| 8. Frente Exploratória (Interoperabilidade + Controladores) | Serviços de engenharia    | 128.000,00   |
|                                                             | Fornecimento de materiais | 12.000,00    |
| TOTAL SERVIÇOS EMBEDDO                                      |                           | 1.711.800,00 |
| TOTAL FORNECIMENTO DE MATERIAIS                             |                           | 382.000,00   |
| TOTAL DA PROPOSTA COMERCIAL EMBEDDO                         |                           | 2.093.800,00 |

### 7.2. Composição Resumida

| Natureza                                                                            | Valor (R\$)  | %      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|
| Serviços de engenharia (mão de obra, viagens, cloud/licenças, eventos, ensaios EMC) | 1.711.800,00 | 81,8%  |
| Fornecimento de materiais (hardware, infraestrutura de campo e kit de reposição)    | 382.000,00   | 18,2%  |
| TOTAL PROPOSTA COMERCIAL EMBEDDO                                                    | 2.093.800,00 | 100,0% |

### 7.3. Condições de Pagamento

O pagamento total da Proposta Comercial Embeddo segue cadência híbrida composta por 4 parcelas atreladas a marcos do projeto e 24 parcelas mensais, conforme tabela:

| Parcela                                             | %    | Valor (R\$)  | Quando |
|-----------------------------------------------------|------|--------------|--------|
| Assinatura do contrato                              | 20%  | 418.760,00   | M0     |
| Parcelas mensais (M1 a M24, R\$ 43.620,83/mês x 24) | 50%  | 1.046.900,00 | M1-M24 |
| Gate G3 — Software funcional                        | 10%  | 209.380,00   | M10    |
| Gate G4 — Validação aprovada                        | 10%  | 209.380,00   | M16    |
| Entrega final — Relatório técnico + transferência   | 10%  | 209.380,00   | M24    |
| TOTAL                                               | 100% | 2.093.800,00 | —      |

Todas as parcelas são emitidas contra Nota Fiscal de Serviços (NFS-e) com vencimento em 30 dias úteis. As parcelas mensais são emitidas ao final de cada mês do projeto (M1 a M24, totalizando 24 parcelas de R\$ 43.370,83). As parcelas atreladas a Gates (G3 e G4) são emitidas após aceite formal

da MRS (máximo 15 dias úteis após submissão do Relatório de Evidências pela Embeddo). A parcela de entrega final é emitida em M24 mediante entrega do Relatório Técnico Final e realização do seminário de encerramento.

## 7.4. Demais Condições Comerciais

- Validade desta proposta: 60 dias corridos a partir da data de emissão.
- Prazo de execução: 24 meses corridos a partir da assinatura do contrato (M0).
- Reajuste anual pelo IPCA acumulado nos 12 meses anteriores, aplicado a partir de M13.
- Tributos: todos os tributos incidentes sobre a prestação de serviços e fornecimento de materiais estão inclusos no valor apresentado (ISS, PIS, COFINS, IRPJ, CSLL).
- Serviços fora de escopo: R\$ 250,00/hora técnica mediante Modificação de Projeto (MP) com aprovação prévia por escrito.
- Visitas técnicas adicionais: R\$ 4.500,00 por visita de até 3 dias (deslocamento e hospedagem inclusos) mediante aprovação prévia.

## 8. Fornecimento de Materiais

A Embeddo fornece, como parte integrante desta proposta comercial, os itens de hardware e infraestrutura detalhados nesta seção, totalizando R\$ 382.000,00. Os valores são apresentados com quantidade, unidade, valor unitário e valor total. Todos os itens são de propriedade da União conforme Art. 12 da Resolução ANTT 6.021/2023 e compõem a Lista de Transferência (Anexo V) do pacote ANTT.

### 8.1. Itens de Hardware e Infraestrutura

| Item                                                                                 | Etapas | Qtd | Und | Valor unit. (R\$) | Valor total (R\$) |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|-------------------|-------------------|
| Protótipo do módulo de computação de borda                                           | E2     | 1   | un. | 30.500,00         | 30.500,00         |
| Módulo de computação de borda (produção, 4 PNs + 1 sobressalente)                    | E2     | 5   | un. | 39.900,00         | 199.500,00        |
| Protótipo do módulo de aquisição de sinais de sinalização ativa                      | E2     | 1   | un. | 20.000,00         | 20.000,00         |
| Módulo de aquisição de sinais (produção, 4 PNs + 1 sobressalente)                    | E2     | 5   | un. | 12.000,00         | 60.000,00         |
| Infraestrutura de campo (mastros, eletrodutos, infraestrutura elétrica, aterramento) | E4     | 4   | PNs | 15.000,00         | 60.000,00         |
| Kit de peças de reposição (câmera, modem, bateria, componentes diversos)             | E8     | 1   | VB  | 12.000,00         | 12.000,00         |
| TOTAL FORNECIMENTO DE MATERIAIS EMBEDDO                                              |        |     |     |                   | 382.000,00        |

### 8.2. Condições de Fornecimento e Garantia

- Entrega em cronograma integrado ao desenvolvimento (módulos de borda protótipo em M6; unidades de produção em M10; infraestrutura de campo em M12).
- Instalação nas 4 PNs piloto pela Embeddo, com coordenação da MRS para acesso e compatibilização com ativos da concessionária.
- Garantia de 12 meses para defeitos de fabricação dos módulos, contados a partir do aceite da Etapa 5 (M16).
- Manutenção corretiva durante a Etapa 6 (operação assistida) inclusa no escopo; manutenção pós-garantia mediante proposta separada.

### 8.3. Itens NÃO incluídos nesta proposta

Os seguintes itens compõem o pacote ANTT, mas são contratados separadamente e NÃO integram o valor desta Proposta Comercial Embeddo:

- Serviços do SENAI CIMATEC como ICT parceira
- Aquisições diretas da MRS para a frente exploratória: bancada de testes para interoperabilidade e servidor on-premises.

## 9. Premissas e Restrições

---

- Toda a propriedade intelectual gerada no projeto (código-fonte, modelos de IA, datasets, especificações, documentação) é de domínio público e propriedade da União conforme o Art. 12 da Resolução ANTT 6.021/2023.
- A contratação do SENAI CIMATEC como ICT parceira é feita diretamente entre MRS e CIMATEC, consolidada nas Etapas 3 (consultoria em IA) e 5 (validação NBR 17252); a Embeddo participa tecnicamente da coordenação mas não intermedia o contrato. As Etapas 6 (capacitação) e 7 (publicações) contam com participação do CIMATEC como contrapartida institucional não-financeira.
- As aquisições da bancada de testes para interoperabilidade e do servidor on-premises são realizadas diretamente pela MRS. A Embeddo apoia especificação e recebimento, mas não compõe essas aquisições.
- A seleção das 4 Passagens de Nível piloto e a definição de cronogramas de acesso (visitas técnicas e instalação) são responsabilidade conjunta MRS e Embeddo na Etapa 1, com aprovação da operação ferroviária.
- A Embeddo tratará todas as informações como confidenciais conforme políticas internas e a LGPD (Lei 13.709/2018), aplicando minimização de dados (recorte de vídeo) e anonimização conforme roadmap previsto na Seção 3.1.9 do Plano de Trabalho.
- A interoperabilidade na frente exploratória (OE8) envolve comunicação de dados operacionais da plataforma com controlador comercial; não há comando da lógica de sinalização operacional pela solução PN Inteligente em nenhuma fase do projeto.
- A disponibilidade de conectividade 4G / fibra óptica nas 4 PNs piloto é responsabilidade da MRS; a Embeddo fornece gateway industrial com fallback local e buffer de armazenamento para períodos de indisponibilidade.
- A metodologia de validação é baseada na ABNT NBR 17252:2026 (requisitos para monitoramento, vigilância e detecção de obstáculos em PNs com proteção ativa), contemplando integralmente os itens 5 e 6, e com adoção facultativa do item 7 conforme escopo pactuado.
- Todos os entregáveis, datas de Gate e métricas constantes nesta proposta referem-se ao cronograma oficial do projeto. Eventuais alterações serão tratadas via Modificação de Projeto (MP) com aprovação formal da MRS.

## 10. Riscos e Mitigadores

A tabela abaixo consolida os principais riscos comerciais e operacionais que podem afetar a execução desta proposta, com probabilidade (Baixa / Média / Alta), impacto (Baixo / Médio / Alto) e estratégia de mitigação proposta pela Embeddo. A tabela completa de riscos técnicos do projeto (17 riscos) está na Seção 3.4 do Plano de Trabalho (Anexo I).

| Risco                                                                    | Probab. | Impacto | Mitigador                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atraso na definição das 4 PNs piloto pela MRS                            | Média   | Alto    | Prazo-alvo M2 registrado no Plano de Trabalho; Etapa 1 inicia com 2 PNs prioritárias.                                        |
| Indisponibilidade de acesso às PNs para visitas e instalação             | Média   | Médio   | Cronograma de acesso acordado na Etapa 1; janelas noturnas programadas com antecedência.                                     |
| Dificuldade de obtenção dos controladores (SIL 4 / AREMA) para a bancada | Alta    | Alto    | Priorização de fornecedores com suporte técnico no Brasil; bancada operável com 1 controlador até M10.                       |
| Desempenho dos modelos de IA abaixo do F1 alvo em condições adversas     | Média   | Alto    | Dataset ampliado com coleta dirigida; transfer learning incremental; F1 adverso em 85%; ajuste fino por PN.                  |
| Conectividade 4G / fibra instável nas PNs remotas                        | Alta    | Médio   | Gateway industrial com fallback local; buffer de armazenamento de 7 dias; protocolo de baixa latência para alarmes críticos. |
| Atraso na contratação do SENAI CIMATEC (contrato direto MRS)             | Média   | Médio   | Embeddo executa atividades independentes até M3; atividades dependentes com janela de flexibilidade.                         |
| Baixa adesão das equipes usuárias da MRS nos treinamentos                | Baixa   | Médio   | Material EAD 24/7; treinamentos presenciais programados; suporte remoto por 8 meses contínuos.                               |
| Questionamentos regulatórios sobre conformidade à NBR 17252:2026         | Baixa   | Alto    | Validação por SENAI CIMATEC (ICT); checklist consolidado no Produto P2; canal com ABNT CB-037 se necessário.                 |