

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

PLANO DE TRABALHO

TÍTULO DO PROJETO:

Desenvolvimento de núcleo fundido de jacaré 1:14 adequado para a realidade ferroviária

TEMA PRIORITÁRIO:

9 - Aprimoramento da manutenção ferroviária, inclusive com a integração de diferentes tecnologias e a automação industrial

MRS S.A.

09/01/2026

SUMÁRIO

1. PROJETO	3
1.1. Título do Projeto	3
Desenvolvimento de núcleo fundido de jacaré 1:14 adequado para a realidade ferroviária	3
1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento	3
1.1.2. Temas	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo Geral	4
1.2.2. Objetivos Específicos	5
2. JUSTIFICATIVA	5
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	8
3.1. Métodos e técnicas utilizadas	8
3.2. Etapas	9
3.3. Requisitos	12
3.4. Riscos do projeto	12
4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL	13
5. LOCAL DE EXECUÇÃO	13
6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA	14
6.1. Identificação da entidade	14
6.2. Identificação da equipe executora	15
7. PRODUTOS	17
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS	17
9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO	17

1. PROJETO

1.1. Título do Projeto

Desenvolvimento de núcleo fundido de jacaré 1:14 adequado para a realidade ferroviária.

1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento

Este projeto foi definido em conformidade com os Artigos 3º e 4º da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), vinculada ao Ministério dos Transportes. A proposta se enquadra na linha de inovação e desenvolvimento, alinhando-se às diretrizes que orientam a aplicação dos Recursos de Desenvolvimento Tecnológico (RDT), bem como aos objetivos de inovação no setor ferroviário.

Prioritariamente, o projeto atende às diretrizes estabelecidas nos incisos I e II do Art. 3º, que tratam da *modernização da infraestrutura integrante do Subsistema Ferroviário Federal* e da *melhoria da qualidade dos serviços objeto de concessão ferroviária federal*, incluindo atributos como regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na prestação e modicidade das tarifas.

A proposta visa o desenvolvimento de um novo modelo de núcleo de jacaré fundido 1:14, com foco na manutenção da qualidade do material e na otimização dos processos de manutenção atualmente adotados pelas concessionárias. O modelo atualmente utilizado no Brasil remonta à época da Rede Ferroviária Federal, cujas condições operacionais eram significativamente diferentes das atuais. Como consequência, observa-se uma degradação prematura dos núcleos, exigindo um número crescente de interdições na via para garantir a qualidade do transporte.

O novo desenvolvimento busca aumentar a eficiência operacional, reduzir os custos com manutenções corretivas e minimizar interrupções inesperadas, promovendo maior segurança e continuidade dos serviços nas regiões onde os núcleos estão instalados. Dessa forma, o projeto se posiciona na vanguarda da inovação e da evolução tecnológica ferroviária.

Em consonância com o Art. 4º da mesma resolução, o projeto também se enquadra no inciso I, que trata da inovação em *métodos e técnicas construtivas*. A proposta apresenta uma nova metodologia de fabricação para o núcleo de jacaré fundido 1:14, mais eficiente e duradoura, com benefícios econômicos e ambientais em relação à técnica atualmente utilizada. Diferentemente do produto hoje disponível no mercado nacional, o novo modelo oferece maior durabilidade, reduzindo a necessidade de interdições para substituição do componente.

Embora a tecnologia esteja sendo desenvolvida com apoio de uma empresa ferroviária, sua viabilidade técnica permite aplicação em cabos de sinalização de diferentes áreas de atuação, ampliando o potencial de inovação e impacto positivo do projeto.

1.1.2. Temas

O tema prioritário do presente projeto é definido com base na Deliberação nº 169 da Diretoria Colegiada da ANTT, de 27 de junho de 2024, especialmente no Anexo I, que determina os Temas Prioritários para a destinação dos RDTs. Assim, o projeto se alinha primariamente ao Tema Prioritário 9, descrito a seguir:

Tema Prioritário 9: Aprimoramento da manutenção ferroviária, inclusive com a integração de diferentes tecnologias e a automação industrial.

A aplicação de núcleos de jacaré 1:14 fundidos com maior durabilidade contribui diretamente para a mitigação da necessidade de interdições na via férrea para realização de manutenções corretivas. Com a redução da frequência dessas intervenções, há uma otimização do uso dos recursos humanos e uma melhora significativa na eficiência das ações de manutenção. Além disso, o projeto promove a redução de custos operacionais e de capital (OPEX e CAPEX), ao mesmo tempo em que eleva os níveis de segurança e fluidez das operações ferroviárias. A proposta busca solucionar problemas recorrentes relacionados à baixa performance dos núcleos atualmente utilizados, promovendo maior confiabilidade da infraestrutura e continuidade dos serviços prestados.

Em adição ao alinhamento com o Tema Prioritário 9, o presente desenvolvimento apresenta alinhamento com outros três Temas prioritários, descritos a seguir:

Tema Prioritário 1: Qualidade no serviço de transporte ferroviário, com foco principal na atualidade.

Tema Prioritário 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.

Tema Prioritário 10: Desenvolvimento de estudos e tecnologias para melhoria da operação ferroviária.

O principal objetivo deste projeto é desenvolver um novo modelo de núcleo de jacaré fundido 1:14 que seja compatível com as exigências operacionais da ferrovia atual, garantindo maior durabilidade e desempenho do componente, resultando assim na resiliência da infraestrutura ferroviária. A partir da definição de parâmetros técnicos específicos, o projeto visa aprimorar questões de caráter metalúrgico, geométrico, e tribológico, visando a otimização da fabricação futura de núcleos que proporcionem melhor qualidade à via férrea, reduzindo a necessidade de manutenções corretivas precoces e evitando interdições frequentes para substituição de componentes na via permanente, o que favorece a operação ferroviária. Com isso, espera-se promover maior confiabilidade da infraestrutura, otimização dos recursos operacionais e aumento da segurança e fluidez do tráfego ferroviário.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver, no prazo de 24 meses, um processo de fabricação de núcleos de jacaré 1:14 por fundição, com aplicação de técnicas de endurecimento superficial, utilizando-se de engenharia reversa, inspeções em campo, simulações computacionais e testes laboratoriais. O objetivo é garantir que o novo componente atenda às exigências operacionais da malha ferroviária atual, promovendo maior durabilidade, desempenho e confiabilidade da via permanente.

1.2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, destacam-se:

- realizar engenharia reversa no núcleo de jacaré 1:14 atualmente fabricado no Brasil, com o objetivo de avaliar suas características mecânicas, metalúrgicas e geométricas;
- executar simulações computacionais para compreender os esforços mecânicos atuantes sobre o componente em campo;
- executar simulações numéricas do processo de fabricação para avaliar o comportamento do material durante a manufatura e correlacionar os resultados com a definição da melhor composição química e do tratamento termomecânico adequado para sua fabricação;
- realizar estudos de otimização da liga metálica buscando propriedades compatíveis às exigências operacionais da malha ferroviária atual, visando maior durabilidade, resistência ao desgaste e confiabilidade estrutural;
- executar ensaios experimentais buscando entender o comportamento do material durante o processo de manufatura;
- documentar testes, desenvolvimento e versões finais dos produtos criados, incluindo relatórios e materiais de disseminação do conhecimento.

2. JUSTIFICATIVA

O Aparelho de Mudança de Via (AMV) é um dispositivo essencial na infraestrutura ferroviária, responsável por permitir que os trens transitem de uma via para outra. Ele é composto por diversos elementos, como agulhas, contra-agulhas, chaves, jacaré, calços, contra-trilhos, elementos de fixação e dormentes especiais. Quando as rodas da composição ferroviária entram no AMV, elas são orientadas a seguir o trajeto definido pela posição das agulhas, garantindo a mudança segura de direção (SANTOS, 2011; SALVADOR et al., 2019).

A Figura 1 apresenta uma imagem de parte de um AMV, destacando trilhos, contra-trilhos, elementos de fixação, dormentes e o núcleo de jacaré.

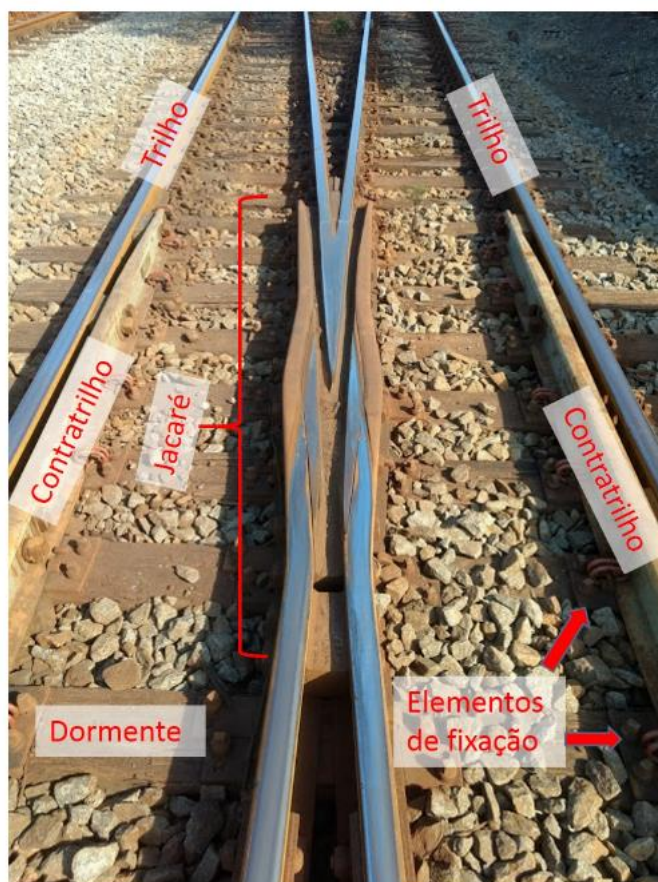


Figura 1 – Componentes de um AMV (SALVADOR *et al.* 2019).

Steffler (2013) descreve detalhadamente a composição de um Aparelho de Mudança de Via (AMV), dividindo-o em três partes principais:

- a) Chave ou Agulhas: composta por agulha, trilho de encosto de agulha, escoras laterais, placas de apoio de deslizamento, barra de conjugação, aparelho de manobra/máquina de chave, tirantes de ligação, barras de conjugação, calços e parafusos;
- b) Parte intermediária ou de ligação: formada pelos trilhos intermediários apoiados em placas de apoio, que conectam o final da agulha ao jacaré e aos trilhos externos;
- c) Cruzamento: constituído pelo jacaré, contratrilhos, seus respectivos trilhos de encosto e placas de apoio especiais para cruzamento.

Dentre todos os componentes do AMV, Brina (1979) destaca o jacaré como o mais importante, referindo-se a ele como o “coração do AMV”. O jacaré é composto por um núcleo fundido de ferro-manganês (Fe-Mn) e pernas de trilhos ferroviários. A Figura 2 apresenta uma visão macro desse componente, evidenciando sua relevância estrutural e funcional dentro do sistema ferroviário.

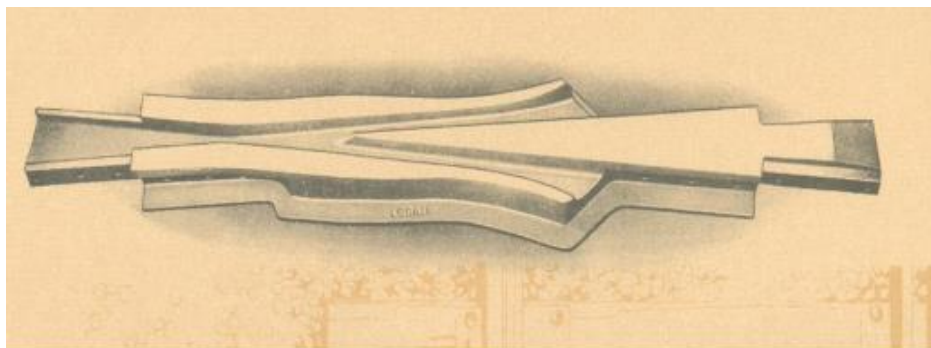


Figura 2. Imagem ilustrativa de um jacaré aplicado na via permanente (MARTINAZZI, 2007).

A vida útil estimada dos jacarés na MRS Logística gira em torno de 240MTBT (milhões de toneladas brutas transportadas). Entretanto, verificou-se que grande parte dos jacarés estavam apresentando defeitos ao ponto de serem removidos da via com aproximadamente 100 MTBT desde ~ 2019. A Figura 3 apresenta um dos jacarés que foram removidos antes do tempo de vida estimado da via.

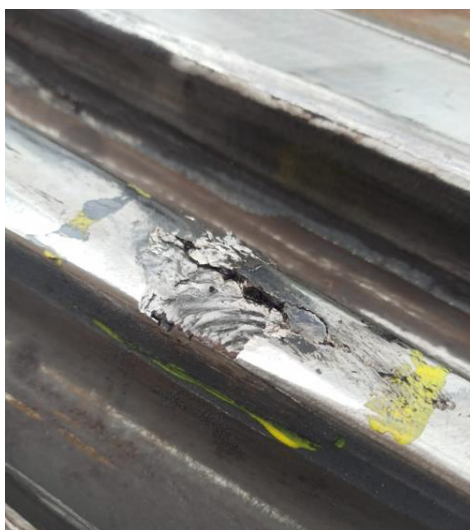


Figura 3. Núcleo do jacaré com presença de porosidade (Fonte: autor).

Diante desse contexto, verifica-se a grande importância que o jacaré apresenta para a ferrovia. Dessa forma, esse estudo possibilita uma série de benefícios, aplicáveis tanto a concessionária e aos usuários dos serviços de transporte ferroviário quanto a ANTT e a sociedade de um modo geral, tais como:

- Redução de custos e mitigação de interrupções não programadas, atendendo a requisitos operacionais e de segurança exigidos na gestão dos ativos ferroviários;
- Serviços mais confiáveis, com menor risco de atrasos e interrupções, contribuindo para a melhoria da previsibilidade e da competitividade nas operações logísticas;
- Maior controle da malha ferroviária, garantindo o cumprimento de padrões de segurança e confiabilidade;
- Menos impactos no trânsito urbano local e maior segurança, uma vez que a operação mais eficiente das vias contribui para reduzir o tempo de fechamento das passagens de nível, minimizando os transtornos nas cidades por onde a ferrovia passa.

Portanto, observa-se que o desenvolvimento bem-sucedido do núcleo de jacaré fundido 1:14 contribuirá para a redução do THP (Trem Hora Parada) e evitando que locomotivas e vagões fiquem parados ou se desloquem lentamente em áreas urbanas. Além disso, a maior eficiência das concessionárias ferroviárias contribuirá para o aumento do volume de carga ou número de pessoas transportadas, gerando maior arrecadação de impostos e impulsionando o desenvolvimento e infraestrutura do país.

É importante mencionar que o desenvolvimento proposto pelo trabalho aqui apresentado não está incluído nas obrigações contratuais da operadora ferroviária no que tange a concessão, pois se trata de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, como ocorre em outros projetos de pesquisa e inovação, há riscos inerentes ao seu desenvolvimento que não poderiam ser contemplados em obrigações contratuais.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Métodos e técnicas utilizadas:

A metodologia de Desenvolvimento Integrado de Produtos e Tecnologia (DIP&T) adotada pelo SENAI CIMATEC será seguida nesse projeto. Ela prevê uma sequência sistemática de etapas para o desenvolvimento de novos processos, produtos e tecnologias. A condução e gestão do projeto serão realizadas de acordo com a Metodologia de Gerenciamento de Projetos adotada pelo PMO (*Project Management Office*) do SENAI CIMATEC. Os entregáveis ao longo do projeto são os relatórios técnicos resultantes de cada uma dessas etapas. Segue abaixo a descrição de cada relatório aplicado ao projeto:

- ✓ **Relatório 1 – Informacional e Conceitual:** Relatório contendo todo o mapeamento informacional e conceitual do projeto. O relatório será subdividido nos seguintes tópicos:
 - ✓ Levantamento de requisitos do projeto;
 - ✓ Revisão do estado da arte;
 - ✓ Mapeamento de anterioridade;
 - ✓ Visitas em campo;
 - ✓ Levantamento e análise de dados de falha;
 - ✓ Planejamento dos testes.
- ✓ **Relatório 2 – Testes em Laboratório:** Resultados de todos os testes e desenvolvimentos realizados na etapa laboratorial e relevante. O relatório será subdividido nos seguintes tópicos:
 - ✓ Análise de falhas;
 - ✓ Simulações numéricas estruturais do comportamento do componente em aplicação;
 - ✓ Análise e otimização da atual liga metálica utilizada;
 - ✓ Provas de Conceitos (POCs) do processo de fabricação do componente;
 - ✓ Análise do processo de fabricação por simulação numérica.

Em termos de nível de maturidade tecnológica (*Technology Readiness Level* - TRL), teremos as seguintes relações com as entregas deste projeto:

- Validação funcional dos componentes em ambiente laboratorial – TRL 4 (Início);
- Validação das funções críticas do componente em ambiente relevante – TRL 5 (Final).

O processo de acompanhamento do projeto contempla a realização de reuniões semanais, quinzenais e mensais, algumas dessas entre as equipes técnicas do SENAI CIMATEC e MRS Ferrovias S.A. relatando os marcos do projeto, o andamento das atividades, o monitoramento/ações de mitigação dos riscos e o planejamento das próximas ações.

Toda reunião realizada no projeto deverá gerar uma ATA DE REUNIÃO. As atas das reuniões poderão ser enviadas por e-mail e devem ser validadas por todas as partes em até 03 (três) dias úteis após o envio. Após esse prazo, as informações contidas na ata serão consideradas validadas sem ressalvas.

Ao final de cada Macroentrega estabelecida nesse documento, deverá ser gerado o TERMO DE ACEITAÇÃO DA MACROENTREGA. O termo deverá ser enviado juntamente com as entregas equivalentes por e-mail.

3.2. Etapas:

O estudo proposto será dividido em 2 Etapas, sendo elas descritas detalhadamente a seguir. A Etapa 1, representada no macrofluxo da Figura 4, corresponde às fases iniciais do projeto. Nessa etapa, será realizado um levantamento detalhado do histórico de utilização de núcleos fundidos na ferrovia, com foco nas falhas recorrentes, especialmente aquelas relacionadas a problemas no processo de fundição. Com base nesse diagnóstico, será possível definir com maior acurácia os parâmetros dos ensaios que serão conduzidos na Etapa 2 do projeto.

Entregáveis da Etapa 1:

- Relatório técnico, contendo o mapeamento do estado da arte e de anterioridade, levantamento de requisitos técnicos e planejamento detalhado dos parâmetros de testes a serem realizados;
- Relatório de análise de falhas, com histórico completo das ocorrências envolvendo o componente núcleo de jacaré, incluindo causas, impactos operacionais e recomendações preliminares.

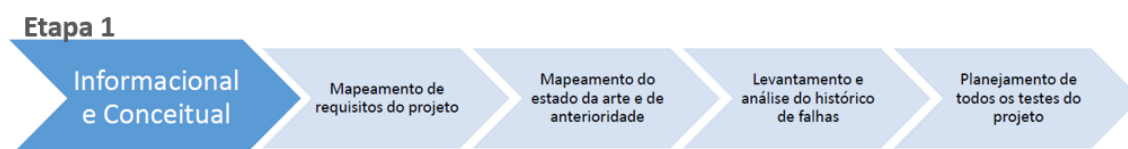


Figura 4. Macrofluxo da Etapa 1.

Na segunda etapa do projeto, representada na Figura 5, será conduzido o processo de otimização da liga metálica e/ou processo de fabricação destinado à fabricação do núcleo de jacaré 1:14. Essa fase envolverá o uso de softwares de simulação computacional, além

da realização de provas de conceito por meio da fabricação de protótipos em escala reduzida.

O objetivo é alcançar os parâmetros ideais para a produção do núcleo fundido em escala real, considerando:

- composição química da liga, visando maior resistência e durabilidade;
- localização e controle de defeitos internos, como inclusões e vazios, por meio de simulações de solidificação e inspeções não destrutivas;
- parâmetros otimizados de tratamento térmico e endurecimento (processo completo de pós processamento), para garantir propriedades mecânicas adequadas à realidade operacional da ferrovia.

Essa etapa é fundamental para validar tecnicamente o novo modelo proposto, garantindo que ele atenda aos requisitos de desempenho, segurança e confiabilidade exigidos para aplicação em campo.

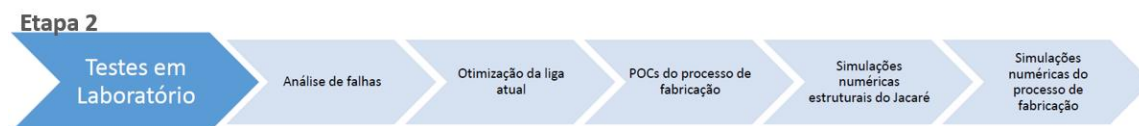


Figura 5. Macrofluxo da Etapa 2.

Como entregáveis, teremos os seguintes dados:

- Desenvolvimento de uma nova liga através de simulações termodinâmicas e testes em laboratório;
- Simulações numéricas estruturais do jacaré em uso;
- Simulações numéricas do processo de fabricação do novo núcleo em desenvolvimento;
- Histórico/detalhamento da prova de conceito do processo de fabricação em laboratório.

Ao final da Etapa 2, será entregue um relatório completo do desenvolvimento contendo todo o escopo dos estudos realizados para desenvolvimento do processo de fabricação do núcleo fundido 1:14 incluindo recomendações de fabricação e sugestão do cronograma de próximos passos do projeto para realização da validação da solução em campo.

De forma mais detalhada, a Figura 6 apresenta o cronograma estimado do projeto.

ID	ETAPA	RESPONSÁVEL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
INFORMACIONAL E CONCEITUAL		SENAI CIMATEC MRS																								
1.1	Levantamento de requisitos do projeto	X X																								
1.2	Revisão do estado da arte	X																								
1.3	Mapeamento de anterioridade	X																								
1.4	Visitas em campo	X X																								
1.5	Levantamento e análise de dados de falha	X X																								
1.6	Processos de aquisições e contratações	X																								
1.7	Planejamento dos testes																									
1.7.1	Definir testes a serem realizados	X X																								
1.7.2	Definir metodologias e quantidades de corpos de prova	X X																								
1.7.3	Realizar planejamento experimental	X X																								
1.8	Chegada da matéria-prima no CIMATEC	X X																								
1.9	Relatório da Macroentrega 01	X																								
TESTES EM LABORATÓRIO		SENAI CIMATEC MRS																								
2.1	Análise de falhas																									
2.1.1	Levantamento de dados de campo	X																								
2.1.2	Historiamento dos dados de falha	X																								
2.1.3	Análise do processo de fabricação atual nos fornecedores (fundição, tratamento térmico, cladeamento/martelamento/roleteamento etc)	X																								
2.1.4	Testes com ultrassom, técnicas magnéticas e eletromagnéticas, tomografia de raios-x, líquido penetrante ou outros;	X																								
2.2	Simulações numéricas estruturais																									
2.2.1	Transporte peça para CIMATEC																									
2.2.2	Escaneamento da peça	X X																								
2.2.3	Mapear o funcionamento simplificado da suspensão de trens comerciais	X X																								
2.2.4	Definição da massa e comprimento entre eixos do modelo de trem da análise multicorpos	X X																								
2.2.5	Realizar modelagem multicorpos da passagem do trem	X																								
2.2.6	Acoplamento multicorpos e estática estrutural	X																								
2.2.7	Cálculo de fadiga	X																								
2.3	Análise da liga																									
2.3.1	Realizar simulações termodinâmicas (pequenas variações de composição química a partir da liga atual ASTM A128 – Consultoria André Costa e Silva)	X																								
2.3.2	Realizar testes de fundição em laboratório (ASTM B108)	X																								
2.3.3	Realizar testes de inspeção não destrutiva na peça																									
2.3.4	Realizar testes mecânicos e caracterizações metalúrgicas	X																								
2.4	POCs processo de fabricação																									
2.4.1	Projeto de um molde de fundição para uma peça de pequena escala	X																								
2.4.2	Fabricação do molde	X																								
2.4.3	Testes de fundição em peça de pequena escala	X																								
2.4.4	Tratamento térmico e endurecimento superficial de peça de pequena escala	X																								
2.4.5	Realizar testes mecânicos, caracterizações metalúrgicas e inspeção não destrutiva																									
2.5	Análise por simulação numérica do processo de fabricação																									
2.5.1	Mapeamento do projeto do molde e condições do processo de fundição	X X																								
2.5.2	Realizar modelamento e simulações do processo de fundição	X																								
2.5.3	Calibrar dados das simulações com testes reais	X																								
2.5.4	Simular diversas condições e propor melhorias no processo ou molde																									
2.6	Relatório da Macroentrega 02	X																								

Figura 6. Cronograma do projeto.

3.3. Requisitos:

- Serão testados por simulações termodinâmicas até 5 novas composições químicas;
- As simulações termodinâmicas serão realizadas para avaliar pequenas alterações na composição química partindo da liga atualmente utilizada pela MRS Ferrovias (ASTM A128);
- Serão fundidos e testados em laboratório até 3 novas composições químicas;
- Serão testados até 2 técnicas de endurecimento superficial na etapa da POC em laboratório.

3.4. Riscos do Projeto:

Dimensão	Risco Identificado	Resposta ao Risco	Plano de Ação	Responsável
Gestão	Atrasos na contratação dos fornecedores de materiais ou prestadores de serviços do projeto	Mitigar	1 – Lançamento dos processos de contratação com antecedência; 2 – Realizar mapeamento de diversos fornecedores; 3 – Realizar acompanhamento de cronograma semanalmente, realizando plano de ação caso as atividades comecem a atrasar; 4 – Realizar aditivo de prazo e custo caso as contratações atrasem.	SENAI CIMATEC
Gestão	Prestadores de serviço do projeto desistirem da contratação	Mitigar	1 – Mapear prestadores de serviços alternativos; 2 – Realizar cotações e alinhamento prévio ao início do projeto; 3 – Realizar aditivo de prazo e custo caso as contratações atrasem.	SENAI CIMATEC
Gestão	Atraso na realização dos testes em laboratório	Mitigar	1 – Realizar acompanhamento de cronograma semanalmente, realizando plano de ação caso as atividades comecem a atrasar;	SENAI CIMATEC

			2 – Realizar aditivo de prazo e custo caso as contratações atrasem.	
Técnico	As simulações não serem representativas do processo de fabricação e/ou aplicação final dos “jacarés”	Mitigar	1 – Realizar mapeamento robusto do processo, aplicação e dados do material utilizado para deixar as simulações mais representativas; 2 – Realizar calibrações das simulações com resultados experimentais.	TODOS
Técnico	A solução do problema atual dos “jacarés” exigir um nível de modificação da liga ou do processo de fabricação que não existe no mercado nacional de fornecedores	Mitigar	1 – Realizar mapeamento robusto de possíveis soluções viáveis não somente tecnicamente, mas também economicamente.	TODOS

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

Este desenvolvimento será executado em 24 meses com orçamento de R\$ 4.640.695,69 (quatro milhões, seiscentos e quarenta mil, seiscentos e noventa e cinco reais e sessenta e nove centavos). O valor de R\$ 1.253.355,49 (um milhão, duzentos e cinquenta e três mil, trezentos e cinquenta e cinco mil e quarenta e nove centavos) é desembolsado no Ano 4, o valor de R\$ 2.481.959,74 (dois milhões, quatrocentos e oitenta e um mil, novecentos e cinquenta e nove reais e setenta e quatro centavos) é desembolsado no Ano 5 e o valor de R\$ 905.380,45 (novecentos e cinco mil, trezentos e oitenta reais e quarenta e cinco centavos) é desembolsado no Ano 6.

Seu início está previsto para **01 de março de 2026**.

O documento completo com o Cronograma Físico-Financeiro é apresentado no Anexo II, de acordo com a Portaria n. 17/2023.

Esse valor será alocado da forma descrita abaixo, considerando os valores dos anos 1, 2 e 3 da Concessão, não utilizados anteriormente:

Cronograma físico financeiro	Ano Concessão	Valor	Ano Recurso	Ano dispêndio
Mar 26 a Jul 26	4	1.253.335,49	1	4
Mar 26 a Jul 26	5	2.481.959,74	5	5
Ago 26 a Jul 27	6	905.380,45	6	6
Ago 27 a Jul 28	7	0,00		

5. LOCAL DE EXECUÇÃO

O projeto será desenvolvido em diferentes laboratórios do SENAI CIMATEC e da MRS Logística S.A, além disso, o Distrito Tecnológico do SENAI de São Paulo especializado em processos de fundição será contratado dentro do projeto para realizar alguns ensaios, fundições e consultoria técnica. Cada instalação possui um uso específico nos diferentes estágios de desenvolvimento da solução. Os locais de execução são os seguintes:

SENAI CIMATEC:

- **Instituto SENAI de Inovação em Conformação e União de Materiais (ISI C&UM):** A infraestrutura do ISI C&UM a ser utilizada compreende os laboratórios, com os respectivos equipamentos, a seguir:
- Laboratório de Metalografia: Politrizes, lixadeiras, embutidoras, máquinas de corte, eletropolimento, capela, etc;
- Laboratório de Microscopia: Microscópio óptico, microscópio eletrônico de varredura equipado com EBSD e EDS, estereoscópio;
- Laboratório de Ensaios Mecânicos: Microdurômetro, tribômetro, máquina universal de ensaios, simulador termomecânico Gleeble;
- Galpão de Conformação e União de Materiais: Prensas de 650, 200 e 65 toneladas, chiller da prensa, forno de indução e fornos mufla.
- Ferramentaria com equipamentos de usinagem convencional (tornos, fresadoras, retíficas, centros de usinagem CNCs) e usinagem não convencional (eletroerosão, usinagem de precisão).

6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA

6.1. Identificação da entidade

As entidades executoras do projeto são o SENAI CIMATEC e a MRS Logística S.A. O SENAI CIMATEC tem como prioridade estratégica promover ações integradas, visando o desenvolvimento e à modernização da indústria. Estas ações ocorrem por meio de atividades de educação, qualificação, atendimento tecnológico e de pesquisa aplicada, as quais buscam contemplar atendimentos às empresas que apresentam problemas de baixa, média e alta complexidade.

O SENAI CIMATEC participa de Programas e Redes de Cooperação com Instituições de Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento no Brasil e no Exterior. Estes programas corroboram para a atualização e compartilhamento de conhecimento entre os recursos humanos. Entre estas parcerias destacam-se: Universidade de Salvador (UNIFACS), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Faculdade Metropolitana de Camaçari (FAMEC), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Tecnologia Empresarial (FTE), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

e o Institute für Bildsame Formgebung (Instituto de Conformação Mecânica) da Universidade Técnica da Renânia Vestfálica (RHTW), da Alemanha.

O SENAI CIMATEC possui cerca 14 anos de experiência com desenvolvimento industrial, em 2003 recebeu o prêmio FINEP de inovação tecnológica como instituição destaque no âmbito nacional. Neste projeto irão trabalhar as seguintes áreas de competência do SENAI CIMATEC: Conformação Mecânica e Fundição, Inspeção, Caracterização e Análise de Falhas, Projeto e Fabricação de Ferramentas, Projetos Mecânicos, Simulações e Cálculos.

A MRS Logística S. A. contribuirá no desenvolvimento da solução através da participação nas reuniões técnicas para discussão dos progressos e sugestões de melhorias; auxílio na definição das características da liga e performance da mesma e monitoramento da execução do presente projeto de P,D&I.

6.2. Identificação da equipe executora

Segue abaixo um breve resumo da equipe executora vinculada à UFJF:

1. **Pesquisador 1 (Coordenador):** Tiago Nunes Lima é professor da Universidade SENAI CIMATEC e coordenador da equipe de Conformação Mecânica e Fundição do ISI C&UM. Além disso, é Bolsista CNPq de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora C (DT). No projeto, atua na coordenação geral. CPF: 048.770.455-03. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8458396791421636>.
2. **Pesquisador 2 (Pesquisador Líder):** Rodrigo Santiago Coelho é doutor em Engenharia Mecânica pelo Ruhr-Universität Bochum, Alemanha e aulista convidado do Technische Universität Berlin, Alemanha. Atualmente é bolsista CNPq de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora 2 (DT). No SENAI CIMATEC é professor da pós-graduação stricto sensu orientando diversos alunos e capacitando a equipe do projeto. CPF: 039.303.486-08. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6700468393002141>.
3. **Pesquisadora 3:** Bruna Callegari é doutora em Engenharia Mecânica com ênfase em Materiais pela Universidade de São Paulo. No SENAI CIMATEC, é pesquisadora e líder técnica nas áreas de metalurgia e caracterização, atuando na orientação de bolsistas e contribuindo para a qualidade das entregas técnicas do projeto. CPF: 323.838.388-45. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3863927105521471>.
4. **Pesquisador 4:** Renato Batista da Cruz é Doutor em Ciência dos Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia, atuando como pesquisador e professor na Universidade SENAI CIMATEC. Sua atuação abrange caracterização de materiais, fundição e projetos aplicados à engenharia. CPF: 10008124647. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7277613411755743>.
5. **Pesquisador 5:** João Paulo de Oliveira Paschoal é doutorando em Engenharia Mecânica com ênfase em materiais e processos de fabricação pela Universidade Estadual de Campinas. No SENAI CIMATEC é especialista visitante do Núcleo de Conformação e Fundição. CPF 110.970.126-89. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8524094947657268>.
6. **Pesquisador 6:** Ivison Silva Pereira é Engenheiro Mecânico e mestre em Engenharia dos Materiais pelo Instituto Federal da Bahia. No SENAI CIMATEC

atua em projetos de inovação e serviço tecnológicos das áreas de Conformação Mecânica e Inspeção. CPF: 030.806.455-02. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4866927260623496>.

7. **Pesquisador 7:** João Carlos Simões Queiroz possui técnico em automação industrial, graduação em engenharia industrial mecânica pelo Instituto Federal da Bahia (2020), mestrado em engenharia de materiais pelo Instituto Federal da Bahia (2023) (PPGEM). Atualmente, é pesquisador no Senai Cimatec no núcleo de inspeção não destrutiva, realiza doutorado em engenharia mecatrônica (PPGM) na Universidade Federal da Bahia e é professor do departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Federal da Bahia. CPF: 030.437.865-80. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3024857127511206>.
8. **Pesquisador 8:** Bruno Caetano dos Santos Silva é Engenheiro Mecânico e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo, possui experiência em processos de fabricação e coordenação de equipes multidisciplinares. CPF: 016.359.965-38. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8325253685041345>.
9. **Pesquisador 9:** Erick Cerqueira das Neves possui mestrado e graduação em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Sergipe, com atuação focada no desenvolvimento, aplicação e validação de ensaios não destrutivos. Experiência na gestão de qualidade de empresa do setor metalúrgico. Atualmente desenvolve projetos de pesquisa que visam a utilização de ferramentas robóticas focadas na inspeção de ativos da indústria de Óleo e Gás e desenvolvimento de equipamentos subsea. CPF: 035.328.735-08. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9445523225386398>.
10. **Pesquisador 10:** Lucas Lincoln Fonseca Soares é doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá. No SENAI CIMATEC é professor da Graduação e Líder Técnico do Núcleo de Simulações e Cálculos. CPF: 109.386.936-46. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8727872370333134>.
11. **Pesquisador 11:** Icaro Figueiredo Vilasboas é doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia. No SENAI CIMATEC é professor da Graduação e Engenheiro de Simulações e Cálculos Estruturais. CPF: 041.087.915-09. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3945572933039723>.
12. **Pesquisador 12:** Matheus Passos Sarmento Santos é mestre em engenharia mecânica pelo Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), atua como pesquisador e professor na Universidade SENAI CIMATEC. Sua atuação abrange caracterização de materiais, fundição, simulação numérica e projetos de conformação mecânica. CPF: 061.814.135-96.
13. **Bolsista 1:** Luis Fernando Folle. Será responsável pelo planejamento e coordenação da equipe de simulações do processo de fabricação, dando suporte na redação dos relatórios técnicos, organização e revisão da documentação técnica do projeto. CPF: 974.377.000-34. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8244466314526113>.
14. **Bolsista 2:** A definir. Realizará o mestrado dentro do projeto com o tema envolvendo o uso de simulações numéricas aplicadas ao estudo do processo de fabricação da peça do projeto (jacaré).
15. **Bolsista 3:** A definir. Realizará o mestrado dentro do projeto com o tema envolvendo o uso de inspeções não destrutivas para avaliar defeitos na peça do

projeto (jacaré).

16. **Bolsista 4:** A definir. Aluno de graduação em engenharia mecânica que realizará pesquisas e suporte nas atividades de testes do projeto através de bolsa de iniciação tecnológica.

7. PRODUTOS

O principal produto deste projeto será um documento técnico descrevendo as características do processo de fundição, composição da liga e processo de pós processamento do núcleo fundido (como por exemplo os parâmetros de tratamento térmicos, endurecimento, entre outros) com base nos estudos, simulações e análises realizadas.

São esperados também, a publicação de artigo em periódico indexado e/ou publicação de trabalho nos anais de congressos, notadamente o IHHA/2027, como forma de divulgação do desenvolvimento e comunicação dos seus resultados. Ressalta-se, contudo, que tais publicações e divulgações estão condicionadas à aceitação dos respectivos documentos pelos eventos ou periódicos em questão.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/ NORMATIVOS APLICÁVEIS

- **SANTOS, S.** Transporte Ferroviário. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- **STEFFLER, F.** Via Permanente Aplicada: Guia Teórico e Prático, Rio de Janeiro – Brasil: LTC 2013.
- **SALVADOR, R. D. M., SILVA, L. D. A., FRANCA, A. S., & VASSALLO, R. F.** Detecção automática de aparelhos de mudança de via ferroviários utilizando processamento de imagem. In *Congresso Brasileiro de Automática-CBA* (Vol. 1, No. 1), 2019.
- **BRINA, H. L.** Estradas de Ferro I. Rio de Janeiro: LTC Livros, 1979.
- **MARTINAZZI, C.** Treinamento AMV – Conceitos Básicos & Melhores. MRS Logística, 2007.

9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO

Deverão ser apensados os anexos listados a seguir, e outros que se fizerem necessários:

- I - Resumo do Plano de Trabalho;
- II - Cronograma físico-financeiro do projeto;
- III - Propostas técnicas e comerciais dos terceirizados que irão participar do projeto;
- IV - Cotações comerciais;
- V - Currículo dos coordenadores em formato.pdf;
- VI - Orçamento analítico previsto;
- VII - Lista de bens, produtos e estudos com previsão de transferência.
- VIII – Estrutura Remuneratória SENAI;
- IX – Regulamento e tabela de bolsas;

- X – Carta de imunidade tributária.