

## PROPOSTA TÉCNICA

### UCS GRAPHENE – UNIDADE EMBRAPPII

<b>Projeto:</b>	Desenvolvimento de um mobiliário interno impresso em 3D com incorporação de nanoplaquetas de grafeno
<b>Título público:</b>	Materiais Avançados para Aplicações em Móveis em impressão 3D
<b>Sigla do projeto:</b>	ARTGRAPH
<b>Empresa/CNPJ:</b>	Israel Pablo da Silva Tomas / 61.368.710/0001-63
<b>Responsáveis pela Empresa:</b>	Israel Pablo da Silva Tomas
<b>Coordenadora unidade EMBRAPPII:</b>	Neide Pessin
<b>Coordenador UCS GRAPHENE:</b>	Daniel Antônio Faccin
<b>Data de emissão:</b>	18/08/2025

#### JUSTIFICATIVA:

A crescente busca por soluções tecnológicas sustentáveis e de alto desempenho tem estimulado a indústria moveleira a adotar processos e materiais inovadores, capazes de aliar estética, funcionalidade e responsabilidade ambiental. Nesse contexto, a incorporação de grafeno e/ou seus derivados em matrizes poliméricas, especialmente na forma de *masterbatches* para uso em impressão 3D a partir de pellets, representa uma estratégia promissora que pode elevar as propriedades e durabilidade dos produtos finais, possibilitando a fabricação de móveis com maior resistência estrutural e superior estabilidade dimensional.

O desenvolvimento do projeto ARTGRAPH visa validar composições de poliestireno de alto impacto (HIPS) com nanoplaquetas de grafeno, adequado para processamento em equipamentos de impressão 3D utilizados na produção de móveis. Essa abordagem não apenas amplia o portfólio tecnológico da empresa, mas também abre espaço para aplicações funcionais diferenciadas.

Além do ganho técnico, a iniciativa está diretamente alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, em especial: **ODS 9** (Indústria, Inovação e

Infraestrutura), pela promoção de soluções tecnológicas de ponta; **ODS 12** (Consumo e Produção Responsáveis), pela racionalização no uso de recursos e aumento da durabilidade dos produtos; **ODS 13** (Ação Contra a Mudança Global do Clima), pela redução de emissões indiretas associadas ao menor consumo energético e material no ciclo produtivo; e **ODS 17** (Parcerias e Meios de Implementação), pela consolidação de uma cooperação estratégica entre indústria e pesquisa, viabilizando a transferência de tecnologia, o desenvolvimento conjunto e a criação de redes de inovação.

## OBJETIVOS:

### Objetivo Geral

Desenvolver formulações de poliestireno de alto impacto (HIPS) com incorporação de grafeno e/ou seus derivados, para impressão 3D a partir de pellets.

### Objetivos Específicos

- a) Formular quatro composições de poliestireno de alto impacto (HIPS), sendo uma formulação de referência sem grafeno e três formulações com diferentes teores de grafeno e/ou seus derivados, de modo a avaliar a influência do nanomaterial nas propriedades funcionais e estruturais do polímero para aplicação em impressão 3D de um mobiliário de uso interno.
- b) Realizar ensaios comparativos entre as formulações desenvolvidas, contemplando resistência à tração, resistência à flexão, impacto e estabilidade dimensional, visando determinar os ganhos proporcionados pela adição de grafeno e/ou seus derivados.
- c) Avaliar propriedades físico-químicas e de superfície das formulações, incluindo ângulo de contato, índice de fluidez (MFI) e comportamento térmico por análises termogravimétricas (TGA), de forma a correlacionar a modificação com grafeno ao desempenho no processamento e na resistência térmica.
- d) Investigar a resistência das formulações à radiação ultravioleta (UV), correlacionando a degradação fotoquímica com a estética do material, para garantir a durabilidade do mobiliário exposto a condições ambientais adversas.
- e) Determinar a atividade antimicrobiana das formulações, explorando o potencial do grafeno e/ou seus derivados em conferir funcionalidades adicionais ao

mobiliário impresso em 3D.

- f) Viabilizar a produção de um mobiliário interno a partir de impressão 3D, com base na formulação com maior desempenho.

### NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA (TRL):

O presente projeto contempla os níveis de maturidade tecnológica TRL 3 a TRL 5 no processo de desenvolvimento e validação do mobiliário interno contendo grafeno e/ou seus derivados, produzidos por impressão 3D.

Nesse contexto, o projeto será iniciado no TRL 3, com foco na prova de conceito em ambiente laboratorial, por meio da formulação de quatro composições com e sem nanoplaquetas de grafeno: (i) formulação de referência atualmente utilizada pela empresa e (ii) três formulações contendo diferentes teores de grafeno e/ou seus derivados

Posteriormente, será realizada a validação em ambiente relevante de bancada (TRL 5), por meio da produção um mobiliário interno em 3D, caracterização técnico-funcional e execução de ensaios comparativos com critérios definidos em conjunto com a empresa parceira. Essa abordagem visa demonstrar o desempenho e a viabilidade da aplicação das formulações inovadoras em condições similares às de uso comum, com base em parâmetros técnicos e operacionais representativos do processo produtivo.

### BENEFÍCIOS:

O projeto ARTGRAPH permitirá à empresa parceira desenvolver um *masterbatch* inovador de poliestireno de alto impacto (HIPS) incorporado com grafeno e/ou seus derivados, especificamente formulado para aplicações em impressão 3D de móveis a partir de pellets. Trata-se de um avanço tecnológico com elevado potencial de inovação e diferenciação competitiva no setor moveleiro, onde a combinação entre desempenho mecânico, estabilidade dimensional, durabilidade e funcionalidades superficiais adicionais (como resistência UV e atividade antimicrobiana) é cada vez mais valorizada.

A adição de grafeno à matriz polimérica tem por objetivo possibilitar a obtenção de peças com maior resistência à tração, flexão e impacto, sem aumento significativo de massa, permitindo também otimização geométrica e potencial redução de consumo de material por meio de design estrutural mais eficiente. Essa abordagem abre caminho

para soluções mais sustentáveis e de alto valor agregado, com ganhos técnicos e econômicos expressivos, incluindo menor desperdício de matéria-prima, maior vida útil dos produtos e redução dos custos associados à manutenção e reposição.

A UCSGRAPHENE, unidade EMBRAPPI da Universidade de Caxias do Sul, aporta ao ARTGRAPH sua infraestrutura de ponta para caracterização mecânica, térmica, físico-química e funcional, bem como uma equipe técnica especializada em nanomateriais e compósitos poliméricos. Essa parceria assegura o uso de metodologias cientificamente validadas, alinhadas às exigências de desempenho e processabilidade do setor de impressão 3D, contribuindo para acelerar a validação tecnológica e a escalabilidade industrial do novo material.

O modelo de execução EMBRAPPI representa um diferencial estratégico adicional, ao reduzir riscos tecnológicos, otimizar o uso de recursos financeiros e fortalecer a capacidade de inovação da empresa parceira. Com isso, a empresa consolida sua presença e competitividade em mercados que valorizam tecnologia, eficiência de materiais e alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 9, 12, 13 e 17), reforçando seu compromisso com soluções de produção mais inteligentes, personalizadas e ambientalmente responsáveis.

### PRODUTO DO PROJETO:

O produto final do projeto ARTGRAPH será a identificação da melhor formulação para o desenvolvimento de um mobiliário de uso interno impresso em 3D a partir de pellets de poliestireno de alto impacto (HIPS) incorporado com grafeno e/ou seus derivados

### PREMISSAS:

Para garantir o bom andamento, a integridade metodológica e a efetividade dos resultados do projeto, as seguintes premissas foram estabelecidas:

- A execução técnica e administrativa do projeto será conduzida pela UCSGRAPHENE com o apoio da empresa parceira para decisões estratégicas, validações funcionais e fornecimento de informações técnicas específicas;
- A empresa parceira se compromete com a fabricação do mobiliário interno, bem como, nos testes de processamento por impressão 3D.
- O acesso às instalações da empresa parceira será assegurado, quando

necessário, exclusivamente para fins relacionados à fabricação, adaptação e testes de amostras no contexto do projeto;

- A comunicação entre as partes será preferencialmente realizada por e-mail e em reuniões periódicas previamente agendadas, assegurando o alinhamento técnico, o monitoramento de prazos e a tomada conjunta de decisões;
- Ambas as partes se comprometem a manter sigilo sobre todas as informações técnicas, comerciais e estratégicas compartilhadas ou geradas durante o projeto, respeitando cláusulas de confidencialidade pactuadas previamente;
- Alterações no escopo técnico, cronograma ou estrutura de entregas só poderão ser executadas mediante avaliação e aprovação formal de ambas as partes, incluindo a possibilidade de readequações de cronograma, metas e recursos financeiros;
- Quaisquer alterações de escopo deverão ser previamente avaliadas e aprovadas por ambas as partes, incluindo a revisão do cronograma e a possibilidade de aporte adicional de recursos financeiros;
- A UCSGRAPHENE garante a disponibilização de infraestrutura laboratorial, equipamentos analíticos e equipe técnica qualificada, assegurando a execução das atividades conforme cronograma e padrões técnicos estabelecidos.

## RISCOS

Durante a execução do ARTGRAPH, diversos fatores podem impactar o cumprimento dos prazos, a qualidade do mobiliário interno impresso em 3D e a validação técnica das formulações. A seguir, são apresentados os principais riscos identificados, suas possíveis consequências e as estratégias previstas para mitigação:

1. Dificuldades na dispersão do grafeno e/ou seus derivados na matriz de HIPS

Impacto: Formação de aglomerados, perda de homogeneidade e comprometimento das propriedades mecânicas, térmicas e funcionais do mobiliário.

Mitigação: Adoção de técnicas de pré-dispersão, uso de compatibilizantes e ajuste das condições de processamento, com acompanhamento especializado da equipe técnica da UCSGRAPHENE.

2. Perda de processabilidade durante a impressão 3D

Impacto: Obstrução de bicos extrusores, instabilidade no fluxo de material e formação de defeitos nas peças, inviabilizando a fabricação do mobiliário.

Mitigação: Realização de testes preliminares de extrusão e impressão com ajuste de parâmetros como temperatura, velocidade e taxa de fluxo; desenvolvimento de formulação balanceada entre teor de grafeno e fluidez do polímero.

3. Incompatibilidade dimensional e deformações nas peças impressas

Impacto: Comprometimento do encaixe, ergonomia ou estabilidade estrutural do mobiliário, levando à rejeição do produto final.

4. Alterações indesejadas na aparência do mobiliário

Impacto: Mudanças de coloração, brilho ou textura que prejudiquem a aceitação comercial.

Mitigação: Uso de teores controlados de grafeno, testes de aceitação visual e adequação da formulação para compatibilidade estética com o portfólio da empresa parceira.

5. Falta de alinhamento técnico e gerencial entre UCSGRAPHENE e empresa parceira

Impacto: Desvios nos objetivos, atrasos e retrabalho, comprometendo o resultado do projeto.

Mitigação: Estabelecimento de cronograma com marcos de acompanhamento, reuniões periódicas e definição clara de interlocutores técnico-administrativos.

6. Atrasos nos pagamentos por parte da empresa parceira

Impacto: Suspensão de atividades, impacto no cronograma e na disponibilidade de equipe e recursos.

Mitigação: Execução das etapas condicionada à efetivação dos pagamentos conforme o cronograma contratual previamente acordado.

Probabilidade	Alta			
	Média		2,4	
	Baixa		1, 3, 5	6
		Insignificante	Moderado	Crítico
		<b>Impacto</b>		

Matriz de risco: verde, amarelo e vermelho são baixos, médio e alto risco, respectivamente.

## CRONOGRAMA:

O cronograma a seguir apresenta a estrutura temporal proposta para a execução

do projeto, organizada em três macroentregas, distribuídas ao longo de 12 meses. Cada macroentrega contempla um conjunto de atividades técnicas, científicas e de desenvolvimento experimental, com entregáveis bem definidos, articulados com indicadores de progresso e critérios objetivos de validação dos resultados. Essa organização permite o acompanhamento sistemático da evolução do projeto, promovendo agilidade na resolução de eventuais entraves e facilitando a tomada de decisões estratégicas de forma colaborativa entre a UCSGRAPHENE e a empresa parceira.

O início de cada macroentrega estará condicionado à assinatura do respectivo termo de aceite e à confirmação do pagamento da(s) parcela(s) correspondente(s), conforme previsto contratualmente. A UCSGRAPHENE será responsável pelo gerenciamento do cronograma. A empresa parceira participará ativamente das revisões técnicas e validações funcionais, assegurando que os desenvolvimentos estejam alinhados às condições reais de uso e aos requisitos específicos da aplicação.

Essa estrutura de execução visa garantir o cumprimento dos prazos, a qualidade dos resultados e a efetiva transferência tecnológica ao final do projeto.

Macroentrega		Trimestre			
Atividade	Indicador	1	2	3	4
1. Produção e caracterização dos compósitos.	Relatório Técnico do Projeto	X	X		
2. Desenvolvimento do protótipo e validação; Testes de processabilidade.	Relatório Técnico do Projeto			X	X
3. Encerramento do projeto.	Relatório Técnico do Projeto e Prestação de contas				X

## PAPÉIS E RESPONSABILIDADES – MATRIZ RACI

Para garantir clareza na definição de responsabilidades e eficiência na execução das atividades previstas, o projeto adota a matriz RACI como ferramenta de gestão. Essa matriz organiza as tarefas-chave associadas às macroentregas do projeto, relacionando-as com os atores envolvidos, conforme os seguintes papéis:

- R (*Responsible*) – Responsável: quem executa a atividade ou tarefa.
- A (*Accountable*) – Aprovador: quem responde pela entrega e deve garantir que a atividade seja concluída corretamente.
- C (*Consulted*) – Consultado: quem deve ser envolvido e consultado durante a execução da atividade, contribuindo com conhecimento ou decisão.
- I (*Informed*) – Informado: quem deve ser mantido a par do andamento ou dos resultados da atividade.

Macroentrega	RACI		Trimestre			
	U	I	1	2	3	4
Atividades						
<b>Macroentrega 1: Produção e caracterização dos compósitos.</b>						
Definição das formulações	R	A	X	X		
Definição dos ensaios	R	I		x		
Produção e caracterização dos compósitos	R	I		x		
Análise de resultados	R	I		x		
<b>Macroentrega 2. Desenvolvimento do protótipo e validação; Testes de processabilidade do material reprocessado.</b>						
Desenvolvimento do protótipo	C	R		X	X	
Análise dos resultados	R	I		X	X	
<b>Macroentrega 3: Encerramento do projeto</b>						
Elaboração do relatório final	R	I				X
Prestação de contas	R	I				X

U e I significam UCSGRAPHENE e Israel Pablo da Silva Tomas, respectivamente.

## INVESTIMENTO E DESEMBOLSOS

O valor total do projeto é R\$ 220.000,00 considerando todas as atividades de desenvolvimento, testes, caracterizações e gestão técnica previstas ao longo dos quatro trimestres de execução.

Desse montante, a empresa contratante será responsável pelo aporte de R\$ 22.500,00. A contrapartida complementar será composta por recursos da UCSGRAPHENE, do SEBRAE e da EMBRAPPII, configurando o modelo de co-investimento característico das iniciativas de desenvolvimento tecnológico com foco em inovação industrial.

Valor global do projeto	R\$ 220.000,00
Israel Pablo da Silva Tomas	R\$ 22.500,00 (financeira)
Embrapii, SEBRAE e UCSGRAPHENE	R\$ 197.500,00 (financeira e econômica)

---

Daniel Antônio Faccin  
Coordenador da UCSGRAPHENE