

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROJETOS DE PESQUISA/INOVAÇÃO

Edital nº 09/2023 - Campus João Pessoa - Programas Institucionais de Bolsas - Edital de Pesquisa e Inovação

1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: CAMPUS-JP

2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: Ensaio eletromagnético para inspeção de estruturas metálicas			
Grande área de conhecimento: ENGENHARIAS		Área de conhecimento: ENGENHARIA ELÉTRICA	
Área temática: Engenharias e Automação Industrial		Tema: None	
Período de execução: Início: 12/06/2023 Término: 31/12/2023			
Nome do responsável (coordenador): Edgard de Macedo Silva	Titulação: DOCTORADO	Matrícula: 338186	Vínculo: Voluntário
Departamento de lotação: DDE-JP	Telefone: (83) 3224-3019 / (83) 3612-1274 (ramal: 1274)		E-mail: edgard@ifpb.edu.br

3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

Público alvo	Quantidade
--------------	------------

4 - EQUIPE PARTICIPANTE

PROFESSORES E/OU TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DO IFPB			
Membro	Contatos	Vínculo	Titulação
Nome: Edgard de Macedo Silva Matrícula: 338186	Tel.: (83) 3224-3019 / (83) 3612-1274 (ramal: 1274) E-mail: edgard@ifpb.edu.br	Voluntário	DOCTORADO

5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

<p>Resumo PROGRAMA DE INOVAÇÃO Resumo</p> <p>Estruturas metálicas quando submetidas a ciclos térmicos, como no processo de soldagem, podem levar a formação de constituintes microestruturais prejudiciais às propriedades mecânicas e de resistência à corrosão. Mudanças microestruturais causam variações na permeabilidade do material e isto torna atrativo o uso de ensaios eletromagnéticos como ferramenta preditiva para saber se o processo de soldagem foi realizado certo ou se durante o serviço houve imposição de ciclos térmicos indesejáveis. Assim, será possível intervir na hora certa e evitar risco de rompimento de tubulações e danos ambientais, humanos e econômicos. No presente trabalho ondas eletromagnéticas senoidais com diferentes frequências e amplitudes são aplicadas em um aço submetidos a diferentes tratamentos térmicos, com o objetivo de melhor entender o efeito da zona termicamente em processos de soldagem. Os parâmetro a ser analisado será obtido</p>
--

pela estudo do ruído magnético de Barkhausen e sua correlação com as variações microestruturas e de dureza do material, de modo, a termos informações para estudo de zonas termicamente afetadas.

Introdução

A imposição de ciclos térmicos, como processos de soldagem, tratamentos térmicos, leva a mudanças microestruturais e de permeabilidade magnética no material. Com isso, os ensaios eletromagnéticos se tornam atrativos na aplicação de ensaios não-destrutivos. Dentre os ensaios eletromagnéticos, se destacam a medida de permeabilidade na região de reversibilidade, o método de correntes parasitas, ensaios por susceptibilidade magnética e os ensaios baseados na análise do Ruído Magnético de Barkhausen (GHANEI *et al.*, 2014, KYPRIS *et al.*, 2016, TAVARES *et al.*, 2019).

O Ruído Magnético de Barkhausen (RMB) é um ruído gerado a partir da interação entre o movimento das paredes dos domínios magnéticos e a microestrutura do material. As paredes, ao tentarem vencer os obstáculos que são os pontos de ancoragem da microestrutura como discordâncias, precipitados, partículas de segunda fase, contornos de grãos, por exemplo, geram o ruído magnético de Barkhausen devido a saltos abruptos da parede ao se desprender desses pontos de ancoragem (GHANEI *et al.*, 2014).

A análise do Ruído Magnético de Barkhausen (RMB) é utilizada em técnicas não destrutivas capazes de identificar características microestruturais do material, como o tamanho do grão, presença de defeitos, estado de tensões e o teor de carbono, e caracteriza as microestruturas de materiais ferromagnéticos em várias condições, como fadiga, tratamento térmico e tensão (GHANEI *et al.*, 2014).

O RMB é medido através de um ensaio em que se tem uma bobina emissora, a qual aplica o sinal que vai interagir com o material, e uma bobina receptora que detecta o sinal resultante dessa interação. As frequências mais utilizadas variam de 1 Hz a 50 Hz, de sinais frequentemente senoidais, e a configuração clássica de posicionamento da bobina receptora é aquela em que esta é localizada na mesma superfície da bobina emissora, porém essa configuração não é capaz de detectar informações do volume do material ao longo da espessura (SAMIMI, 2016; BLAŽEK, 2016).

Processo de soldagem, provoca Zonas Termicamente Afetadas (ZTA) no material, e, com isso, surge a necessidade de análise de uma maior profundidade dentro deste, ao longo da espessura, para detecção das ZTA. Tais ciclos de soldagem provocam tratamentos térmicos ao longo do material e, dado isso, é relevante a detecção inicial de tratamentos térmicos para aplicações na análise futura de juntas soldadas. Deste modo, há a necessidade do desenvolvido parâmetros para diferenciar a contribuição de diferentes constituintes provenientes de tratamentos como martensita, ferrita, perlita que possam interferir na microestrutura de soldagem e alterar as propriedades das mesmas. Além disso, o processo de soldagem pode levar à formação de constituintes microestruturais prejudiciais às propriedades mecânicas e de resistência à corrosão de tubulações do setor de petróleo e gás e assim necessita a inspeção preventiva para evitar desastres com danos ambientais (GHANEI *et al.*, 2014, TAVARES *et al.*, 2019).

Justificativa

Mudanças microestruturais em materiais ferromagnéticos causam alterações da permeabilidade desses. Fatores microestruturais como tamanho de grão, morfologia dos constituintes e suas características magnéticas afetam a permeabilidade. Materiais de grãos pequenos apresentam maior quantidade de contornos que funcionam como obstáculos ao movimento das paredes dos domínios magnéticos, enquanto que constituintes com morfologia fina causam efeito semelhante. Além disso, a formação de microestruturas paramagnéticas em alguns aços inoxidáveis reduzem a permeabilidade. Essas mudanças microestruturais podem ser causadas por tratamentos térmicos impostos aos materiais e necessitam de ensaios que possam acompanhar de maneira não destrutiva (GHANEI *et al.*, 2014, TAVARES *et al.*, 2019).

A imposição de ciclos térmicos como o de soldagem levam a formação de uma zona termicamente afetada pelo processo. Esta sofre o tratamento térmico do processo e nesta pode vir a ocorrer a formação de constituintes que possam prejudicar as propriedades da junta soldada. Ensaios não destrutivos vem sendo empregados para avaliar falhas nos processos de soldagem e poder interferir no momento certo para evitar danos sejam humanos, ambientais ou econômicos. Assim, para uma melhor interpretação dos resultados obtidos pelos ensaios há a necessidade de conseguir diferenciar a contribuição dos diferentes constituintes gerados na zona termicamente afetada. Deste modo, o estudo da diferenciação do efeito de diferentes tratamentos térmicos surge como fator indispensável para um melhor entendimento da ZTA e poder prever o surgimento de estruturas prejudiciais às propriedades dos materiais utilizados em estruturas como tubulações de gasodutos (FREDDY *et al.* 2018, TAVARES *et al.* 2019).

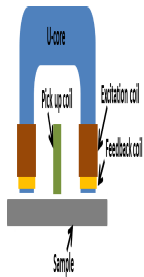
Fundamentação teórica

O ruído magnético de Barkhausen é gerado da interação entre o movimento das paredes dos domínios magnéticos e os pontos de ancoragem da microestrutura do material como: contornos de grãos, discordâncias, tensões residuais, impurezas, precipitados. Na Figura 1 temos a configuração usual de medição do RMB. Esta é formada por uma bobina emissora que é responsável pela aplicação do sinal que irá interagir com a microestrutura do material. O ruído gerado do

desprendimento das paredes dos domínios detectado dessa interação é captado numa bobina receptora, posicionada na mesma superfície da bobina receptora (SALEEM, 2020).

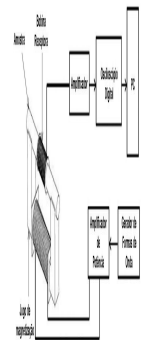
Existem dois tipos de técnicas de bobina receptora para medição do ruído de Barkhausen a de superfície e a envolvente. A primeira, bobina receptora de superfície, possui um núcleo de ferrite, o qual age como um amplificador magnético de B, e seu eixo é posicionado perpendicularmente à superfície da amostra conforme a Figura 1. Na segunda técnica, a bobina denominada receptora envolvente é enrolada em torno da amostra (Figura 2). (CHUKWUCHEKWA, 2011; KAHROBAEE 2017; MOSES 2006; SAMIMI 2016).

Figura 1. Diagrama esquemático do sistema de medição do RMB para uma bobina receptora de superfície.



Fonte: Adaptado de QUI 2021.

Figura 2. Diagrama esquemático do sistema de medição do RMB para uma bobina receptora envolvente.



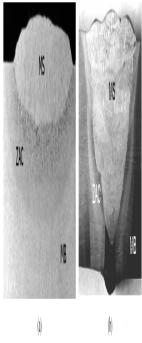
Fonte: Adaptado de JARRIHI, 2015.

Os ensaios eletromagnéticos baseados nas análises do Ruído Magnético de Barkhausen ainda não tem uma padronização, pois o sinal captado depende do estado de tensão, heterogeneidade microestrutural, campo de magnetização produzido pelas bobinas de magnetização, geometria do núcleo, acoplamento sonda-espécime e espaçamento entre as pontas do núcleo da amostra. As medições de RMB só serão consistentes e comparáveis nos casos em que a distribuição de magnetização é alcançada de forma semelhante em cada medição, e o controle de densidade de fluxo do circuito é um meio eficaz para atingir esse objetivo (SILVA et al. 2021; XU et al. 2019; HE et al. 2018).

ZONA TERMICAMENTE AFETADA (ZTA) EM UMA JUNTA SOLDADA.

A ZTA corresponde à região do metal de base que pela sua adjacência com a zona fundida, sofreu alterações microestruturais em decorrência do calor gerado durante o processo de soldagem. A Figura 3 mostra a macrografia de uma junta soldada (metal de solda, ZTA e metal base) para as situações de único passe (HOSSEINI et al.2016).

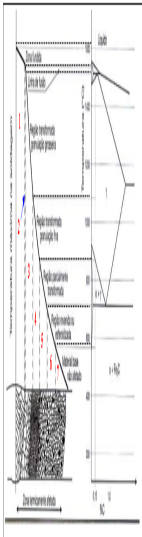
Figura 3– a) Macrografia de junta soldada de passe único e b) vários passes. MS é o metal de solda. MB é o metal de base e ZAC é a zona termicamente afetada.



Fonte: HOSSEINI et al.2016.

A Figura 4 relaciona às influências da distribuição de temperatura máxima de soldagem no diagrama de transformação de fases, com os possíveis efeitos provenientes a partir do gradiente de resfriamento na microestrutura da ZTA. Na Figura 4 a região 1 corresponde a zona fundida pela solda. A medida que distanciamos da solda, ou seja, passamos da região 1 para a 7 tem-se a mudança de microestrutura da ZTA provocada pelas diferentes taxas de resfriamento provocados a medida que afastamos da solda. Cada região pode ser associada a uma imposição de tratamento térmico na solda.

Figura 4– Representação esquemática de distribuição de temperatura na ZTA.



Fonte: HOSSEINI) et al.2016.

APLICAÇÕES DO RUÍDO MAGNÉTICO DE BARKHAUSEN

Ensaio eletromagnético baseado no ruído magnético de Barkhausen tem sido aplicado para caracterização de tratamento de revenimento, que é aplicado após amostras submetidas a resfriamento rápido em água após tratamento de têmpera. O revenimento tem como objetivo aliviar as tensões do tratamento de têmpera e deixar na dureza desejada. Deng 2018, realizou estudo em um aço carbono SAE 1045. Estes foram tratados nas temperaturas de 250 °C, 300 °C, 350 °C, 400 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C, 600 °C, 650 °C for 1 h. Os valores de dureza das amostras tratamentos foram correlacionados com os de medidas de RMS e observou-se que à medida que a dureza aumenta ocorre a redução dos valores de RMS devido a presença do constituinte martensita ser uma estrutura fina e dificultar o movimento das paredes dos domínios magnéticos.

Tensões aplicadas em superfície de aço foram estudadas através do uso do RMB para detectar tensões aplicadas em superfícies de aço. O perfil de tensão gerado em uma amostra de aço 1070 submetida a um teste de flexão de três

pontos foi analisado. A influência do tipo de bobina de captação, varredura velocidade, campo magnético aplicado e banda de frequência analisados em na eficácia da técnica foi estudada. Os resultados mostram que a técnica pode ser usada para detectar perfis de tensões e que sua eficácia depende do tipo de bobina e campo magnético aplicado, mas não da velocidade de varredura. Para as condições em que os testes foram realizados o fator que maior influência nos resultados foi o tipo de bobina utilizada. (FREDDY *et al.* 2018).

Supermartensítico é uma nova classe de aços inoxidáveis utilizados como tubos sem costura e peças forjadas na produção offshore de petróleo e gás. As propriedades mecânicas finais do aço são ajustadas por tratamentos térmicos de têmpera e revenimento. O efeito da temperatura de revenimento foi estudada nesse aço. As amostras foram tratadas nas temperaturas de 500 °C, 570 °C, 620°C e 640°C. Medidas de RMS foram correlacionadas com a quantidade do constituinte paramagnético austenita gerado durante os tratamentos. Observou-se que a fragilização desse material é somente detectada para essa classe de material, quando a quantidade de austenita é pequena, pois o paramagnetismo reduz os valores de RMS a ponto de não ser possível analisar o efeito (TAVARES 2019).

O ruído magnético de Barkhausen tem sido aplicado para monitoramento de juntas soldadas. Nesta pesquisa, a variação da microestrutura em juntas soldadas de aço carbono foi monitorada pelo ruído magnético de Barkhausen (MBN). As amostras foram soldadas pelo processo de eletrodo revestido no qual foram aplicadas tanto uma passo quanto dois. A microdureza e a microestrutura também foram caracterizadas. O sinal RMB foi medido e analisado por meio de diversos parâmetros no domínio da frequência e do tempo. Além disso, mapas das superfícies de aço soldadas foram plotados. A variação dos parâmetros do RMB foi correlacionada com os de microdureza e microestrutura. Os resultados permitiram identificar uma zona afetada pelo calor (ZTA) da junta soldada usando os sinais RMB (SERNA, *et. al.*, 2015).

Qui 2021 mostrou como um modelo paramétrico para o espectro de frequência das emissões de Barkhausen pode ser usado para detectar variações de tensões ao longo da profundidade em materiais ferromagnéticos. O modelo sugere que em amostras em massa o espectro de frequência de Barkhausen pode ser expresso por uma função multi-exponencial com dependência da tensão e da profundidade. Uma aplicação prática deste método de espectroscopia é a avaliação não destrutiva dos perfis de profundidade da tensão residual nos componentes aeroespaciais, ajudando assim a evitar falhas catastróficas.

Objetivo geral

OBJETIVO GERAL

Estudar a capacidade do ruído magnético de Barkhausen em acompanhar a aplicação de tratamentos térmicos em aços.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar o efeito do recozimento nas temperaturas de 850 °C e 1000 °C através da análise do RMB;
Analisar o efeito da velocidade de resfriamento em tratamento térmico através do ensaio eletromagnético baseado no RMB;
Correlacionar os resultados do ensaio eletromagnético com o efeito dos tratamento térmicos.

Metas

- 1 - Preparação e caracterização das amostras
- 2 - Estudar o efeito do recozimento nas temperaturas de 850 C e 1000 C através da análise do RMB
- 3 - Analisar o efeito da velocidade de resfriamento em tratamento térmico através do ensaio eletromagnético baseado no RMB.
- 4 - Correlação dos resultados e correlação

Metodologia da execução do projeto

Metodologia

1. Revisão Bibliográfica

Será levantado o estado da arte do uso do ruído magnético de Barkhausen para estudo do efeito de tratamento térmico em aços e em juntas soldadas.

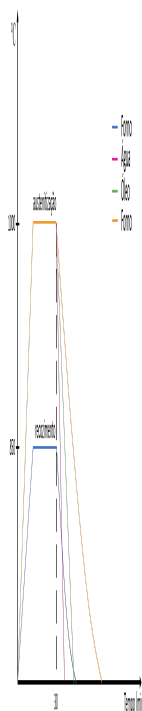
2. Preparação das amostras e aplicação de tratamento térmico.

As amostras utilizadas no presente trabalho são compostas pelo aço SAE 4340 (Cr-Ni-Mo) dividido em cinco partes iguais de 5 mm de comprimento cada, e fornecidas na forma de vergalhão laminado com 25 mm de diâmetro. Serão cortadas à serra com lubrificante para evitar o sobreaquecimento. O tratamento desse material será realizado no laboratório do Grupo de Simulação de Comportamento de Materiais (GSCMat), e foi escolhido com base na sua importância em aplicações industriais, nas quais ele é caracterizado principalmente pela durabilidade, e por isso é usado em trens de pouso de aeronaves, engrenagens e eixos de transmissão de potência, por exemplo.

Serão realizados, nas amostras, diferentes tipos de tratamentos térmicos em um forno elétrico de resistência. O primeiro deles, conhecido como recozimento pleno, será a austenitização a 850 °C por 30 minutos, seguido de resfriamento ao forno. O segundo e terceiro tratamentos serão a austenitização a 1000 °C por 30 minutos, seguidas de resfriamento a óleo e a água (têmpera), respectivamente. O quarto e último tratamento, conhecido como recozimento, será a austenitização a 1000 °C por 30 minutos, seguida de resfriamento ao forno. Uma das amostras será analisada como recebida do processo de fabricação, ou seja, não foi submetida a nenhum tratamento térmico. Serão realizadas marcações nas laterais e faces das amostras para garantir pontos de referência que permitam correlacioná-las durante e após as medições.

O gráfico da Figura 5 ilustra os ciclos térmicos aos quais as amostras do aço SAE 4340 fserão submetidas, assim como os tratamentos de recozimento e austenitização. O comportamento dos aços durante o tratamento térmico varia de acordo com as temperaturas de aquecimento e resfriamento, do tempo de permanência nestas temperaturas, das velocidades de aquecimento e resfriamento, assim como o tipo da atmosfera no seu aquecimento (DA MAIA, FUTAMI e OLIVEIRA, 2019). Essas variações de tratamentos aplicados nas amostras tiveram como objetivo obter diferentes microestruturas homogêneas.

Figura 5 – Representação esquemática dos ciclos térmicos empregados nas amostras do aço SAE-4340.



Fonte: Do autor

3. Caracterização dos materiais por microscopia óptica.

As amostras submetidas aos diferentes tratamentos térmicos serão analisadas por microscopia óptica. Estas serão submetidas a etapa de metalografia onde serão lixadas com lixas de 220, 320, 400 e 600 e depois polidas com alumina de 1micrometro e 0,3 micrometros, seguidas de ataque químico com o reagente de nital 2%. As microestruturas serão analisadas através de um microscópio de marca Nikon que possui sistema de aquisição de imagem acoplada.

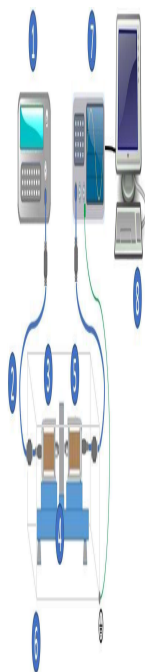
4. Aplicação dos ensaios eletromagnéticos.

Para o desenvolvimento da análise, será utilizado uma bancada experimental constituída por dois módulos: módulo de emissão e módulo de aquisição. O módulo de emissão é composto por um gerador de função Minipa MFG-4205B e uma bobina emissora. O gerador de função transmite para a bobina emissora uma onda de formato senoidal. A bobina emissora tem por função impor um campo magnético na amostra do aço SAE 4340.

O módulo de aquisição é constituído por uma bobina receptora, um osciloscópio e um computador. Esta bobina será posicionada no lado oposto da peça com a finalidade de detectar o campo induzido gerado pela bobina emissora, e assim transmitir o sinal a um osciloscópio (Agilent Technologies, modelo DSO-X 2012A). Os dados são capturados com o auxílio de um *pendrive* conectado ao osciloscópio que posteriormente será acoplado a um computador, o qual tratou os dados no programa denominado "Análise Barkhausen", que foi desenvolvido no laboratório de pesquisa GSCMat.

As bobinas utilizadas são idênticas e têm 19,5 mm de comprimento, 6000 espiras de fios de cobre esmaltado n° 38 envoltas sobre um núcleo de aço AISI 4140. E por fim, será utilizada uma gaiola de Faraday e cabos blindados a fim de diminuir a interferência de sinais provenientes do meio. A configuração dessa bancada pode ser melhor compreendida na Figura 6.

Figura 6 - Bancada experimental para o ensaio de permeabilidade magnética: (1) Gerador de Ondas; (2) Cabo Blindado; (3) Bobina emissora; (4) Amostra; (5) Bobina receptora; (6) Gaiola de Faraday; (7) Osciloscópio; (8) Computador.



Fonte: Do autor.

Na bancada de teste, o aço 4340 será localizado entre a bobina emissora e a bobina receptora. A bobina emissora de aplicação de onda é responsável pela magnetização do material. A onda gerada passa pelo material e transmite à bobina receptora uma onda, que traz informações da interação da onda aplicada

com o material a ser estudado. Serão aplicadas na bobina emissora ondas senoidais frequência de 10 Hz amplitudes de 0,25 V, 05 V, 0,75 V, 1 V, 3 V, 5 V, 7 V e 9 V. A leitura da bobina receptora capturará 10.000 pontos em um segundo. Esta frequência foi escolhida por ser mais frequentemente usada na literatura.

Os sinais obtidos no ensaio eletromagnético serão passados para o domínio da frequência e aplicado um filtro passa altas para separar o ruído dos harmônicos da onda principal e depois calculado a raiz média quadrática (RMS) de cada. Serão realizadas 50 medições de cada onda aplicada e os resultados serão obtidos com um intervalo de confiança de 95 %.

5. Ensaio de dureza

As amostras serão submetidas a ensaio de dureza Vickers a serem realizadas no Laboratório de Ensaio do IFPB. Cinco medições de cada condição serão realizadas.

6. Correlação dos resultados

As medidas de dureza serão correlacionadas com os valores de RMS para cada tratamento.

7. Relatório final

OS resultados serão analisados durante o projeto e correlacionados com a literatura até a redação final.

Disseminação dos resultados

Resultados esperados:

Sistema de monitoramento de estruturas: O objetivo do controle sanitário em indústrias é garantir que os produtos fabricados estejam em conformidade com as normas sanitárias e de segurança, evitando riscos. Tubulações do setor de petróleo e gás necessitam de ensaios não destrutivos que sejam eficazes em garantir que o processo de soldagem foi realizado em conformidade com as normas técnicas e evitar que estruturas venham a romper em serviço e que as empresas possam realizar inspeções não destrutivas e poder intervir na hora certa e com segurança para as pessoas.

Capacitação dos membros da equipe: Investir na capacitação do pessoal é fundamental para garantir a eficácia do controle sanitário na indústria, dando a esses segurança, bem estar intelectual e emocional.

Articulação das ações propostas com as áreas de ensino e extensão. A bancada desenvolvida para monitoramento de estruturas servirá tanto para o apoio do ensino em aulas práticas nas disciplinas de materiais elétricos do cursos de graduação em Engenharia Elétrica como nas disciplinas do mestrado de materiais eletromagnéticos e ensaios eletromagnéticos. Além disso, o produto será uma ferramenta para aproximar o ensino da indústria em serviços através do Polo do IFPB e a essa.

Garantia da segurança sanitária e do bem estar dos participantes do projeto. Durante o projeto será necessário a preparação de amostras para microscopia óptica e nesse momento o bolsista terá a oportunidade do conhecimento e uso dos Equipamentos de Proteção Individuais como: luvas, máscaras, peças anatômicas, capela para preparação de reagentes, jaleco, sapato fechado e calça comprida. Além, disso para a realização dos tratamentos térmicos serão utilizados EPIs como luvas térmicas, óculos de proteção e protetor facial, calçados de segurança, avental de alta temperatura, manga de proteção térmica.

Relação das ações propostas com iniciativas ligadas às diretrizes para a educação ambiental. O aluno irá executar ações de descarte de reagentes químicos, na etapa de preparação de amostras de aços para microscopia, segundo as diretrizes ambientais. Terá a oportunidade de conhecer a maneira certa de fazer sem que ocorra agressão ao meio ambiente.

Atendimento ao protocolo de biossegurança do IFPB. Os cuidados com as síndromes gripais e respiratórias serão realizados, bem como o da covid. O uso de luvas, máscaras e álcool 70 %, higienização de mãos, manutenção de distância de segurança, empréstimo de material de uso pessoal e outros itens em conformidade com o protocolo.

Acompanhamento e avaliação do projeto durante a execução

Meta 1. Preparação e caracterização das amostras.

1.Revisão Bibliográfica

Produto Redação do estado da arte atualizado.

Responsável: Bolsista.

Prazo. De 12 de Junho a 31 dezembro de 2023.

2. Preparação das amostras.

Produto: amostras tratadas.

Responsável: Bolsista.

Prazo: 12 de junho a 12 de julho.

3. Caracterização das amostras.

Produto: Fotos das microestruturas dos tratamentos.

Responsáveis: Bolsista e Orientador

Prazo: 13 de julho a 31 de julho.

4. Ensaio de dureza.

Produto: Gráfico de dureza em função dos tratamentos.

Responsáveis: Bolsista e orientador

Prazo: 1 de agosto a 31 de agosto.

Meta 2. Estudar o efeito do recozimento nas temperaturas de 850 °C e 1000 °C através da análise do RMB.

Atividades

1.Revisão Bibliográfica

Produto Redação do estado da arte atualizado.

Responsável: Bolsista.

Prazo. De 12 de Junho a 31 dezembro de 2023.

2. Aplicação dos ensaios eletromagnéticos

Produto: Valores de RMS para cada condição.

Responsável: Bolsista e Orientador

Prazo. De 1 de agosto a 31 de agosto.

Meta 3. Analisar o efeito da velocidade de resfriamento em tratamento térmico através do ensaio eletromagnético baseado no RMB.

Atividades**1.Revisão Bibliográfica**

Produto Redação do estado da arte atualizado.

Responsável: Bolsista.

Prazo. De 12 de Junho a 31 dezembro de 2023.

2. Aplicação dos ensaios eletromagnéticos

Produto: Valores de RMS para cada condição.

Responsável: Bolsista e Orientador

Prazo. De 1 de setembro a 30 de setembro.

Meta 4: Correlação dos resultados e redação

Atividades**1.Revisão Bibliográfica**

Produto Redação do estado da arte atualizado.

Responsável: Bolsista.

Prazo. De 12 de Junho a 31 dezembro de 2023.

2. Correlação dos resultados

Produto: Gráficos correlacionando.

Responsável: Bolsista e Orientador

Prazo. De 1 de outubro a 31 de outubro.

3. Relatório final

Produto: Relatório final.

Responsável: Bolsista e Orientador

Prazo. De 1 de setembro a 31 de dezembro.

Referências bibliográficas

CHUKWUCHEKWA, N. *Investigation of magnetic properties and Barkhausen noise of electrical steel*. Tese de doutorado. Cardiff University, País de Gales. December, 2011.

DENG, Y.; LI, Z.; CHEN, J.; QI, X. The effects of the structure characteristics on Magnetic Barkhausen noise in commercial steels. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 451, p. 276–282, 2018.

FREDDY A. FRANCO GRIJALBA. L.R. PADOVESE. Non-destructive scanning for applied stress by the continuous magnetic Barkhausen noise method. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Volume 446, 2018, Páginas 231-238, ISSN 0304-8853, <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2017.09.036>.

GHANEI, S. et al. Nondestructive characterization of microstructure and mechanical properties of intercritically annealed dual-phase steel by magnetic Barkhausen noise technique. **Materials Science and Engineering A**, v. 607, p. 253– 260, 2014.

HE, Y.; MEHDI, M.; HILINSKI, E. J.; EDRISY, A. Through-process characterization of local anisotropy of Non-oriented electrical steel using magnetic Barkhausen noise. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 453, p. 149–162, 2018.

HOSSEINI, H.S.; SHAMANIAN, M.; KERMANPUR, A. Microstructural and Weldability Analysis of Inconel617/AISI 310 Stainless Steel Dissimilar Welds. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. Great Britain, n. 144, p. 18-24. 2016.

JARRAHI, F.; KASHEFI, M.; AHMADZADE-BEIRAKI, E. An investigation into the applicability of Barkhausen noise technique in evaluation of machining properties of high carbon steel parts with different degrees of spheroidization. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 385, p. 107–111, 2015.

KAHROBAEE, S.; HEJAZI, T. H. A. RSM-based predictive model to characterize heat treating parameters of D2 steel using combined Barkhausen noise and hysteresis loop methods. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 433, p. 131–140, 2017.

MOSES, A. J.; PATEL, H. V.; WILLIAMS, P. I. AC Barkhausen noise in electrical steels: Influence of sensing technique on interpretation of measurements. **Journal of Electrical Engineering**, v. 57, n. 8 SUPPL, p. 3–8, 2006.

SAMIMI, A. A.; KRAUSE, T. W.; CLAPHAM, L. Multi-parameter Evaluation of Magnetic Barkhausen Noise in Carbon Steel. **Journal of Nondestructive Evaluation**. v. 35. n. 3. p. 1–8. 2016.

SERNA-GIRALDO. Claudia P e PADOVESE. Linilson R. Monitoring of carbon steels welded joints by magnetic Barkhausen noise. **Ingeniare. Rev. chil. ing.** [online]. 2015, vol.23, n.3, pp.413-420. ISSN 0718-3305. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052015000300010>.

SILVA, R.; KUGELMEIER, C. L.; VACCHI, G. S.; MARTINS JUNIOR, C. B.; DAINEZI, I.; AFONSO, C. R. M.; MENDES FILHO, A. A, ROVER, C. A. D. A comprehensive study of the pitting corrosion mechanism of lean duplex stainless steel grade 2404 aged at 475 °C. **Corrosion Science**, v. 191, p. 109738, 2021.

TAVARES, S. S. M.; NORIS, L. F.; PARDAL, J. M.; DA SILVA M. R. Temper embrittlement of supermartensitic stainless steel and non-destructive inspection by magnetic Barkhausen noise. **Engineering Failure Analysis**, v. 100, p. 322 – 328, 2019.]

XU, X.; WESSMAN, S.; ODQVIST, J.; KING, S. M.; HEDSTROM, P. Nanostructure, microstructure and mechanical properties of duplex stainless steels 25Cr-7 Ni and 22Cr-5Ni (wt.%) aged at 325 °C. **Materials Science & Engineering A**, v. 754, p.512–520, 2019.

6 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Meta	Atividade	Especificação	Indicador(es) qualitativo(s)	Indicador físico		Período de execução	
				Unid.de Medida	Qtd.	Início	Término
1	1	Revisão bibliográfica	Redação do estado da arte.		0	12/06/2023	31/12/2023
1	2	Preparação das amostras As cinco amostras foram tratadas e as fotos da microestrutura e durezas adicionadas na aba documentos referentes às atividades 3 e 4 .	Amostras tratadas.		5	Previsto para 12/06/2023 Iniciado em 12/06/2023	Previsto para 12/07/2023 Concluído em 12/07/2023
1	3	Caracterização das amostras Fotos das microestruturas adicionadas na aba documentos	Fotos das microestruturas.		5	Previsto para 13/07/2023 Iniciado em 13/07/2023	Previsto para 31/08/2023 Concluído em 31/08/2023
1	4	Ensaio de dureza As medidas de durezas foram realizadas e o gráfico anexado na aba documentos.	Gráficos		5	Previsto para 01/08/2023 Iniciado em 01/08/2023	Previsto para 31/08/2023 Concluído em 31/08/2023
2	1	Revisão bibliográfica	Estado da arte atualizado		0	12/06/2023	31/12/2023
2	2	Aplicação dos ensaios eletromagnéticos	Valores de RMS para cada condição		0	01/08/2023	31/08/2023
3	1	Revisão bibliográfica	Estado da arte		0	12/06/2023	31/12/2023
3	2	Aplicação dos ensaios eletromagnéticos	Valores de RMS para cada condição		0	01/09/2023	30/09/2023
4	1	Revisão bibliográfica	Estado da arte atualizado		0	12/06/2023	31/12/2023
4	2	Correlação dos resultados	Gráficos correlacionando		0	01/10/2023	31/10/2023
4	3	Relatório final	Relatório final		0	01/09/2023	31/12/2023

7 - PLANO DE APLICAÇÃO

Classificação da despesa	Especificação	PROEX (R\$)	DIGAE (R\$)	Campus proponente (R\$)	Total (R\$)
339018	Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	4900.00	4900.00
339020	Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	1500.00	1500.00
TOTAIS		0	0	6400.00	6400.00

8 - CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Despesa	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	0	0	0	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	0	0	0	0	0	0	1500.00	0	0	0	0	0

Anexo A

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CLASSIFICAÇÃO DE DESPESA	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	ATIVO
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	Bolsa	Reais	5	700.00	3500.00	Sim
339020 - Auxílio Financeiro a Pesquisadores	Auxílio financeiro	Reais	1	1500.00	1500.00	Sim
TOTAL GERAL					5.000,00	