ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
RDT - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico

PLANO DE TRABALHO

PESQUISA APLICADA PARA ELETRIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO POWERTRAIN DE AUTO DE LINHA FERROVIÁRIO

TEMA 8 - OPERAÇÃO E INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA SUSTENTÁVEIS, COM FOCO PRINCIPAL NA DES-CARBONIZAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA, NAS SOLUÇÕES BIODEGRADÁVEIS E DE MATERIAIS RECICLA-DOS, ASSIM COMO NA RESILIÊNCIA DA INFRAESTRUTURA.

RUMO MALHA CENTRAL S.A.

24/07/2026

SUMÁRIO

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO 3
1.1. Título do projeto 3
1.2. Linha de inovação e desenvolvimento 3
1.3. Tema prioritário 3
1.4. Objetivo geral 3
1.5. Objetivos específicos 4
2. JUSTIFICATIVA 4
2.1. Relevância e beneficiários 5
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 6
3.1. Métodos e técnicas utilizadas 6
3.2. Linha de base 6
3.3. Desenvolvimento das arquiteturas 7
3.3.1. PWT1 - Motor elétrico acoplado à caixa existente 7
3.3.2. PWT2 - acionamento direto 7
3.4. Etapas de execução do projeto 7
4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL 8
5. LOCAL DE EXECUÇÃO 9
6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA 9
6.1. Identificação da concessionária 9
6.2. Identificação da entidade 9
6.3. Identificação da equipe executora 10
7. PRODUTOS 10

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. Título do projeto

Pesquisa aplicada para eletrificação e avaliação comparativa do powertrain de auto de linha ferroviário.

1.2. Linha de inovação e desenvolvimento

O projeto se enquadra nas seguintes diretrizes e objetivos, conforme o artigo 3º da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023.

- VII - aquisição de equipamentos relacionados a tecnologias que aprimorem a fiscalização por parte do Poder Público;

O projeto se enquadra nos seguintes objetivos, conforme o artigo 4º da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023.

- II - tecnologia básica e aplicada;
- V - soluções de integração com o meio ambiente e utilização de energias alternativas aos derivados de petróleo;

1.3. Tema prioritário

O projeto se enquadra no tema prioritário a seguir, conforme a Deliberação ANTT n.º 28, de 30 de janeiro de 2026.

- Tema 8 - Operação e Infraestrutura ferroviária sustentáveis, com foco principal na descarbonização da matriz energética, nas soluções biodegradáveis e de materiais reciclados, assim como na resiliência da infraestrutura.

1.4. Objetivo geral

Desenvolver, integrar e validar experimentalmente duas arquiteturas de powertrain elétrico para Auto de Linha ferroviário e estabelecer, mediante comparação com a configuração original a diesel, uma metodologia técnico-científica replicável para selecionar a alternativa mais sustentável e adequada à modernização de veículos auxiliares ferroviários.

1.5. Objetivos específicos

- Caracterizar a linha de base energética, ambiental, operacional e econômica do Auto de Linha em sua configuração original a diesel.
- Dimensionar e desenvolver o PWT1, com motor elétrico de corrente alternada acoplado à caixa de engrenagens existente.
- Dimensionar e desenvolver o PWT2, com acionamento direto da transmissão.
- Projetar e integrar inversores, conversores CC/CC, carregadores, BMS, EMS, proteções e instrumentação.
- Definir ciclos de missão representativos e protocolos reprodutíveis de ensaio em bancada, testes estáticos e testes dinâmicos.
- Mensurar consumo e eficiência energética, autonomia, emissões de GEE, emissões locais evitadas, ruído, desempenho dinâmico, confiabilidade, disponibilidade e manutenção.
- Comparar o custo do ciclo de vida das configurações a diesel, PWT1 e PWT2, incluindo investimento, energia, manutenção, reposição de baterias e destinação final.
- Produzir documentação aberta e replicável.

2. JUSTIFICATIVA

A descarbonização do transporte exige soluções que combinem eficiência operacional, redução de impactos ambientais e viabilidade de implantação. No setor ferroviário, veículos auxiliares como Autos de Linha desempenham funções relevantes de inspeção, manutenção e apoio, mas sua escala, seus ciclos de missão e suas características construtivas diferem das locomotivas de carga. Isso cria uma lacuna tecnológica: soluções de eletrificação disponíveis para veículos rodoviários ou material rodante de grande porte não podem ser simplesmente transferidas sem pesquisa específica de integração, segurança, desempenho e autonomia.

O projeto enfrenta essa lacuna mediante o desenvolvimento de duas arquiteturas e sua comparação em condições equivalentes. A coexistência das alternativas PWT1 e PWT2 cria o elemento experimental necessário para compreender os efeitos da manutenção da

caixa de engrenagens, das perdas de transmissão, das alterações estruturais e das estratégias de controle. A linha de base a diesel permite quantificar ganhos e evitar que a avaliação se limite a percepções qualitativas.

A contribuição ambiental será aferida em mais de uma dimensão. A eliminação de emissões no ponto de uso será distinguida da redução de emissões de gases de efeito estufa no ciclo energético. O consumo será normalizado por veículo-quilômetro e por ciclo de missão. Serão avaliados ruído, vida útil e destinação de baterias, demanda de manutenção e cenários de matriz elétrica. Essa abordagem evita tratar a eletrificação como solução automaticamente sustentável e permite identificar condições em que seus benefícios são efetivamente comprovados.

A contribuição para o setor ferroviário ultrapassa o veículo experimental. Os protocolos, modelos, dados e critérios de seleção serão estruturados para permitir reprodução por outras concessionárias, instituições de pesquisa e órgãos públicos, respeitadas as limitações de segurança, propriedade industrial preexistente e proteção de informações sensíveis. A parceria com o IFPR fortalece a formação de profissionais, a infraestrutura de pesquisa e a disseminação do conhecimento.

O projeto não se confunde com obrigação regular do contrato de concessão, aquisição rotineira de ativo ou simples manutenção. Seu núcleo é a investigação de incertezas tecnológicas e a produção de conhecimento novo a partir de prototipagem, instrumentação, experimentação e análise comparativa. Tampouco tem como resultado um Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental - EVTEA: o resultado será composto por protótipos funcionais, evidências experimentais, métodos, documentação técnica e produção científica.

2.1. Relevância e beneficiários

Beneficiário	Resultado prático esperado
ANTT e Poder Público	Evidências e método replicável para acompanhar e induzir tecnologias ferroviárias de baixo carbono.
Setor ferroviário	Critérios técnicos para seleção de arquitetura, dimensionamento, testes, manutenção e expansão da eletrificação.
Usuários e sociedade	Potencial redução de emissões, ruído, consumo de combustíveis fósseis e custos de operação.
Instituições de ensino	Infraestrutura laboratorial, formação de estudantes, material didático e produção científica aplicada.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Métodos e técnicas utilizadas

A pesquisa será aplicada, quantitativa, experimental e comparativa, complementada por análise qualitativa de segurança, integração e manutenibilidade. Serão avaliadas três configurações do mesmo veículo ou de veículo tecnicamente equivalente: linha de base a diesel, PWT1 e PWT2. Sempre que possível, serão mantidos constantes massa de ensaio, perfil de via, carga útil, condições de condução, velocidade-alvo, pressão dos pneus ou condições do contato roda-trilho, estado de carga inicial e condições ambientais.

Os ensaios serão executados segundo protocolo aprovado antes da coleta definitiva. Cada condição deverá possuir, como regra, no mínimo três repetições válidas. Quando a segurança, o custo ou a disponibilidade operacional impedirem esse número, a limitação será registrada e tratada na análise de incerteza. Os instrumentos deverão possuir calibração rastreável e taxa de aquisição compatível com os fenômenos observados.

Os insumos eletricos e insumos mecânicos necessários serão compostos por grande quantidade e diversidade de itens. Esses itens e componentes serão determinados por necessidades que surgirem durante a realização das montagens e prototipagem. São itens como cabos, conectores, ferramentas específicas de usinagem e da área metal mecânica, elétrica e eletrônica. Só podem ser especificados com exatidão após a prototipagem e servirão de base para compor protótipo e documentação final nos relatórios para montagem, ensaios e testes.

3.2. Linha de base

Antes da conversão, o Auto de Linha a diesel será instrumentado e submetido a ciclos de missão representativos. Serão registrados consumo de combustível, distância, tempo, perfil de velocidade, inclinação, massa, temperatura, nível de ruído, indisponibilidades, intervenções de manutenção e desempenho. Os dados históricos disponíveis serão usados para complementar a campanha experimental, desde que tenham qualidade e comparabilidade verificadas.

3.3. Desenvolvimento das arquiteturas

3.3.1. PWT1 - Motor elétrico acoplado à caixa existente

Serão realizados dimensionamento eletromecânico, seleção do motor e do inversor, análise de faixas de rotação e torque, avaliação das perdas na transmissão, projeto de interfaces mecânicas, integração do BMS e do EMS, estudo térmico, proteções, parametrização e ensaios de bancada. A arquitetura preservará a caixa de engrenagens quando tecnicamente segura e compatível.

3.3.2. PWT2 - acionamento direto

Serão dimensionados motor, inversor, relação de transmissão ou acoplamento direto, interfaces estruturais, controles, proteções, gerenciamento térmico, BMS e EMS. O desenvolvimento avaliará os potenciais ganhos de eficiência e as exigências adicionais de fabricação, montagem e manutenção.

3.4. Etapas de execução do projeto

O desenvolvimento do projeto será realizado em doze etapas sequenciais, compreendendo desde a aquisição dos sistemas de tração elétrica até a validação operacional dos dois protótipos de powertrain propostos.

Etapa 01: Estudos e dimensionamento para a aquisição, inspeção e testes de aceitação em fábrica dos componentes do sistema de tração elétrica (Powertrain), incluindo motor elétrico, inversor de frequência, conversores eletrônicos, sistema de gerenciamento e acessórios, nas instalações do fabricante em Jaraguá do Sul (SC).

Etapa 02: Transporte do Auto de Linha para o Instituto Federal do Paraná (IFPR), preparação do veículo e levantamento dimensional e mecânico para adaptação do sistema de tração elétrica.

Etapa 03: Montagem da bancada experimental e realização dos testes laboratoriais do PowerTrain 1 (PWT1), avaliando desempenho do conjunto motor–inversor, parametrização, eficiência energética e funcionamento dos sistemas de controle no Laboratório de Veículos Elétricos do IFPR.

Etapa 04: Projeto, fabricação e usinagem das placas adaptadoras e componentes mecânicos necessários à integração do motor elétrico ao conjunto de transmissão existente, utilizando a infraestrutura do Laboratório de Usinagem do IFPR.

Etapa 05: Instalação do PowerTrain 1 (PWT1) no Auto de Linha, parametrização do sistema, integração eletromecânica e realização dos testes estáticos e dinâmicos nas dependências do IFPR.

Etapa 06: Transporte do Auto de Linha equipado com o PowerTrain 1 para a ferrovia e realização dos ensaios operacionais em condições reais de utilização.

Etapa 07: Instalação, parametrização e comissionamento da infraestrutura de recarga, incluindo carregadores de baterias de alta potência, sistemas de proteção elétrica e procedimentos operacionais de carregamento.

Etapa 08: Retorno do Auto de Linha ao IFPR para desmontagem do primeiro sistema de tração e preparação para implantação da segunda arquitetura de powertrain.

Etapa 09: Desenvolvimento e testes laboratoriais do PowerTrain 2 (PWT2), baseado em acionamento direto da transmissão (Direct Drive), incluindo ensaios elétricos, mecânicos e funcionais.

Etapa 10: Desenvolvimento, fabricação e usinagem dos componentes mecânicos necessários à adaptação da transmissão para instalação do PowerTrain 2, incluindo eventuais melhorias estruturais identificadas durante os ensaios.

Etapa 11: Instalação, parametrização, integração eletromecânica e realização dos testes estáticos e dinâmicos do Auto de Linha equipado com o PowerTrain 2 nas instalações do IFPR.

Etapa 12: Transporte do Auto de Linha equipado com o PowerTrain 2 para a ferrovia, realização dos ensaios finais de validação operacional, comparação entre as arquiteturas PWT1 e PWT2 e consolidação dos resultados técnicos do projeto.

4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL

Previsão de início (dd/mm/aaaa)	**Prazo (meses)**	**Custo total (R$)**

01/10/2026	12 meses	R$ 1.898.875,76

Ano contratual de projeto	Ano contratual de débito	Custo Previstos
Ano contratual 08	Ano contratual 05	R$ 1.682.265,67
Ano contratual 09	Ano contratual 09	R$ 216.610,08
Custo Total		R$ 1.898.875,76

5. LOCAL DE EXECUÇÃO

Parte do projeto estará utilizando os laboratórios de conversão de veículos elétricos do IFPR para fins de modelagem contando com Hardware e software para simulação dos eventos e comportamentos dos Autos De Linha. Serão utilizados os centros de usinagem para confecção de itens mecânicos de acoplamento, transmissão entre outros para os diferentes Powertrains. O projeto também será desenvolvido em parte nas oficinas da concessionária. Serão utilizados trechos concedidos e reservados, onde devem ser instaladas instrumentações. Portanto, testes, observação e/ou coleta de dados serão realizados em diferentes locais conforme sua especificidade.

6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA

6.1. Identificação da concessionária

Rumo Malha Central S.A.

6.2. Identificação da entidade

O Instituto Federal do Paraná - IFPR, atuará nas atividades de pesquisa e desenvolvimento dos produtos mecânicos e elétricos, parametrização e otimização pós análise técnica dos dados coletados além avaliação de desempenho dos powertrains desenvolvidos. A participação acadêmica fortalece a divulgação de resultados, a formação de recursos humanos e a base técnica do projeto, contribuindo na consolidação das tecnologias desenvolvidas.

6.3. Identificação da equipe executora

Nome	CPF	Cargo	Função
Carlos Eduardo de Araujo	92181821968	Professor	Coordenador e Pesquisador Elétrica
Rogerio Gomes	87746492991	Professor	Pesquisador Mecânica
Wagner Ulhmann	01714375971	Professor	Pesquisador Mecânica
Alexandre Francisco de Moraes	02280118920	Professor	Pesquisador Elétrica
Rodrigo da Rosa	08818369903	Técnico	Técnico de Campo
Estudante Eletromecânica	A contratar	Técnico	Estagiário Técnico
Estudante Eletrotécnica	A contratar	Técnico	Estagiário Técnico
Estudante Engenharia	A contratar	Técnico	Estagiário Técnico

Os professores disponibilizam sua experiência através do currículo lattes:

- Carlos Eduardo de Araujo - http://lattes.cnpq.br/5487096526405665
- Rogério Gomes - http://lattes.cnpq.br/8135372319679613
- Wagner Ulhmann - http://lattes.cnpq.br/3680376251181791
- Alexandre de Moraes - http://lattes.cnpq.br/1160047726368821
- Técnico de laboratório Rodrigo da Rosa http://lattes.cnpq.br/2488305480307839.

7. PRODUTOS

Ao término do projeto, espera-se obter os seguintes produtos e resultados, evidenciando o desenvolvimento tecnológico, a validação das soluções propostas e a geração de conhecimento aplicável à modernização da frota de Autos de Linha da Rumo Malha Sul.

1.6.1. Relatórios Técnicos

ID	Produto	Conteúdo mínimo
P1	Protótipo funcional PWT1	Sistema integrado, instrumentado e testado.
P2	Protótipo funcional PWT2	Sistema Direct Drive integrado, instrumentado e testado.
P3	Infraestrutura experimental de recarga	Carregadores, proteções, comissionamento e procedimentos.
P4	Manual técnico de reprodução	Especificações, desenhos liberáveis, procedimentos, parâmetros e códigos-fonte abertos aplicáveis.
P5	Relatório final	Síntese metodológica, resultados, limitações, recomendação e plano de continuidade.

ANEXOS

I – RESUMO DO PLANO DE TRABALHO
II - CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DO PROJETO;
III – COTAÇÕES COMERCIAIS;
IV - CURRÍCULO DOS COORDENADORES EM FORMATO .PDF;
V - ORÇAMENTO ANALÍTICO PREVISTO;
VI - LISTA DE BENS, PRODUTOS E ESTUDOS COM PREVISÃO DE TRANSFERÊNCIA;
VII – PROPOSTA COMECIAL; E
VIII - DECLARAÇÃO DE OBSERVÂNCIA AO DISPOSTO NA RESOLUÇÃO Nº 6.021, DE 2023, E NA PORTARIA Nº 17, DE 2023.