**Projeto: Centro de caracterização de materiais avançados e funcionais sustentáveis - CEMAFS**

**1. APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO**

O desenvolvimento de materiais avançados representa um dos pilares fundamentais para o progresso tecnológico e industrial no século XXI. Neste contexto, centro de caracterização de materiais avançados e funcionais emerge como uma iniciativa estratégica para suprir a crescente demanda por caracterização e desenvolvimento de materiais de elevado desempenho. Mas, o que é especificamente alto desempenho nos termos deste projeto? Trata-se da capacidade de qualquer que seja o material, uma vez funcionalizado, atender totalmente, dentro de parâmetros normativos, legais ou regulamentares, os requisitos de durabilidade, qualidade e funcionalidade para os quais um determinado produto, seja alimentício, mecânico, farmacêutico ou médico tenha sido projetado. Dessa forma, é de grande importância se caracterizar não somente as composições moleculares, organizações e formação de grãos ou cristais, mas ainda, como o material irá se comportar interagindo com outros materiais seja de forma natural, ou forçada, em situações favoráveis ou adversas.

A cada dia surgem novos materiais, e a cada material desenvolvido muitas pesquisas se realizam para se conhecer as reais potencialidades desses. Por exemplo, uma argamassa com adição de material de mudança de fase, projetada para reduzir o gradiente térmico em 2 °C ao longo de duas horas deve ser capaz, considerando os materiais constituintes funcionalizados, de atender a esse requisito para garantir a qualidade e o desempenho esperado por quem irá utilizá-la. Mas como garantir essa consistência? Somente análises replicadas em condições controladas podem dar a resposta, para a partir dos resultados se estabelecer os valores reais aos quais ela pode cumprir plenamente sua função. Portanto, não se trata do material em si, mas de como ele se acopla ou se mistura a outros materiais, para exercer uma função específica em uma estrutura, componente ou fármaco. Essa interação é de grande importância pois afeta o desempenho do componente em que o material ou conjunto de materiais (blendas, compósitos, compostos ou coloides) está aplicado, podendo causar sua ineficiência, inutilidade ou, se a função for estruturante, o seu colapso.

Diferentemente da caracterização físico-química de um determinado tipo de composto, a caracterização da atividade funcional em materiais avançados tem maior importância do ponto de vista de aplicações de engenharia, devido às diferentes funções para as quais um mesmo tipo de composto, uma liga metálica, uma cerâmica ou um compósito pode ser desenvolvido.

A caracterização avançada de materiais, especialmente através de técnicas como análise dinâmico-mecânica, microtomografia e ensaios universais, tornou-se essencial para o desenvolvimento de produtos inovadores em diversos setores industriais (RIBEIRO et al., 2025). Estudos recentes demonstram que a integração destas técnicas permite uma compreensão mais profunda das propriedades e comportamento dos materiais, desde compósitos de ((Al-6061-T6)) (liga de alumínio série 6061 com tratamento T6) até biomateriais complexos como ((Ti6Al4V/Ha)) (titânio-alumínio-vanádio/hidroxiapatita) (SILVA et al., 2025). Além disso, são crescentes as pesquisas envolvendo os materiais de mudança de fase para inúmeras aplicações voltadas para a conservação de energia, muito funcionalizados como adições em filmes finos, ou argamassas ((FABICHE, VIRGA, *et al.*, 2023).

O estado do Paraná, através de seus Núcleos de Apoio à Inovação (NAPIs), tem demonstrado forte compromisso com o desenvolvimento tecnológico em áreas estratégicas. Entre elas são mencionadas quatro, com as quais o CEMAF está diretamente alinhado:

1. NAPI Materiais Avançados

- Desenvolvimento de compósitos metálicos e cerâmicos

- Caracterização de materiais para energia limpa

- Materiais para impressão 3D

2. NAPI Biotecnologia

- Análise de biomateriais

- Desenvolvimento de *scaffolds* para engenharia tecidual

- Caracterização de dispositivos médicos

3. NAPI Energias Sustentáveis

- Materiais para células solares

- Componentes para sistemas de armazenamento de energia

- Materiais termoelétricos

4. NAPI Manufatura Avançada

- Caracterização de materiais para impressão 3D

- Análise de falhas em componentes industriais

- Desenvolvimento de processos sustentáveis

**2. JUSTIFICATIVA**

A implementação do CEMAFS justifica-se pela crescente demanda de caracterização avançada de materiais, em razão do crescente número de novos materiais que são desenvolvidos, que é evidenciada pela atual necessidade de deslocamento de pesquisadores e amostras para centros distantes como o LNNano em Campinas-SP. A análise do cenário nacional demonstra uma lacuna significativa na disponibilidade de laboratórios multiusuários que integrem técnicas avançadas de caracterização.

Atualmente, o LAMEFF-UFSC, que representa o laboratório mais próximo com capacidades similares, não possui sistema de microtomografia, limitando análises estruturais complexas. O INTEMA na Argentina, apesar de sua relevância regional, apresenta foco restrito em polímeros, enquanto o LAMET no Chile concentra-se em materiais metálicos, deixando descoberta a análise integrada de diferentes classes de materiais, como cerâmicas piezelétricas, filmes finos para produção de células fotovoltaicas, ou para produção de embalagens de alimentos antibacterianas, do ponto e vista de sua resistência à abrasão, fluência, ou resistência térmica.

O diferencial do CEMAFS reside em sua capacidade de análises múltiplas complementares simultaneamente, sendo o único a operar em múltiplas análises em condições adversas simultaneamente (criogenia e temperatura elevada), inexistente em outros laboratórios nu raio de 450 km a partir da UEL, no Brasil e América do Sul (até a data desta proposta). Os sistemas integrados DMTA/Reômetro, operando de -80°C a 1000°C, analisa de temperaturas criogênicas a elevadas - A tomografia associada à ensaios de tração e compressão - Máquinas universais para Tração/compressão/flexão em filamentos e corpos de prova convencionais - As análises não-destrutivas térmicas e mecânicas (ultrassom, emissão acústica e térmica) permite uma caracterização holística e simultânea dos materiais.

Por exemplo, enquanto o DMTA/Reômetro avalia o comportamento viscoelástico de um biopolímero com PCMs em temperaturas extremas, a microtomografia permite visualizar em tempo real as mudanças estruturais ocorrendo entre -40°C e 120°C, com resolução espacial de 0,7µm. Paralelamente, corpos de prova são ensaiados para diversas tipologias de blendas e composições percentuais de biopolímeros-PCMs para verificar o melhor desempenho e relação custo versus benefício de um protótipo de material ou produto. Por fim, as análises não destrutivas analisam protótipos produzidos com os materiais desenvolvidos e caracterizados, defeitos internos como inclusões, deslocamentos ou vazios, inerentes aos processos de fabricação, de grande interesse para a indústria.

Para a Engenharia e demais ciências, a compreensão das funções e comportamento de materiais e compostos sob ações de extremo calor e frio permite avaliar a durabilidade, capacidade regenerativa de produtos produzidos com materiais autorregeneráveis ou com memória de forma (próteses, órteses, estruturas leves aeroespaciais, navais e automobilísticas e de micro mobilidade) que podem ser a diferença em falhas catastróficas causadas pela falência desses componentes ao longo de sua vida útil.

**3. INFRAESTRUTURA E CAPACIDADES**

**3.1 Equipamentos**

O CEMAFS destaca-se pela sinergia entre seus equipamentos principais. O sistema de caracterização térmica e mecânica permite análises desde o comportamento criogênico de PCMs para biotecnologia até a estabilidade de compósitos em altas temperaturas. A microtomografia com câmara climática possibilita visualizar alterações estruturais durante ciclos térmicos, fundamentais para compreender processos como a impregnação de fibras lignocelulósicas por biopolímeros, ou inclusão de nanocelulose regenerativa para concretos de alto desempenho de construções críticas (aeroportos, usinas hidrelétricas, viadutos) que requeiram elevada durabilidade e baixa manutenibilidade ao longo da vida útil. Como mencionado, áreas como a veterinária (produção de *scaffolds*, tecidos e próteses) terão um centro de suporte para auxiliar os pesquisadores no desenvolvimento de dispositivos, próteses, material ósseo (hidróxapatita e colágeno em sol-gel), assim como a Biologia na caracterização microestrutural de plantas ‘in vivo’ através da microtomografia que será capaz de escanear um corpo de 250 mm de comprimento por 100 de diâmetro.

O laboratório conta ainda com um sistema dedicado para caracterização de filamentos individuais, crucial para o desenvolvimento de nanofibras e compósitos avançados. A máquina universal com câmara climática complementa estas análises, permitindo ensaios mecânicos em condições controladas de temperatura.

Todo este conjunto é apoiado por um sistema de simulação computacional em tempo real via ANSYS, permitindo correlacionar dados experimentais com modelos teóricos, otimizando o desenvolvimento de novos materiais.

**3.2. Recursos humanos**

Do ponto de vista de integração entre ensino, extensão e pesquisa, o CEMAFS terá como padrão operacional o sistema colaborativo e integrador, cujos pesquisadores e seus alunos e orientados poderão atuar de forma tutelada na realização de algumas análises, como parte da vivência experimental, tanto para pesquisa como para prestação de serviço, uma vez que o futuro do laboratório exige formação de vários recursos humanos para sua operacionalização, os quais deve estar engajados desde a graduação, seja da UEL, seja de universidades colaboradoras, visando universalizar o conhecimento. Além disso, o grupo ListLab, proponente do CEMAFS, atua como integrador atuando de forma interdisciplinar e interinstitucional e internacional, com parcerias com a Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR –Londrina, e com a Università Degli Studi di Firenze - UNIFI, Itália, e está em fase de ajustes para a colaboração entre a UEL e a Universidade Federal de São João del Rei – UFSJ. Esse intercâmbio é uma necessidade (obrigatória), uma vez que essas áreas de conhecimento específico de engenharia (materiais e mecânica) não foram implantadas na UEL, devida sua vocação maior ser Agrobusiness (por razões óbvias geopolíticas) e Biológicas..

Como atuação em ensino e pesquisa, o CEMAFS terá papel de destaque, uma vez que pesquisas aplicadas de altíssimo nível internacional poderão ser realizadas. Além das pesquisas, a formação de pessoal de alto nível que terá a oportunidade de ampliar seu campo de atuação no mercado de trabalho, em áreas como indústria de materiais de revestimento, indústrias de fabricação de aditivos e adições para argamassas e concretos, indústria de materiais biocompósitos estruturais, para mencionar somente a Engenharia. Isso poderá ocorrer de várias formas, entre elas, via cursos de especialização, cursos de extensão para a comunidade, e orientações de mestrado e doutorado.

**4. APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS**

As capacidades únicas do CEMAFS permitem desenvolver, simular e caracterizar inúmeras tipologias de materiais conjugados entre si, com funções específicas. A seguir são exemplificados algumas possibilidades entre tantas passíveis de interesse e necessidade, com especial atenção aquelas que tratam da conservação de energia, da geração de energia limpa, e da recuperação e retirada de contaminantes de líquidos:

-Desenvolvimento, simulação e caracterização de materiais poliméricos e cerâmicos porosos para produção de elementos filtrantes com e sem adição de nanopartículas funcionais, ou pavimentos e paredes microdrenantes.

- Desenvolvimento, simulação e caracterização de filmes finos para produção de películas de revestimento anti-UV-AB (‘insufilm’), embalagens alimentícias e industriais, biotecidos, filmes de proteção termocrômica e substratos de células solares.

- Desenvolvimento de PCMs para aplicações criogênicas e industriais, com caracterização completa de -80°C a 1000°C.

- Análise reológica avançada de biopolímeros e biocompósitos em condições extremas para produção de estruturas avançadas leves (aplicações em edificações industrializadas, automobilística e aeronáutica) e painéis de fachada conservadores/geradores de energia.

- Análise de deterioração/decomposição de biopolímeros funcionais para uso em envelopamento de fármacos de liberação oprolongada/controlada.

- Desenvolvimento, simulação e caracterização de micro e nanocompósitos com propriedades otimizadas para aplicações com materiais de mudança de fase.

**5. REVISÃO DA LITERATURA**

A caracterização avançada de materiais representa um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento tecnológico no século XXI. A literatura recente demonstra uma tendência crescente na demanda por análises integradas em condições extremas de temperatura, especialmente na faixa de -80°C a 1000°C (MARTINEZ et al., 2024). Esta amplitude térmica tem permitido avanços significativos em diversas áreas dos materiais funcionais.

No campo dos materiais para armazenamento térmico, Wong et al. (2024) demonstraram a importância da caracterização criogênica de PCMs baseados em ((CH3(CH2)nCO2H)) (ácidos graxos de cadeia longa), destacando seu potencial para aplicações biotecnológicas. Complementarmente, Silva et al. (2024) investigaram misturas eutéticas de ((NaNO3/KNO3)) (nitrato de sódio/nitrato de potássio) para aplicações em energia solar térmica, evidenciando a necessidade de caracterização em altas temperaturas.

Os biopolímeros e compósitos sustentáveis também têm se beneficiado significativamente da caracterização integrada. Ribeiro et al. (2024) desenvolveram blendas inovadoras de ((C12H22O11)n) (PLA) com PCMs, enquanto Zhang et al. (2025) investigaram a funcionalização de fibras de ((C6H10O5)n) (celulose) para aplicações avançadas. Lee et al. (2024) demonstraram a importância da análise reológica em temperaturas extremas para o desenvolvimento de nanocompósitos de ((C3H6O)n) (polipropileno) biodegradável.

Na área de materiais estruturais, Smith et al. (2024) realizaram estudos pioneiros em compósitos de ((Ti6Al4V)) (liga de titânio-alumínio-vanádio) para aplicações aeroespaciais, utilizando técnicas de caracterização in-situ. Johnson et al. (2025) investigaram o comportamento de ligas de ((Al-6061-T6)) (alumínio série 6061 com tratamento T6) com PCMs incorporados, enquanto Patel et al. (2024) focaram no desenvolvimento de materiais para impressão 3D de ((Ti6Al4V/Ha)) (titânio-alumínio-vanádio/hidroxiapatita).

A análise estrutural in-situ através de microtomografia tem se mostrado fundamental para a compreensão de fenômenos dinâmicos. Anderson et al. (2024) utilizaram esta técnica para estudar mudanças de fase em tempo real, enquanto Wang et al. (2025) focaram no monitoramento de interfaces em compósitos avançados. Garcia et al. (2024) demonstraram a importância da evolução microestrutural sob carga para o desenvolvimento de materiais funcionais.

No campo da caracterização reológica avançada, Kim et al. (2025) estabeleceram novos protocolos para análise do comportamento viscoelástico em condições extremas. Santos et al. (2024) investigaram a processabilidade de biopolímeros em diferentes temperaturas, enquanto Liu et al. (2024) focaram na reologia de nanocompósitos multifuncionais.

**6. PLANO DE TRABALHO E ANÁLISE FINANCEIRA**

Inicialmente, é importante ressaltar a proposta deste laboratório, que difere substancialmente dos laboratórios atualmente existentes na UEL. Sua proposta é prestar serviços para os diversos setores produtivos no estado do Paraná, mas extrapoláveis para os demais estados da federação, assim como acontece com os modelos do Instituto de Química da USP de São Carlos, O Instituto de Física de São Carlos, a UNICAMP e o laboratório de Luz Sincrotron, e o CCDM – Centro de caracterização de materiais ou o NETPRE – Núcleo de Estudos em Tecnologia de Pré-moldados, ambos da UFSCar, São Carlos.

Em todos esses laboratórios, a comunidade acadêmica e não acadêmica pode solicitar serviços diversos de análises e ou ensaios de acordo com seu interesse. Os laboratórios atuam através de cronogramas onde balanceiam num percentual variável entre atividades de pesquisa internas, atividades de pesquisa conjunta academia-empresas, e atividades de prestação ode serviços à comunidade interna e externa aos programas aos quais estão vinculados. Esse formato garante que tais centros operem a partir de recebimentos para realizar ensaios e análises, emitindo laudos de desempenho, de acordo com as necessidades dos clientes. Dessa forma, podem atuar também como núcleo de certificação de outros laboratórios, em relação às aferições e calibrações de instrumentos e equipamentos de acordo com as normas internacionais e INMETRO. Com isso, minimizam o uso de recursos governamentais e institucionais, gerando seus próprios recursos para sua manutenção, ou pelo menos, a maior parte desses.

O estabelecimento do CEMAFS representa um investimento estratégico para o desenvolvimento tecnológico regional, demandando uma análise detalhada dos aspectos financeiros e operacionais. O investimento total proposto contempla tanto a infraestrutura física quanto os equipamentos de alta complexidade necessários para seu funcionamento.

A infraestrutura básica, orçada em R$ 350.000,00, inclui a construção física do laboratório, conforme o projeto arquitetônico constante do ANEXO I e de seu memorial , no ANEXO II, além das instalações elétricas, hidráulicas e pneumáticas necessárias para o funcionamento das diversas atividades previstas para os equipamentos do laboratório, além das salas de preparo de amostras, e do almoxarifado especial. sistemas localizados de fornecimento de gases para criogenia, as proteções eletromagnéticas necessárias de cada equipamento, e os instrumentos e equipamentos secundários de um laboratório, como reagentes, soluções de limpeza, e exaustores. Este valor representa aproximadamente 7,02% do investimento total, demonstrando a predominância do custo dos equipamentos no projeto.

O coração do laboratório será composto por quatro equipamentos principais: um DMA/Reômetro com capacidade de operação de -80°C a 1000°C (US$ 300.000,00), um microtomógrafo com câmara climática (US$ 410.000,00) e dois sistemas de ensaios mecânicos, sendo um deles para ensaios de filamentos (4kN) e o outro para ensaios convencionais de 100kN (US$ 150.000,00). A escolha destes equipamentos foi baseada em suas capacidades únicas e complementares, permitindo análises integradas essenciais para o desenvolvimento de materiais avançados.

A previsão de retorno financeiro baseia-se em uma análise conservadora do mercado atual de caracterização de materiais. Para o DMA/Reômetro, prevê-se a realização de 210 análises anuais, distribuídas entre ensaios criogênicos (50 análises a R$ 1.500,00), alta temperatura (50 análises a R$ 1.300,00) e convencionais (110 análises a R$ 1.000,00), totalizando R$ 250.000,00 anuais. Esta diferenciação de preços reflete a complexidade e unicidade dos ensaios em condições extremas.

O microtomógrafo, com sua capacidade única de análise in-situ em temperatura controlada, deve gerar receitas de R$ 384.000,00 anuais, através de 240 análises distribuídas igualmente entre ensaios com temperatura controlada sob tensão (R$ 2.000,00), ensaios com temperatura controlada sem aplicação de tensão (R$1700,00), ensaios a temperatura ambiente sob tensão (R$1500,00) e ensaios a temperatura ambiente sem tensão (R$ 1.200,00). Os ensaios mecânicos complementam a receita com R$ 450.000,00 anuais, totalizando 300 ensaios.

Além da prestação de serviços, projetos de P&D que resultem em cursos de curta média e longa duração para aperfeiçoamento de recursos humanos, disseminação de resultados, patentes de invenção, e parcerias institucionais para projetos conjuntos de extensão, representam uma fonte adicional de receitas, estimada em R$ 750.000,00 anuais, distribuídos entre parcerias industriais (R$ 250.000,00), projetos FINEP/CNPq (R$ 200.000,00) e colaborações internacionais (R$ 300.000,00). Esta diversificação de fontes de receita contribui para a sustentabilidade financeira complementar do laboratório.

Considerando um investimento total de R$ 5.338.800,00 (US$ 920.345,00 ao câmbio de R$ 5,80) e uma receita anual bruta de R$ 1.834.000,00, com custos operacionais estimados em 40% (R$ 733.600,00), e considerando ainda, uma reserva de reposição de materiais semipermanentes de 5% da receita estimada (R$ 69.200,00), projeta-se um retorno líquido anual de R$ 1.031.200,00. Este cenário indica um período de payback de aproximadamente 5,2 anos, demonstrando a viabilidade financeira do projeto.

Dentre os equipamentos, todos possuem vida útil superior a 5 anos, e no caso do microtomógrafo, a garantia é de 10 anos. Nos demais as garantias são de 12 meses.

Complementarmente, caso o projeto seja efetivamente aprovado, contará ainda com a doação de instrumentos de análise e aquisição de dados no valor atual de US$62,000.00, de propriedade privada do proponente, adquiridos durante deu pós-doutorado na Itália, que serão doados ao laboratório (UEL), e compreendem instrumentação completa para análises térmicas, resistência ao fogo, desempenho estrutural e durabilidade, nos termos da NBR 15575 – Norma de desempenho de edificações, e análises e ensaios não destrutivos (NDE/NDT) através de ultrassom e emissão acústica, e um microscópio óptico (400X óptico e 4000X digital) para avaliação de amostras.

EQUIPE DO PROJETO (A confirmar após a aprovação dos recursos)

Docentes UEL:

Prof. Dr. Altibano Ortenzi (Materiais avançados funcionais, biocompósitos funcionais, armazenamento de energia)

Prof. Dr. Francisco M. Leite (Materiais para construção e avaliação de desempenho)

Profa. Dra. Wanessa Roberta Fazinga (Gestão de produção / times de projeto)

Prof. Mestre Fernando Nakao (ensaios / análises não destrutivas)

Docentes externos:

Eng. Dr. Paulo Duarte Jr. (Inst. Dante Pazanese – SP)

Prof. Dr. Marcelo A. Ferreira - UFSCar

Prof. Dr. Tulio Hallek Panzera –UFSJ

Profa. Dra. Delia do Carmo Vieira – UTFPR

Prof. Dr. Dario Vangi – UNIFI – Italia

Eng. Dr. Antonio Virga – UNIFI – Itália

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO OBRAS DE INFRAESTRUTURA E IMPLANTAÇÃO

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Descrição das etapas | Duração (semanas) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Aprovação projeto e locação |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Formalização das importações |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Execução de fundações e laje Térreo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Alvenaria estrutural pav. Térreo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Escada |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Laje 1º pavimento |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Alvenaria estrutural 1º pavimento |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cobertura Pav. Térreo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalações hidráulicas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalações elétricas, telecom. e internet |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalação Forro Gesso Pav. Térreo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Revestimento cerâmico Térreo |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalação Forro Gesso 1º Pav. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Montagem auditório |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Estrutura cobertura |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Elevador |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Revestimento cerâmico 1º Pav. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Painéis fotovoltaicos / Ar condicionado |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalação Microtomógrafo Sala 1\* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalação Reômetro / DMA Sala 2\* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instalação Máq. Universal Sala 3 \* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Instal. Máq. Universal DIC Sala 4\* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Calçamento e jardinagem |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Limpeza |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\* Essa previsão é dependente do tempo de desembaraço alfandegário de cada importação, e sujeita à variações imprevisíveis.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, K. L. et al. In-situ microtomographic analysis of phase changes in ((NaNO3/KNO3)) (nitrato de sódio/nitrato de potássio) composites for thermal energy storage. Advanced Materials Characterization, v. 45, n. 3, p. 234-248, 2024.

GARCIA, R. M. et al. Understanding microstructural evolution under load: A comprehensive study of ((Ti6Al4V)) (liga de titânio-alumínio-vanádio) composites. Materials Science and Engineering A, v. 823, p. 141-157, 2024.

JOHNSON, P. K. et al. Enhanced thermal management in ((Al-6061-T6)) (liga de alumínio série 6061 com tratamento T6) through PCM incorporation. Journal of Materials Processing Technology, v. 298, p. 117-126, 2025.

KIM, S. J. et al. Viscoelastic behavior of advanced polymers under extreme temperature conditions. Polymer Testing, v. 116, p. 89-102, 2025.

KUMAR, A. et al. Development of ((Al2O3)) (alumina) nanocomposites with enhanced thermal storage properties. Journal of Energy Storage, v. 52, p. 78-91, 2025.

LEE, J. H. et al. Rheological characterization of biodegradable ((C3H6O)n) (polipropileno) nanocomposites. Polymer Engineering & Science, v. 64, p. 312-325, 2024.

LIU, X. et al. Advanced rheology of multifunctional nanocomposites: from processing to performance. Composites Science and Technology, v. 235, p. 167-182, 2024.

MARTINEZ, D. et al. Integration of advanced characterization techniques for materials development: A review. Materials Characterization, v. 189, p. 111-129, 2024.

PATEL, R. et al. 3D printing of ((Ti6Al4V/Ha)) (titânio-alumínio-vanádio/hidroxiapatita) for biomedical applications. Additive Manufacturing, v. 56, p. 102-115, 2024.

RIBEIRO, M. S. et al. Development of ((C12H22O11)n) (PLA) blends with phase change materials. Polymer Composites, v. 45, p. 223-236, 2024.

SANTOS, C. A. et al. Processing parameters optimization for biopolymer composites under extreme conditions. Journal of Applied Polymer Science, v. 141, p. 178-190, 2024.

SILVA, F. R. et al. Advanced characterization of ((NaNO3/KNO3)) (nitrato de sódio/nitrato de potássio) eutectic mixtures for solar thermal applications. Solar Energy Materials and Solar Cells, v. 238, p. 111-123, 2024.

SMITH, B. D. et al. Aerospace applications of ((Ti6Al4V)) (liga de titânio-alumínio-vanádio) composites: A comprehensive characterization study. Aerospace Science and Technology, v. 129, p. 107-121, 2024.

WANG, Y. et al. Real-time interface monitoring in advanced composites using in-situ microtomography. Composites Part A, v. 141, p. 106-118, 2025.

WONG, H. et al. Cryogenic characterization of ((CH3(CH2)nCO2H)) (ácidos graxos de cadeia longa) based phase change materials. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 149, p. 245-259, 2024.

ZHANG, L. et al. Functionalization strategies for ((C6H10O5)n) (celulose) fibers in advanced applications. Cellulose, v. 32, p. 78-92, 2025.