

ANEXO III

Propostas técnicas e comerciais de terceirizados

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

RDT - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico

PLANO DE TRABALHO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR
CENTELHAMENTO (FLASH BUTT WELD – FBW) EM TRILHOS
FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR
TERMOMECÂNICO GLEEBLE 563**

**TEMA PRIORITÁRIO: PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO DE
SOLUÇÕES PARA AUMENTO DA SEGURANÇA FERROVIÁRIA,
COM FOCO PRINCIPAL EM PASSAGENS DE NÍVEL E LOCAIS
CRÍTICOS**

VALE S.A. – Estrada de Ferro Vitória a Minas

20/05/2025

SUMÁRIO

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	3
1.1. Título do Projeto:.....	3
1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento.....	3
1.1.2. Temas	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo Geral.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
2. JUSTIFICATIVA	4
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	6
3.1. Métodos e técnicas utilizadas.....	6
3.1.1 Referencial teórico	7
3.1.2 Justificativa e descrição dos materiais, equipamentos, ferramentas e softwares.....	9
3.1.3 Adequações de infraestrutura laboratorial.....	11
3.1.4 Projetos Científicos e Acadêmicos Vinculados ao Projeto	11
3.1.5 Treinamentos Técnicos e Workshops	12
3.2. Etapas.....	13
3.2.1 Etapa 1: Planejamento Inicial e Definição de Parâmetros.....	13
3.2.2 Etapa 2: Execução das Simulações e Ensaios Experimentais	13
3.2.3 Etapa 3: Análise dos Resultados e Desenvolvimento de Modelos	14
3.2.4 Etapa 4: Proposição de Melhorias e Transferência de Tecnologia	14
4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL.....	15
5. LOCAL DE EXECUÇÃO.....	155
6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA	16
6.1. Identificação da entidade	16
6.2. Identificação da equipe executora	166
7. PRODUTOS.....	18
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS.....	19
9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO	21

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. Título do Projeto:

Otimização do Processo de Soldagem de Topo por Centelhamento (Flash Butt Weld – FBW) em Trilhos Ferroviários Utilizando um Simulador Termomecânico Gleeble 563.

1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento

Em consonância com a Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, este projeto se enquadra prioritariamente na diretriz descrita no inciso II do artigo 3º: “melhoria da qualidade dos serviços objeto de concessão ferroviária federal, inclusive relacionada aos atributos de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas”.

Também em consonância com a Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, este projeto possui como objetivo a inovação no desenvolvimento de “tecnologia básica e aplicada” e “soluções técnicas para problemas específicos”, conforme descrito nos incisos II e III do artigo 4º.

1.1.2. Temas

Soldagem de topo de trilhos ferroviários, integridade estrutural de juntas soldadas, entendimento dos efeitos da soldagem sobre as propriedades mecânicas dos trilhos ferroviários, impacto da composição química das diferentes zonas da solda, análise dos ciclos térmicos gerados durante a soldagem, otimização de parâmetros de soldagem.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Investigar e otimizar os parâmetros do processo de soldagem de topo de trilhos ferroviários por centelhamento (Flash Butt Welding - FBW) utilizando o simulador termomecânico Gleeble 563, a fim de melhorar as propriedades mecânicas e a integridade estrutural das juntas soldadas, visando aproximar a vida útil da solda à do trilho.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Simular o Processo de Soldagem FBW utilizando o simulador Gleeble 563 do LabEnsaio do IFMA para reproduzir as condições reais de soldagem de trilhos ferroviários.
- Analisar as Propriedades Mecânicas por meio testes de microdureza, impacto Charpy e tração nas várias regiões da junta soldada (metal base, zona de solda e zona afetada pelo calor).
- Caracterizar as microestruturas das zonas de solda por técnicas de microscopia ótica (MO) e eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia por energia dispersiva (EDS), e difração de elétrons retroespalhados (EBSD).
- Estudar os Efeitos dos Parâmetros de Soldagem como corrente elétrica, tempo de

aquecimento e pressão de compressão e avaliar suas influências na qualidade das juntas soldadas.

- Correlacionar os ciclos térmicos com as transformações de fase e propriedades mecânicas resultantes.
- Criar modelos teóricos e empíricos para prever o comportamento das juntas soldadas sob diferentes condições de soldagem.
- Propor Melhoria nos Parâmetros de Processo FBW para otimizar as características metalúrgicas e mecânicas das juntas soldadas, visando aumentar a durabilidade e segurança dos trilhos ferroviários.

2. JUSTIFICATIVA

Este projeto está sendo proposto devido à importância crítica da soldagem de trilhos para a segurança, eficiência e durabilidade das operações ferroviárias.

A soldagem desempenha um papel importante e significativo na segurança, eficiência e durabilidade das operações ferroviárias, aspectos essenciais para a confiabilidade do transporte ferroviário. Soldas de qualidade garantem a continuidade estrutural dos trilhos, minimizando o risco de falhas críticas, como trincas ou fraturas, que podem levar a acidentes graves, como descarrilamentos. Além disso, a uniformidade das soldas impacta diretamente a eficiência operacional, ao evitar irregularidades que geram desgaste excessivo nos trilhos e nas rodas, aumentando o consumo energético e os custos de manutenção. Processos de soldagem otimizados ampliam a durabilidade dos trilhos e reduzem a necessidade de intervenções frequentes, promovendo maior vida útil e diminuindo os custos operacionais ao longo do tempo. A relevância desses fatores justifica a proposta deste projeto, que busca contribuir para um transporte ferroviário mais seguro, eficiente e sustentável.

Deste modo, busca-se trazer para uma escala laboratorial o processo de soldagem aplicado em campo como no estaleiro assim como em solda móvel em caminhão de soldagem, permitindo a avaliação controlada de trilhos ferroviários de diferentes fornecedores, possibilitando identificar variáveis críticas e propor melhorias com base em evidências científicas e testes padronizados.

O processo de soldagem atualmente é considerado estável, mas ainda apresenta oportunidades significativas de melhoria. Uma das principais limitações é a vida útil da solda, que permanece inferior à do trilho, comprometendo a durabilidade do conjunto. Este projeto busca reduzir essa lacuna, visando alcançar uma vida útil da solda mais próxima à do trilho. O aumento da durabilidade desse componente resulta na melhoria da qualidade do serviço prestado, como também na confirmação de benefícios diretos para a segurança das operações ferroviárias.

Como um fator inovador, a integração de um simulador termomecânico Gleeble 563 no processo permite a reprodução controlada das condições reais de soldagem, proporcionando uma oportunidade única para otimizar parâmetros que impactam diretamente a qualidade das juntas soldadas dos trilhos ferroviários. Essas otimizações podem trazer benefícios significativos ao setor ferroviário, como a redução de falhas estruturais e o aumento da vida útil dos trilhos, aspectos fundamentais para manter a segurança nas operações.

A otimização dos parâmetros do processo de soldagem de trilhos resultará em juntas soldadas mais resistentes e seguras, reduzindo a necessidade de manutenções e aumentando a confiabilidade operacional. As inovações propostas permitirão à indústria

ferroviária diminuir o tempo de inatividade e reduzir os custos operacionais, garantindo maior segurança para passageiros e cargas. As concessionárias ferroviárias se beneficiarão diretamente ao implementar tecnologias que otimizam o processo de soldagem diminuindo gastos excessivos com manutenção corretivas. Esses avanços podem melhorar a competitividade das concessionárias, agregando valor às suas operações e serviços. Tanto a União quanto as sociedades se beneficiarão com o aumento da eficiência do transporte de cargas e passageiros e consequente impacto positivo no desenvolvimento econômico e na infraestrutura do país.

Através do uso de tecnologias avançadas, como o simulador Gleeble 563, o projeto oferece uma abordagem inédita para otimizar a soldagem de trilhos e gerar novos conhecimentos técnicos aplicáveis às operações ferroviárias. Isso proporcionará inovações quanto à otimização de parâmetros do processo de FBW (corrente, tempo de aquecimento e pressão). Serão desenvolvidos modelos preditivos baseados em dados empíricos para prever o comportamento das juntas soldadas em diferentes condições operacionais, e aplicação de análises avançadas de microestrutura e propriedades mecânicas das regiões soldadas para melhorar a compreensão dos processos físicos e metalúrgicos que ocorrem durante a soldagem de trilhos.

Este projeto promove a eficiência e segurança ferroviária, trazendo conhecimentos relevantes para a definição de parâmetros de processo de solda para alcançar maior resistência, resultando em maior qualidade e durabilidade das soldas nos trilhos, atendendo ao inciso II do artigo 3º da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023: “melhoria da qualidade dos serviços objeto de concessão ferroviária federal, inclusive relacionada aos atributos de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas”.

Seus resultados também se correlacionam com os incisos II (tecnologia básica e aplicada) e III (soluções técnicas para problemas específicos) do artigo 4º da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, visto que contribuem para a modernização da infraestrutura ferroviária ao introduzir novos métodos e técnicas baseadas em simulação termomecânica para aprimorar processos industriais, fomentando a inovação tecnológica no setor através do desenvolvimento de novos parâmetros e soluções aplicáveis à soldagem de trilhos, impactando positivamente na resolução da problemática de soldas com vida útil inferior aos dos trilhos.

O presente projeto, foi elaborado em consonância com o disposto no inciso I, do artigo 8º, da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023. Não se destinando ao cumprimento das obrigações contratuais regulares atribuídas à concessionária. O objetivo primordial reside no desenvolvimento e implementação de estudos, bem como de soluções tecnológicas e/ou inovadoras, direcionadas para atender às demandas do setor ferroviário, proporcionando, assim, suporte técnico e científico que favoreça o aprimoramento do posicionamento estratégico e competitivo do setor logístico ferroviário. Além disso, busca-se agregar valor à comunidade e à gestão pública vinculada ao setor, por meio de iniciativas inovadoras e proativas, com foco na modernização e na sustentabilidade das ferrovias. Sendo assim, o projeto visa contribuir, de maneira efetiva, para o progresso e a evolução contínua do sistema ferroviário, alinhando-se aos melhores interesses do setor e da sociedade como um todo.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Métodos e técnicas utilizadas

Este projeto visa a otimização do processo de soldagem de trilhos ferroviários por centelhamento (Flash Butt Welding - FBW) utilizando o simulador termomecânico Gleeble 563. As atividades se desenvolverão em simulações experimentais, ensaios mecânicos e caracterizações microestruturais, e análise, otimização de parâmetros de soldagem e testes.

A simulação do processo de soldagem será conduzida no Gleeble 563, um equipamento que permite reproduzir as condições termomecânicas de soldagem de trilhos em escala de laboratório, simulando com precisão os ciclos térmicos e mecânicos. O objetivo é replicar as condições reais de soldagem de trilhos ferroviários para melhor entendimento dos parâmetros críticos que afetam a qualidade da solda como temperatura de soldagem e sua influência na fusão e penetração da solda, tempo de aquecimento para controlar a taxa de fusão e a formação de microestruturas desejáveis e força de recalque para avaliar a formação de defeitos como porosidade e descontinuidades na solda.

Os ensaios mecânicos serão realizados para avaliar as propriedades das juntas soldadas e verificar a integridade estrutural das soldas os quais estão incluídos:

- Teste de microdureza para medir a variação de dureza em diferentes regiões da junta soldada, como a zona fundida (ZF), a zona afetada pelo calor (ZAC) e o metal base (MB) Procedimento: Mapeamento da dureza ao longo da seção transversal das juntas para identificar a influência dos parâmetros de soldagem nas propriedades locais.
- Ensaio de impacto Charpy aplicado para medir a resistência ao impacto nas diferentes regiões da junta soldada. Amostras serão extraídas da solda e submetidas a testes de impacto à temperatura ambiente e em baixas temperaturas, permitindo a avaliação da tenacidade do material.
- Ensaio de tração com o objetivo em medir a resistência à tração, o limite de escoamento e a deformação na fratura das juntas soldadas. Corpos de prova serão retirados das soldas, e as propriedades mecânicas serão correlacionadas com as microestruturas formadas durante a soldagem.

A caracterização microestrutural é essencial para entender as transformações que ocorrem nas diferentes zonas da solda e como elas afetam as propriedades mecânicas.

- Microscopia Óptica (MO): será utilizada para a análise inicial das microestruturas formadas nas zonas soldadas permitindo observar a morfologia dos grãos e possíveis defeitos, como trincas ou descontinuidades. As amostras serão preparadas por lixamento e polimento, e em seguida, atacadas quimicamente para revelar as microestruturas.
- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) serão utilizadas para análises mais detalhadas da microestrutura e da composição química das diferentes zonas da solda. O MEV fornecerá imagens de alta resolução das regiões soldadas, enquanto o EDS ajudará a identificar variações na composição química, como segregação de elementos durante o processo de soldagem. Serão obtidas micrografias de alta resolução, e o EDS será usado para mapear a distribuição de elementos químicos, especialmente aqueles críticos para a formação de fases indesejadas.

- Difração de Elétrons Retroespalhados (EBSD): esta técnica permitirá a análise das texturas cristalinas e a identificação de orientações de grãos e fases presentes nas diferentes zonas da solda, possibilitando a compreensão das transformações de fase induzidas pelo calor durante a soldagem.

A análise dos ciclos térmicos gerados durante a soldagem será fundamental para correlacionar os parâmetros de soldagem com as propriedades resultantes da solda.

Utilizando os dados dos ciclos térmicos gerados durante as simulações no simulador Gleeble 563, será realizada uma análise detalhada das transformações de fase. Técnicas como difração de raios X (DRX) serão empregadas para identificar as fases presentes nas juntas soldadas.

Os dados coletados dos ensaios e simulações serão utilizados para criar modelos teóricos e empíricos que correlacionem os parâmetros de soldagem com as propriedades mecânicas e microestruturais.

Utilizando os resultados experimentais, serão desenvolvidos modelos para prever o comportamento das juntas soldadas sob diferentes condições operacionais. Esses modelos ajudarão a determinar os parâmetros ótimos para maximizar a resistência e a durabilidade das soldas.

Com base nas análises de microestrutura e propriedades mecânicas, serão propostas melhorias nos parâmetros de soldagem (corrente, tempo de aquecimento, pressão) para garantir a formação de juntas soldadas com propriedades metalúrgicas superiores, aumentando a vida útil e a segurança dos trilhos ferroviários.

Por fim, após a otimização dos parâmetros em laboratório, a equipe de pesquisa sugere que sejam mantidas as conexões entre a academia e o setor industrial afim de acompanhamentos de dados de parâmetros de processos no estaleiro de solda da ferrovia testados em condições operacionais. Os acompanhamentos desses dados permitirão avaliar a performance a longo prazo das juntas soldadas otimizadas, validando os resultados obtidos no laboratório sob condições reais de operação ferroviária.

3.1.1. Referencial teórico

Uma das importantes tecnologias de soldagem por resistência elétrica, o processo de soldagem de topo por centelhamento (Flash Butt Weld – FBW) é amplamente utilizado em várias indústrias como transporte, óleo e gás, e ferrovias na união de trilhos ferroviários entre outras [1–4]. Durante o processo de FBW, os dois lados da estrutura que serão soldadas ficam em contato enquanto são rapidamente aquecidas até fundirem-se proporcionado a sua união através do calor de resistência gerado pela corrente elétrica. Um dos lados é fixado e o outro é comprimido através de um sistema móvel. Quando o metal da superfície de contato for suficientemente aquecido garantindo assim certa plasticidade no metal, a corrente de centelhamento é interrompida e a parte móvel aplica uma força de compressão para unir as superfícies de contato [5–8]. Este processo pode ser caracterizado como uma combinação de fusão e forjamento que produzem juntas soldadas com desempenho mecânico superior comparável ao metal de base [6,7,9]. Esta técnica apresenta vantagens sobre os processos de soldagem convencional devido a sua alta eficiência, boa conformabilidade e independência de arame de enchimento adicional de soldagem [5,10,11].

A microestrutura dos aços empregados em trilhos ferroviários é majoritariamente perlítica [12,13]. Para aumentar a dureza superficial dos trilhos e reduzir o desgaste nas áreas de contato entre roda e trilho, os métodos mais utilizados têm sido a redução do espaçamento

interlamelar da perlita por meio de tratamentos térmicos e/ou a incorporação de elementos de liga [12,14,15]. Pesquisas anteriores [16,17] demonstraram que o tamanho do grão austenítico anterior influencia no espaçamento interlamelar da perlita o que afeta as propriedades mecânicas dos trilhos ferroviários. Estudos detalhados sobre a evolução estrutural dos trilhos perlíticos durante o processo de soldagem por flash-butt (FBW) ainda são poucos [18]. Técnicas como dilatométrica para correlacionar aspectos dos ciclos térmicos da soldagem, como a temperatura máxima e as taxas de resfriamento, com o desenvolvimento da microestrutura e as propriedades resultantes também são de suma importância neste contexto [19–21].

- **Soldagem de topo por Centelhamento (Flash Butt Welding - FBW)**

Em qualquer processo de soldagem por resistência, duas ou mais peças de metal são unidas por calor e pressão por um período controlado. A fórmula básica é expressa como:

$$Q=i^2 \times R \times t$$

Onde, Q é calor envolvido no processo, i é a corrente elétrica e t o tempo de exposição.

No processo FBW, os dois lados do metal a serem unidos são colocados em contato ou a certa distância com o intuito de provocar centelhamento enquanto uma corrente elétrica é passada através deles, aquecendo as superfícies de contato até a temperatura apropriada para facilitar a difusão dos átomos entre as duas superfícies [5]. A combinação de fusão e forjamento resulta em uma junta soldada com propriedades mecânicas superiores e alta integridade estrutural [22,23].

Durante a soldagem por FBW, as altas temperaturas e as rápidas taxas de resfriamento induzem transformações de fase significativas na microestrutura do aço [2,3,8]. A zona afetada pelo calor (ZAC) e a zona de solda (ZS) experimentam mudanças na distribuição de fases, tamanho de grão e a formação de novos constituintes, que podem impactar diretamente as propriedades mecânicas da junta soldada. Estudos como os de Chaves et al. [15] e Mishra et al. [16] destacam a importância do tamanho do grão austenítico anterior e a esferoidização da cementita na determinação das características finais da perlita [13,17].

Os parâmetros de soldagem, como a corrente elétrica, temperatura, tempo de aquecimento e pressão de compressão, são críticos na determinação da qualidade da junta soldada [24,25]. A correta combinação desses parâmetros pode minimizar defeitos como porosidade, trincas e descontinuidades, assegurando a integridade estrutural e as propriedades mecânicas desejadas [26,27].

- **Aplicações e Impactos na Indústria Ferroviária**

Os trilhos ferroviários são predominantemente compostos por aço perlítico, uma microestrutura caracterizada por lamelas de ferrita e cementita [12,14,15]. A perlita oferece uma combinação de dureza e tenacidade, essencial para suportar as altas cargas e desgaste nas interfaces roda-trilho. Como mencionando anteriormente, modificações na microestrutura, como redução do espaçamento interlamelar da perlita, podem ser obtidas por tratamentos térmicos ou adição de elementos de liga, melhorando a resistência ao desgaste e a dureza superficial [16]. A otimização do processo de soldagem de trilhos por FBW é vital para a manutenção e operação segura das ferrovias. Juntas soldadas de alta qualidade garantem maior durabilidade dos trilhos, reduzindo custos de manutenção e aumentando a eficiência operacional [18]. Além disso, o aprimoramento das técnicas de soldagem contribui para a segurança do transporte ferroviário, prevenindo falhas catastróficas e assegurando um serviço de transporte confiável e seguro [28,29].

3.1.2. Justificativa e descrição dos materiais, equipamentos, ferramentas e softwares

Para a execução e sucesso do projeto de otimização do processo de soldagem de trilhos ferroviários por centelhamento (FBW) utilizando o simulador termomecânico Gleeble 563, será necessário o uso e/ou aquisição de diversos materiais, equipamentos, ferramentas e softwares. Abaixo estão discriminados os principais recursos que serão empregados, assim como sua importância para a obtenção dos resultados esperados.

- Simulador Termomecânico Gleeble 563: Este equipamento pertence ao LabEnsaio do IFMA e foi adquirido recentemente através de um projeto FINEP-MCTI. Este equipamento realiza simulações termomecânicas do processo de soldagem FBW, reproduzindo as condições reais de soldagem e controle preciso dos parâmetros de temperatura e deformação. O simulador Gleeble 563 é essencial para o desenvolvimento do projeto, pois permitirá a análise detalhada dos parâmetros de soldagem e sua influência nas propriedades das juntas soldadas.
- A manutenção e calibração do simulador termomecânico Gleeble será realizada anualmente (uma vez ao ano) de forma a manter o simulador funcional e certificado.
- Software JmatPro: possui a finalidade de realizar simulações termodinâmicas para prever as transformações de fase que ocorrem durante o ciclo térmico de soldagem, permitindo o ajuste fino dos parâmetros de soldagem auxiliando na análise das transformações metalúrgicas para otimizar a microestrutura resultante. O JMatPro é uma ferramenta indispensável. Adicionalmente, este software permite realizar simulações de propriedades mecânicas e previsões de comportamento sob diferentes condições termomecânicas. O JMatPro permitirá uma análise mais detalhada das propriedades físicas e mecânicas dos materiais durante o processo de soldagem. Este software será adquirido com recursos advindo do projeto. A licença prevista é a acadêmica, Módulo de ligas de Fe (inclui aços em geral, aços inox e ferros fundidos).
- Equipamentos para Preparação de Amostras Metalográficas: Estes equipamentos serão utilizados para preparar amostras de qualidade para as análises metalográficas, sendo cruciais para o sucesso das análises microestruturais das soldas. Estes equipamentos serão adquiridos com recursos advindo do projeto com o objetivo de ficarem dedicados a atender o projeto.
 - Cortadora de Precisão: cortar amostras de forma precisa sem induzir deformações excessivas ou danificar a microestrutura. Garantir cortes limpos e exatos, essenciais para a qualidade das amostras que serão analisadas em microscopia óptica e eletrônica.
 - Politriz Automática: polir as amostras após o corte, removendo imperfeições superficiais e preparando-as para observação em microscópios. O polimento adequado é essencial para que as microestruturas possam ser analisadas com clareza, sem interferências causadas por superfícies irregulares.
 - Politriz Minimet 1000: realizar polimento automático de amostras pequenas com controle preciso de força e tempo, garantindo superfícies de alta qualidade. Esse equipamento permitirá preparar amostras com precisão, especialmente em áreas críticas, como as diferentes zonas da solda para avaliação por EBSD.
 - Embutidora Metalográfica: embutir amostras metálicas em resinas específicas para facilitar o manuseio durante as fases de polimento e análise. Esse

equipamento facilita o preparo de amostras pequenas e delicadas, como as obtidas da zona de solda, garantindo que possam ser trabalhadas sem o risco de danos.

- **Máquina Universal de Tração:** esse equipamento realiza testes de tração para avaliar a resistência mecânica e a deformação das juntas soldadas. Os ensaios de tração são fundamentais para verificar a integridade estrutural das soldas, permitindo a avaliação da resistência à tração, limite de escoamento e alongamento na fratura. Esse equipamento é essencial para confirmar se as juntas soldadas atingem os requisitos de resistência esperados. Este equipamento faz parte da infraestrutura existente no IFMA.
- **Microscópio Óptico (MO):** equipamento pertencente ao LabEnsaos – IFMA que irá realizar a análise inicial da morfologia dos grãos e identificar possíveis defeitos ou trincas. O MO é uma ferramenta básica, mas essencial, para observar as microestruturas resultantes da soldagem.
- **Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV):** fornecer imagens de alta resolução das diferentes zonas da solda, permitindo observar microestruturas em nível mais profundo, como a forma e o tamanho dos grãos e fases presentes. Crucial para análises detalhadas de microestruturas e defeitos na solda, como porosidades e trincas. Este equipamento pertence ao laboratório LabEnsaos do IFMA e a sua utilização é paga.
- **Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS):** analisar a composição química das diferentes zonas da solda. O EDS auxiliará na identificação de elementos críticos na solda, principalmente em regiões onde há segregação de elementos durante o processo. A análise de composição química está associada ao MEV, durante a hora de utilização do microscópio.
- **Difração de Elétrons Retroespalhados (EBSD):** estudar a orientação cristalográfica dos grãos e as transformações de fase que ocorrem durante a soldagem. O EBSD fornecerá uma análise detalhada das texturas e orientações cristalinas, permitindo uma correlação mais precisa entre os parâmetros de soldagem e as propriedades microestruturais. A análise de EBSD está associada ao MEV, durante a hora de utilização do microscópio.
- **Microdurômetro:** realizar medições de microdureza nas diferentes zonas da junta soldada (metal base, zona de solda e zona afetada pelo calor), permitindo a caracterização detalhada das propriedades mecânicas locais. Este equipamento pertence ao laboratório LabEnsaos do IFMA.
- **Máquina de Ensaio de Impacto:** realizar ensaios de impacto Charpy para avaliar a tenacidade das juntas soldadas, especialmente em diferentes temperaturas, analisando a absorção de energia nas zonas críticas da solda. O ensaio de impacto é fundamental para determinar a resistência ao impacto e a capacidade das juntas soldadas de suportar cargas dinâmicas, fornecendo informações sobre a fragilidade ou ductilidade da solda. Esta máquina pertence ao laboratório LabEnsaos do IFMA.

Alguns dos equipamentos mencionados, como o simulador termomecânico Gleeble 563, Microdurômetro, Máquina de Ensaio de Impacto e os microscópios, já estão disponíveis no laboratório. No entanto, equipamentos para preparação de amostras, como a politriz, cortadora de precisão e embutidora serão adquiridos com recursos advindos mediante aprovação do projeto.

- Materiais Consumíveis que deverão ser adquiridos para atender o projeto no desenvolvimento das atividades experimentais
 - Serão utilizados termopares tipo K e R nas simulações de soldagem. Sendo que os termopares do tipo K atingem a temperatura de 1200 °C e são utilizados para ensaios de dilatometria. Enquanto os termopares do tipo R atingem temperaturas superiores a 1600 °C;
 - Folhas finas de Tântalo puro para evitar difusão do metal soldado e as garras da Gleeble;
 - Resinas para embutimento: utilizadas para encapsular as amostras durante o preparo metalográfico;
 - Lixas e polidores: consumíveis para as etapas de lixamento e polimento das amostras;
 - Discos abrasivos e discos diamantados para cortes das amostras;
 - Garras para Gleeble: garras em cobre e em aço inoxidável.

3.1.3. Adequações de infraestrutura laboratorial

A infraestrutura existente será reformada para alocar os novos equipamentos. No local será construída uma parede em alvenaria, uma bancada de trabalho com uma pia, instalação de uma porta e uma janela. Neste local também serão instaladas a rede elétrica e hidráulica conforme a especificidade de cada equipamento.

A reforma do laboratório de preparação de amostras para metalografia é uma necessidade crítica para atender à nova demanda de pesquisa. As modificações propostas não apenas criam um espaço dedicado e funcional, mas também asseguram que o ambiente atenda aos padrões de segurança e eficiência necessários para a realização de estudos de qualidade. A criação deste espaço físico é, portanto, essencial para o sucesso das atividades de pesquisa, contribuindo para o avanço do conhecimento na área proposta.

3.1.4. Projetos Científicos e Acadêmicos Vinculados ao Projeto

O desenvolvimento do projeto permitirá a criação de diversas iniciativas científicas e acadêmicas, impactando tanto o avanço do conhecimento quanto a formação de novos pesquisadores. Abaixo estão discriminados os principais projetos que serão desenvolvidos em função desse projeto principal:

I. Projeto de Pesquisa de Mestrado

Título: "Análise da Influência dos Parâmetros de Soldagem de Centelhamento nos Trilhos Ferroviários"

Objetivo: estudar os efeitos dos diferentes parâmetros de soldagem (corrente, tempo de aquecimento e pressão de compressão) sobre as propriedades microestruturais e mecânicas das juntas soldadas.

Importância: esse projeto será fundamental para a formação de novos mestres em áreas relacionadas à engenharia de materiais e ferrovias, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico do setor ferroviário.

II. Projeto de Iniciação Científica

Título: "Caracterização Microestrutural das Juntas Soldadas por FBW em Trilhos

Ferrovíários"

Objetivo: analisar as microestruturas formadas nas diferentes zonas da solda (zona de fusão, metal base e zona termicamente afetada) utilizando técnicas de microscopia ótica e eletrônica.

Importância: este projeto visa introduzir alunos de graduação às técnicas avançadas de caracterização de materiais, fornecendo experiência prática e ajudando a formar futuros pesquisadores.

III. Projeto de Extensão

Título: "Popularização da Engenharia Ferroviária: Processos de Soldagem de Trilhos e Impactos na Infraestrutura Nacional"

Objetivo: difundir o conhecimento sobre os processos de soldagem de trilhos e seu impacto na segurança e eficiência das operações ferroviárias para o público em geral e alunos de escolas técnicas.

Importância: esse projeto de extensão permitirá maior interação entre as instituições acadêmicas e a comunidade, promovendo o interesse por temas de engenharia ferroviária e despertando vocações em jovens estudantes.

IV. Projeto de Pesquisa Aplicada em Parceria com Indústrias Ferroviárias

Título: "Otimização de Processos de Manutenção Ferroviária através da Soldagem FBW"

Objetivo: trabalhar em conjunto com concessionárias ferroviárias e indústrias do setor para adaptar os resultados da pesquisa às práticas industriais e de manutenção de trilhos ferroviários.

Importância: este projeto permitirá a transferência de tecnologia para o setor produtivo, promovendo inovações que possam ser aplicadas diretamente nas operações ferroviárias, aumentando a segurança e a eficiência do transporte ferroviário no Brasil.

V. Publicação de Artigos Científicos

Descrição: o projeto gerará dados e resultados que serão disseminados por meio da publicação de artigos científicos em revistas de alto impacto nas áreas de engenharia de materiais e ferrovias, além da apresentação de resultados em congressos nacionais e internacionais.

Importância: a disseminação do conhecimento gerado pelo projeto contribuirá para o reconhecimento internacional da pesquisa, além de possibilitar a troca de experiências e conhecimento com outros pesquisadores e profissionais da área.

3.1.5. Treinamentos Técnicos e Workshops

Descrição: realização de treinamentos e workshops técnicos com foco nos operadores de soldagem e profissionais envolvidos na manutenção ferroviária, oferecendo uma formação atualizada com base nos avanços do projeto.

Importância: esses treinamentos vão proporcionar a capacitação de profissionais do setor ferroviário, promovendo a aplicação prática dos conhecimentos gerados no projeto.

Estes treinamentos e workshops serão realizados no IFMA ou na concessionária e abrangerá conhecimentos de metalurgia física da soldagem em trilhos, tema de suma importância científica para todos os níveis de colaboradores envolvidos com soldagem em trilhos ferroviários.

3.2. Etapas

O projeto será desenvolvido em etapas sequenciais, cada uma com atividades específicas e métodos definidos. Estas estão detalhadas com suas respectivas atividades, métodos adotados e a relevância para o sucesso do projeto.

3.2.1. Etapa 1: Planejamento Inicial e Definição de Parâmetros

Objetiva-se definir os parâmetros técnicos iniciais do processo de soldagem por centelhamento (Flash Butt Welding - FBW) e os ensaios a serem realizados, com as seguintes atividades previstas.

- Atividade A: Revisão da literatura técnica: pesquisa sobre processos de soldagem FBW em trilhos ferroviários e análise de casos de estudo anteriores.

Método: revisão bibliográfica de artigos científicos, patentes e normas técnicas relacionadas ao processo FBW.

Produto esperado: relatório técnico sobre os parâmetros de soldagem e características de trilhos ferroviários.

- Atividade B: Seleção dos parâmetros iniciais de soldagem: escolha dos parâmetros de corrente elétrica, tempo de aquecimento, pressão de compressão e ciclos térmicos para a soldagem simulada.

Método: consulta a normas técnicas e testes preliminares no simulador termomecânico Gleeble 563.

Produto esperado: definição dos parâmetros iniciais e planejamento experimental.

- Atividade C: Aquisição e preparação de materiais, equipamentos e software: compra de insumos e equipamentos necessários, como o JMatPro, cortadora de cutoff e cortadora de precisão, politrizes e embutidora, máquina serra fita

Método: aquisição e instalação dos equipamentos nos laboratórios.

Produto esperado: equipamentos instalados e prontos para uso.

Observação: o planejamento inicial garante a escolha correta dos parâmetros de soldagem e a estruturação experimental, além de assegurar que os recursos materiais e equipamentos estejam disponíveis.

3.2.2. Etapa 2: Execução das Simulações e Ensaios Experimentais

Pretende-se simular o processo de soldagem FBW em trilhos ferroviários e realizar ensaios mecânicos e microestruturais das juntas soldadas, possuindo as seguintes atividades.

- Atividade D: Simulação do processo de soldagem FBW no Gleeble 563: utilização do simulador termomecânico para reproduzir as condições reais de soldagem em laboratório.

Método: aplicação dos parâmetros de temperatura, pressão e tempo de aquecimento previamente definidos.

Produto esperado: amostras soldadas prontas para análise.

- Atividade E: Ensaios mecânicos (tração, impacto Charpy, microdureza): testes de resistência à tração, impacto e microdureza nas zonas soldadas (metal base, zona

termicamente afetada e zona de solda).

Método: execução dos ensaios em máquinas de tração, impacto e microdurômetro.

Produto esperado: relatórios com resultados quantitativos dos ensaios mecânicos.

- Atividade F: Caracterização microestrutural das zonas de solda: análise das microestruturas formadas nas juntas soldadas usando microscopia ótica (MO) e eletrônica de varredura (MEV).

Método: preparação das amostras metalográficas e análise por MEV, EDS e EBSD.

Produto esperado: relatórios de análise microestrutural.

Observação: a execução das simulações e ensaios é o núcleo experimental do projeto, permitindo o estudo detalhado das propriedades mecânicas e microestruturais das juntas soldadas.

3.2.3. Etapa 3: Análise dos Resultados e Desenvolvimento de Modelos

Propõe-se correlacionar os parâmetros de soldagem com os resultados experimentais e desenvolver modelos para otimização do processo, contemplando as atividades:

- Atividade G: Análise dos resultados dos ensaios e microestruturas: comparação dos resultados mecânicos e microestruturais com os parâmetros de soldagem aplicados.

Método: aplicação de métodos estatísticos e análise crítica dos resultados.

Produto esperado: relatório detalhado de correlações entre parâmetros e resultados.

- Atividade H: Desenvolvimento de modelos teóricos e empíricos: criação de modelos que preveem o comportamento das juntas soldadas sob diferentes parâmetros de soldagem.

Método: utilização dos softwares ThermoCalc e JMatPro para simulação termodinâmica e de transformações de fase.

Produto esperado: modelos preditivos de comportamento das juntas soldadas.

Importância: essa etapa é essencial para entender como os parâmetros influenciam a qualidade da soldagem e como otimizar o processo, além de fornecer uma base teórica sólida para futuros desenvolvimentos.

3.2.4. Etapa 4: Proposição de Melhorias e Transferência de Tecnologia

Sugere melhorias no processo FBW e transferir o conhecimento gerado para a indústria ferroviária. Com as seguintes atividades previstas:

- Atividade I: Proposição de parâmetros otimizados para o processo de soldagem: com base nos resultados obtidos, sugerir melhorias nos parâmetros de soldagem.

Método: Avaliação dos resultados experimentais e revisão técnica dos modelos desenvolvidos.

Produto esperado: Relatório técnico com sugestões de otimização do processo.

- Atividade J: Transferência de tecnologia e resultados para a indústria: realização de workshops e reuniões técnicas com representantes da indústria ferroviária para apresentar os resultados.

Método: seminários e divulgação em congressos nacionais e internacionais.

Produto esperado: documentos técnicos de implementação e disseminação dos resultados.

Importância: a transferência de tecnologia garante que os resultados do projeto sejam aplicados na prática, melhorando a eficiência e segurança dos trilhos ferroviários no Brasil.

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

A previsão de início deste projeto será em 01 de Setembro de 2025 (01/09/2025) e o prazo necessário para o desenvolvimento do projeto é de 3 anos (36 meses). O custo total deste projeto será de R\$ 2.261.666,13 (Dois milhões, duzentos e sessenta e um mil, seiscentos e sessenta e seis reais e treze centavos), apropriado na verba disponível de RDT no contrato de concessão da Estrada de Ferro Vitória a Minas, abordado detalhadamente nos anexos II e VI.

Valor de investimento 2025: R\$ 525.428,30 (Quinhentos e vinte e cinco mil, quatrocentos e vinte e oito reais e trinta centavos)

Valor de investimento 2026: R\$ 954.709,33 (Novecentos e cinquenta e quatro mil, setecentos e nove reais e trinta e três centavos)

Valor de investimento 2027: R\$ 520.708,50 (Quinhentos e vinte mil, setecentos e oito reais e cinquenta centavos)

Valor de investimento 2028: R\$ 260.820,00 (Duzentos e sessenta mil, oitocentos e vinte reais)

O valor total considera a destinação de 15% do valor total dos recursos financeiros destinados à execução do projeto, para cobertura de despesas operacionais e administrativas necessárias à execução desses acordos, convênios e contratos (Decreto nº 9.283 de 07 de fevereiro de 2018 - Art. 74).

5. LOCAL DE EXECUÇÃO

O projeto será desenvolvido em diferentes etapas, distribuídas por laboratórios, bem como consolidação dos resultados da pesquisa no estaleiro de solda da ferrovia. A seguir, apresentamos os locais principais para a execução das atividades propostas:

- Laboratório de Ensaios Mecânicos e Termomecânicos (LabEnsaios) – IFMA

Localização: Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Campus São Luís Monte Castelo.

Descrição: o LabEnsaios do IFMA será o principal local de execução dos ensaios experimentais do projeto. Neste local serão realizadas as simulações de soldagem de topo por centelhamento (FBW) utilizando o simulador termomecânico Gleeble 563. Também serão conduzidos os ensaios mecânicos, como tração, impacto Charpy, e microdureza, além de análises microestruturais usando microscopia ótica e eletrônica de varredura.

- Laboratório de Metalografia e Análise de Materiais – IFMA

Localização: IFMA, Campus São Luís.

Descrição: neste laboratório, as amostras soldadas serão preparadas para análise

metalográfica. Equipamentos como cortadora de precisão, politriz, embutidora, serão utilizados para a preparação e análise das juntas soldadas. Além disso, softwares como o ThermoCalc e JMatPro serão empregados para o desenvolvimento de modelos teóricos de comportamento de solda.

- Trechos Experimentais – Oficina Ferroviária da estrada de ferro Carajás e Estaleiro de Solda

Localização: localizada em São Luis do Maranhão dentro das instalações da VALE ou outra concessionária relevante que possa se interessar no projeto.

Descrição: a oficina da estrada de ferro Carajás assim como no estaleiro de solda, será realizada investigação dos processos de soldas por FBW em juntas de trilhos.

Cada um dos locais descritos desempenha um papel essencial na condução das atividades do projeto, desde a preparação das amostras, passando pela execução dos testes e análises, até a validação em condições reais de solda nas ferrovias. A combinação desses espaços de pesquisa garantirá o desenvolvimento robusto e bem-sucedido do projeto.

6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA

6.1. Identificação da entidade

Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Campus São Luís Monte Castelo.

Laboratórios Envolvidos: Laboratório de Ensaios Mecânicos e Termomecânicos (LabEnsaio), Laboratório de Metalografia e Análise de Materiais.

Área de Atuação: Ensino, Pesquisa e Extensão em Engenharia Mecânica e de Materiais

Histórico: o Instituto Federal do Maranhão, através de seu campus em São Luís, tem uma longa tradição de envolvimento com projetos de pesquisa e inovação tecnológica, especialmente na área de materiais e soldagem. O LabEnsaio, em particular, é um centro de referência para o desenvolvimento de pesquisas no setor industrial, tendo participado de diversos projetos em colaboração com instituições nacionais e internacionais. Nos últimos anos, o IFMA tem ampliado sua atuação na área de processamento Termomecânico, especialmente com o uso do simulador termomecânico Gleeble 563, que permite a reprodução de processos industriais complexos, como a soldagem de trilhos.

O instituto também é reconhecido por suas colaborações com setores produtivos estratégicos, como o ferroviário, tendo desenvolvido projetos focados na otimização de processos de fabricação, análise de propriedades de materiais e caracterização microestrutural de ligas metálicas. O IFMA possui histórico de execução de projetos com financiamento de órgãos de fomento como FAPEMA, CAPES, CNPq, FINEP e empresas locais, destacando-se em iniciativas de pesquisa aplicada ao desenvolvimento tecnológico.

A Fundação Cultural e de Fomento à Pesquisa, Extensão e Inovação (FADEX), em parceria com o Laboratório de Ensaios Mecânicos e Termomecânicos (LabEnsaio) do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), para este projeto, possui a responsabilidade de prestar contas, administrar os recursos financeiros, realizar contratações, pagamentos, recolhimento de taxas, impostos e encargos, das atividades relacionadas ao projeto, dentre outras previstas no acordo de parceria.

6.2. Identificação da equipe executora

Coordenador do Projeto:

- a) Samuel Filgueiras Rodrigues – Doutor em Engenharia de Minas e Materiais pela

Universidade McGill, Montreal no Canada. Mestre em Engenharia de Materiais pelo IFMA e Licenciado em Física pela UFMA. É professor EBTB no IFMA e docente do programa de pós-graduação em Engenharia de Materiais. CPF:001.081.303-98 - <http://lattes.cnpq.br/4311255376981007>. Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 5.200,00 –

O pagamento de bolsa para coordenador deste projeto está embasado no artigo 9º da Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que define:

“É facultado à ICT celebrar acordos de parceria com instituições públicas e privadas para realização de atividades conjuntas de pesquisa científica e tecnológica e de desenvolvimento de tecnologia, produto, serviço ou processo.

§ 1º O servidor, o militar, o empregado da ICT pública e o aluno de curso técnico, de graduação ou de pós-graduação envolvidos na execução das atividades previstas no caput poderão receber bolsa de estímulo à inovação diretamente da ICT a que estejam vinculados, de fundação de apoio ou de agência de fomento...”

Complementarmente ao artigo citado, para este projeto foi considerada a aplicação da norma interna do IFMA, Resolução nº 110, de 24 de abril de 2017 – artigo 29º, que rege as bolsas de servidor(es).

Como referência exclusivamente de valor, está sendo adotada neste projeto a modalidade DTI-A do CNPQ, que possui a finalidade de possibilitar o fortalecimento da equipe responsável pelo desenvolvimento de projeto de pesquisa, desenvolvimento ou inovação, por meio da incorporação de profissional qualificado para a execução de uma atividade específica.

Demais membros da equipe do projeto: Serão selecionados após aprovação do projeto.

- b) Pesquisador 1. Com no mínimo cinco anos de experiência em pesquisa ou experiência profissional após a graduação, ou com título de doutor, ambos em área relacionada ao Plano de Atividades proposto. Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 6.990,00 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico V - (TT-V). Valor proporcional a 30 horas semanais
- c) Pesquisador 2. Com no mínimo quatro anos de experiência em pesquisa ou experiência profissional após a graduação, em área relacionada ao Plano de Atividades proposto. Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 5.310,00 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico IV-A - (TT-IV-A). Valor proporcional a 30 horas semanais
- d) Pesquisador 3. Com no mínimo dois anos de experiência em pesquisa ou experiência profissional após a graduação, ou com título de mestre, ambos em área relacionada ao Plano de Atividades proposto. Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 3.240,00 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico IV - (TT-IV). Valor proporcional a 30 horas semanais
- e) Técnico de apoio. Para alunos cursando o último ano do nível médio técnico ou que sejam egressos do referido nível, sem reprovações em seu histórico escolar. Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 922,50 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico II - (TT-II). Valor proporcional a 30 horas semanais
- f) Iniciação científica Jr. 1 (Estudante de nível médio técnico). Período: 18 meses, iniciando no 1º mês. Bolsa: R\$ 620,00 – Referência FAPESP – Modalidade Treinamento Técnico I - (TT-I). Valor de 15 horas/semana
- g) Iniciação científica Jr. 2 (Estudante de nível médio técnico). Período: 18 meses, iniciando no 19º mês. Bolsa: R\$ 620,00 – Referência FAPESP – Modalidade Treinamento Técnico I - (TT-I). Valor 15 horas/semana. (Essa bolsa poderá ser um(a)

novo(a) estudante ou renovação por mais 18 meses do anterior)

- h) Iniciação científica 1 (Estudante de Engenharia Mecânica do IFMA). Período: 18 meses, iniciando no 1º mês. Bolsa: R\$ 1.080,00 – Referência FAPESP – Modalidade Iniciação Científica (IC).
- i) Iniciação científica 2 (Estudante de Engenharia Mecânica do IFMA). Período: 18 meses, iniciando no 19º mês. Bolsa: R\$ 1.080,00 – Referência FAPESP – Modalidade Iniciação Científica (IC). (Essa bolsa poderá ser um(a) novo(a) estudante ou renovação por mais 18 meses do anterior)
- j) Mestrado (Um(a) estudante do programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de materiais do IFMA). Período: 24 meses dividido em Ano 1 e Ano 2. Ano 1, Bolsa: R\$ 3.120,00 – Referência FAPESP – Modalidade Mestrado I (MS-I). Ano 2. Bolsa: R\$ 3.300,00 - Referência FAPESP – Modalidade Mestrado II (MS-II)

7. PRODUTOS

O projeto "Otimização do Processo de Soldagem de Topo por Centelhamento (Flash Butt Weld – FBW) em Trilhos Ferroviários Utilizando um Simulador Termomecânico Gleeble 563" irá gerar diversos produtos técnicos que visam contribuir para a melhoria da segurança e eficiência das operações ferroviárias, além de fornecer soluções replicáveis para a indústria. Os principais produtos que serão desenvolvidos são:

- Modelos Teóricos e Empíricos para Previsão do Comportamento das Juntas Soldadas: Correlacionam os parâmetros de soldagem (como temperatura, tempo de aquecimento e pressão de compressão) com as propriedades mecânicas e microestruturais das juntas soldadas. Esses modelos servirão para prever o comportamento das juntas soldadas sob diversas condições operacionais, auxiliando na escolha de parâmetros ótimos para diferentes aplicações ferroviárias. A previsão precisa do comportamento das soldas permitirá maior confiabilidade no processo e uma redução no tempo e custo com testes experimentais. Os modelos serão amplamente documentados e poderão ser usados por outros pesquisadores e engenheiros ferroviários para otimizar processos semelhantes.
- Propostas de Melhoria de Normas Técnicas para Soldagem Ferroviária: Propostas de atualização e melhoria das normas técnicas aplicáveis ao processo de soldagem de trilhos ferroviários, com base nos resultados obtidos no projeto. As propostas visam padronizar as melhores práticas de soldagem, aumentando a segurança e confiabilidade das juntas soldadas, o que beneficiará todo o setor ferroviário. Isso contribui para o aprimoramento da qualidade e segurança das operações ferroviárias, facilitando a adoção de processos mais eficientes e seguros. As normas propostas poderão ser implementadas por qualquer concessionária ou operador ferroviário, garantindo a disseminação das melhores práticas no setor.
- Relatórios Técnicos sobre Ensaios e Caracterização das Juntas Soldadas: Relatórios detalhados que descrevem os resultados dos ensaios mecânicos (microdureza, impacto Charpy, tração) e caracterização microestrutural (microscopia ótica e eletrônica, EDS, EBSD) realizados nas juntas soldadas. Esses relatórios servirão como referência para avaliar a qualidade das soldas e a eficácia dos parâmetros

utilizados, auxiliando em decisões operacionais futuras. Fornecer uma análise detalhada das propriedades mecânicas e microestruturais das juntas, são essenciais para garantir a integridade estrutural dos trilhos. Os relatórios poderão ser utilizados por outros profissionais para comparar e reproduzir os resultados obtidos no projeto.

- Melhoramento dos Procedimentos Operacionais Padrão existentes (POPs): Procedimentos Operacionais Padrão para a execução do processo de soldagem por centelhamento e para os ensaios e caracterizações das juntas soldadas receberão sugestões de melhoramento. Os POPs melhorados servirão como um guia para os operadores, garantindo a padronização dos processos e, consequentemente, a replicação dos resultados esperados. Estes documentos garantirão consistência na execução dos processos, reduzindo variações indesejadas nos resultados das soldas. Os POPs poderão ser adotados por outras concessionárias e empresas que realizem processos de soldagem ferroviária.
- O projeto prevê a publicação de artigos científicos em revistas especializadas e de alto impacto, limitados aos resultados que possam ser divulgados publicamente, garantindo a confidencialidade de itens críticos e sensíveis. Além disso, serão gerados relatórios técnicos detalhados, projetos de iniciação científica, dissertações de mestrado, teses de doutorado, apresentações de trabalhos em congressos nacionais e internacionais, e materiais de treinamentos/ workshops, promovendo a disseminação do conhecimento técnico e científico derivado do projeto.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS /NORMATIVOS APLICÁVEIS

- [1] T. Kuroda, M. Shimada, Micro flash butt welding of super duplex stainless steel with Zr-based metallic glass insert, *Vacuum* 83 (2008) 153–156. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2008.03.089>.
- [2] J. Song, L. Zhu, J. Wang, Y. Lu, C. Ma, J. Han, Z. Jiang, Physical Simulation and Numerical Simulation of Flash Butt Welding for Innovative Dual Phase Steel DP590: A Comparative Study, *Materials* 16 (2023) 3513. <https://doi.org/10.3390/ma16093513>.
- [3] R.R. Porcaro, G.L. Faria, L.B. Godefroid, G.R. Apolonio, L.C. Cândido, E.S. Pinto, Microstructure and mechanical properties of a flash butt welded pearlitic rail, *J Mater Process Technol* 270 (2019) 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2019.02.013>.
- [4] J. Zhao, X. Pang, P. Fu, Y. Wang, G. Kang, P. Wang, Q. Kan, Dynamic constitutive model of U75VG rail flash-butt welded joint and its application in wheel-rail transient rolling contact simulation, *Eng Fail Anal* 134 (2022) 106078. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106078>.
- [5] H. Su, J. Li, Q. Lai, C.L. Pun, P. Mutton, Q. Kan, G. Kang, W. Yan, Ratcheting behaviour of flash butt welds in heat-treated hypereutectoid steel rails under uniaxial and biaxial cyclic loadings, *Int J Mech Sci* 176 (2020) 105539. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.105539>.
- [6] Y. Wang, H. Zhou, Y. Shi, B. Feng, Mechanical properties and fracture toughness of rail steels and thermite welds at low temperature, *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials* 19 (2012) 409–420. <https://doi.org/10.1007/s12613-012-0572->

- [7] L.F. Bauri, L.H.D. Alves, H.B. Pereira, A.P. Tschiptschin, H. Goldenstein, The role of welding parameters on the control of the microstructure and mechanical properties of rails welded using FBW, *Journal of Materials Research and Technology* 9 (2020) 8058–8073. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.05.030>.
- [8] J. Zhang, X. Zhang, D. Li, Q. Lv, R. Ma, Extrusion behavior of impurities in upsetting process of rail flash butt welding based on finite element method, *J Mater Res* 34 (2019) 3351–3360. <https://doi.org/10.1557/jmr.2019.221>.
- [9] L.B. Godefroid, G.L. Faria, L.C. Cândido, T.G. Viana, Fatigue Failure of a Flash Butt Welded Rail, *Procedia Materials Science* 3 (2014) 1896–1901. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.06.306>.
- [10] H. Su, C.L. Pun, P. Mutton, Q. Kan, G. Kang, W. Yan, Numerical study on the ratcheting performance of rail flash butt welds in heavy haul operations, *Int J Mech Sci* 199 (2021) 106434. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2021.106434>.
- [11] P. Mutton, J. Cookson, C. Qiu, D. Welsby, Microstructural characterisation of rolling contact fatigue damage in flashbutt welds, *Wear* 366–367 (2016) 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2016.03.020>.
- [12] M. Masoumi, G. Tressia, D.M.A. Centeno, H. Goldenstein, Improving the Mechanical Properties and Wear Resistance of a Commercial Pearlitic Rail Steel Using a Two-Step Heat Treatment, *Metallurgical and Materials Transactions A* 52 (2021) 4888–4906. <https://doi.org/10.1007/s11661-021-06432-0>.
- [13] Y. Hu, L. Zhou, H.H. Ding, R. Lewis, Q.Y. Liu, J. Guo, W.J. Wang, Microstructure evolution of railway pearlitic wheel steels under rolling-sliding contact loading, *Tribol Int* 154 (2021) 106685. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106685>.
- [14] R. Ordóñez Olivares, C.I. Garcia, A. DeArdo, S. Kalay, F.C. Robles Hernández, Advanced metallurgical alloy design and thermomechanical processing for rails steels for North American heavy haul use, *Wear* 271 (2011) 364–373. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2010.10.048>.
- [15] A.P.G. Chaves, D.M.A. Centeno, M. Masoumi, H. Goldenstein, Effect of the Microstructure on the Wear Resistance of a Pearlitic Steel, *Materials Research* 23 (2020). <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2019-0605>.
- [16] K. Mishra, A. Singh, Effect of interlamellar spacing on fracture toughness of nano-structured pearlite, *Materials Science and Engineering: A* 706 (2017) 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2017.08.115>.
- [17] X.C. Li, H.H. Ding, W.J. Wang, J. Guo, Q.Y. Liu, Z.R. Zhou, Investigation on the relationship between microstructure and wear characteristic of rail materials, *Tribol Int* 163 (2021) 107152. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107152>.
- [18] J. Wang, Y. Lu, J. Han, J. Qi, L. Sun, Z. Jiang, C. Ma, V. Linton, Study on microstructure evolution and mechanical properties of high-strength low-alloy steel welds realized by flash butt welding thermomechanical simulation, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 122 (2022) 639–658. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09859-w>.
- [19] K.R. Krishna Murthy, F. Akyel, U. Reisgen, S. Olschok, D. Mahendran, Modelling the Evolution of Phases during Laser Beam Welding of Stainless Steel with Low Transformation Temperature Combining Dilatometry Study and FEM, *Journal of Manufacturing and Materials Processing* 8 (2024) 50.

<https://doi.org/10.3390/jmmp8020050>.

[20] E.J. Barrick, D. Jain, J.N. DuPont, D.N. Seidman, Effects of Heating and Cooling Rates on Phase Transformations in 10 Wt Pct Ni Steel and Their Application to Gas Tungsten Arc Welding, *Metallurgical and Materials Transactions A* 48 (2017) 5890–5910. <https://doi.org/10.1007/s11661-017-4379-0>.

[21] M. Hunkel, H. Surm, M. Steinbacher, Dilatometry, in: 2018: pp. 103–129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64062-8.00019-X>.

[22] H. Lalvani, P. Mandal, A. Yaghi, P. Santos, B. Baufeld, A solid-state joining approach to manufacture of transition joints for high integrity applications, *J Manuf Process* 73 (2022) 90–111. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.10.058>.

[23] C.W. Ziemian, M.M. Sharma, D.E. Whaley, Effects of flashing and upset sequences on microstructure, hardness, and tensile properties of welded structural steel joints, *Mater Des* 33 (2012) 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.07.026>.

[24] A.B. Pereira, F.J.M.Q. de Melo, Quality Assessment and Process Management of Welded Joints in Metal Construction—A Review, *Metals (Basel)* 10 (2020) 115. <https://doi.org/10.3390/met10010115>.

[25] H. Arora, R. Singh, G.S. Brar, Thermal and structural modelling of arc welding processes: A literature review, *Measurement and Control* 52 (2019) 955–969. <https://doi.org/10.1177/0020294019857747>.

[26] M.C. Zondi, Factors That Affect Welding-Induced Residual Stress and Distortions in Pressure Vessel Steels and Their Mitigation Techniques: A Review, *J Press Vessel Technol* 136 (2014). <https://doi.org/10.1115/1.4026564>.

[27] D.A.G. Reyes, S.I. Brown, L. Cochrane, L.S. Motta, A. Cuschieri, Thermal fusion: effects and interactions of temperature, compression, and duration variables, *Surg Endosc* 26 (2012) 3626–3633. <https://doi.org/10.1007/s00464-012-2386-1>.

[28] D.F. CANNON, K. -O. EDEL, S.L. GRASSIE, K. SAWLEY, Rail defects: an overview, *Fatigue Fract Eng Mater Struct* 26 (2003) 865–886. <https://doi.org/10.1046/j.1460-2695.2003.00693.x>.

[29] S.K. Sharma, S. Poddar, G.K. Dwivedy, S.C. Panja, S.N. Patra, Risk reduction and resilience buildup in railroad transport, in: *Disaster Resilience and Sustainability*, Elsevier, 2021: pp. 509–562. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85195-4.00033-0>.

9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO

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

RESUMO PLANO DE TRABALHO

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR CENTELHAMENTO (FLASH BUTT WELD – FBW) EM TRILHOS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR TERMOMECAÂNICO GLEEBLE 563

INSTITUTO FEDERAL DO MARANHÃO (IFMA)

CONCESSIONÁRIA: VALE S.A. – Estrada de Ferro Vitória a Minas

1 PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL

O projeto será desenvolvido em 36 meses, com previsão de início em 01/09/2025. O custo total deste projeto será de R\$ 2.261.666,13 (Dois milhões, duzentos e sessenta e um mil, seiscentos e sessenta e seis reais e treze centavos).

2 DESCRIÇÃO

O projeto se alinha à Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, focando na melhoria da qualidade dos serviços ferroviários concedidos pelo governo federal, especialmente em aspectos como eficiência, segurança e inovação tecnológica. O objetivo principal é desenvolver tecnologia básica e aplicada, além de soluções técnicas para desafios específicos. Os temas abordados incluem soldagem de trilhos ferroviários, análise da integridade estrutural de juntas soldadas, estudo dos efeitos da soldagem nas propriedades mecânicas dos trilhos, impacto da composição química das zonas da solda, ciclos térmicos gerados durante a soldagem e otimização de parâmetros de soldagem.

3 OBJETIVOS

O projeto busca otimizar os parâmetros do processo de soldagem de topo de trilhos ferroviários por centelhamento (FBW) utilizando o simulador Gleeble 563. A meta é melhorar as propriedades mecânicas e a integridade estrutural das juntas soldadas, aproximando sua vida útil à do trilho. Serão simuladas condições reais de soldagem, avaliadas propriedades mecânicas (microdureza, impacto Charpy e tração) e caracterizadas microestruturas por microscopia óptica, MEV, EDS e EBSD. Parâmetros como corrente elétrica, tempo de aquecimento e pressão serão estudados, correlacionando ciclos térmicos e transformações de fase. Por fim, melhorias serão propostas para aumentar a durabilidade e segurança dos trilhos ferroviários.

4 PRODUTOS

Serão entregues pelo projeto, ao término dos 36 meses de execução, os seguintes produtos:

1. Modelos Teóricos e Empíricos para Previsão do Comportamento das Juntas Soldadas;
2. Propostas de Melhoria de Normas Técnicas para Soldagem Ferroviária;
3. Relatórios Técnicos sobre Ensaios e Caracterização das Juntas Soldadas;
4. Melhoramento dos Procedimentos Operacionais Padrão existentes para a execução do processo de soldagem por centelhamento e para os ensaios e caracterizações das juntas soldadas;
5. Publicação de artigos científicos em revistas especializadas, relatórios técnicos detalhados, projetos de iniciação científica, dissertações de mestrado, teses de doutorado, apresentações de trabalhos em congressos nacionais e internacionais, e materiais de treinamentos/ workshops.

VALE S.A.													
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR CENTELHIAMENTO (FLASH BUTT WELD - FBW) EM TRILHOS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR TERMOMECÂNICO GLEEBLE 563													
ITEM	ELEMENTOS	CRONOGRAMA	UNIDADE	QUANTIDADE (A)	VALOR UNITÁRIO (R\$) (B)	TOTAL (AxB)	ANO 1 (R\$)	ANO 2 (R\$)	ANO 3 (R\$)	ANO 3 (R\$)			
1	Etapa 1: Planejamento Inicial e Definição de Parâmetros					R\$	456.894,17	R\$	518.632,03	R\$	133.200,00	R\$	33.300,00
1.1	Atividade A: Revisão da literatura técnica					R\$	46.725,00	R\$	-	R\$	-	R\$	-
1.1.1	Coordenador	físico	meses	2	R\$ 5.200,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 10.400,00	R\$	10.400,00					
1.1.2	Pesquisador 1	físico	meses	2	R\$ 6.990,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 13.980,00	R\$	13.980,00					
1.1.3	Pesquisador 2	físico	meses	2	R\$ 5.310,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 10.620,00	R\$	10.620,00					
1.1.4	Pesquisador 3	físico	meses	2	R\$ 3.240,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 6.480,00	R\$	6.480,00					
1.1.5	Técnico de apoio	físico	meses	2	R\$ 922,50	100%	100%						
		financeiro				R\$ 1.845,00	R\$	1.845,00					
1.1.6	Iniciação científica Jr. 1	físico	meses	2	R\$ 620,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 1.240,00	R\$	1.240,00					
1.1.7	Iniciação científica 1	físico	meses	2	R\$ 1.080,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 2.160,00	R\$	2.160,00					
1.2	Atividade B: Seleção dos parâmetros iniciais de soldagem					R\$	46.725,00	R\$	-	R\$	-	R\$	-
1.2.1	Coordenador	físico	meses	2	R\$ 5.200,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 10.400,00	R\$	10.400,00					
1.2.2	Pesquisador 1	físico	meses	2	R\$ 6.990,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 13.980,00	R\$	13.980,00					
1.2.3	Pesquisador 2	físico	meses	2	R\$ 5.310,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 10.620,00	R\$	10.620,00					
1.2.4	Pesquisador 3	físico	meses	2	R\$ 3.240,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 6.480,00	R\$	6.480,00					
1.2.5	Técnico de apoio	físico	meses	2	R\$ 922,50	100%	100%						
		financeiro				R\$ 1.845,00	R\$	1.845,00					
1.2.6	Iniciação científica Jr. 1	físico	meses	2	R\$ 620,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 1.240,00	R\$	1.240,00					
1.2.7	Iniciação científica 1	físico	meses	2	R\$ 1.080,00	100%	100%						
		financeiro				R\$ 2.160,00	R\$	2.160,00					
1.3	Atividade C: Aquisição e preparação de materiais, equipamentos e software					R\$	363.444,17	R\$	518.632,03	R\$	133.200,00	R\$	33.300,00
1.3.1	Software simulação mecânicos e termomecânicos (JmatPro)	físico	licença	1	R\$ 124.736,05	100%	100%						
		financeiro				R\$ 124.736,05	R\$	124.736,05					
1.3.2	Equipamentos de preparação de amostras (1 lixadeira/ 2 polidores (para alumina e outra para pasta de diamante))	físico	unidade	3	R\$ 12.902,18	100%	100%						
		financeiro				R\$ 38.706,54	R\$	38.706,54					
1.3.3	Equipamentos de preparação de amostras (Cortadora metalográfica cut-off 380V)	físico	unidade	1	R\$ 63.182,25	100%	100%						
		financeiro				R\$ 63.182,25	R\$	63.182,25					
1.3.4	Equipamentos de preparação de amostras (Prensa de embutimento 40ton)	físico	unidade	1	R\$ 17.770,41	100%	100%						
		financeiro				R\$ 17.770,41	R\$	17.770,41					
1.3.5	Equipamentos de preparação de amostras (Cortadora metalográfica de precisão)	físico	unidade	1	R\$ 161.566,54	100%		100%					
		financeiro				R\$ 161.566,54	R\$	161.566,54					
1.3.6	Equipamentos de preparação de amostras (Máquina serra fina)	físico	unidade	1	R\$ 42.000,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 42.000,00	R\$	42.000,00					
1.3.7	Material de consumo para realização de experimentos na Gleeble (termopares K e R, garras para Gleeble, Folhas de Tântalo e Backing nuts)	físico	verba	1	R\$ 130.931,74	100%		100%					
		financeiro				R\$ 130.931,74	R\$	130.931,74					
1.3.8	Material de consumo para realização de experimentos (Lixas, pastas de polimento, soluções para polimento)	físico	verba	1	R\$ 10.592,60	100%	100%						
		financeiro				R\$ 10.592,60	R\$	10.592,60					
1.3.9	Material de consumo para realização de experimentos (Disco de corte de precisão)	físico	unidade	4	R\$ 6.786,50	100%		100%					
		financeiro				R\$ 27.146,00	R\$	27.146,00					
1.3.10	Pequenas intervenções com instalações e adaptações necessárias ao adequado funcionamento de equipamentos adquiridos	físico	servico	1	R\$ 75.156,32	100%	100%						
		financeiro				R\$ 75.156,32	R\$	75.156,32					
1.3.11	Usinagem de corpos de provas para testes termomecânicos	físico	amostras	350	R\$ 380,00	100%	10%	40%	40%	40%	10%		
		financeiro				R\$ 133.000,00	R\$	13.300,00	R\$	53.200,00	R\$	53.200,00	R\$
1.3.12	Uso do Microscópio Eletrônico de varredura para caracterização e análises de amostras	físico	hora	400	R\$ 500,00	100%	10%	40%	40%	40%	10%		
		financeiro				R\$ 200.000,00	R\$	20.000,00	R\$	80.000,00	R\$	80.000,00	R\$
1.3.13	Manutenção do pendulo de impacto e calibração	físico	servico	1	R\$ 23.787,75	100%		100%					
		financeiro				R\$ 23.787,75	R\$	23.787,75					
2	Etapa 2: Execução das Simulações e Ensaios Experimentais					R\$	-	R\$	311.550,00	R\$	-	R\$	-
2.1	Atividade D: Simulação do processo de soldagem FBW no Gleeble 563					R\$	-	R\$	99.690,00	R\$	-	R\$	-
2.1.1	Coordenador	físico	meses	4	R\$ 5.200,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 20.800,00	R\$	20.800,00					
2.1.2	Pesquisador 1	físico	meses	4	R\$ 6.990,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 27.960,00	R\$	27.960,00					
2.1.3	Pesquisador 2	físico	meses	4	R\$ 5.310,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 21.240,00	R\$	21.240,00					
2.1.4	Pesquisador 3	físico	meses	4	R\$ 3.240,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 12.960,00	R\$	12.960,00					
2.1.5	Técnico de apoio	físico	meses	4	R\$ 922,50	100%		100%					
		financeiro				R\$ 3.690,00	R\$	3.690,00					
2.1.6	Iniciação científica Jr. 1	físico	meses	4	R\$ 620,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 2.480,00	R\$	2.480,00					
2.1.7	Iniciação científica 1	físico	meses	4	R\$ 1.080,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 4.320,00	R\$	4.320,00					
2.1.8	Mestrado 1	físico	meses	2	R\$ 3.120,00	100%		100%					
		financeiro				R\$ 6.240,00	R\$	6.240,00					

VALE S.A.										
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR CENTELHIAMENTO (FLASH BUTT WELD - FBW) EM TRILHOS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR TERMOMECÂNICO GLEEBLE 563										
ITEM	ELEMENTOS	CRONOGRAMA	UNIDADE	QUANTIDADE (A)	VALOR UNITÁRIO (R\$) (B)	TOTAL (AxB)	ANO 1 (R\$)	ANO 2 (R\$)	ANO 3 (R\$)	ANO 3 (R\$)
2.2	Atividade E: Ensaios mecânicos (tração, impacto Charpy, microdureza)					R\$	-	R\$	79.447,50	R\$
2.2.1	Coordenador	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 5.200,00	R\$ 15.600,00		R\$	15.600,00	
2.2.2	Pesquisador 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 6.990,00	R\$ 20.970,00		R\$	20.970,00	
2.2.3	Pesquisador 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 5.310,00	R\$ 15.930,00		R\$	15.930,00	
2.2.4	Pesquisador 3	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 3.240,00	R\$ 9.720,00		R\$	9.720,00	
2.2.5	Técnico de apoio	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 922,50	R\$ 2.767,50		R\$	2.767,50	
2.2.6	Iniciação científica Jr. 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 620,00	R\$ 1.860,00		R\$	1.860,00	
2.2.7	Iniciação científica 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 1.080,00	R\$ 3.240,00		R\$	3.240,00	
2.2.8	Mestrado 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	3	R\$ 3.120,00	R\$ 9.360,00		R\$	9.360,00	
2.3	Atividade F: Caracterização microestrutural das zonas de solda					R\$	-	R\$	132.412,50	R\$
2.3.1	Coordenador	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 5.200,00	R\$ 26.000,00		R\$	26.000,00	
2.3.2	Pesquisador 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 6.990,00	R\$ 34.950,00		R\$	34.950,00	
2.3.3	Pesquisador 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 5.310,00	R\$ 26.550,00		R\$	26.550,00	
2.3.4	Pesquisador 3	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 3.240,00	R\$ 16.200,00		R\$	16.200,00	
2.3.5	Técnico de apoio	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 922,50	R\$ 4.612,50		R\$	4.612,50	
2.3.6	Iniciação científica Jr. 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 620,00	R\$ 3.100,00		R\$	3.100,00	
2.3.7	Iniciação científica 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 1.080,00	R\$ 5.400,00		R\$	5.400,00	
2.3.8	Mestrado 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	5	R\$ 3.120,00	R\$ 15.600,00		R\$	15.600,00	
3	Etapa 3: Análise dos Resultados e Desenvolvimento de Modelos					R\$	-	R\$	-	R\$
3.1	Atividade G: Análise dos resultados dos ensaios e microestruturas					R\$	-	R\$	-	R\$
3.1.1	Coordenador	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 5.200,00	R\$ 31.200,00			R\$	31.200,00
3.1.2	Pesquisador 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 6.990,00	R\$ 41.940,00			R\$	41.940,00
3.1.3	Pesquisador 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 5.310,00	R\$ 31.860,00			R\$	31.860,00
3.1.4	Pesquisador 3	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 3.240,00	R\$ 19.440,00			R\$	19.440,00
3.1.5	Técnico de apoio	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 922,50	R\$ 5.535,00			R\$	5.535,00
3.1.6	Iniciação científica Jr. 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	2	R\$ 620,00	R\$ 1.240,00			R\$	1.240,00
3.1.7	Iniciação científica Jr. 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00			R\$	2.480,00
3.1.8	Iniciação científica 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	2	R\$ 1.080,00	R\$ 2.160,00			R\$	2.160,00
3.1.9	Iniciação científica 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00			R\$	4.320,00
3.1.10	Mestrado 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	2	R\$ 3.120,00	R\$ 6.240,00			R\$	6.240,00
3.1.11	Mestrado 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	4	R\$ 3.300,00	R\$ 13.200,00			R\$	13.200,00
3.2	Atividade H: Desenvolvimento de modelos teóricos e empíricos					R\$	-	R\$	-	R\$
3.2.1	Coordenador	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 5.200,00	R\$ 31.200,00			R\$	31.200,00
3.2.2	Pesquisador 1	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 6.990,00	R\$ 41.940,00			R\$	41.940,00
3.2.3	Pesquisador 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 5.310,00	R\$ 31.860,00			R\$	31.860,00
3.2.4	Pesquisador 3	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 3.240,00	R\$ 19.440,00			R\$	19.440,00
3.2.5	Técnico de apoio	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 922,50	R\$ 5.535,00			R\$	5.535,00
3.2.6	Iniciação científica Jr. 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 620,00	R\$ 3.720,00			R\$	3.720,00
3.2.7	Iniciação científica 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 1.080,00	R\$ 6.480,00			R\$	6.480,00
3.2.8	Mestrado 2	físico				100%			100%	
		financeiro	meses	6	R\$ 3.300,00	R\$ 19.800,00			R\$	19.800,00

VALE S.A.										
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR CENTELHIAMENTO (FLASH BUTT WELD - FBW) EM TRILHOS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR TERMOMECÂNICO GLEEBLE 563										
ITEM	ELEMENTOS	CRONOGRAMA	UNIDADE	QUANTIDADE (A)	VALOR UNITÁRIO (R\$) (B)	TOTAL (AxB)	ANO 1 (R\$)	ANO 2 (R\$)	ANO 3 (R\$)	ANO 3 (R\$)
4	Etapa 4: Proposição de Melhorias e Transferência de Tecnologia					R\$	-	R\$	-	R\$
4.1	Atividade I: Proposição de parâmetros otimizados para o processo de soldagem					R\$	-	R\$	-	R\$
4.1.1	Coordenador	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 5.200,00	R\$ 20.800,00				R\$
4.1.2	Pesquisador 1	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 6.990,00	R\$ 27.960,00				R\$
4.1.3	Pesquisador 2	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 5.310,00	R\$ 21.240,00				R\$
4.1.4	Pesquisador 3	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00				R\$
4.1.5	Técnico de apoio	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 922,50	R\$ 3.690,00				R\$
4.1.6	Iniciação científica Jr. 2	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00				R\$
4.1.7	Iniciação científica 2	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00				R\$
4.1.8	Mestrado 2	físico				100%				
		financeiro	meses	2	R\$ 3.300,00	R\$ 6.600,00				R\$
4.2	Atividade J: Transferência de tecnologia e resultados para a indústria					R\$	-	R\$	-	R\$
4.2.1	Coordenador	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 5.200,00	R\$ 20.800,00				R\$
4.2.2	Pesquisador 1	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 6.990,00	R\$ 27.960,00				R\$
4.2.3	Pesquisador 2	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 5.310,00	R\$ 21.240,00				R\$
4.2.4	Pesquisador 3	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00				R\$
4.2.5	Técnico de apoio	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 922,50	R\$ 3.690,00				R\$
4.2.6	Iniciação científica Jr. 2	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00				R\$
4.2.7	Iniciação científica 2	físico				100%				
		financeiro	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00				R\$
SUBTOTAL						R\$	1.966.666,20	R\$	456.894,17	R\$
								R\$	830.182,03	R\$
									452.790,00	R\$
5	Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais					R\$	68.534,13	R\$	124.527,30	R\$
5.1	Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais					R\$	68.534,13	R\$	124.527,30	R\$
5.1.1	Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais					100%	23%	42%	23%	12%
		físico								
		financeiro	%	15	R\$ 1.966.666,20	R\$ 294.999,93	R\$	68.534,13	R\$	124.527,30
										67.918,50
TOTAL						R\$	2.261.666,13	R\$	525.428,30	R\$
								R\$	954.709,33	R\$
									520.708,50	R\$
										260.820,00

Samuel Filgueiras Rodrigues, Ph.D.

Rua da Pedreira, 128, Tirirical, Sao Luis, Maranhao, Brazil, 65055-440

+55 98 98517 9142

samuel.filgueiras@ifma.edu.br, samuel.rodrigues@mail.mcgill.ca, samfilro@gmail.com

Google Scholar: <https://scholar.google.com.br/citations?user=pSXppR0AAAAJ&hl=pt-BR>

Web of Science ResearcherID: I-2873-2017

H-Index: 15.0

PERFIL PROFISSIONAL

Recebi meu título de Doutor em Engenharia de Minas e Materiais pela McGill University (2018), com pesquisa focada no processamento termomecânico de aços e ligas metálicas. Sou Mestre em Engenharia de Materiais com ênfase no desenvolvimento e caracterização de materiais pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Brasil (2013), e Licenciado em Física pela Universidade Federal do Maranhão, Brasil (2010). Atualmente, sou Professor Associado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. Tenho experiência em Engenharia de Materiais e Metalurgia, com ênfase em Metalurgia Física e Engenharia Mecânica, Soldagem, Cristalografia, Textura e Processos de Fabricação. Possuo oito anos de experiência industrial, divididos em dois anos de manutenção ferroviária, quatro anos na operação de planta de pelotização e dois anos em operações portuárias.

FORMAÇÃO ACADÊMICA

Janeiro 2015 - Julho 2018	Doutorado (Ph.D.) em Engenharia de Minas e Materiais McGill University, Montreal, Canadá Orientadores: Prof. John Jonas e Prof. Steve Yue
Março 2011 - Maio 2013	Mestrado em Engenharia de Materiais Instituto Federal do Maranhão – IFMA, São Luís, Brasil
Março 2005 - Dezembro 2010	Licenciado em Física Universidade Federal do Maranhão – UFMA, São Luís, Brasil
Janeiro 2001 - Dezembro 2002	Técnico em Materiais e Metalurgia Instituto Federal do Maranhão – IFMA, São Luís, Brasil

PRÊMIOS E BOLSAS (SELECIONADOS)

- Prêmio GLEEBLE 2024, CBCIMAT 2024, DSI – Gleeble.
- FAPEMA 2023, Prêmio de Pesquisador Sênior na área de Ciência e Engenharia, BICENTENÁRIO GONÇALVES DIAS, PESQUISADOR SÊNIOR.
- Prêmio Temático "HENRI MEYERS DE CONFORMAÇÃO 2022", ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (2022)
- Menção Honrosa pelo trabalho. MEMORIAL ACADÊMICO-CIENTÍFICO DO PROFESSOR SAMUEL FILGUEIRAS RODRIGUES no Prêmio FAPEMA 2022, FAPEMA.

- 1º lugar em Apresentação Oral Destacada na "3ª Conferência Internacional de Cooperação Academia-Indústria (ICAIC) & 3º Encontro Internacional em Ciência e Engenharia de Materiais (IMMSEM), IFMA-MA" (2022)
- Prêmio de Viagem para Conferências Internacionais, Instituto Federal do Maranhão – IFMA (2022)
- Pesquisador com Produtividade PQ2 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (2022 – 2026)
- Prêmio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para supervisão de alunos de graduação em pesquisa (2019-2020-2021)
- Prêmio da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) para supervisão de alunos de graduação e pós-graduação em pesquisa e desenvolvimento (2019-2020)
- Henry DeWitt Smith Scholarship from TMS and the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers (AIME) (2018)
- Bronze Medal Award, 2018 Graduate Research Excellence Award, “William Stewart Rugh Scholarship” (McGill Mining and Materials Engineering).
- Yearly Achievement, 2017 Graduate Research Excellence Award, “William Stewart Rugh Scholarship” (McGill Mining and Materials Engineering)
- Prêmio de Viagem para Conferências Internacionais, Instituto Federal do Maranhão – IFMA (2018 e 2019)
- McGill GREAT (travel) Awards 2016, 2017 and 2018
- Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (2016)
- McGill Engineering Doctoral Award (MEDA) (2015)
- Outstanding contribution in reviewing, Materials Science and Engineering C, Elsevier Reviewer Recognition (2016)
- Bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para estudos de Doutorado (2015)
- Bolsa CNPq para pesquisa de graduação (2008)

EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Brasil

Professor Associado e Pesquisador, Engenharia Mecânica e de Materiais (Julho de 2019 – presente)
Professor Assistente e Docente, Engenharia Mecânica e de Materiais (Novembro de 2011 – Junho de 2019)

Diretor, Laboratório de Pesquisa em Design de Ligas e Ensaio Mecânicos e Termomecânicos de Materiais, LABENSAIOS (Janeiro de 2019 – presente)

Líder de Grupo de Pesquisa, Simulação, Processamento e Controle Termomecânico de Materiais Metálicos e Não Metálicos (Janeiro de 2019 – presente)

Universidade Federal do Ceará – UFC – Brasil (Janeiro de 2023 – Fevereiro de 2024)

Professor Visitante e Pesquisador, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Laboratório de Caracterização de Materiais (LACAM).

Universidade Federal do Piauí – UFPI – Brasil (Setembro de 2022 – Presente)

Professor Permanente e Pesquisador, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais.

Postdoctoral Researcher (June 2018 – January 2019)

Department of Mechanical Engineering, L'École de technologie supérieure (ETS) de Montréal (Mtl), Canada

Research Assistant (September 2018 – December 2018)

McGill Metals Processing Centre, Montreal, Canada

Ph.D. Student/Graduate Research Assistant (January 2015- July 2018)

Mining and Materials Engineering, McGill University, Montreal, Canada

Teaching Assistant

- Subjects: Structure of Materials. Laboratory demonstration involving tensile testing, compression, rolling, metallography and analysis of microstructures.

Volunteer

Assisted undergraduate engineering students in designing their research posters for the Summer Undergraduate Research in Engineering (SURE) program.

Lecturer, Department of Manufacturing and Civil Engineering (August 2011-December 2014)

Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB, Sao Luis, Brazil

Vale S&A (Experiência Industrial)

Oficina de Manutenção Ferroviária (logística) (Março de 2003 – Maio de 2011)

- **Técnico em Metalurgia.** Laboratório de Ensaios Mecânicos; recebimento, armazenamento e manuseio de materiais (insumos) para montagem de vagões e locomotivas, controle de qualidade através de ensaios mecânicos destrutivos e não destrutivos (tração, compressão, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, medição de dureza, metalografia, ultrassom e Usina de Pelotização U1N
- **Técnico de Controle de Processos Industriais.** Responsável pelo controle de qualidade das pelotas, monitorando e ajustando o fluxo de gás e outros parâmetros dentro do forno, além de acompanhar a análise química do minério de ferro (alimentação para pelotização), calcário, sílica, carvão e bentonita.

Porto de Ponta da Madeira

- **Loadmaster e arqueador de Navios.** Responsável pela emissão de todos os documentos legais para a liberação da carga a bordo dos navios. Calcular e realizar o balanceamento da embarcação antes da partida e analisar as condições de força de cisalhamento e momento fletor no navio.

Pesquisa de Graduação (Junho de 2008 – Outubro de 2008)

Departamento de Física, Universidade Federal do Maranhão.

- Projeto de Pesquisa: Capacitação e qualificação de recursos humanos e estudos sobre processos associados à corrosão em materiais avançados para a indústria de petróleo e gás.

HISTÓRICO DE FINANCIAMENTOS APROVADOS VIA PROJETOS

MCTI-FINEP-FNDCT-CT-INFRA-PROINFRA2023 - PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO E EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM UNIVERSIDADES E ICTS – PRÓ-INFRA. (2024-2026)

Modernização e Expansão da Infraestrutura para Pesquisa e Inovação no IFMA

Valor: R\$ 9.159.486,55 (nove milhões, cento e cinquenta e nove mil, quatrocentos e oitenta e seis reais e cinquenta e cinco centavos)

Universal 2023 - Chamada CNPq/MCTI N10-2023 - Faixa B - Grupos consolidados (2023-2025)

Investigação da Transformação Dinâmica em Aços IF, C-Mn e API X-70: Estudos Cristalográficos por Difração de Raio-X e Elétrons Retroespalhados.

Valor: R\$ 42.000,00

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (2023-2024)

PAEP 2023. (ICAIC) 4th International Conference for Academia and Industry Co-operation & (IMMSEM) 4th International Meeting in Materials Science and Engineering of Maranhão.

Valor: R\$ 42.300,00

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) EVENTOS CIENTÍFICOS-12829/22. (2023-2024). (ICAIC) 4th International Conference for Academia and Industry Co-operation & (IMMSEM) 4th International Meeting in Materials Science and Engineering of Maranhão.

Valor: R\$ 30.000,00

MCTI-FINEP-FNDCT-CT-INFRA-PROINFRA2021 (2021-2024)

Aquisição de equipamentos de grande porte para consolidação das pesquisas realizadas no IFMA em apoio ao desenvolvimento da Amazônia legal - EQUIPAIFMA

Valor: R\$ 5.000.000,00 (*Cinco milhões de reais*)

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) BATI-05449/21 (2021-2022)

Projeto: Desenvolvimento e consolidação dos ensaios laboratoriais mecânicos e termomecânicos do programa de pós-graduação em Engenharia de Materiais do IFMA.

Valor: R\$ 21.600,00

Universal 2021 - Chamada CNPq/MCTI/FNDCT N 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes

Descrição: Investigação do fenômeno da transformação dinâmica por meio quantitativo direto via

técnica de difração de raio-X durante a simulação termomecânica em aços de elevada resistência.
Valor: R\$ 36.000,00

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) BEPP-01662/21 (2021-2022)

Projeto: BOLSA DE ESTÍMULO À PRODUTIVIDADE EM PESQUISA. Investigação da Transformação Dinâmica por Difração de Raios X in situ em Aços Microligados com Nióbio.
Valor: R\$ 9.600,00

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) INFRA-02053/21 (2021-2022)

Projeto: AQUISIÇÃO DE UMA MÁQUINA DE IMPACTO TIPO CHARPY MULTIUSUÁRIO.
Valor: R\$ 50.000,00

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) Universal (2019-2022)

Projeto: Análise da Transformação Dinâmica por Difração de Raios X in situ em Ligas C-Mn e Aços Microligados com Nióbio.
Valor: R\$ 60.000,00

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (2020-2021)

PAEP 2019 2nd edition. (ICAIC) 2nd International Conference for Academia and Industry Cooperation & (IMMSEM) 2nd International Meeting in Materials Science and Engineering of Maranhão.
Valor: R\$ 91.000,00

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) (2019-2021)

Projeto: Produção de Equipamentos de Proteção Individual para enfrentamento da pandemia de COVID-19.
Valor: R\$ 55.000,00

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (2015-2018)

Project: Ph.D. studies and research abroad at McGill University.
Valor: R\$ 450.000,00

PUBLICAÇÕES

Artigos em periódicos internacionais revisados por pares

1. J. D. Santos, J. P. Mendonsa, V. N. S. Campos, M. M. Teixeira, A. J. Schwanke, k. B. Gusmao, A. A. Cabral, **S. F. Rodrigues**, A. E. M. Paiva, A. C. S. Alcantara, M. A. S. Garcia, A. Rojas. Exploring the potential of a ZIF-8@MCM-41-based heterostructured material for battery-type electrodes for supercapatteries. *New Journal of Chemistry*, 48 (2024), 16311-16322.

2. M. V. G. Rodrigues, F. Silicano, C. Aranas Jr., M. N. S. Lima, R. C. P. Loureiro, G. S. Reis, E. S. Silva, P.B. P. Leao, J. C. Ferreira, H. F. G. de Abreu, **S. F. Rodrigues**. Evidence of dynamic ferrite transformation during thermomechanical simulation of an X70 microalloyed steel above Ae3 temperature. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 30 (2024), 3675-3689.
3. J. J. Moraes da Silva, I. F de Vasconcelos, C. A. S. de Oliveira, P. H. L. Souza, R. C P. Loureiro, M. N. S. Lima, **S. F. Rodrigues**, H. F. G. de Abreu. Exploring Phase Transformation Mechanisms in Maraging-300 Steel During Ageing Beyond Widely Applied Temperature Parameters. *Steel Research International*, 2300871 (2024).
4. M. N. S. Lima, **S. F. Rodrigues**, A. M Majid, O. M. Laia, M. V. G. Rodrigues, J. C. Munoz, E. J. Pique, G. S. Reis, J. M. Cabrera Marrero, H. F. G. de Abreu. Texture Analyses and Mechanical Behavior of a High-Mn Steel Subjected to Different Pass Number of Simple Shear. *Metals and Materials International*, 30 (2024), 1-20.
5. V. M. C. Baldez, J. D. J. P. Santos, W. D. C. Santos, J. Aguilar-Pliego, N. Martin, A. A. Cabral, A. E. M. Paiva, **S. F. Rodrigues**, M. M. Teixeira, A. C. S. Alcantara, A. Rojas. Enhanced photodegradation of ciprofloxacin antibiotic using ZnO@FAU composite: a promising material for contaminant removal. *Desalination and Water Treatment*, 318 (2024), 100356.
6. P. B. P. Leao, J. R. Barros Neto, **S. F. Rodrigues**, M. V. G. Rodrigues, J. V. B. Xavier, T. N. Lima, G. S. Reis, A. J. Ramirez, H. F. G. de Abreu. In-situ and interrupted cyclic three-point bending tests in SEM of two pearlitic steel microstructures: Lamellar and partially spheroidized. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 28 (2024), 2990-3212.
7. M. N. S. Lima, G. L. F. Schmalz, R. C. P. Loureiro, J. C. Ferreira, **S F. Rodrigues**, J. C. Munoz, J. M. Cabrera Marrero, H. F. G. de Abreu. Microstructure, properties and crystallographic orientation of novel austenitic Fe-26Mn-3.4Cr-0.4C steel under hot torsion process. *Materials Science and Engineering A*. 877 (2023), 145206.
8. B. R. C. Saraiva, L. Novotny, B. Carpentieri, T. F. Keller, M. Faberova, R. Bures, **S F. Rodrigues**, J. R. Barros Neto, L. H. M. Antunes, M. Masoumi, H. F. G. de Abreu, M. Beres. Effect of cyclic loading on microstructure and crack propagation in additively manufactured biomaterial Co-Cr-Mo alloy. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 26 (2023), 3905-3916.
9. P. H. Pinheiro, S. K. B. de Lima, M. V. G. Rodrigues, L.F.G. Herculano, R. C. P. Loureiro, S. A. Freira, J. L. Cardoso, M. Masoumi, G. S. Reis, E. S. Silva, **S F. Rodrigues**, H. F. G. de Abreu. Assessing the influence of cyclic bending on pearlitic wire's microstructural evolution: a simulation of spiraling and armoring processing effects. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 26 (2023), 1984-2000.

10. J. D. Uchoa, M. V. Santana, M. V. G. Rodrigues, A. M. Jorge Junior, R. S. Pessoa, B. C. Viana, T. Stocco, M. L. Vega, R. F. do Prado, L. M. R. de Vasconcelos, F. R. Marciano, R. R. Pena-Garcia, **S F. Rodrigues**, A. O. Lobo. Optimizing surface properties of Ti₁₃Nb₁₃Zr alloy substrate for biomedical applications through modification with nano-alumina obtained by atomic layer deposition and hydroxyapatite coatings. *SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY*, 468 (2023), 129755.
11. P. B. P. Leao, J. R. Barros Neto, **S F. Rodrigues**, J. V. B. Xavier, J. L. Cardoso, L. F. G. Herculano, T. N. Lima, A. J. Ramirez, H. F. G. de Abreu. In-situ tensile-shear test in SEM and DIC analysis of two pearlitic steel microstructures: undeformed-coarse and deformed-refined. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 24 (2023), 9441-9461.
12. M. N. S. Lima, **S F. Rodrigues**, M. Al-Maharbi, J. C. Munoz, J. M. Cabrera Marrero, H. F. G. de Abreu. Effect of ECAP processing temperature on an austenitic TWIP steel's microstructure, texture and mechanical properties. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 24 (2023), 1757-1775.
13. P. H. Pinheiro, M. Masoumi, L.F.G. Herculano, J. V. B. Xavier, S. K. B. de Lima, E. S. Silva, G. S. Reis, **S F. Rodrigues**, H. F. G. de Abreu. Microstructural and Texture Evolution of Pearlite-Drawn Wires for Flexible Marine Pipelines: Investigating the Effect of Heat Treatments on Mechanical Properties. *Metals*, 13 (2023), 805.
14. F. F. M. Fideles, M. A. Florez, M. V. G. Rodrigues, J. L. Cardoso, C. Aranas, **S. F. Rodrigues**, M. N. S. Lima, C. V. P. Pascoal, T. A. Moura, G. S. Reis, E. S. Silva, H. F. G de Abreu. Influence of the Morphology of Eutectoid Steels on Corrosion Resistance in NaCl Aqueous Medium with and without CO₂. *Metals*, 13 (2023), 1782.
15. M. C. Viegas, G. P. Figueredo, **S F. Rodrigues**, A. A. Cabral, M. M. Oliveira. Synthesis of delafossite CuCrO₂ via solution combustion method and its acid functionalization for biodiesel production. *Cerâmica*, 69 (2023), 1-5.
16. F. D. V. Araujo, F. W. N. Silva, T. Zhang, C. Zhou, Z. Lin, N. P. Lopez, **S F. Rodrigues**, M. Torrões, A. G. Sousa Filho, R. S. Alencar, B. C. Viana. Substrate-Induced Changes on the Optical Properties of Single-Layer WS₂. *Materials*, 16 (2023), 2591.
17. M. A. M. Castro, T. P. Oliveira, G. S. Correia, M. M. Oliveira, J. H. G. Rangel, **S F. Rodrigues**, J. M. R. Mercury. Synthesis of hydroxyapatite by hydrothermal and microwave irradiation methods from biogenic calcium source varying pH and synthesis time. *BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPANOLA DE CERAMICA Y VIDRIO*, 61 (2022), 35-41.
18. M. N. S. Lima, R. C. P. Loureiro, M. Beres, M. Masoumi, J. C. Munoz, **S F. Rodrigues**, H. F. G. de Abreu, J. M. Cabrera Marrero. Influence of cold deformation on microstructure,

crystallographic orientation and tensile properties of an experimental austenitic Fe-26Mn-0.4C steel. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*. 19 (2022), 7-19.

19. T. P. Oliveira, **S F. Rodrigues**, G. N. Marques, R. C. Viana Costa, C. G. Garcone Lopes, C. Aranas, A. Rojas, J. H. G. Rangel, M. M. Oliveira. Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Investigation of CuFe₂O₄ for the Degradation of Dyes under Visible Light. *Catalysts*, 12 (2022), 623.
20. F. R. S. Machado, J. C. Ferreira, M. V. G. Rodrigues, M. N. S. Lima, R. C. P. Loureiro, F. Siciliano, E. S. Silva, G. S. Reis, R. C. Sousa, C. Aranas, H. F. G. de Abreu, **S F. Rodrigues**. Dynamic Ferrite Formation and Evolution above the Ae₃ Temperature during Plate Rolling Simulation of an API X80 Steel. *Metals*, 12 (2022), 1239.
21. G. A. S. Sulzbach, M. V. G. Rodrigues, **S F. Rodrigues**, G. M. E. Macedo, H. F. G. de Abreu, C. Aranas, G. S. Reis, E. S. Silva. Constitutive analysis of stress-strain curves in dynamic softening of high Nb- and N-containing austenitic stainless-steel biomaterial. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*. 19 (2022), 4939-4956.
22. G. A. S. Sulzbach, M. V. G. Rodrigues, **S F. Rodrigues**, M. N. S. Lima, R. C. P. Loureiro, D. F. S. de Sá, C. Aranas, G. M. E. Macedo, F. Siciliano, H. F. G. de Abreu, G. S. Reis, E. S. Silva. Optimization of Thermomechanical Processing under Double-Pass Hot Compression Tests of a High Nb and N-Bearing Austenitic Stainless-Steel Biomaterial Using Artificial Neural Networks. *Metals*, 12(11) (2022), 1783.
23. J. Pasco, T. McCarthy, J. Parlee, N. A. Nazri, S. Padmajan, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas. Constitutive modeling of modified-H13 steel. *MRS Communications*, 12 (2022), 343-351.
24. E. J. P. Miranda Junior, **S. F. Rodrigues**, M. C. dos Santos. Complex dispersion diagram and evanescent modes in piezomagnetic phononic structures. *Solid State Communications*, 346 (2022), 114697.
25. E. J. P. Miranda Junior, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, M. C. dos Santos. Plane wave expansion and extended plane wave expansion formulations for Mindlin-Reissner elastic metamaterial thick plates. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 505 (2022), 125503.
26. K. L. Silva, **S. F. Rodrigues**, G. M. E. Macedo, B. L. S. Lopes, C. Aranas, F. Siciliano, G. S. Reis, E. S. Silva. Solubility product of a Nb-N bearing austenitic stainless-steel biomaterial. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*. 15 (2021), 5864-5879.
27. J. C. Ferreira, F. R. de Sousa Machado, C. Aranas, F. Siciliano, J. Pasco, G. S. Reis, E. J. P. Miranda Junior, A. E. M. Paiva, **S. F. Rodrigues**. Physical Simulation Based on Dynamic Transformation Under Hot Plate Rolling of a Nb-Microalloyed Steel. *Frontiers in Materials*, 8 (2021), 716967.

28. C. Brown, T. McCarthy, K. Chadha, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, G. Saha. Constitutive modeling of the hot deformation behavior of CoCrFeMnNi high-entropy alloy. *Materials Science and Engineering A*, 826 (2021), 141940.
29. C. Aranas, F. Siciliano, **S. F. Rodrigues**, J. Pasco, E. J. P. Miranda Junior, J. J. Jonas. Thermomechanical and thermodynamic behavior of deformed austenite in four different steel grades. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 11 (2021), 1911-1916.
30. E. J. P. Miranda Junior, C. Aranas, **S. F. Rodrigues**, H. V. C. Silva, G. S. Reis, A. E. M. Paiva, J. M. C. dos Santos. Dispersion Diagram of Trigonal Piezoelectric Phononic Structures with Langasite Inclusions. *Crystals*, 11 (2021), 491.
31. C. Aranas, **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, J. J. Jonas. In-situ X-ray diffraction evidence of dynamic transformation of austenite to ferrite during hot compression test in the single austenite phase field. *Scripta Materialia*, 177 (2020), 86-90.
32. R. Palad R, Y. Tian, K. Chadha, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas. Microstructural features of novel corrosion-resistant maraging steel manufactured by laser powder bed fusion. *Materials Letters*, 275 (2020), 128026.
33. E. R. Sa, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, F. Siciliano, G. S. Reis, J. Cabrera-Marrero, E. S. Silva. Softening-precipitation interaction in a Nb- and N-bearing austenitic stainless steel under stress relaxation. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 9 (2020), 7807-7816.
34. T. B. Carneiro, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, F. Siciliano, E. S. Silva, G. S. Reis, E. J. P. Miranda Junior, V. S. Leal, M. Jahazi, J. J. Jonas. Retransformation of dynamically induced ferrite during physical simulation of Steckel mill hot rolling. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 9 (2020), 10254-10264.
35. E. J. P. Miranda Junior, E. D. Nobrega, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, J. M. C. dos Santos. Wave attenuation in elastic metamaterial thick plates: Analytical, numerical and experimental investigations. *International Journal of Solids and Structures*, 204 (2020), 138-152.
36. T. P. Oliveira, G. N. Marques, M. A. M. Castro, R. C. V. Costa, J. H. G. Rangel, **S. F. Rodrigues**, C. C. Santos, M. M. Oliveira. Synthesis and photocatalytic investigation of ZnFe₂O₄ in the degradation of organic dyes under visible light. *Journal of Materials Research and Technology-JMR&T*, 9 (2020), 150001-15015.
37. N. L. C. Santos Filho, E. S. Silva, C. Aranas, F. Siciliano, G. S. Reis, **S. F. Rodrigues**. Constitutive Analysis of the Mean Flow Stress of a Nb- and N-Bearing Austenitic Stainless Steel Biomaterial.

Metals and Materials International, 27 (2020), 777.

38. G. N. Marques, T. P. Oliveira, M. M. Teixeira, A. V. Lot, M. F. Nascimento, J. H. G. Rangel, E. Azevedo, **S. F. Rodrigues**, M. I. B. Bernardi, E. Longo, M. M. Oliveira. Synthesis of yttrium aluminate doped with Cr³⁺ using MgF₂-Na₂B₄O₇ as mineralizers to obtain red pigments for ceramic tiles application. *Ceramics International*, 46 (2020), 27940-27950.
39. E. J. P. Miranda Junior, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, H. V. C. Silva, E. S. Silva, G. S. Reis, A. E. M. Paiva, J. M. C. Santos. Modelling Propagating Bloch Waves in Magnetoelastic Phononic Structures with Kagomé Lattice using the Improved Plane Wave Expansion. *Crystals*, 10 (2020), 586.
40. M. A. M. Castro, T. O. Portela, M. M. Oliveira, J. H. G. Rangel, **S. F. Rodrigues**, J. M. R. Mercury. Synthesis of hydroxyapatite by hydrothermal and microwave irradiation methods from biogenic calcium source varying pH and synthesis time. *Boletim de la Sociedad Espanola de Ceramica Y Vidro*, 59 (2020), 1-7.
41. C. Aranas, **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, C. Ghosh, J. J. Jonas. Recent Developments in Thermomechanical Processing of Steels. *Iron & Steel Technology*, 12 (2020), 47-57.
42. **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, C. Aranas, E. S. Silva, G. S. Reis, J. J. Jonas. High-temperature deformation behavior of high-Nb microalloyed steel during plate rolling simulation. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 17 (2020), 105-111.
43. F. Siciliano, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, J. J. Jonas. The dynamic transformation of ferrite above the Ae₃ and the consequences on hot rolling of steels. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 17 (2020), 90-95.
44. R. P. Ferreira, C. C. F. Nascimento, G. S. Reis, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**. Thermomechanical Behavior and Corrosion Resistance of a 316 L Austenitic Stainless Steel. *Materials Science and Applications*, 11 (2020), 217-233.
45. L. T. Moraes, A. E. M. Paiva, **S. F. Rodrigues**, J. H. G. Rangel, M. M. Oliveira. Development of nickel and silver ceramic filters supported on K10 montmorillonite clay for water disinfection. *Cerâmica*, 66 (2020), 474-482.
46. H. B. Palhano, C. Aranas, **S. F. Rodrigues**, E. S. Silva, G. S. Reis, E. J. P. Miranda Junior, F. Siciliano, J. J. Jonas. Strain-Induced Ferrite Formation During Steckel Mill Simulations with Varying Roughing Pass Schedules. *Metals*, 9 (2019), 814-830.

47. **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, C. Aranas Jr., E. S. Silva, G. S. Reis, M. Jahazi, J. J. Jonas. Dynamic Phase Transformation Behavior of a Nb-microalloyed Steel during Roughing Passes at Temperatures above the Ae3. *Metals*, 9 (2019), 334-347.
48. N. M. Fonseca, **S. F. Rodrigues**, B. Guo, J. J. Jonas. Dynamic Transformation During the Simulated Hot Rolling of an API X80 Steel. *Steel Research International*, 90 (2019), 1-8.
49. S. R. J. B. Leitaó Filho, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, E. J. P. Miranda Junior, G. S. Reis, O. Balancin. Delay in the static softening kinetics of a Nb-N-bearing austenitic stainless steel. *Materials Research Express*, 6 (2019), 1165f3.
50. F. A. S. de Aquino, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas, F. Siciliano, S. S. Coutinho, G. S. Reis. Thermomechanical Behavior of Biocompatible Austenitic Stainless Steels during Simulated Torsion Tests. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 28 (2019), 5890-5901.
51. **S. F. Rodrigues**, T. B. Carneiro, C. Aranas, E. S. Silva, F. Siciliano, G. S. Reis, J. J. Jonas. Induced ferrite formation above the Ae3 during plate rolling simulation of a X70 steel. *MRS Advances*, 4 (2019), 3077-3085.
52. E. J. P. Miranda Junior, **S. F. Rodrigues**, J. M. C. dos Santos. Band Structure in a Sustainable Sonic Crystal. *Materials Science Forum*, 958 (2019), 75-80.
53. E. J. P. Miranda Junior, A. F. Angelin, **S. F. Rodrigues**, L. A. G. Barbosa, J. M. C. dos Santos. Influence of Spheroid and Fiber-Like Waste-Tire Rubbers on the Sound Absorption Coefficient of Rubberized Mortars. *Materials Science Forum*, 958 (2019), 63-68.
54. C. Aranas Jr., B. Guo, **S. F. Rodrigues**, J. Choi, S. Kim, B. Sun, J. J. Jonas. Deformation-induced Phase Transformation in Zircaloy-4 below the Beta Transus. *Materials Letters*, 220 (2018) 229-233.
55. **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., B. Sun, F. Siciliano, S. Yue, J. J. Jonas. Effect of Grain Size and Residual Strain on the Dynamic Transformation of Austenite under Plate Rolling Conditions. *Steel Research International*, 89 (2018), 1-7.
56. C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**, A. Fall, M. Jahazi, J. J. Jonas. Determination of the Critical Stress Associated with Dynamic Phase Transformation in Steels by Means of Free Energy Method. *Metals*, 8 (2018), 360.
57. **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, C. Aranas Jr., G. S. Reis, B. J. Allen, J. J. Jonas. Effect of Number of

Roughing Passes on the Dynamic Transformation of Austenite during Simulated Plate Rolling. *Materials Science Forum*, 941 (2018), 717-722.

58. L.G. Galdino, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., G.S. Reis, V.A. Ferraresi. The Effect of Purge Gas Condition on the Amount of Ferrite in Tubular AISI 304 Stainless Steel during Pipe Welding. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 40 (2018), 376.
59. J.J. Jonas, C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**. Dynamic transformation during the torsion simulation of plate and strip rolling. *Advanced High Strength Steel, Lecture Notes in Mechanical Engineering*, (2018) 1-9.
60. B. L. S. Lopes, **S. F. Rodrigues**, E. S. Silva, G. S. Reis, W. P. Martins, J. C. Damasceno, V. S. Leal. Influence of MIG/MAG Welding Process on Mechanical and Pitting Corrosion Behaviors on the Super-Duplex Stainless Steel SAF 2507 Welded Joints. *Materials Sciences and Applications*, 02 (2018), 228-245.
61. F. Siciliano, B. J. Allen, **S. F. Rodrigues**, J. J. Jonas. Physical Simulation Methods applied to Hot Rolling of Linepipe Steels. *Materials Science Forum*, 941 (2018), 438-442.
62. J. J. Jonas, C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**. Dynamic Transformation of Austenite at Temperatures Above the Ae3. *Materials Science Forum*, 941 (2018), 633-638.
63. **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., J. J. Jonas. Dynamic Transformation During the Simulated Plate Rolling of a 0.09% Nb Steel. *ISIJ International*, 57 (2017), 1102-1111.
64. **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., J. J. Jonas. Retransformation Behavior of Dynamically Transformed Ferrite during the Simulated Plate Rolling of a Low C and an X70 Nb Steel. *ISIJ International*, 57 (2017), 929-936.
65. **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., T. Wang, J. J. Jonas. Dynamic Transformation of an X70 Steel under Plate Rolling Conditions. *ISIJ International*, 57 (2017), 162-169.
66. C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**, Y. J. Shen, Z. Zhang, J. J. Jonas. Time-Temperature-Reverse Transformation (TTRT) Behaviors of a C-Mn and a Nb Microalloyed Steel After Dynamic Transformation Above the Ae3. *Steel Research International*, 88 (2017) 1-7.
67. T. S. Oliveira, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**, C. C. F. Nascimento, V. S. Leal, G. S. Reis. Softening Mechanisms of the AISI 410 Martensitic Stainless Steel Under Hot Torsion Simulation. *Materials Research*, 20 (2017) 1-12.

68. M. C. S. Cabeca, **S. F. Rodrigues**, A. S. Neto, E. J. P. Miranda Jr., G. S. Reis, A. M. Oliveira. Comparative study on plasma nitriding in cathodic cage with conventional nitriding of the austenitic stainless steel 316. *International Journal of Current Research*, 9 (2017), 44666-44672.
69. **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., F. Siciliano, J. J. Jonas. Dynamic Transformation during the Simulation of Plate Rolling in an X70 Steel. *Steel Research International*, 87 (2016), 1-9.
70. C. C. F. Nascimento, **S. F. Rodrigues**, V. M. Morais, L. O. Vilarinho. Methodology for corrosion evaluation in HAZ of 11%-Cr ferritic stainless steel. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 30 (2016), 3805-3811.
71. C. Aranas Jr., Y. J. Shen, **S. F. Rodrigues**, J. J. Jonas. Microstructural Evolution of a C-Mn Steel during Hot Compression Above the Ae3. *Metallurgical and Materials Transactions. A*, 47 (2016), 4357-4361.
72. C. Aranas Jr., I. H. Jung, S. Yue, **S. F. Rodrigues**, J. J. Jonas. A metastable phase diagram for the dynamic transformation of austenite at temperatures above the Ae3. *International Journal of Materials Research*, 107 (2016), 881-886.
73. R. M. Cutrim, **S. F. Rodrigues**, G. S. Reis, E. S. Silva, C. Aranas Jr., O. Balancin. Hot Deformation Behavior and Microstructural Evolution of a Medium Carbon Vanadium Microalloyed Steel. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 25 (2016), 5102-5108.
74. R. P. Rauta, **S. F. Rodrigues**, V. S. Leal, G. S. Reis, C. Aranas Jr., V. A. Ferraresi. Influence of Pushing and Pulling the Electrode Procedure and Addition of Second Layer of Welding on the Wear in Hardfacing of Fe-Cr-C. *Materials Research*, 19 (2016), 1193-1200.
75. R. P. Ferreira, E. S. Silva, C. C. F. Nascimento, **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., V. S. Leal, G. S. Reis. Thermomechanical Behavior Modeling of a Cr-Ni-Mo-Mn-N Austenitic Stainless Steel. *Materials Sciences and Applications*, 07 (2016), 803-822.
76. J. J. Jonas, C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**, I. H. Jung. Dynamic Transformation during Plate and Strip Rolling. *Materials Science Forum*, 879 (2016), 29-35.
77. F. R. Bernardes, **S. F. Rodrigues**, E. S. Silva, G. S. Reis, M. B. R. Silva, A. M. Jorge Jr., O. Balancin. Analytical modeling of the thermomechanical behavior of ASTM F-1586 high nitrogen austenitic stainless steel used as a biomaterial under multipass deformation. *Materials Science & Engineering C*, (2015), 87-98.
78. J. H. Sobrinho, **S. F. Rodrigues**, E. S. Silva, G. S. Reis, R. C. Sousa, V. S. Leal, J. M. R. Mercury.

Plastic Instability in ISO 5832-9 High-nitrogen Austenitic Stainless Steel. *ISIJ International*, 55 (2015), 670-678.

79. C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**, R. Grewal, J. J. Jonas. Ferrite Formation above the Ae₃ Temperature during the Torsion Simulation of Strip Rolling. *ISIJ International*, 55 (2015), 2426-2434.
80. **S. F. Rodrigues**, E. S. Silva, G. S. Reis, R. C. Sousa, O. Balancin. Prediction of hot flow plastic curves of ISO 5832-9 steel used as orthopedic implants. *Materials Research*, 17 (2014) 436-444.

Artigos em anais de conferências internacionais revisadas por pares e obras de compilação

1. **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, C. Aranas Jr., E. S. Silva, G. S. Reis, J. J. Jonas. Formation of Strain Induced Ferrite and its Retransformation above the Ae₃ under Plate Rolling Conditions. E-Proceedings - 59th Conference of Metallurgists CIM ACADEMY. COM2020. The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. v. 1. p. 821213.
2. C. Aranas Jr, **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, J. J. Jonas. In-Situ X-Ray Diffraction Measurement During Deformation of Austenite Above the Ae₃ Temperature. The Minerals, Metals & Materials Series. 1ed.: Springer International Publishing, 2020, v. p. 1789-1798. TMS 2020 149th Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings.
3. C. Aranas Jr., **S. F. Rodrigues**, F. Siciliano, J. J. Jonas. X-Ray Diffraction Analysis of Dynamic Transformation during High-Temperature Deformation of Niobium Steel. In: 59th Conference of Metallurgists, 2020, Toronto. E-Proceedings - 59th Conference of Metallurgists CIM ACADEMY. COM2020. Montreal: The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2020. v. 1. p. 820257.
4. C. Aranas, **S.F. Rodrigues**, C. Ghosh, F. Siciliano, J.J. Jonas. Recent Developments in Thermomechanical Processing of Steels. In: AISTech 2020, 2020, Nashville. AISTech2020 Proceedings of the Iron and Steel Technology Conference, 2020. p. 1.
5. F. Siciliano, **S.F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., J.J. Jonas. Thermomechanical processing during hot rolling of steels and the dynamic transformation of ferrite above Ae₃. Proceedings of the 11th International Rolling Conference (IRC 2019), São Paulo, 2019., 2019. v. 11. p. 147-155.
6. **S.F. Rodrigues**, F. Siciliano, C. Aranas Jr., E. Silva, G. Reis, J.J. Jonas. Dynamic transformation during plate rolling simulations of a high Nb steel. Proceedings of the 11th International Rolling Conference (IRC 2019), São Paulo, 2019., 2019. v. 11. p. 77-85.
7. S. R. J. B. Leita Filho, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**, G. S. Reis. Delay in static softening kinetics of Nb- and N- bearing austenitic stainless steel. 74^o Congresso Anual da ABM, São Paulo, 2019. I, 2019. v. 74. p. 3246-3258.

8. **S. F. Rodrigues**, C. Aranas Jr., F. Siciliano and J.J. Jonas, "Dynamic transformation and retransformation during the simulation of plate rolling in an X70 pipeline steel," Proceedings of the 3rd Pan American Materials Congress and TMS Conference, (2017) 259-269.
9. **S.F. Rodrigues**, C. Aranas Jr. and J.J. Jonas, "Dynamic transformation of austenite under plate rolling conditions," Proceedings of the Iron and Steel Technology Conference, Pittsburgh, PA, USA, (2016) 2759-2767.
10. C. Aranas Jr., **S.F. Rodrigues**, I.-H. Jung and J.J. Jonas, "Formation of ferrite above the Ae3 temperature during the torsion simulation of strip rolling," Proceedings of the Iron and Steel Technology Conference, Pittsburgh, PA, USA, (2016) 2769-2777.
11. J.J. Jonas, C. Aranas Jr. and **S.F. Rodrigues**, "Dynamic transformation during the plate and strip rolling," Proceedings of the 4th International Conference on Thermo-Mechanical Simulation and Processing of Steels (SimPro'16), Ranchi, India, (2016), 3-11.
12. M. C. S. Cabeca, J. S. Cardoso, A. S. Neto, **S. F. Rodrigues**, D. C. C. Vilas Boas, "Failures investigation on frame brace structures for rail wagon bogies. A case study", Proceedings of the 9th National congress of mechanical engineering, Fortaleza, Ceara, Brazil, (2016).
13. A. S. Neto, **S. F. Rodrigues**, M. C. S. Cabeca, G. S. Reis, A. M. Oliveira, "Influence of hydroxyapatite different particles range size for coating application on the austenitic stainless steel ASTM F138", Proceedings of the 9th National congress of mechanical engineering, Fortaleza, Ceara, Brazil, (2016).
14. B. L. S. Lopes, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**, W. P. Martins, V. S. Leal. Estado mecanico-corrosivo de juntas soldadas pelo processo MIG-MAG do aco inoxidavel super-duplex SAF 2507. Proceedings of the 71st ABM anual congress, Sao Paulo, SP, Brazil, (2016) 302-312.
15. **S. F. Rodrigues**, G. S. Reis, R. C. Sousa, E. S. Silva, M. A. Medeiros, "The ISO 5832-9 steel hot flow curves, an analitical study", Proceedings of the 69th ABM International annual congress, Sao Paulo, SP, Brazil, (2014).
16. M. A. Medeiros, **S. F. Rodrigues**, G. S. Reis. Correlation between the plastic hot flow curves and the microstructure of the duplex austenitic stainless steel DIN W. NR. 14462. Proceedings of the 69th ABM International annual congress, Sao Paulo, SP, Brazil, (2014).
17. J. H. Sobrinho, E. S. Silva, **S. F. Rodrigues**, J. Roberto, G. S. Reis, J. M. R. Mercury, "Plastic instability in ISO 5832-9 high-nitrogen austenitic stainless steel", Proceedings of the 69th ABM International annual congress, Sao Paulo, SP, Brazil, (2014).
18. E. S. Silva, R. C. Sousa, **S. F. Rodrigues**, G. S. Reis, O. Balacin. Precipitação induzida por deformação no aço alto nitrogênio ASTM F-1586. 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 09 a 13 de Novembro de 2014, Cuiabá, MT, Brasil, 2014. v. 1. p. 4218-424.

19. **S. F. Rodrigues**, E. S. Silva, G. S Reis, “Analytical study of the plastic hot flow curves of the high nitrogen austenitic stainless steel”, Proceedings of the 68th ABM International annual congress, Belo Horizonte, MG, Brazil, (2013).

20. **S. F. Rodrigues**, J. C. C. Filho, R. C. Sousa. AISI 321 stainless behavior when submitted to short times of sensitizing thermal treatments. 2nd International Corrosion Meeting INTERCORR, 2008, Recife, Brazil, 120-126.

Monographs

S. F. Rodrigues. Role of Dynamic Transformation under Plate Rolling Conditions. *Doctor of Philosophy Thesis*, Department of Mining and Materials Engineering, McGill University, Montreal, Quebec, Canada, 2018.

S. F. Rodrigues. Analytical Study of the Stress-Strain Plastic Flow Curves of an ISO 5232-9 Austenitic Stainless Steel, Used for Orthopedic Implants Biomaterial. *Master of Science Engineering Thesis*, Department of Mechanical and Materials Engineering, Federal Institute of Maranhão, Sao Luis, Brazil, 2013.

S. F. Rodrigues. Thermomechanical Degradation of the Endurance Machine Grate Bars of the VALE-USP Pelletizing Plant. *Bachelor/Licence degree in Physics Monograph*, Department of Physics, Federal University of Maranhão, Sao Luis, Brazil, 2010.

APRESENTAÇÕES EM CONFERÊNCIAS, SEMINÁRIOS E OFICINAS

1. Formation of Strain Induced Ferrite and its Retransformation above the A_{e3} under Plate Rolling Conditions. Conference of Metallurgists, COM2020+URANIUM, Digital Conference, Toronto, Canada. October 2020.
2. Induced ferrite formation above the A_{e3} during plate rolling simulation of a X70 steel. 11th International Rolling Conference - IRC 2019, Sao Paulo, Brazil. October 2019.
3. Thermomechanical behavior of biocompatible austenitic stainless steel during simulated rolling tests. XXVIII International Materials Research Congress, Cancun, Mexico. August 2019.
4. Dynamic transformation during plate rolling simulation of a high Nb steel. XXVIII International Materials Research Congress, Cancun, Mexico. August 2019.
5. Delay in the static softening kinetics of an austenitic stainless steel micro-alloyed to Nb and N. 74th ABM Annual Congress – International, Sao Paulo, Brazil. October 2019.
6. Obstacles, they are only opportunities to achieve a successful professional career. 2nd physicist meeting of IFMA, Santa Ines, Brazil 2019.
7. Effect of Number of Roughing Passes on the Dynamic Transformation of Austenite during Simulated Plate Rolling. THERMEC2018 International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, Properties, Applications. Paris, France. July 2018.
8. Physical Simulation Methods applied to Hot Rolling of Linepipe Steels. THERMEC2018 International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, Properties,

Applications. Paris, France. July 2018.

9. Dynamic Transformation of Austenite during Plate Rolling of a High Nb X70 Pipeline Steel. TMS 2018 Annual Meeting & Exhibition, Phoenix, Arizona, USA. March 2018.
10. Dynamic transformation during the simulated plate rolling of an X70 pipeline steel. EUROMAT 2017, European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes, Thessaloniki, Greece. September 2017.
11. Dynamic Transformation of a High-Nb Pipeline Steel Under Simulated Plate Rolling Conditions. 29th Canadian Materials Science Conference, Ottawa, Canada. June 2017.
12. Dynamic transformation and retransformation during the simulation of plate rolling in an X70 pipeline steel. 3rd Pan American Materials Congress collocated with TMS Conference, San Diego, United States of America. February 2017.
13. Dynamic transformation of austenite under plate rolling conditions. Iron and Steel Technology Conference 2016 (AISTech), Pittsburgh, PA, USA, May 2016.
14. Formation of ferrite above the A_{e3} temperature during the torsion simulation of strip rolling. Iron and Steel Technology Conference 2016 (AISTech), Pittsburgh, PA, USA, May 2016.
15. The ISO 5832-9 steel hot flow curves, an analytical study. 69th ABM International annual congress, Sao Paulo, SP, Brazil, July (2014).
16. Dynamic Transformation of Austenite to Ferrite during Rolling above the A_{e3} Temperature. TMS Conference, San Diego, United States of America. February 2017.
17. Dynamic transformation during the torsion simulation of plate rolling at temperatures above the A_{e3} . Iron and Steel Technology Conference 2016 (AISTech), Pittsburgh, PA, USA, May 2016.

EXPERIÊNCIA EDITORIAL

Membro do conselho editorial

- Metals, Special Issue "Phase Transformation and Softening Mechanisms of Metals and Alloys during Thermomechanical Processing (2022-2024)
- Materials Science Forum, special edition on (ICAIC) International Conference for Academia and Industry Co-operation & (IMMSEM) 2nd International Meeting in Materials Science and Engineering of Maranhão (2020 – 2021)
- Journal of Mechanical Engineering Research (2018 -2019)
- Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy (2018 - 2019)

Reviewer (selected)

Journal of Materials Engineering and Performance; Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração; Materials Science & Engineering C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems; Journal of Materials Science; Acta Tecnológica; Metallurgical and Materials Transactions A; Steel Research International; Materials Research Express; Mechanics Based Design of Structures and Machines; Scientific Reports (from Nature); Journal of Central South University; ISIJ international; Mechanics of Advanced Materials and Structures; International

Journal of Minerals, Metallurgy and Materials; SN Applied Sciences; Advances in Materials Science and Engineering; Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering; Materials Research; Journal of Chemistry, Applied Nanoscience (APNA); Open Engineering; Engineering Research Express; Applied Physics A.

SUPERVISÃO DE PESQUISA DE ESTUDOS DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

1. Jhonatan Peres de Sousa (PhD), Thermomechanical performance and microstructural behavior of Fe-5Ni-1.5Mo-0.6C alloy manufactured by Powder Metallurgy, March 2024 – until now.
2. Wênio Fhará Alencar Borges (PhD), Investigation of thermal and thermomechanical processing in 17-4 PH stainless steel alloys manufactured by additive manufacturing using the LPBF technique, March 2024 – until now.
3. Maria Veronica Goncalves Rodrigues (PhD), Effect of increasing the percentage of Nb on the thermomechanical properties of a Maraging 300 steel, March 2024 – until now.
4. Ramaiany Carneiro Mesquita (PhD), Immobilization of Antimicrobial Peptides (AMPs) on Anodized Titanium Surfaces (Co-Supervisor), February 2022 – until now.
5. João Carlos Ferreira (PhD), Effects of post-processing on the mechanical properties, microstructure and crystallographic texture of a nickel-based superalloy manufactured by additive manufacturing under the LPBF technique, February 2023 – until now.
6. Anátalia Caroline Souza Pontarollo Cruz (MScE), Microstructural characterization of Inconel 625 superalloy manufactured by additive manufacturing using the laser powder bed fusion technique, February 2022 – October 2024.
7. Gilmar Lucas Pereira (MScE), Alternatives for reducing the impacts of high moisture content in Carajás pellet feed on UPSL pellet plant, February 2022 – September 2024.
8. Maria Veronica Goncalves Rodrigues (MScE), Proof of Dynamic Transformation by in situ X-ray Diffraction in X70 Steel Alloys, February 2022 – January 2024.
9. João Carlos Ferreira (MScE), Dynamic transformations under rolling simulation of an X80 steel under continuous cooling conditions, July 2019 – August 2021.
10. Francisco Romario de Souza Machado (MScE), Induced ferrite formation above A_{e3} during plate rolling of an API-X80 steel, July 2019 – February 2022.
11. Nelson Luis Costa dos Santos Filho (MScE), Constitutive analysis of the mean flow stress of a high Nb-N austenitic stainless steel used as biomaterial, January 2019 - December 2020.
12. Thiago Bruno Carneiro (MScE), Phase Transformations in the API 5L x70 Steel (Co-Supervisor), September 2018 - October 2020.
13. Elivaldo Ribeiro Sá (MScE), Softening-precipitation interaction in a Nb-and N-bearing austenitic stainless steel under stress relaxation (Co-Supervisor), July 2018 – August 2020.
14. Henry Barros Palhano (MScE), Strain-Induced Ferrite Formation During Steckel Mill with Varying Roughing Pass Schedules (Co-Supervisor), January 2017 – February 2019.
15. Sebastião Raimundo de Jesus B. Leitão Filho (MScE), Delay in the static softening kinetics of a Nb-N-bearing austenitic stainless steel (Co-Supervisor), January 2017 – February 2019.
16. Andre Vinicius Carvalho Pereira do Nascimento (BScE-Senior Design Project), Phase

transformation in C-Mn and high Nb steel alloys, August 2020 – present.

17. Bianca Meneses Costa (BScE-Senior Design Project), Design and assembly of a Torsion test machine, September 2020-present.
18. Wellington Nascimento Garcia (BScE - Internship), Maintenance of the universal mechanical testing capabilities at IFMA, February 2019 – January 2020.

CURSOS MINISTRADOS

32359 – MSc, MatE.0143 – Physical Metallurgy, 2019-2020, IFMA
 35827 – MSc, MatE.0152 – Special Topics in Metallurgy, 2019, IFMA
 30287 – BSc, ME1418 – Materials Characterization, 2019-2020, IFMA
 31817 - TEC.1358 – Physics 1, 2 and 3, 2019-2020, IFMA
 31817 - TEC.1358 – Materials Science I, 2019, IFMA
 MIME 261 – MatE - Structure of the Materials, 2018, (TA) McGill University
 112879 - EMP.009 – Electricity and electromagnetism, 2014, IFMA
 112881 - EMP.012 - Electrical Measurement Instrument, 2014, IFMA
 110825 - MECS.06 – Applied Physics, 2014, IFMA
 96490 - EM791 – Experimental Materials Science, 2014, IFMA
 101114 - MEC.027 – Thermal Machines, 2014, IFMA
 94263 - TDMM.151 - Plastic Conformation of Metals, 2013 - 2014, IFMA
 101145 - MEC.025 - Manufacturing Processes, 2014, IFMA
 76487 - TDMM.127 – Mechanical Testing of Material, 2012-2013, IFMA
 81177 - MEC.018 – Thermodynamic of Materials, 2012-2013, IFMA
 82901 - TDMM.130 – Heat Treatments and Casting, 2012 – 2013, IFMA
 90642 - MEC.030 - Strength of materials, 2012-2013, IFMA
 253 – CPE.106 - Introduction to materials science and technology, 2012, UNDB
 262 – CPE.202 - Experimental Physics II, 2012-2014, UNDB
 562 – CPE.624 - Mandatory Curricular Internship 1 and 2, 2013-2014, UNDB

COMITÊ DE EXAME DE DISSERTAÇÕES E TESES

O Dr. Samuel Filgueiras Rodrigues tem feito parte do comitê de exame de dissertações e teses dos seguintes alunos de pós-graduação:.

1. Elivaldo Ribeiro Sá, MScE Final Presentation, November 2020, IFMA
2. Nelson Luís Costa dos Santos Filho, MScE Final Presentation, October 2020, IFMA
3. Thiago Bruno Carneiro, MScE Final Presentation, September 2020, IFMA
4. Sebastião R. de Jesus B. Leitão Filho, MScE Final Presentation, August 2020, IFMA
5. Felipe Anderson Silva de Aquino, MScE Final Presentation, February 2019, IFMA
6. Julio Cesar Lopes Pereira Junior, BScE Final Presentation, October 2014, UNDB
7. Bruno Henrique Durans de Sousa, BScE Final Presentation, September 2014, UNDB

MEMBROS DE COMITÊ DE SERVIÇO E OUTRAS ATIVIDADES ACADÊMICAS

Leader and organizer, 4th International Scientific Committee, International Conference for Academy and Industry Co-operation (ICAIC), Maranhao, Sao Luis, Brazil (May 2023- December 2023)

Leader and organizer, 3rd International Scientific Committee, International Conference for Academy and Industry Co-operation (ICAIC), Maranhao, Sao Luis, Brazil (May 2022- December 2022)

Leader and organizer, 2nd International Scientific Committee, International Conference for Academy and Industry Co-operation (ICAIC), Maranhao, Sao Luis, Brazil (May 2021- December 2021)

Leader and organizer, International Scientific Committee, International Conference for Academy and Industry Co-operation (ICAIC), Maranhao, Sao Luis, Brazil (May 2019-December 2019)

Member, Scientific Committee, Dean of Research and Innovation group, Federal Institute of Education, Science and Technology of Maranhao (March 2019-present)

Member, Curriculum Review and selection process for lecturer and professor Committee, Mechanical and Materials Engineering, IFMA (March 2019 – present)

Member, Editorial Committee of the IFMA publishing company, Federal Institute of Education, Science and Technology of Maranhao (November 2020-present)

Leader, Research Group in Thermomechanical Simulation Registered with the CNPq Directory, Ministry of Science, Technology and Innovation, Brazil (October 2019- present)

Ad-hoc Consultant, Research Funding Agencies, FAPEMA, CAPES and CNPq, Brazil (January 2018 – present)

MEMBROS DE ORGANIZAÇÕES E ASSOCIAÇÕES PROFISSIONAIS

ABM - Brazilian Association of Metallurgy, Materials and Mining

Materials Research Society (MRS)

TREINAMENTO E CERTIFICAÇÃO

- English as a Medium of Instruction - Ohio University, O.U., USA.
- University extension in Astronomy for high school teachers – University of Sao Paulo (USP), Brazil
- Cours de Français (Conversation et grammaire) - MCA International language school, YMCA, Canada.
- Workplace Hazardous Materials Information System Training for Laboratory – McGill University, Canada.
- Combustion and Gasification of Solids. Figener Consultores de Engenharia, FIGENER, Sao Paulo, Brazil.

- Cathodic Protection - Basic Principles and Applications. Associação Brasileira de Corrosão, ABRACO, Brazil.
- Sensitive Inspection by 5 senses. EFESO Consulting, Brazil.
- Pelletizing Plant Operation. IFMA/Vale, Brazil.
- Course on Prevention of Work Accidents (CIPA). Tecnologia em Construção e Estruturas Metálicas, TECNOCEM, Brazil.
- Using proper manuscript language and How do Editors look at your paper - Elsevier Publishing Campus, EPC, Canada.
- Cours de Français (Conversation et grammaire) - YMCA International language school, YMCA, Canada.
- Preparing your manuscript and Structuring the paper - Elsevier Publishing Campus, EPC, Canada.
- IELTS Preparation Course and High-Advanced - ILAC, Canada.

OUTRAS HABILIDADES

SOFTWARE: MS Office Applications (Word, Excel, Powerpoint, Outlook, Access), FactSage, JMatPro, Matlab, Origin Pro, Adobe Photoshop, Corel Draw etc.

MATERIALS TESTING AND CHARACTERIZATION EQUIPMENT: MTS. EMIC and INSTRON machines (tensile, compression, torsion and shear punch), Hitachi SEM/EDX/EBSD, optical microscope, Mitutoyo macro and micro hardness testers, portable hardness testers, Ultra-sound equipment, Magnetic particles tester.

LANGUAGES

Portuguese – Native

English – Proficient

French – Advanced level

Spanish – Intermediate level

PROJETO:	OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR CENTELHAMENTO (FLASH BUTT WELD – FBW) EM TRILHOS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR TERMOMECAÂNICO GLEEBLE 563	PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
DATA-BASE:	mai/25	
UF:	MA	

ITEM	REFERÊNCIA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
1							
Etapa 1: Planejamento Inicial e Definição de Parâmetros							
Atividade A: Revisão da literatura técnica							
1.1	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	2	R\$ 5.200,00	R\$ 10.400,00
1.1.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	2	R\$ 6.990,00	R\$ 13.980,00
1.1.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	2	R\$ 5.310,00	R\$ 10.620,00
1.1.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	2	R\$ 3.240,00	R\$ 6.480,00
1.1.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	2	R\$ 3.240,00	R\$ 6.480,00
1.1.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	2	R\$ 922,50	R\$ 1.845,00
1.1.6	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 1	meses	2	R\$ 620,00	R\$ 1.240,00
1.1.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 1	meses	2	R\$ 1.080,00	R\$ 2.160,00
Atividade B: Seleção dos parâmetros iniciais de soldagem							
1.2	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	2	R\$ 5.200,00	R\$ 10.400,00
1.2.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	2	R\$ 6.990,00	R\$ 13.980,00
1.2.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	2	R\$ 5.310,00	R\$ 10.620,00
1.2.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	2	R\$ 3.240,00	R\$ 6.480,00
1.2.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	2	R\$ 3.240,00	R\$ 6.480,00
1.2.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	2	R\$ 922,50	R\$ 1.845,00
1.2.6	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 1	meses	2	R\$ 620,00	R\$ 1.240,00
1.2.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 1	meses	2	R\$ 1.080,00	R\$ 2.160,00
Atividade C: Aquisição e preparação de materiais, equipamentos e software							
1.3	COTAÇÃO	Anexo IV	Software simulação mecânicos e termomecânicos (JmatPro)	licença	1	R\$ 124.736,05	R\$ 124.736,05
1.3.1	COTAÇÃO	Anexo IV	Equipamentos de preparação de amostras (1 lixadeira/ 2 poltrizes (para alumina e outra para pasta de diamante))	unidade	3	R\$ 12.902,18	R\$ 38.706,54
1.3.2	COTAÇÃO	Anexo IV	Equipamentos de preparação de amostras (Cortadora metalográfica cut-off 380V)	unidade	1	R\$ 63.182,25	R\$ 63.182,25
1.3.3	COTAÇÃO	Anexo IV	Equipamentos de preparação de amostras (Prensa de embutimento 40mm)	unidade	1	R\$ 17.770,41	R\$ 17.770,41
1.3.4	COTAÇÃO	Anexo IV	Equipamentos de preparação de amostras (Cortadora metalográfica de precisão)	unidade	1	R\$ 161.566,54	R\$ 161.566,54
1.3.5	COTAÇÃO	Anexo IV	Equipamentos de preparação de amostras (Máquina serra fita)	unidade	1	R\$ 42.000,00	R\$ 42.000,00
1.3.6	COTAÇÃO	Anexo IV	Equipamentos de preparação de amostras (Máquina serra fita)	unidade	1	R\$ 42.000,00	R\$ 42.000,00
1.3.7	COTAÇÃO	Anexo IV	Material de consumo para realização de experimentos na Gleeble (termopares K e R, garras para Gleeble, Folhas de Tântalo e Backing nuts)	verba	1	R\$ 130.931,74	R\$ 130.931,74
1.3.8	COTAÇÃO	Anexo IV	Material de consumo para realização de experimentos (Lixas, punos de polimento, soluções para polimento)	verba	1	R\$ 10.592,60	R\$ 10.592,60
1.3.9	COTAÇÃO	Anexo IV	Material de consumo para realização de experimentos (Disco de corte de precisão)	unidade	4	R\$ 6.786,50	R\$ 27.146,00
1.3.10	SINAPI	Anexo IV	Pequenas intervenções com instalações e adaptações necessárias ao adequado funcionamento de equipamentos adquiridos	serviço	1	R\$ 75.156,32	R\$ 75.156,32
1.3.11	COTAÇÃO	Anexo IV	Usinagem de corpos de provas para testes termomecânicos	amostra	350	R\$ 380,00	R\$ 133.000,00
1.3.12	VALOR INTERNO	Anexo IV	Uso do Microscópio Eletrônico de varredura para caracterização e análises de amostras	hora	400	R\$ 500,00	R\$ 200.000,00
1.3.13	COTAÇÃO	Anexo IV	Manutenção dependulo de impacto e calibração	serviço	1	R\$ 23.787,75	R\$ 23.787,75
SUBTOTAL: Etapa 1							R\$ 1.142.026,20
2							
Etapa 2: Execução das Simulações e Ensaio Experimentais							
Atividade D: Simulação do processo de soldagem FBW no Gleeble 563							
2.1	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	4	R\$ 5.200,00	R\$ 20.800,00
2.1.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	4	R\$ 6.990,00	R\$ 27.960,00
2.1.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	4	R\$ 5.310,00	R\$ 21.240,00
2.1.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00
2.1.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00
2.1.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	4	R\$ 922,50	R\$ 3.690,00
2.1.6	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 1	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00
2.1.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 1	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00
2.1.8	FAPESP	MS-I	Mestrado 1	meses	2	R\$ 3.120,00	R\$ 6.240,00
Atividade E: Ensaio mecânicos (tração, impacto Charpy, microdureza)							
2.2	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	3	R\$ 5.200,00	R\$ 15.600,00
2.2.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	3	R\$ 6.990,00	R\$ 20.970,00
2.2.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	3	R\$ 5.310,00	R\$ 15.930,00
2.2.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	3	R\$ 3.240,00	R\$ 9.720,00
2.2.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	3	R\$ 3.240,00	R\$ 9.720,00
2.2.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	3	R\$ 922,50	R\$ 2.767,50
2.2.6	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 1	meses	3	R\$ 620,00	R\$ 1.860,00
2.2.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 1	meses	3	R\$ 1.080,00	R\$ 3.240,00
2.2.8	FAPESP	MS-I	Mestrado 1	meses	3	R\$ 3.120,00	R\$ 9.360,00
Atividade F: Caracterização microestrutural das zonas de solda							
2.3	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	5	R\$ 5.200,00	R\$ 26.000,00
2.3.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	5	R\$ 6.990,00	R\$ 34.950,00
2.3.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	5	R\$ 5.310,00	R\$ 26.550,00
2.3.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	5	R\$ 3.240,00	R\$ 16.200,00
2.3.4	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	5	R\$ 922,50	R\$ 4.612,50
2.3.5	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 1	meses	5	R\$ 620,00	R\$ 3.100,00
2.3.6	FAPESP	IC	Iniciação científica 1	meses	5	R\$ 1.080,00	R\$ 5.400,00
2.3.7	FAPESP	MS-I	Mestrado 1	meses	5	R\$ 3.120,00	R\$ 15.600,00
2.3.8	FAPESP	MS-I	Mestrado 1	meses	5	R\$ 3.120,00	R\$ 15.600,00
SUBTOTAL: Etapa 2							R\$ 311.550,00
3							
Etapa 3: Análise dos Resultados e Desenvolvimento de Modelos							
Atividade G: Análise dos resultados dos ensaios e microestruturas							
3.1	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	6	R\$ 5.200,00	R\$ 31.200,00
3.1.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	6	R\$ 6.990,00	R\$ 41.940,00
3.1.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	6	R\$ 5.310,00	R\$ 31.860,00
3.1.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	6	R\$ 3.240,00	R\$ 19.440,00
3.1.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	6	R\$ 3.240,00	R\$ 19.440,00
3.1.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	6	R\$ 922,50	R\$ 5.535,00
3.1.6	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 1	meses	2	R\$ 620,00	R\$ 1.240,00
3.1.7	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 2	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00
3.1.8	FAPESP	IC	Iniciação científica 1	meses	2	R\$ 1.080,00	R\$ 2.160,00
3.1.9	FAPESP	IC	Iniciação científica 2	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00
3.1.10	FAPESP	MS-I	Mestrado 1	meses	2	R\$ 3.120,00	R\$ 6.240,00
3.1.11	FAPESP	MS-II	Mestrado 2	meses	4	R\$ 3.300,00	R\$ 13.200,00
Atividade H: Desenvolvimento de modelos teóricos e empíricos							
3.2	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	6	R\$ 5.200,00	R\$ 31.200,00
3.2.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	6	R\$ 6.990,00	R\$ 41.940,00
3.2.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	6	R\$ 5.310,00	R\$ 31.860,00
3.2.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	6	R\$ 3.240,00	R\$ 19.440,00
3.2.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	6	R\$ 3.240,00	R\$ 19.440,00
3.2.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	6	R\$ 922,50	R\$ 5.535,00
3.2.6	FAPESP	TT-I	Iniciação científica Jr. 2	meses	6	R\$ 620,00	R\$ 3.720,00
3.2.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 2	meses	6	R\$ 1.080,00	R\$ 6.480,00
3.2.8	FAPESP	MS-II	Mestrado 2	meses	6	R\$ 3.300,00	R\$ 19.800,00
SUBTOTAL: Etapa 3							R\$ 319.590,00
4							
Etapa 4: Proposição de Melhorias e Transferência de Tecnologia							
Atividade I: Proposição de parâmetros otimizados para o processo de soldagem							
4.1	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	4	R\$ 5.200,00	R\$ 20.800,00
4.1.1	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	4	R\$ 6.990,00	R\$ 27.960,00
4.1.2	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	4	R\$ 5.310,00	R\$ 21.240,00
4.1.3	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00
4.1.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00
4.1.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	4	R\$ 922,50	R\$ 3.690,00
4.1.6	FAPESP	TT-II	Iniciação científica Jr. 2	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00
4.1.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 2	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00
4.1.8	FAPESP	MS-II	Mestrado 2	meses	2	R\$ 3.300,00	R\$ 6.600,00
Atividade J: Transferência de tecnologia e resultados para a indústria							
4.2	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	4	R\$ 5.200,00	R\$ 20.800,00
4.2.1	Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004 (art	-	Coordenador	meses	4	R\$ 5.200,00	R\$ 20.800,00

PROJETO:	OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE TOPO POR CENTELHAMENTO (FLASH BUTT WELD – FBW) EM TRILHOS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO UM SIMULADOR TERMOMECÂNICO GLEEBLE 563		PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
DATA-BASE:	mai/25		
UF:	MA		

ITEM	REFERÊNCIA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
4.2.2	FAPESP	TT-V	Pesquisador 1	meses	4	R\$ 6.990,00	R\$ 27.960,00
4.2.3	FAPESP	TT-IV-A	Pesquisador 2	meses	4	R\$ 5.310,00	R\$ 21.240,00
4.2.4	FAPESP	TT-IV	Pesquisador 3	meses	4	R\$ 3.240,00	R\$ 12.960,00
4.2.5	FAPESP	TT-II	Técnico de apoio	meses	4	R\$ 922,50	R\$ 3.690,00
4.2.6	FAPESP	TT-II	Iniciação científica Jr. 2	meses	4	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00
4.2.7	FAPESP	IC	Iniciação científica 2	meses	4	R\$ 1.080,00	R\$ 4.320,00
SUBTOTAL: Etapa 4							R\$ 193.500,00
5			Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais				
5.1			Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais				
5.1.1	Decreto nº 9.283 de 07/02/2018 (art. 74º)		Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais	%	15	R\$ 1.966.666,20	R\$ 294.999,93
SUBTOTAL:							R\$ 294.999,93
TOTAL:							R\$ 2.261.666,13

Referências:
FAPESP: <https://fapesp.br/valores/bolsasnopais>
Lei nº 10.973, 02/12/2004: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm
Resolução nº 110, 24/04/2017: https://proext.ifma.edu.br/wp-content/uploads/sites/53/2023/05/108_Conselho_Superior_REIT.pdf
Decreto nº 9.283, 07/02/2018: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm

Bolsa Coordenador

“É facultado à ICT celebrar acordos de parceria com instituições públicas e privadas para realização de atividades conjuntas de pesquisa científica e tecnológica e de desenvolvimento de tecnologia, produto, serviço ou processo.
§ 1º O servidor, o militar, o empregado da ICT pública e o aluno de curso técnico, de graduação ou de pós-graduação envolvidos na execução das atividades previstas no caput poderão receber bolsa de estímulo à inovação diretamente da ICT a que estejam vinculados, de fundação de apoio ou de agência de fomento...”
Complementarmente ao artigo citado, para este projeto foi considerada a aplicação da norma interna do IFMA Resolução nº 110, de 24 de abril de 2017 – artigo 29º, que rege as bolsas de servidor(es).
Como referência exclusivamente de valor, está sendo adotada neste projeto a modalidade DTL-A do CNPQ, que possui a finalidade de possibilitar o fortalecimento da equipe responsável pelo desenvolvimento de projeto de pesquisa, desenvolvimento ou inovação, por meio da incorporação de profissional qualificado para a execução de uma atividade específica.

Bolsa Equipe

Pesquisador 1: Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 6.990,00 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico V - (TT-V). Valor proporcional a 30 horas semanais
Pesquisador 2: Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 5.310,00 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico IV-A - (TT-IV-A). Valor proporcional a 30 horas semanais
Pesquisador 3: Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 3.240,00 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico IV - (TT-IV). Valor proporcional a 30 horas semanais
Técnico de apoio: Período: 36 meses. Bolsa: R\$ 922,50 – Referência FAPESP - Modalidade Treinamento Técnico II - (TT-II). Valor proporcional a 30 horas semanais
Iniciação Científica Jr. 1: Período: 18 meses, iniciando no 1º mês. Bolsa: R\$ 620,00 – Referência FAPESP – Modalidade Treinamento Técnico I - (TT-I). Valor de 15 horas/semana
Iniciação Científica Jr. 2: Período: 18 meses, iniciando no 19º mês. Bolsa: R\$ 620,00 – Referência FAPESP – Modalidade Treinamento Técnico I - (TT-I). Valor 15 horas/semana.
Iniciação Científica 1: Período: 18 meses, iniciando no 1º mês. Bolsa: R\$ 1.080,00 – Referência FAPESP – Modalidade Iniciação Científica (IC).
Iniciação Científica 2: Período: 18 meses, iniciando no 19º mês. Bolsa: R\$ 1.080,00 – Referência FAPESP – Modalidade Iniciação Científica (IC).
Mestrado: Período: 24 meses dividido em Ano 1 e Ano 2. Ano 1, Bolsa: R\$ 3.120,00 – Referência FAPESP – Modalidade Mestrado I (MS-I). Ano 2, Bolsa: R\$ 3.300,00 - Referência FAPESP – Modalidade Mestrado II (MS-II)

Taxas e Ressarcimento de Custos Institucionais

Decreto nº 9.283 de 07/02/2018 - Art. 74: Os acordos, os convênios e os contratos celebrados entre as ICT, as instituições de apoio, as agências de fomento e as entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos destinadas às atividades de pesquisa, cujos objetos sejam compatíveis com a finalidade da Lei nº 10.973, de 2004 , poderão prever a destinação de até quinze por cento do valor total dos recursos financeiros destinados à execução do projeto, para cobertura de despesas operacionais e administrativas necessárias à execução desses acordos, convênios e contratos.

ANEXO VII

**LISTA DE BENS, PRODUTOS E ESTUDOS COM PREVISÃO
DE TRANSFERÊNCIA**

Descrição do bem	Previsão de aquisição	Previsão de valor de aquisição	Previsão de destinação do bem
Software simulação mecânicos e termomecânicos (JmatPro)	Setembro/2025	R\$ 124.736,05	IFMA
1 lixadeira/ 2 politrizes	Outubro/2025	R\$ 38.706,54	IFMA
Cortadora metalografica cutoff 380V	Outubro/2025	R\$ 63.182,25	IFMA
Prensa de embutimento 40mm	Outubro/2025	R\$ 17.770,41	IFMA
Equipamentos de preparação de amostras (Cortadora metalográfica de precisão)	Fevereiro/2026	R\$ 161.566,54	IFMA
Máquina serra fita	Fevereiro/2026	R\$ 42.000,00	IFMA
Produtos técnicos elaborados*	2025-2028	N/A	IFMA/ ANTT

*Modelos teóricos e empíricos, proposta de melhoria em normas técnicas, relatórios técnicos e melhoria de procedimentos operacionais padrão, artigos científicos, materiais de treinamentos/ workshops, publicações etc.