

**ANEXO I**  
**Projetos do Programa de Capacitação Institucional-PCI 2018 – 2024**  
**EDITAL PCI - 01/2024**

**CONTRATAÇÃO IMEDIATA**

**Projeto 1: Tecnologia e Análise Ambiental**

**Introdução**

Estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologias de remediação e monitoramento ambiental tornam-se cada vez mais premente na busca de soluções sustentáveis e inovadoras para os recursos naturais, a fim de mitigar ações antropogênicas e mudanças climáticas.

Através do desenvolvimento de materiais e processos com soluções para descontaminação de água, efluentes, solo e ar, pretende-se alcançar tecnologias inovadoras para aplicação no meio ambiente. O desenvolvimento do trabalho engloba basicamente três etapas: preparação dos materiais lamelares, caracterizações e aplicação em estudos laboratoriais. Os materiais pesquisados destinados à aplicação no meio ambiente estão diretamente relacionados aos princípios da Química Verde, agindo com o propósito de minimizar efeitos ambientais adversos, como exemplos, a eutrofização, contaminação por metais e poluentes orgânicos persistentes. A funcionalização desses materiais surge como uma ferramenta para conferir diferentes propriedades e funções, buscando um desempenho adequado. Diversas caracterizações devem ser realizadas a fim de determinar, por exemplo, composição química e propriedades textuais, que são importantes para compreender os mecanismos de atuação no processo de remediação ambiental dos constituintes inorgânicos (Cd, Cu, Pb e fosfato) em águas doces/salobras e efluentes domésticos.

O monitoramento ambiental através da pesquisa e desenvolvimento de metodologias sensíveis, seletivas, robustas e de baixo custo é de suma importância para os estudos de corpos hídricos, efluentes, solos e ar a fim de atender legislações e na análise de elementos traço inorgânicos e orgânicos.

Um dos poluentes orgânicos persistentes, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) são compostos orgânicos que possuem dois ou mais anéis benzênicos condensados, que podem ter origem tanto antropogênica como através de queima de material orgânico como incêndios florestais naturais. Sua solubilidade em água diminui com o aumento da massa molar, podendo ser produzidos, basicamente, por pirólise de matéria orgânica em altas temperaturas, diagênese de material orgânico sedimentar em temperaturas baixas ou moderadas, ou ainda por biossíntese direta por microorganismos ou plantas. Estes compostos podem se distribuir tanto no solo, quanto na água e no ar, sendo que consideráveis quantidades de HPAs lançados ao meio marinho são originárias de fontes antropogênicas, como lançamentos de esgoto, deposição atmosférica, entre outros. Uma vez que os HPAs estão associados com a ação carcinogênica e mutagênica constituindo

uma ameaça à saúde, o seu monitoramento em matrizes ambientais é de extrema relevância sob o ponto de vista de saúde pública.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 1, podendo-se citar alguns projetos já desenvolvidos/em desenvolvimento: (i) Experimentos de remobilização de metais em sedimentos contaminados; (ii) Determinação de Metais Disponíveis em Sedimento Sujeitos a Dragagem: o Uso de Testemunhos e Extração Sequencial; (iii) Avaliação do Rompimento de uma Barragem de Rejeitos sobre as Concentrações de Metais na Água e no Sedimento; (iv) Remediação de nitrato pelo uso de partículas metálicas de Fe e Zn zero valente; (v) Estudo da degradação do 1,2-dicloroetano por peroximonosulfato catalisado por  $\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$ ; (vi) – Desenvolvimento de método de quantificação de HPA por CG em amostras de água; (vii) Desenvolvimento de argilominerais modificados com potencial aplicação como adsorventes de fosfato em ambientes aquáticos eutrofizados; (viii) – Redução catalítica nitrato e nitrito utilizando catalisadores bi metálicos; (ix) Contaminação por antivirais em matrizes aquosas do Rio de Janeiro: avaliação de risco ambiental e remoção por Processos Oxidativos Avançados; (x) Tecnologias Avançadas para o tratamento de águas contendo micropoluentes e estudo da remoção de contaminantes do Rio Guandu.

### Palavras-chave

*HPA; cromatografia a gás; espectrometria de massas; validação de método;*

### Objetivo Geral

Desenvolver tecnologias para remediação ambiental e validar metodologias analíticas para monitoramento de contaminantes inorgânicos e orgânicos em matrizes ambientais.

**Objetivo Específico:** Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para monitoramento de HPA's em matrizes aquosas e sedimentos por cromatografia gasosa com detectores FID e espectrometria de massas.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Química Industrial, Engenharia Química, Farmácia/ Doutorado	Química Ambiental e/ou Química Analítica e/ou Cromatografia	1	D-A	60	01

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	1	Relatório com a revisão bibliográfica	NA
Planejamento das etapas experimentais	1	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	NA
Levantamento de insumos e materiais	1	Insumos e materiais levantados	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	1	Relatório de treinamentos realizados	NA
Desenvolvimento de métodos analíticos*	1	Métodos desenvolvidos	NA
Otimização e validação de métodos desenvolvidos*	1	Métodos validados	NA
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	1	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	NA
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de sedimentos	1	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	01
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	1	Trabalhos submetidos a eventos científicos	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	NA

NA- Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para esta atividade

## Cronograma de Atividades

Atividades	Metas
	2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	X
Planejamento das etapas experimentais	X
Levantamento de insumos e materiais	X
Treinamento operacional nos equipamentos	X
Desenvolvimento de métodos analíticos	X
Otimização e validação de métodos desenvolvidos	X
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	X
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de sedimentos	X
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	X
Elaboração de relatórios parciais (anual)	X
Elaboração do relatório final do projeto	X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	01

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para monitoramento de HPAs em matrizes aquosas e sedimentos*	1	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIN/INT)	1	Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	03

Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	1	<p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p> <p>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	03
---	---	--	----

\* Não é possível estabelecer meta quantitativa para esse resultado.

### Referências Bibliográficas

- [1] EPA Method 3510C - Separatory funnel liquid-liquid extraction. In: Test method for evaluation solid waste physical/chemical methods. Laboratory manual. Environmental Protection Agency, 8p. 1996. Disponível em: <<https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3510c-separatory-funnel-liquid-liquid-extraction>>, acesso em fevereiro de 2018.
- [2] KENNISH, M. Practical Hadbook of Estuarine and Marine Pollution. Petralia Publications, Boca Raton. 523 p, 1997.
- [3] MARQUES-JUNIOR, A. N.; DE MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. Poluição Marinha in: PEREIRA, R.; SOARES-GOMES, A. (eds.) Biologia Marinha. 2a. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.505-528, 2009.
- [4] MENICONI, F. G.; GABARDO, I. T.; CARNEIRO, M. E. R.; BARBANTI, S. M.; DA SILVA, G. C.; MASSONE, C. G. Brazilian oil spills chemical characterization- case studies. Environmental Forensics, v. 3, p. 303-321, 2002.
- [5] NEFF, J.M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment – Sources, Fates and Biological Effects. London: Applied Science Publishers LTD, 261 p. 1979.,
- [6] NUDI, A. H.; WAGENER, A. L. R.; FRANCONI, E.; SCOFIELD, A. L.; SETTE, C. B.; VEIGA, A. Validation of *Ucides cordatus* as a bioindicator of oil contamination and bioavailability in mangroves by evaluating

sediment and crab PAH records. Environment International, v. 33, p. 315-327, 2007.

[7] PEDRETE, THAÍS. Monografia: Determinação de Metabólitos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em bÍlis de peixes da Baía de Guanabara – RJ. Novembro/2010.

[8] WAGENER, A. L. R.; MENICONI, M. F. G.; HAMACHER, C.; FARIAS, C. O.; SILVA, G. C.; GABARDO, I. T.; SCOFIELD, A. L. Hydrocarbons in sediments of a chronically contaminated bay: the challenge of source assignment. Marine Pollution Bulletin, v. 64, p. 284-194, 2012.

**Membros da equipe:**

Camila Calicchio Lopes

Natália Guimarães de Figueiredo

Vivianne Galvão Martins

## Projeto 2: Produção de biolubrificantes a partir de biomassas residuais.

### Introdução

A busca extensiva por compostos com propriedades lubrificantes de base renovável vem crescendo à medida que os impactos ambientais causados pela utilização de produtos não renováveis sobre o mundo tomam proporções cada vez mais danosas e notáveis.

De fato, atualmente, observa-se um grande movimento em nível mundial para substituição de produtos provenientes da indústria petrolífera, como combustíveis e lubrificantes, por derivados de fontes renováveis, minimizando desta forma os impactos causados ao meio ambiente desde o processo de exploração até a obtenção do produto acabado, ou evitando a produção de resíduos não biodegradáveis (SOARES, 2013).

O Brasil é destaque mundial na produção de cana-de-açúcar, sendo o bagaço (biomassa residual lignocelulósica) um resíduo abundante e barato. Neste contexto, o uso de bagaço representa uma excelente opção ambiental de geração de energia, além da possível conversão a intermediários químicos e outros produtos de alto valor agregado.

Os lubrificantes líquidos podem ser de origem mineral, vegetal, animal ou sintética, sendo os mais comumente utilizados os óleos minerais obtidos a partir do refino do petróleo cru. Os biolubrificantes, termo que utilizaremos neste projeto para referenciar lubrificantes oriundos de fontes renováveis, são menos tóxicos aos seres humanos, causam menos impactos se descartados no meio ambiente e possuem grande potencial de substituição dos lubrificantes oriundos do processamento do petróleo (SOARES, 2013).

Biolubrificantes sintéticos podem ser obtidos através da esterificação de ácidos graxos livres derivados de óleos vegetais ou através da transesterificação direta desses óleos com álcoois superiores (tipicamente acima de 8 carbonos) (OH et al., 2013), de modo que a utilização de ésteres têm se apresentado como uma boa alternativa para este mercado.

Biomassas lignocelulósicas são compostas por três frações principais de polissacarídeos: celulose (33-50%), hemicelulose (20-35%) e lignina (5-30%), além de outros compostos em pequenas quantidades (1-10%) (DONATE, 2014).

Este projeto irá abordar possíveis rotas de aproveitamento da fração de pentoses (C5) das hemiceluloses, representada principalmente pela xilose (xyl), para produção de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes. A escolha da fração C5 se deve a questões estratégicas, especialmente com o intuito de evitar a competição com a produção de combustíveis como o etanol de 2ª geração (2G) e incentivar a química verde através da economia de átomos (manutenção da estrutura da cadeia carbônica).

A obtenção de levulinatos a partir da xilose demanda uma série de reações sequenciais (HU et al., 2017), incluindo:

1. conversão da xilose em furfural, reportada frequentemente em meio ácido e fase líquida;
2. hidrogenação de furfural a álcool furfurílico, necessitando de um catalisador metálico e podendo ocorrer em fase líquida ou gasosa;



3. hidrólise do AFF a AL, nesse caso promovida em meio ácido;
4. esterificação do AL a levulinatos, que ocorre também em meio ácido.

O ácido levulínico (AL), ou ácido 4-oxopentanóico, é um ácido orgânico que pode ser obtido por uma sequência de reações envolvendo a hidrólise ácida de biomassas lignocelulósicas a monossacarídeos, seguido pela sua desidratação e finalmente hidrólise do composto furânico formado, o álcool furfurílico (SANTOS, 2010). O AL é um intermediário químico muito versátil, e foi considerado pelo Departamento de Energia Americano (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2004) como uma das principais moléculas plataforma derivadas de biomassa. Dentre suas aplicações, os levulinatos oriundos da esterificação com alcoóis superiores (8-14 carbonos) podem ser aplicados como óleo base para biolubrificantes.

O álcool furfurílico (FFA) é outro exemplo de pentose que pode ser obtida a partir da hidrogenação do furfural oriundo da fração C5 de biomassas lignocelulósicas. A literatura reporta que é possível ainda fazer a alcoólise deste álcool furânico a levulinatos, condensando as duas últimas etapas reacionais. Nesse caso, é preciso conduzir a reação em fase líquida na presença de um catalisador ácido. A conversão direta de xilose em levulinatos via reações sequenciais em um único reator (*one-pot cascade reactions*) deve ser ainda considerada, mas apenas recentemente foi reportada na literatura (HU et al., 2017).

Há uma série de dificuldades a serem vencidas para a conversão de xilose, FFA e/ou AL em ésteres lubrificantes, de modo que a catálise heterogênea vem fornecendo resultados promissores. Diferentes estudos utilizando óxidos ácidos, óxidos metálicos, suportes sulfurados, zeólitas, resinas, entre outros, vêm obtendo resultados positivos, porém ainda há bastante espaço para desenvolvimento e investigação de catalisadores mais ativos, seletivos e estáveis para essas reações (FERNANDES et al., 2012; MAHERIA; KOZINSKI; DALAI, 2013; NANDIWALE; BOKADE, 2016; NANDIWALE; YADAVA; BOKADE, 2014; TROMBETTONI et al., 2017).

Neste projeto objetivamos, portanto, empregar catalisadores sólidos heterogêneos para estudar as diferentes reações de formação de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes usando como material de partida moléculas representativas do aproveitamento de pentoses (xilose, FFA, AL) derivadas da fração de hemiceluloses de biomassas lignocelulósicas residuais.

**Palavras chave:** biomassa lignocelulósica, levulinatos de alquila, biolubrificantes

### Objetivo Geral

Desenvolver catalisadores ativos, seletivos e estáveis para obtenção de ésteres levulinatos com propriedades biolubrificantes a partir de pentoses derivadas de biomassa lignocelulósica.

Objetivo Específico 3: Desenvolver catalisadores para obtenção de levulinatos de alquila com propriedades lubrificantes a partir da xilose (XYL).

Objetivo Específico 4: Avaliar a capacidade de lubrificação de ésteres de alquila obtidos a partir das diferentes pentoses usadas como material de partida.

### Bolsas

Para a execução deste projeto considera-se a necessidade de bolsa(s) conforme discriminação a seguir:

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química ou Química Industrial ou Engenharia Química ou Farmácia/ Graduação	Química Analítica e/ou Cromatografia e/ou Catálise Heterogênea	1	D-D	60	01

### Atividades de Execução

Para o desenvolvimento dos trabalhos deverão ser realizadas as seguintes atividades dispostas a seguir:

#### Atividade 1 – Preparo de catalisadores XYL:

Preparar catalisadores sólidos heterogêneos para estudar as melhores condições reacionais para a reação *one pot* de produção de levulinatos de alquila a partir da xilose. Durante esta etapa do projeto espera-se, além da definição, sintetizar os materiais.

#### Atividade 2 – Caracterização dos catalisadores XYL:

Caracterizar os catalisadores sólidos heterogêneos preparados para a reação *one pot* de produção de levulinatos de alquila a partir da xilose. Serão empregadas técnicas usuais de catálise como, mas não se limitando a, determinação da área superficial, volume de poros, diâmetro médio dos poros e estrutura (DRX).

#### Atividade 3 – Testes catalíticos dos catalisadores XYL:

Testar os diferentes catalisadores sólidos heterogêneos na reação *one pot* de produção de levulinatos de alquila a partir da xilose.

#### Atividade 4 – Testes de capacidade lubrificante:

Testar a capacidade de lubrificação (lubricidade) dos ésteres alquílicos obtidos nas atividades 1, 2 e 3.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Preparo de catalisadores XYL	3,4	Nº de catalisadores	1
Caracterização dos catalisadores XYL	3,4	Nº de catalisadores	1
Testes dos catalisadores XYL	3,4	Nº reações testadas	1
Testes de capacidade lubrificante	3,4	Nº de catalisadores	2

### Cronograma de Atividades

Atividades	2024
Preparo de catalisadores XYL	X
Caracterização de catalisadores XYL	X
Testes de catalisadores XYL	X
Testes da capacidade de lubrificação dos produtos	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2024
			2024
Produto 1	1	Nº de trabalhos aprovados em congressos/ eventos científicos	1
Produto 2	1	Nº de submissões de artigos científicos	1

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Desenvolvimento catalisadores ativos, seletivos e estáveis para conversão de pentoses derivadas de biomassa lignocelulósica em ésteres levulinatos com propriedades lubrificantes	1	Nº de catalisadores desenvolvidos	2
Consolidação da capacitação técnico-científica em aproveitamento de biomassas lignocelulósicas residuais	1	Nº de publicações totais	1

## Referências Bibliográficas

- [1] Donate, Paulo Marcos. Síntese Ambientalmente Correta a partir de Biomassa. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*. ISSN 1984-6428, Vol 6, Nº 2, abril-junho-2014.
- [2] Hu, Xun; Jiang, Shengjuan; Wu, Liping; Wang, Shuai; Li, Chun-Zhu. "One-pot conversion of biomass-derived xylose and furfural into levulinate esters via acid catalysis". *Chem. Commun.*, 2017, 53, 2938
- [3] Kong, Xiangjin ; Zhang, Xiuli; Han, Chong; Li, Congcong; Yu, Lihua; Liu, Junhai. "Ethanolysis of biomass based furfuryl alcohol to ethyl levulinate over Fe modified USY catalyst". *Molecular Catalysis*, Volume 443, December 2017, Pages 186-192
- [4] Santos, Eduardo Lima dos. Dissertação de Mestrado. "Hidrólise e degradação química da celulose empregando catalisadores magnéticos". Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 2010.

- [5] Soares, Rogério Manhães. AVALIAÇÃO TÉCNICA, MERCADOLÓGICA E DE TENDÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL. Dissertação de Mestrado, Curso de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

**Membros da equipe:**

Camila Calicchio Lopes

Natália Guimarães de Figueiredo

Vivianne Galvão Martins

### Projeto 3: Tecnologia Analítica para Produtos e Processos

#### Introdução

O desenvolvimento de metodologias analíticas para o acompanhamento e otimização de processos é de grande importância para os setores industriais. Podem-se realizar estudos de novas metodologias e tecnologias analíticas voltadas para a caracterização e quantificação de matérias primas, contaminantes, intermediários e produtos acabados. Para isso, buscam-se empregar técnicas instrumentais avançadas, tais como de cromatografia gasosa com diferentes detecções (DIC, DTC, EM), cromatografia líquida de alta eficiência com diferentes detecções (DAD, EM), por espectroscopia de infravermelho (FTIR), cromatografia iônica (detectores condutométrico, amperométrico e UV-Vis), técnicas de espectrometria de emissão e absorção atômica (ICP-OES e EAA), técnicas de fluorescência de raios X e microscopia, envolvendo ainda técnicas de preparo de amostras como extração por *Soxhlet*, em fase sólida (SPE e SPME) e *headspace* (HS). Todas as tecnologias analíticas desenvolvidas têm ampla aplicação em diversos segmentos industriais tais como, petróleo e petroquímica, medicamentos, cosméticos, materiais poliméricos e alimentos.

No que diz respeito à indústria alimentícia, sabe-se que esta produz, atualmente, uma enorme quantidade de passivos ambientais, os quais apresentam, ainda, grande valor de mercado, uma vez que são fontes de compostos antioxidantes como os compostos fenólicos, carotenoides e vitamina C, dentre outros. Este é o caso da agroindústria de processamento de juçara e umbu, duas frutas nativas de relevante potencial socioeconômico. Neste sentido, por meio de etapas de extração, separação e purificação, sempre acompanhadas por técnicas analíticas adequadas, é possível obter ingredientes de grande interesse industrial, uma vez que estes podem ser utilizados em formulações alimentícias como substituto integral ou parcial de conservadores, corantes e até mesmo antioxidantes sintéticos.

Assim, o reaproveitamento do resíduo da agroindústria se apresenta como uma alternativa promissora, pois atende a demanda de consumidores que buscam alternativas mais saudáveis para a sua alimentação, além da redução do impacto ambiental provocado pelo descarte inadequado do mesmo.

Quanto aos estudos com infusões de plantas medicinais, as técnicas analíticas possibilitam a elucidação de seus compostos potencialmente funcionais, permitindo, assim, relacionar composição química e efeitos fisiológicos. Destaca-se que, além dos compostos tradicionalmente presentes nas infusões, como é o caso dos flavonoides, o óleo essencial, obtido por hidrodestilação, é um ingrediente complexo devido ao elevado número de compostos voláteis e, como no caso da pata de vaca, pouco explorado. Entretanto, estudos ressaltam a contribuição biológica destes compostos voláteis.

Assim, o uso de técnicas analíticas de ponta, torna possível o acompanhamento de processos para obtenção de produtos cada vez mais específicos, por auxiliarem a avaliação dos efeitos das variáveis de processos no produto final. Além disso, permitem o monitoramento dos efluentes dos

processos industriais. Como também podem contribuir para a prospecção de compostos antioxidantes em plantas nativas da biodiversidade brasileira.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 3, podendo-se citar algumas linhas de pesquisas já desenvolvidas/em desenvolvimento: (i) Otimização e implantação de novas metodologias de cromatografia, aplicados ao controle da oxidação de biodiesel (ii) - Avaliação da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de resíduo de frutas e hortaliças em formulação em produto alimentício com avaliação de aspectos nutricionais; (iii) Caracterização química e avaliação do potencial da sálvia (*salvia officinalis*) e pata-de-vaca (*bauhinia forficata*) para o tratamento de diabetes tipo II; (iv) Microencapsulação de extrato hidroetanólico de resíduo de juçara; (v) Aproveitamento da casca de banana como fonte de antioxidantes; (vi) Desenvolvimento, otimização e validação da espectrometria de fluorescência de raios-X por reflexão total; (vii) Oligomerização do glicerol.

### Palavras-chave

**Objetivo Específico 1 e 2:** *aproveitamento de resíduos; compostos bioativos; plantas medicinais; cromatografia*

### Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver metodologias analíticas avançadas, caracterizar e acompanhar o processamento de resíduos agroindustriais, plantas medicinais e amostras ambientais, visando à obtenção de produtos acabados de maior valor agregado.

**Objetivo Específico 1:** Caracterização e aplicação alimentícia de resíduos agroindustriais do processamento de *Euterpe edulis* Martius (juçara) e *Spondias tuberosa* Arruda Camara (umbu).

**Objetivo Específico 2:** Caracterização química e avaliação do potencial antioxidante de plantas medicinais, como *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) e *Salvia Officinalis* (sálvia), botanicamente identificadas, e suas amostras comerciais.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Doutorado/Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos	Química e/ou Tecnologia de Alimentos e Métodos Cromatográficos e/ou Espectrométricos	1	D-A	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	1	Levantamento bibliográfico	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	1	Relatório dos treinamentos realizados	NA
Estudo da estabilidade das micropartículas armazenadas em diferentes temperaturas	1	Obtenção do perfil de degradação dos compostos antioxidantes e melhor forma de armazenamento das micropartículas	NA
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	01
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	1	Apresentação oral	01
Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	01
Revisão bibliográfica – Estado da arte	2	Relatório com a revisão bibliográfica	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório dos treinamentos realizados	NA
Caracterização química dos óleos essenciais	2	Perfil de compostos voláteis por CG-MS e Capacidade antioxidante por DPPH	NA
Elaboração de relatórios parciais (anual)	2	Relatórios elaborados	01
Elaboração do relatório final do projeto	2	Relatório final do projeto	01

NA – Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para essas atividades.



## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 1

Atividades	2024
	Revisão bibliográfica – Estado da arte
Treinamento operacional nos equipamentos	X
Estudo da estabilidade das micropartículas em diferentes temperaturas	X
Elaboração de relatórios parciais (anual)	X
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	X
Elaboração do relatório final do projeto	X

### Objetivo específico 2

Atividades	2024
	Revisão bibliográfica – Estado da arte
Treinamento operacional nos equipamentos	X
Caracterização química dos óleos essenciais	X
Elaboração de relatórios parciais (anual)	X
Elaboração do relatório final do projeto	X

**Produtos**

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024	
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	-	-
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	-	-
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	-	03
Artigo científico submetido para publicação	2	Nº de artigos científicos submetidos	-	-
Artigo científico publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-	-
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	2	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos		02

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2024
Relevância para a sociedade: Redução do impacto ambiental e desenvolvimento de um pó rico em compostos antioxidantes como potencial substituto dos seus similares sintéticos*	1	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)	1	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista  Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	03

<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</p>	<p>1</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p> <p>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>03</p>
<p>Relevância para a sociedade: Caracterização de compostos potencialmente benéficos à saúde presentes nas frações de plantas medicinais (infusões e óleo essencial de cada espécie)*</p>	<p>2</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)</p>	<p>2</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p>	<p>02</p>

Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	2	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p>	02
---	---	---	----

\*Não é possível estabelecer uma meta para este resultado.

### **Membros da equipe:**

#### **Objetivo específico 1:**

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami  
Alex Novo

#### **Objetivo específico 2:**

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami

### **Referências Bibliográficas**

#### Objetivo específico 1

- [1] C. F. Zanatta and A. Z. Mercadante, "Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*)," *Food Chem.*, vol. 101, no. 4, pp. 1526–1532, 2007.
- [2] V. B. Oliveira, L. T. Yamada, C. W. Fagg, and M. G. L. Brandão, "Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds," *Food Res. Int.*, vol. 48, no. 1, pp. 170–179, 2012.
- [3] C. M. B. Omena *et al.*, "Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits.," *Food Res. Int.*, vol. 49, no. 1, pp. 334–344, 2012.
- [4] G. D. S. C. Borges, F. G. K. Vieira, C. Copetti, L. V. Gonzaga, and R. Fett, "Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from

- the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology,” *Food Res. Int.*, vol. 44, no. 3, pp. 708–715, 2011.
- [5] B. Chaudhary and K. Mukhopadhyay, “Solvent optimization for anthocyanin extraction from *Syzygium cumini* L. Skeels using response surface methodology.,” *Int. J. Food Sci. Nutr.*, vol. 64, no. 3, pp. 363–71, 2013.
- [6] E. S. de Brito, M. C. P. de Araújo, R. E. Alves, C. Carkeet, B. A. Clevidence, and J. A. Novotny, “Anthocyanins Present in Selected Tropical Fruits: Acerola, Jambolão, Jussara, and Guajiru,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 55, no. 23, pp. 9389–9394, 2007.
- [7] L. O. Ribeiro *et al.*, “Antioxidant Compounds Recovery from Juçara Residue by Thermal Assisted Extraction,” *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 73, no. 1, pp. 68–73, Mar. 2018.
- [8] K. Zhou, H. Wang, W. Mei, X. Li, Y. Luo, and H. Dai, “Antioxidant Activity of Papaya Seed Extracts,” *Molecules*, vol. 16, no. 8, pp. 6179–6192, 2011.
- [9] M. L. Pérez-Chabela and A. M. Hernández-Alcántara, “Chapter 8 - Agroindustrial Coproducts as Sources of Novel Functional Ingredients,” in *Food Processing for Increased Quality and Consumption*, A. M. Grumezescu and A. M. Holban, Eds. Academic Press, 2018, pp. 219–250.
- [10] L. C. M. Cunha *et al.*, “Effect of microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel on color, texture and oxidative stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing,” *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 49, pp. 136–145, 2018.
- [11] B. Gastaldi, G. Marino, Y. Assef, F. M. Silva Sofrás, C. A. N. Catalán, and S. B. González, “Nutraceutical Properties of Herbal Infusions from Six Native Plants of Argentine Patagonia,” *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 73, no. 3, pp. 180–188, 2018.
- [12] A. D. Meinhart, F. M. Damin, L. Caldeirão, T. F. F. da Silveira, J. T. Filho, and H. T. Godoy, “Chlorogenic acid isomer contents in 100 plants commercialized in Brazil,” *Food Res. Int.*, vol. 99, pp. 522–530, 2017.

### Objetivo específico 2

- [1] COSTA, N. M. B., ROSA, C. de O. B. Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Editora Rubio, 2016.
- [2] HASENCLEVER, L., PARANHOS, J., COSTA, C. R., CUNHA, G., DIEGO VIEIRA. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e

oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p.2559-2569, 2017.

[3] VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, v.28, n.3, p.519-528, 2005.

## Projeto 4: Obtenção de gás natural sintético a partir de CO<sub>2</sub>

### Introdução

A geração de metano a partir de CO<sub>2</sub> é um tema razoavelmente bem descrito na literatura técnica [1-4]. Vale destacar que, nos últimos anos ele vem se tornando um tema de grande relevância. De fato, a obtenção de metano via CO<sub>2</sub> é considerada hoje uma forma de estocagem de energias intermitentes. Este processo pode ser descrito segundo as seguintes etapas: Inicialmente, a energia eólica ou solar em excesso é empregada na eletrólise água, ou seja, na geração de hidrogênio. Este gás reage com o CO<sub>2</sub> oriundo de diferentes fontes produzindo metano. Este pode ser consumido quando injetado nos *grids* das grandes cidades ou estocado para futura utilização na geração de energia, especialmente no caso de intermitência de algumas fontes perenes de energia. Vale destacar que, naturalmente, o custo de produção do metano deve ser compatível com o de origem fóssil. Análise econômica recente sinaliza no sentido de que os custos de operação e capital da metanação além da eficiência do catalisador têm forte impacto nos custos do metano obtido energias intermitentes. Assim, catalisadores ativos, seletivos e estáveis devem contribuir fortemente para viabilizar esta tecnologia. O INT em colaboração com a PUC-Rio vem desenvolvendo estudos neste assunto. Este trabalho vem gerando catalisadores com comportamento catalítico bastante promissor. O trabalho ora apresentado tem como ponto de partida os dados gerados nesta colaboração.

Palavras chaves: metano, gás carbônico, energia eólica, energia solar, geração de hidrogênio, reação de metanação

### Objetivo Geral

Desenvolver catalisadores ativos, seletivos e estáveis visando à viabilização técnica e econômica da geração de metano no ambiente da estocagem de energias intermitentes.

**Objetivo Específico 1:** *Screening* de suportes e aditivos para catalisadores de metanação;

**Objetivo Específico 2:** Otimização da formulação dos catalisadores;

**Objetivo Específico 3:** Ações preparatórias para o escalonamento;

**Objetivo Específico 4:** Estudos em unidade de bancada;



## Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Química Industrial, Engenharia Química / Doutorado	Catálise	1	DA	60	01

## Atividades de execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Catálise (LACAT) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Lúcia Gorenstin Appel.

**Atividade 1:** Preparo de suportes e catalisadores.

**Atividade 2:** Caracterização básicas (baixa complexidade) de suportes e catalisadores.

**Atividade 3:** Teste catalítico dos catalisadores preparados (screening).

**Atividade 4:** Caracterização (maior complexidade) de suportes e catalisadores mais promissores.

**Atividade 5:** Preparo de novos suportes e catalisadores a partir das informações geradas nas atividades anteriores.

**Atividade 6:** Caracterização básicas e complexas de novos catalisadores.

**Atividade 7:** Teste catalíticos dos novos catalisadores preparados.

OBS: As atividades 5, 6 e 7 serão conduzidas num processo de realimentação de forma a aprimorar a formulação dos catalisadores.

**Atividade 8:** Obtenção da Cinética Química dos catalisadores mais promissores.

**Atividade 9:** Estudo da estabilidade/regeneração de catalisadores.

**Atividade 10:** Avaliação técnica e econômica I.

**Atividade 11:** Estudos da conformação de catalisadores.

**Atividade 12:** Projeto de unidade de bancada.

**Atividade 13:** Montagem de unidade de bancada.

**Atividade 14:** Testes catalíticos em unidade de bancada.

**Atividade 15:** Avaliação técnica – econômica II.

**Atividade 16:** Obtenção de parâmetros para projeto de escala piloto.

**Atividade 17:** Apoio a projeto em escala piloto.

**Atividade 18:** Acompanhamento do desempenho dos catalisadores em escala piloto.

**Atividade 19:** Apoio a avaliação técnica – econômica III.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 16	5	Relatório emitido	1
Atividade 17	5	Relatório emitido	1
Atividade 18	5	Relatório emitido	1
Atividade 19	4	Relatório emitido	1

### Cronograma de Atividades

Atividade relativas ao ano de 2024:

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Atividade 15	X	X
Atividade 16	X	X
Atividade 17		X
Atividade 18		X
Atividade 19		X

### Produtos

**Produto 1:** Formulação de catalisadores para metanação.

**Produto 2:** Avaliações tecno-econômica do processo.

**Produto 3:** Unidade de bancada disponível.

**Produto 4:** Cinética química disponível.

**Produto 5:** Artigos publicados.

**Produto 6:** Pedidos de privilégio.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 2	3-5	Relatório emitido	1
Produto 5	1-5	Relatório emitido	1
Produto 6	1-3	Artigos publicados	1
Produto 7	1,2	Pedido depositado	

### Resultados Esperados

**Resultado 1:** Conjunto de dados referentes às formulações de catalisadores de metanação, condições de operação e desempenho dos mesmos em microreator e bancada.

**Resultado 2:** Banco de dados referentes a avaliação econômica.

Resultados	Objetivo	Indicadores	Metas
------------	----------	-------------	-------

	<b>Específico</b>		<b>2024</b>
Resultado 2	3-5	Relatório emitido	1

### **Referências Bibliográficas**

- [1] Daniela C.D. da Silva, Sonia Letichevsky, Luiz E.P. Borges, Lucia G. Appel, The Ni/ZrO<sub>2</sub> catalyst and the methanation of CO and CO<sub>2</sub>, International Journal of Hydrogen Energy 37 (2012) 8923-8928.
- [2] Jiajian Gao, Qing Liu, Fangna Gu, Bin Liu, Ziyi Zhongc and Fabing Su, Recent advances in methanation catalysts for the production of synthetic natural gas, RSC Advances 5 (2015) 22759-22776.
- [3] M. Romero-Sáeza, A.B. Dongil, N. Benito, R. Espinoza-González, N. Escalona, F. Gracia, CO<sub>2</sub> methanation over nickel-ZrO<sub>2</sub> catalyst supported on carbon nanotubes: A comparison between two impregnation strategies, Applied Catalysis B: Environmental 237 (2018) 817-825.
- [4] Patrizia Frontera, Anastasia Macario, Marco Ferraro and PierLuigi Antonucci, Supported Catalysts for CO<sub>2</sub> Methanation: A Review, Catalysts 7 (2017) 59-87.

## **Projeto 5: Estudo das modificações no ambiente eletrônico da superfície (até 10nm) e da interface dos materiais (metálicos ou não) por espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X(XPS).**

### **Introdução**

A espectroscopia fotoeletrônica por Raios X (XPS) é uma técnica extremamente relevante para a análise de superfícies de poucas camadas atômicas e é uma ferramenta essencial tanto para a nanociência, como para a nanotecnologia. A técnica é voltada para a identificação e quantificação de elementos químicos na superfície dos materiais (em uma superfície até 10 nm). Além disso, possui um diferencial das demais técnicas, pois é capaz de determinar os diferentes estados de oxidação dos elementos, permitindo um estudo do comportamento de suas interações e interfaces. Um número infinito de aplicações é encontrado, principalmente, nas áreas de materiais, catálise, corrosão, polímeros, etc. Especialmente na área de catálise, as espécies metálicas ou óxidas são os sítios ativos de inúmeras reações químicas de grande relevância. Em muitos casos, elementos químicos como o rutênio, o vanádio, o nióbio, o cério, o zinco, prata e níquel, zircônio, entre outros são o objeto de investigação e as interações entre as interfaces metálicas ou óxidas de composições entre esses elementos é um grande desafio. Muitos desses elementos são ditos não convencionais pois produzem espectros com linhas que carregam interferências quando passam pelo processo de excitação fotoeletrônica. O tratamento dos dados gerados pela técnica de XPS e a interpretação do espectro obtido pressupõe o conhecimento avançado do software CASAXPS e dos fundamentos teóricos que envolvem a técnica e norteia as atividades em P&D<sup>1-6</sup>. Neste viés, o sucesso das linhas de pesquisa em andamento no INT, passa pelo domínio e conhecimento das propriedades físico-químicas da superfície e das interações entre os materiais. Sendo assim, o desenvolvimento de uma metodologia para a especificação elementar e o domínio do tratamento dos dados gerados, com base no uso avançado do software CASAXPS é essencial para trazer a luz do conhecimento questões que envolvem problemas ocorridos nas indústrias de transformação e energia. A natureza do ambiente eletrônico elementar na superfície dos catalisadores de refino (níquel), oxidação de propano (vanádio) e redução do CO<sub>2</sub> (prata), na hidrogenação do benzeno (rutênio) e nos processos de corrosão (ferro e nitretos) irá definir os mecanismos de reação, desativação, desempenho, regeneração e sinterização, o que impacta diretamente na performance destes materiais. Dentro das atividades de pesquisa a que se propõe este projeto destacam-se os temas já em estudo: uso do CO<sub>2</sub> para a obtenção de combustível e derivados químicos, hidrogenação parcial do benzeno e oxidação do propano. Neste escopo, está em andamento atividades em P&D que utilizam a técnica por XPS para avaliar catalisadores contendo em sua formulação elementos como prata, vanádio, rutênio, titânio, molibdênio, cério, entre outros. Em suma, este projeto busca solução de problemas físico-químicos dos materiais que figuram como desafios na atividade industrial de produção de petróleo e no aproveitamento dos recursos oriundos das atividades do pré-sal, como é o caso do aproveitamento do CO<sub>2</sub>.

**Palavras Chaves:** XPS, Catalisadores heterogêneos, análises de superfície, superfícies metálicas, superfícies óxidas

### Objetivo Geral

O presente projeto tem como objetivo geral desenvolver metodologias para o estudo das alterações eletrônicas na superfície dos catalisadores e/ou materiais através da técnica de espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios -X (XPS) e pelo uso avançado do software CASAXPS.

#### Objetivo Específico 1:

Realizar buscas em bases de periódicos sobre divulgação recente, sobre o emprego da técnica de XPS e interpretação sobre, principalmente, catalisadores e/ou materiais contendo os elementos rutênio, vanádio e prata em sua formulação.

#### Objetivo Específico 2:

Determinar a composição elementar com base, na aquisição dos dados gerados pela técnica de XPS e de seu tratamento com base no uso avançado do software CASAXPS.

#### Objetivo Específico 3:

Realizar a interpretação dos dados obtidos, com base no acervo levantado no objetivo específico 1 e apresentar a metodologia utilizada para a identificação da superfície dos materiais investigados.

#### Objetivo Específico 4:

Consolidar o conhecimento através de registro em relatórios intermediários e reuniões periódicas, abordando os resultados dos objetivos 1 a 3.

#### Objetivo Específico 5:

Divulgar os resultados para a comunidade científica, por meio da participação em eventos, submissão de artigos em periódicos, cursos e editais de fomentos para apoio ao desenvolvimento e transferência do conhecimento acerca da técnica de espectroscopia de elétrons excitados por raios X (XPS).

### Modalidade de Bolsa: PCID-B

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduado em Química ou Eng. Química ou Física ou	Catálise, Química, física aplicada, Materiais avançados,	1 a 5	D-B	60	1

Engenharia Metalúrgica e de Materiais ou Engenheiro eletrônico	eletroquímica, eletroeletrônica				
--	---------------------------------	--	--	--	--

### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
1	Levantamento em bases de periódicos	1	Relatório contínuo sobre o levantamento bibliográfico	1
2	Determinar a composição elementar por XPS- uso do software CasaXPS	2	Relatório parcial com o tratamento dos espectros obtidos	1
3	Realizar a interpretação dos dados obtidos	1	Relatório apresentando a interpretação dos espectros	1
4	Consolidação e divulgação dos resultados	1	Divulgação dos resultados em eventos externos e internos	1
5	Submissão de artigos em periódicos indexados	5	Artigos submetidos	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	2024	
	1 sem	2sem
Levantamento em bases de periódicos	1	1
Determinar a composição elementar por XPS- uso do software CasaXPS	1	1
Realizar a interpretação dos dados obtidos	x	1
Consolidação e divulgação dos resultados		1
Submissão de artigos em periódicos indexados		1

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2024
Levantamento do estado da arte do uso da técnica de XPS com (Ru/V/Ag/Ti, etc.)	1	Número de relatórios entregues	1
Espectros gerados/interpretados com uso da técnica XPS (V/Ag/Ti/Zn/Zr, etc.)	2 e 3	Número de espectros gerados e tratados	5
Participação em eventos-visibilidade e network	4	Número de participação em eventos (externos e internos)	1
Submissão de artigos em periódicos e revistas especializados na área	5	Número de artigos submetidos	1

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2024
Metodologia de especificação elementar da superfície dos catalisadores e materiais contendo principalmente os elementos (Ag, V, Fe, entre outros)	1 a 4	a) Relatório parcial; b) Relatório final;	1
Capacitação do Bolsista e transferência de conhecimento para a Instituição	4 e 5	Participação em workshop interno da Divisão de Catálise do IN, no seminário Interno de Avaliação dos Bolsistas PCI.	x
Visibilidade nacional, internacional e network científico	4 e 5	Participação em congressos nacionais e/ou internacionais e/ou em coautoria de artigos submetidos para periódicos	x

## Equipe

Fabiana Magalhães Teixeira Mendes  
Mauricio Magalhães de Paiva  
Alexandre Barros Gaspar  
Luiz Fernando Vieira

## Referências Bibliográficas

- [1] Introdução à técnica de espectroscopia fotoeletrônica por raios X”- (“ISBN 978-85-61325-61-9).
- [2] Introdução à técnica de espectroscopia fotoeletrônica por raios X: Tratamento dos dados gerados- tutorial do software XPS- (“ISBN 978-85-68483-10-7).
- [3] Propane oxidation by vanadium supported on activated carbon from sugarcane straw. Virgílio J.M. Ferreira Neto, Thiago de S. Belan Costa, André L. L. Magalhães, Alexandre B. Gaspar, Paulo G. Pries de Oliveira, Fabiana M. T. Mendes, *Molecular Catalysis* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.mcat.2017.11.010>.
- [4] Pedro Fonseca Teodoro, Carla Ramos Moreira, Marcia Gomes Oliveira, Fernanda Cristina Fernandes Braga, Javier Alejandro Carreno Velasco, Marcelo Ferreira Leão de Oliveira e Fabiana Magalhães Teixeira Mendes, *Anais do XVI Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química*, PUC, Rio de Janeiro, 05 a 08 de dezembro de 2017.
- [5] P. C. Silva Neto, , F. G. R. Freitas, D. A. R. Fernandez, R. G. Carvalho, L. C. Felix, A. R. Terto, R. Hubler, , F. M. T. Mendes, A. H. Silva Junior, E. K. Tentardini, *Surface & Coatings Technology* 353 (2018) 355–363, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.07.106>.
- [6] Carla Ramos Moreira, Pedro F. Teodoro, Marcelo F. L. de Oliveira, Fernanda C. F. Braga, Marcia G. Oliveira, Javier A.C. Velasco, Fabiana M. T. Mendes "*Synthesis and characterization of silver nanoparticles supported on activated carbon for electrode preparation*", 16th ICCDU Congress - International Congress on Carbon Dioxide Utilization-27 a 30 de agosto de 2018, Rio de Janeiro-RJ.



## Projeto 6 – Tecnologia e Análise Ambiental

### Introdução

Estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologias de remediação e monitoramento ambiental tornam-se cada vez mais premente na busca de soluções sustentáveis e inovadoras para os recursos naturais, a fim de mitigar ações antropogênicas e mudanças climáticas.

Através do desenvolvimento de materiais e processos com soluções para descontaminação de água, efluentes, solo e ar, pretende-se alcançar tecnologias inovadoras para aplicação no meio ambiente. O desenvolvimento do trabalho engloba basicamente três etapas: preparação dos materiais lamelares, caracterizações e aplicação em estudos laboratoriais. Os materiais pesquisados destinados à aplicação no meio ambiente estão diretamente relacionados aos princípios da Química Verde, agindo com o propósito de minimizar efeitos ambientais adversos, como exemplos, a eutrofização, contaminação por metais e poluentes orgânicos persistentes. A funcionalização desses materiais surge como uma ferramenta para conferir diferentes propriedades e funções, buscando um desempenho adequado. Diversas caracterizações devem ser realizadas a fim de determinar, por exemplo, composição química e propriedades textuais, que são importantes para compreender os mecanismos de atuação no processo de remediação ambiental dos constituintes inorgânicos (Cd, Cu, Pb e fosfato) em águas doces/salobras e efluentes domésticos.

O monitoramento ambiental através da pesquisa e desenvolvimento de metodologias sensíveis, seletivas, robustas e de baixo custo é de suma importância para os estudos de corpos hídricos, efluentes, solos e ar a fim de atender legislações e na análise de elementos traço inorgânicos e orgânicos.

Um dos poluentes orgânicos persistentes, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) são compostos orgânicos que possuem dois ou mais anéis benzênicos condensados, que podem ter origem tanto antropogênica como através de queima de material orgânico como incêndios florestais naturais. Sua solubilidade em água diminui com o aumento da massa molar, podendo ser produzidos, basicamente, por pirólise de matéria orgânica em altas temperaturas, diagênese de material orgânico sedimentar em temperaturas baixas ou moderadas, ou ainda por biossíntese direta por microorganismos ou plantas. Estes compostos podem se distribuir tanto no solo, quanto na água e no ar, sendo que consideráveis quantidades de HPAs lançados ao meio marinho são originárias de fontes antropogênicas, como lançamentos de esgoto, deposição atmosférica, entre outros. Uma vez que os HPAs estão associados com a ação carcinogênica e mutagênica constituindo uma ameaça à saúde, o seu monitoramento em matrizes ambientais é de extrema relevância sob o ponto de vista de saúde pública.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 1, podendo-se citar alguns projetos já desenvolvidos/em desenvolvimento: (i) Experimentos de remobilização de metais em sedimentos

contaminados; (ii) Determinação de Metais Disponíveis em Sedimento Sujeitos a Dragagem: o Uso de Testemunhos e Extração Sequencial; (iii) Avaliação do Rompimento de uma Barragem de Rejeitos sobre as Concentrações de Metais na Água e no Sedimento; (iv) Remediação de nitrato pelo uso de partículas metálicas de Fe e Zn zero valente; (v) Estudo da degradação do 1,2-dicloroetano por peroximonosulfato catalisado por  $Cu^+/Cu^{2+}$ ; (vi) – Desenvolvimento de método de quantificação de HPA por CG em amostras de água; (vii) Desenvolvimento de argilominerais modificados com potencial aplicação como adsorventes de fosfato em ambientes aquáticos eutrofizados; (viii) – Redução catalítica nitrato e nitrito utilizando catalisadores bi metálicos; (ix) Contaminação por antivirais em matrizes aquosas do Rio de Janeiro: avaliação de risco ambiental e remoção por Processos Oxidativos Avançados; (x) Tecnologias Avançadas para o tratamento de águas contendo micropoluentes e estudo da remoção de contaminantes do Rio Guandu.

### Palavras-chave

**Objetivo Específico 1:** *remediação ambiental; materiais lamelares; contaminantes inorgânicos.*

### Objetivo Geral

Desenvolver tecnologias para remediação ambiental e validar metodologias analíticas para monitoramento de contaminantes inorgânicos e orgânicos em matrizes ambientais.

**Objetivo Específico 1:** Desenvolvimento de materiais lamelares modificados destinados à remediação ambiental de constituintes inorgânicos (Cd, Cu, Pb e fosfato) em águas doces/salobras e efluentes domésticos.

### Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Química Industrial, Engenharia Química / Mestrado	Química, Ciência dos Materiais, Catálise, Química Ambiental	1	DC	60	01

## Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	1	Relatório com a revisão bibliográfica	01
Planejamento das etapas experimentais	1	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	01
Preparação dos materiais lamelares através do procedimento de modificação com a funcionalização	1	Conjunto de materiais modificados de acordo com o planejamento experimental	01
Caracterização por Fluorescência de Raios X com dispersão de comprimento de onda (WD-XRF)	1	Caracterizações por WD-XRF realizadas de acordo com o planejamento experimental	01
Caracterização por Difração de Raios X (DRX)	1	Caracterizações por DRX realizadas de acordo com o planejamento experimental	01
Caracterização textural dos materiais através da determinação da área superficial e volume de poros por adsorção e dessorção de N <sub>2</sub> .	1	Caracterizações realizadas de acordo com o planejamento experimental	01
Avaliação do processo de remoção dos contaminantes em amostras sintéticas (fortificadas) com Cd, Cu, Pb e fosfato	1	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	01
Planejamento da coleta de água doce/salobra em lagoa	1	Planejamento da coleta	NA
Coleta de amostras de água em lagoa para testes em laboratório	1	Coleta realizada de acordo com o procedimento experimental	NA

Determinações dos principais parâmetros de qualidade nas amostras de água da lagoa	1	Determinações realizadas dos parâmetros químicos e físico-químicos de acordo com o procedimento experimental	NA
Testes em laboratório utilizando os materiais mais promissores com a amostra de água natural da lagoa	1	Avaliações realizadas em amostra de água natural da lagoa de acordo com o planejamento experimental	NA
Coleta de amostra de efluente para teste em laboratório	1	Coleta realizada de acordo com o procedimento experimental	NA
Determinações dos principais parâmetros de qualidade na amostra de efluente	1	Determinações realizadas dos parâmetros químicos e físico-químicos de acordo com o procedimento experimental	NA
Testes em laboratório utilizando os materiais mais promissores com a amostra de efluente	1	Avaliações realizadas em amostra de efluente de acordo com o planejamento experimental	NA
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	01
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da Divisão / Instituição	1	Apresentação oral	01
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos para eventos científicos	1	Trabalhos elaborados para eventos científicos	01
Elaboração e submissão de artigos científicos	1	Artigo científico elaborado e submetido	NA

Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	01
--	---	----------------------------	----

NA – Não aplicável.

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 1

Atividades	Semestre
	2024
	1
Revisão bibliográfica – Estado da arte	X
Planejamento das etapas experimentais	X
Preparação dos materiais lamelares através do procedimento de modificação com a funcionalização	X
Caracterização por Fluorescência de Raios X com dispersão de comprimento de onda (WD-XRF)	x
Caracterização por Difração de Raios X	x
Caracterização textural dos materiais através da determinação da área superficial e volume de poros por adsorção e dessorção de N <sub>2</sub> .	x
Avaliação do processo de remoção dos contaminantes em amostras sintéticas (fortificadas) com Cd, Cu, Pb e fosfato	x
Planejamento da coleta de água doce/salobra em lagoa	NA
Coleta de amostras de água em lagoa para testes em laboratório	NA
Determinações dos principais parâmetros de qualidade nas amostras de água da lagoa	NA
Testes em laboratório utilizando os materiais mais promissores com a amostra de água natural da lagoa	NA
Coleta de amostra de efluente para teste em laboratório	NA

Determinações dos principais parâmetros de qualidade na amostra de efluente	NA
Testes em laboratório utilizando os materiais mais promissores com a amostra de efluente	NA
Elaboração de relatórios parciais (anual)	x
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da Divisão / Instituição	x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos para eventos científicos	x
Elaboração e submissão de artigos científicos	NA
Elaboração do relatório final do projeto	X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
			NA
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	NA
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	NA
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	01

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQAN/INT)	1	Nº de artigos científicos publicados Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01
Relevância para a sociedade e meio ambiente. Geração de valor ambiental e social: desenvolvimento de tecnologia para remediação ambiental de constituintes inorgânicos (Cd, Cu, Pb e fosfato) em águas doces/salobras e efluentes domésticos. *	1	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	1	Nº de artigos científicos publicados Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01

\* Não é possível estabelecer meta quantitativa para esse resultado.

### Membros da equipe:

#### Objetivo específico 1:

Laís Ferreira de Castro  
 Bolsista PCI-D-C

### Referências Bibliográficas

#### Objetivo específico 1

- [1] B. Li, Y. Zhang, D. Ma, Z. Shi, e S. Ma, "Mercury nano-trap for effective and efficient removal of mercury(II) from aqueous solution", *Nat. Commun.*, vol. 5, n<sup>o</sup> May, p. 1–7, 2014.

- [2] M. Maretto *et al.*, “Microporous and mesoporous materials for the treatment of wastewater produced by petrochemical activities”, *J. Clean. Prod.*, vol. 77, p. 22–34, 2014.
- [3] M. H. Dindar, M. R. Yafian, e S. Rostamnia, “Potential of functionalized SBA-15 mesoporous materials for decontamination of water solutions from Cr(VI), As(V) and Hg(II) ions”, *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 3, n° 2, p. 986–995, 2015.
- [4] A. Gonzalez-Perez e K. M. Persson, “Bioinspired materials for water purification”, *Materials (Basel)*, vol. 9, n° 6, 2016.
- [5] A. R. Kumari e K. Sobha, “Environmental Technology & Innovation Removal of lead by adsorption with the renewable biopolymer composite of feather ( *Dromaius novaehollandiae* ) and chitosan ( *Agaricus bisporus* )”, *Environ. Technol. Innov.*, vol. 6, p. 11–26, 2016.
- [6] M. T. G. Vianna, M. Marques, e L. C. Bertolino, “Sun coral powder as adsorbent: Evaluation of phosphorus removal in synthetic and real wastewater”, *Ecol. Eng.*, vol. 97, p. 13–22, 2016.
- [7] R. Zhu, Q. Chen, Q. Zhou, Y. Xi, J. Zhu, e H. He, “Adsorbents based on montmorillonite for contaminant removal from water: A review”, *Appl. Clay Sci.*, vol. 123, p. 239–258, 2016.



## Projeto 7 – Oxidação de Alcanos leves via Catálise Heterogênea

### Introdução:

Dentre as reações de grande impacto tecnológico encontra-se a reação de oxidação seletiva de alcanos leves (C1-C4), especialmente as que usam propano como reagente. No atual cenário energético mundial o processamento direto de alcanos, como o propano, torna-se de extrema relevância, pois possuem grande impacto econômico, em função de sua abundância, seu baixo custo e, em especial, a possibilidade de obtenção de olefinas e de produtos oxigenados, importantes intermediários da plataforma química. A retomada pelo interesse nesta rota tecnológica repousa, além da abundância dos recursos oriundos do gás de Xisto (Gás Natural), na necessidade de suprir a crescente demanda mundial por propeno que tem projeção deficitária a partir de 2020 (1-2). A ativação do propano ainda é um desafio e a maioria dos esforços ainda estão em estágio de pesquisa e desenvolvimento (3-4). A conversão seletiva de um hidrocarboneto saturado requer sítios de alta complexidade que ativem a ligação C-H, formem intermediários oxigenados e evitem a formação de CO e CO<sub>2</sub>. Dentre os produtos de interesse destacam-se o propeno e os oxigenados como o ácido acrílico, em uma rota desidrogenativa (ODH do propano) ou por Oxidação Seletiva. A seletividade em propeno é influenciada pelas propriedades ácido-base do suporte. Recentemente, os resultados dos estudos conduzidos e em andamento mostram a necessidade de buscar um entendimento do comportamento do catalisador na desativação com base nos aspectos estruturais de sua formulação. Neste escopo, está em andamento estudos utilizando como suporte de espécies de vanádio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e VPO) um material mesoporoso como a MCM-41, modificadas ou não pela adição de elementos de caráter mais básico, como o Césio, Magnésio, entre outros. Em setembro foi apresentado no XXVIII Congresso Ibero-Americano de Catálise os resultados parciais obtidos até o momento (4).

**Palavras Chaves:** ODH propano; propeno; catalise de oxidação

### Objetivo Geral:

Obtenção de propeno (importante matéria prima da indústria petroquímica) por meio da desidrogenação oxidativa (ODH) do propano, usando catalisadores a base de vanádio e fósforo, associados a elementos de natureza alcalina como, magnésio e césio, suportados em MCM-41 e carvão ativado.

**Objetivo Específico 1:** Sintetizar catalisadores a base de vanádio e fósforo, modificados pela adição de elementos de natureza básica (magnésio e/ou césio) suportados em MCM-41 e carvão ativado e avaliar a influência das propriedades ácido-base do suporte na seletividade do propeno.

**Objetivo Específico 2:** Caracterizar os catalisadores preparados por meio de técnicas físico-químicas como DRX, MEV-EDS, XPS, BET, UV-DRS e Raman.

**Objetivo Específico 3:** Realizar testes catalíticos, visando a obtenção de propeno a partir do propano, variando-se as condições de processo, como temperatura, tempo de contato e tempo de reação, vazão dos reagentes, visando otimizar o desempenho dos catalisadores com base nos dados de conversão e seletividade.

**Objetivo Específico 4:** Redigir relatórios e apresentar resultados em eventos internos e externos.

**Objetivo Específico 5:** Participar da redação de artigos para a divulgação dos resultados em eventos científicos e revistas especializadas.

**Modalidade de Bolsa:**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Mestrado	Engenharia Química/Química	1 – 5	D-C	60	1

**Atividades de Execução:**

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
RELATIVAS AO ANO DE 2023	1	Relatório Parcial de preparação	2
Atividade 2 RELATIVAS AO ANO DE 2023	2	Relatório Parcial de caracterização	2
RELATIVAS AO ANO DE 2023	3	Relatório Parcial de atividades catalítica	2
RELATIVAS AO ANO DE 2023	4	Trabalhos apresentados no Workshop da Divisão de Catálise e no Seminário Interno do Programa PCI do INT	2
RELATIVAS AO ANO DE 2023	5	Trabalhos apresentados em congresso	
RELATIVAS AO ANO DE 2023	5	Publicação em periódicos nacional e/ou internacional	1

## Cronograma de Atividades Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 1	1	Número de catalisadores preparados	5
Produto 2	2	Número de caracterizações realizadas	10
Produto 3	3	Número de testes catalíticos realizados	30
Produto 4	4	Número de participações em eventos internos	2
Produto 5	4	Número de participações em congressos científicos externos	-
Produto 6	5	Número de artigos publicados	1

## Resultados Esperados

**Resultado 1:** Seleção dos catalisadores mais ativos e seletivos para a ODH do propano envolvendo etapas de preparação e caracterização.

**Resultado 2:** Redação de relatórios técnicos.

**Resultado 3:** Capacitação do bolsista e troca de conhecimento entre pesquisadores através da participação em eventos internos e externos.

**Resultado 4:** Publicação de artigos científicos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resultado 1	1-3	Catalisadores ativos e seletivos para a ODH preparados e caracterizados	1
Resultado 2	4	Relatórios técnicos elaborados	-
Resultado 3	4	Trabalhos apresentados em eventos internos e externos	2
Resultado 4	5	Artigos científicos publicados	1

## Referências Bibliográficas:

[1] Review Energy Policies of IEA Countries. The United States Executive Summary, IEA, (2014).

[2] [http://www.lpgc.or.jp/corporate/information/program5\\_Japan2.pdf](http://www.lpgc.or.jp/corporate/information/program5_Japan2.pdf),

[3] V.J.M. Ferreira Neto, T.S.B, Costa, A L. L. Magalhães, A.B. Gaspar, P.G. Pries de Oliveira, F.M.T. Mendes, "Propane oxidation by vanadium supported on activated carbon from sugarcane straw", J. Mol. Catal. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2017.11.010>.

[4] A.L.L. Magalhães, Silveira, F.M.T. Mendes, P.G.P. de Oliveira  
Desidrogenação Oxidativa do Propano Sobre Fases VMgO Suportadas em Carvão Ativado: Efeito de Diferentes Teores de Vanádio e de diferentes razões molares Mg/V, sobre as propriedades catalíticas – XXVIII Congresso Ibero-Americano de Catálise – Natal 2022.

## Projeto 8: Desenvolvimento de metodologias de caracterização de catalisadores por análises termoprogramáveis e espectroscópicas

### Introdução

Algumas das metodologias mais utilizadas para caracterização de catalisadores são as análises termoprogramáveis como TPO (oxidação a temperatura programada), TPR (redução a temperatura programada) e TPD (dessorção a temperatura programada) [1,2]. Estas práticas possibilitam, por exemplo, o mapeamento da redutibilidade e de propriedades superficiais como acidez e basicidade. O LACAT - Laboratório de Catálise do INT possui atualmente dois tipos de equipamentos para este tipo de análise: um automatizado comercial e um montado no próprio laboratório. O primeiro possui um detetor de condutividade térmica para identificação e quantificação dos componentes da mistura gasosa de saída, enquanto o segundo possui um espectrômetro de massas. Para o segundo equipamento também se pode acompanhar o desempenho do catalisador diante de reagentes para estudar a interação da amostra com moléculas de especial interesse para o processo em estudo por TPSR (reação superficial a temperatura programada). Neste contexto, o espectrômetro de massas recém-instalado será usado nas atividades do projeto. Uma das etapas previstas neste projeto é o desenvolvimento de metodologias de análises de TPR com mistura gás inerte + hidrogênio, TPO com mistura gás inerte + oxigênio e TPD de gases  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  e vapores de etanol e de água com catalisador metálico suportado em óxido e misturas físicas de catalisadores. Outra etapa do projeto prevê o desenvolvimento de metodologia de TPSR para reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes. A atividade e seletividade a produtos como acetato de etila, ácido acético, acetaldeído, etileno e hidrogênio será monitorada.

Por outro lado, os diversos tipos de espectroscopia são essenciais na compreensão das propriedades, da configuração molecular e no acompanhamento de reações. O LACAT dispõe de equipamentos para espectroscopia de infravermelho (IV), ultravioleta (UV), e Raman, além da já citada espectrometria de massas. O desenvolvimento de metodologias de análise destas técnicas à infraestrutura existente no laboratório é de extrema importância, sem esquecer o uso de acessórios, como câmaras para ensaios in-situ. Em especial, em Catálise, torna-se muito útil o uso da espectroscopia infravermelho quando associada a uma unidade de vidro para limpeza das superfícies e adsorção de moléculas. Uma das etapas deste projeto prevê o desenvolvimento de metodologia de análises de acidez e basicidade por adsorção de piridina e  $CO_2$ , respectivamente, nos catalisadores e misturas por IV. Do mesmo modo, se prevê o uso do UV e do RAMAN na caracterização do estado de oxidação do metal ativo nos catalisadores e misturas e interações entre as espécies componentes dos catalisadores. Após a validação das metodologias, serão redigidos os protocolos das técnicas. Além destas técnicas tradicionais, uma célula para experimentos in situ tipo DRIFTS (*Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy*) acoplada ao espectrômetro de infravermelho pode realizar experimentos em atmosfera

controlada simulando a ação de moléculas de interesse sobre o catalisador [3]. Novamente, está previsto o uso desta célula para reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes.

Ainda no contexto de análises termoprogramáveis, pretende-se adaptar um calorímetro, para a caracterização ácido-base de catalisadores avaliando o calor de adsorção/dessorção de moléculas-sonda como CO<sub>2</sub>. A calorimetria tem se mostrado uma técnica muito assertiva para a quantificação de sítios ácidos e básicos em sólidos [4]. A necessidade de informações sobre essas funções do material é recorrente no estudo de reações catalíticas dado que inúmeros processos químicos dependem delas. Assim, as atividades contarão com experimentos para a familiarização, ensaios preliminares e demais avanços para o conhecimento deste tipo de análise. Essas são ações que compõem um esforço com objetivo de iniciar este tipo de ensaio que até então não faz parte do escopo do LACAT. Este método alternativo permitirá expandir a capacidade do laboratório em relação a este tipo de caracterização, criando uma nova competência.

## **Objetivo Geral**

Expandir a capacidade da Divisão de Catálise e Processos Químicos do INT nas técnicas espectroscópicas e de análise termoprogramável, melhorando a compreensão das propriedades físico-químicas dos catalisadores e a capacitação técnica dos integrantes da divisão e de instituições parceiras.

**Objetivo Específico 1:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por TPD, TPR e TPO.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolvimento de metodologia de reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes com catalisadores e mistura físicas de catalisadores por TPSR.

**Objetivo Específico 3:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por análises espectroscópicas convencionais de IV, UV e Raman;

**Objetivo Específico 4:** Desenvolvimento de metodologia de reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes com catalisadores e mistura físicas de catalisadores por DRIFTS.

**Objetivo Específico 5:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização ácido-base de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por Calorimetria;

**Objetivo Específico 6:** Produção de dados para a elaboração de textos para procedimentos técnicos e relatório de atividades e redação de comunicações científicas.

## Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduação	Química ou Engenharia Química	1,2,3,5	D-D	60	2

## Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão dos pesquisadores Andréa Maria Duarte de Farias, Alexandre Barros Gaspar e Clarissa Perdomo Rodrigues.

**Atividade 1.** Preparo de catalisadores e misturas físicas.

**Atividade 2.** Realização de análises de TPD, TPR e TPO.

**Atividade 3.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de TPD, TPR e TPO.

**Atividade 4.** Realização de análises de TPSR.

**Atividade 5.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de TPSR.

**Atividade 6.** Realização de análises IV, UV e Raman.

**Atividade 7.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de IV, UV e Raman.

**Atividade 8.** Realização de análises de DRIFTS.

**Atividade 9.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de DRIFTS.

**Atividade 10.** Levantamento teórico sobre métodos de calorimetria aplicados à Catálise, testes preliminares.

**Atividade 11.** Realização de análises de calorimetria.

**Atividade 12.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de calorimetria.

**Atividade 13.** Elaboração de relatório técnico de atividades e redação de artigos científicos.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 1	1-5	Catalisadores e misturas físicas preparados	5
Atividade 2	1	Análises de TPR, TPO e TPD realizadas	35

Atividade 3	1	Relatório de TPR, TPO e TPD	1
Atividade 4	2	Análises de TPSR realizadas	5
Atividade 5	2	Relatório de TPSR	1
Atividade 6	3	Análises de IV, UV e RAMAN realizadas	
Atividade 7	3	Relatório de IV, UV e RAMAN	
Atividade 8	4	Análises de DRIFTS realizadas	
Atividade 9	4	Relatório de DRIFTS	
Atividade 10	5	Levantamento sobre calorimetria	
Atividade 11	5	Análises de calorimetria realizadas	
Atividade 12	5	Relatório de calorimetria	
Atividade 13	6	Textos técnicos, relatórios e publicações	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre 2024	
	1	X
Atividade 1	X	X
Atividade 2	X	X
Atividade 3	X	
Atividade 4		
Atividade 5		
Atividade 6		
Atividade 7		
Atividade 8		
Atividade 9		
Atividade 10		



Atividade 11		
Atividade 12		X
Atividade 13	X	X

## Produtos

**Produto 1** – Catalisadores sintetizados.

**Produto 2** - Metodologia e resultados de análises de TPR, TPO e TPD.

**Produto 3** – Metodologia e resultados de análises de TPSR.

**Produto 4** – Metodologia e resultados de análises de UV, IV e Raman.

**Produto 5** – Metodologia e resultados de análises de DRIFTS.

**Produto 6** – Metodologia e resultados de análises de Calorimetria.

**Produto 7** – Textos técnicos, relatórios e comunicações científicas produzidos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 1	1-5	Catalisadores e misturas físicas preparados	5
Produto 2	1	Metodologia e resultados de análises de TPR, TPO e TPD	1
Produto 3	2	Metodologia e resultados de análises de TPSR.	1
Produto 4	3	Metodologia e resultados de análises de UV, IV e Raman.	
Produto 5	4	Metodologia e resultados de análises de DRIFTS.	
Produto 6	5	Metodologia e resultados de análises de Calorimetria	

Produto 7	6	Textos técnicos, relatórios e comunicações científicas produzidos	
-----------	---	---	--

## Resultados Esperados

**Resultado 1** – Realização de análises para caracterização de catalisadores através de técnicas termoprogramáveis e Espectroscopia.

**Resultado 2** - Recursos técnicos desenvolvidos em Espectroscopia (câmaras in situ do UV, RAMAN, DRIFTS e Calorimetria).

**Resultado 3** – Capacitação de pessoal nas técnicas espectroscópicas, calorimétricas e termoprogramáveis;

**Resultado 4** – Comunicações científicas e patentes.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resultado 1	1	Análises realizadas	35
Resultado 2	2-4	Novos recursos disponíveis	2
Resultado 4	5	Número de comunicações	1

## Referências Bibliográficas

[1] J.W. Niemantsverdriet, Spectroscopy in catalysis, VCH, Weinheim, 2007.

[2] M. Boaro; M. Vicario; C. Leitenburg, G. Dolcetti, A. Trovarelli, Catalysis Today, 2003, Vol.77, 407-417.

[3] J. Zarfl, D. Ferri, T. Schildhauer, J. Wambach, A. Wokaun, Applied Catalysis A, General, 5, 2015, Vol.495, 104-114.

[4] L. Damjanovic e A. Auroux, *Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry* Vol. 5: Recent Advances, Techniques and Applications, M.E. Brown and P.K. Gallagher, editors, 2008.

## **Projeto 9: Obtenção de manose, manano-oligossacarídeos e componentes antioxidantes, por rotas quimioenzimáticas, a partir das sementes de açaí e Juçara**

### **Introdução**

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira nativa da América do Sul e Central, abundante na região amazônica [1]. Em 2016, a produção brasileira de açaí foi de 1,3 milhões de toneladas (<http://sidra.ibge.gov.br>), com a movimentação de R\$ 33 bilhões de reais [2]. A palmeira Juçara (*Euterpe edulis*) gera frutos quase idênticos ao açaí em valor nutricional, sabor, coloração e textura, porém, diferentemente do açaizeiro, é uma espécie endêmica da Mata Atlântica [3, 4]. A Juçara está na lista oficial das espécies ameaçadas de extinção devido à sua exploração predatória e clandestina para a extração de palmito, sendo hoje protegida por lei. Nos últimos anos, iniciativas vêm estimulando o seu replantio e tentando demonstrar que a colheita dos frutos da Juçara gera mais renda para as comunidades rurais do que a derrubada ilegal da palmeira para extrair o palmito. Como exemplo, há cerca de quatro anos está em curso em Resende (RJ) o “Projeto Amável - a Mata Atlântica sustentável”, que conta com o apoio do Governo do Estado e que tem entre seus principais objetivos o repovoamento da Juçara na Mata Atlântica, com o replantio de até 10 milhões de palmeiras [5].

O açaí e o fruto da Juçara apresentam características semelhantes, contendo uma parte comestível que equivale a cerca de 10% dos frutos e uma única semente, cuja massa corresponde aos 90% restantes [6, 7]. A partir dos dados de produção de açaí, estima-se que 1,1 milhão de toneladas de sementes são geradas por ano na região amazônica como resíduo agroindustrial, resultante da comercialização da polpa. Hoje, uma pequena quantidade de sementes é aproveitada para artesanato, alimentação animal e como adubo, porém essas aplicações não são suficientes, e uma grande parte desse resíduo se acumula sem métodos de descarte apropriados, resultando em um grave problema ambiental e urbano no Norte do país. Em contrapartida, a produção dos frutos de Juçara ainda é incipiente se comparada ao açaí; no entanto, com o sucesso das iniciativas de incentivo à produção e comercialização desses frutos, futuramente, o mesmo problema de acúmulo de sementes se apresentará nas áreas produtoras. Por isso, é de grande interesse ambiental, econômico e social encontrar novas aplicações para as sementes de açaí e de Juçara, simultaneamente, agregando maior valor às suas cadeias produtivas. De forma a explorar um resíduo e determinar suas aplicações, é de suma importância conhecer a sua composição, porém poucos estudos sistemáticos foram realizados com as sementes dessas palmeiras brasileiras.

### **Objetivo Geral**

A presente proposta tem o objetivo estudar o aproveitamento do resíduo proveniente do despulpamento do açaí (*E. oleracea*) e Juçara (*E. edulis*) a partir da caracterização química avançada dos polissacarídeos e componentes fenólicos das sementes para o desenvolvimento de rotas quimioenzimáticas de

obtenção de manose, manano-oligossacarídeos e componentes fenólicos antioxidantes. Para isso, pretende-se como objetivos específicos:

**Objetivo Específico 1:** Isolar os carboidratos das sementes de açaí e Juçara e elucidar as suas estruturas;

**Objetivo Específico 2:** Otimizar as condições de hidrólise ácida com ácidos dicarboxílicos por planejamento experimental através da avaliação das condições de processo, tais como: tempo, temperatura, concentração de ácido e relação sólido:líquido;

**Objetivo Específico 3:** Avaliar preparações enzimáticas comerciais e produzidas em laboratório para a hidrólise das sementes in natura e do resíduo sólido obtido após a hidrólise com ácidos diluídos quanto ao seu potencial de liberação de manose e manano-oligossacarídeos;

**Objetivo Específico 4:** Desenvolver metodologias para quantificar um amplo espectro de compostos fenólicos solúveis, insolúveis ou complexados nas sementes;

**Objetivo Específico 5:** Otimizar a extração de componentes fenólicos das sementes de açaí e Juçara por solvente e por enzimas comerciais.

**Objetivo Específico 6:** Avaliar a ação antioxidante dos extratos fenólicos obtidos das sementes.

**Objetivo Específico 7:** Caracterização química desses metabólitos fenólicos das sementes de açaí e Juçara.

#### Modalidade de Bolsas

A necessidade de agregar um jovem pesquisador cuja experiência profissional é fundamental para garantir a execução deste plano de trabalho e formar recursos humanos na área do projeto, através de treinamento de alunos de graduação e pós-graduação. Além de auxiliar na difusão dos resultados do projeto para a sociedade através de ações de divulgação científica e publicações em periódicos especializados.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Doutorado	Bioquímica, Biotecnologia, Química ou áreas afins.	1-7	D-D	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Biocatálise (LABIC) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Ayla Sant'Ana da Silva.

**Atividade 1:** Preparo e caracterização de lote 1 de amostras recebidas com o objetivo de guiar próximas etapas de otimização do estudo.

**Atividade 2:** Otimização da metodologia de hidrólise ácida dos carboidratos por ácidos orgânicos dicarboxílicos.

**Atividade 3:** Desenvolvimento de protocolos para quantificação dos metabólitos fenólicos dos extrativos das amostras do lote 1.

**Atividade 4:** Realização de um estudo comparativo entre os rendimentos da hidrólise ácida das biomassas do lote 1 com uso do ácido oxálico e ácido maleico.

**Atividade 5:** Otimização da extração dos componentes fenólicos por solventes e por enzimas com o propósito de melhorar o rendimento da extração desses metabólitos.

**Atividade 6:** Preparo e caracterização de lote 2 de amostras recebidas para auxiliar nas próximas etapas do trabalho.

**Atividade 7:** Otimização de hidrólise enzimática, por enzimas comerciais, para liberação dos carboidratos das biomassas dos lotes 1 e 2.

**Atividade 8:** Realização de estudo comparativo entre rendimento entre a obtenção de manose e manano-oligossacarídeos pelas enzimas testadas.

**Atividade 9:** Medição da atividade antioxidante dos extrativos das biomassas dos lotes 1 e 2 por DPPH E ABTS.

**Atividade 10:** Elaboração de um estudo comparativo da ação antioxidante dos extrativos obtidos e padrões analíticos comerciais.

**Atividade 11:** Identificação dos componentes fenólicos por metodologias analíticas adequadas como CLAE-EM.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 1	1-7	Apresentação da caracterização dos carboidratos e extrativos das amostras.	25

Atividade 2	1-3	Apresentação do teor de carboidratos liberados após hidrólise por CLAE-IR	30
Atividade 3	4	Descrição do protocolo para a quantificação dos metabólitos secundários	25
Atividade 4	1-3	Apresentação da avaliação comparativa da liberação de manose por após hidrólise ácida	25
Atividade 5	5	Apresentação da avaliação comparativa do conteúdo fenólico dos extratos obtidos	
Atividade 6	1-7	Informe da caracterização dos carboidratos e extrativos das amostras	

Atividade 7	3	Informe do teor de manose e oligo-sacarídeos liberados após hidrólise por CLAE-IR	
Atividade 8	3	Apresentação da comparação da determinação de carboidratos pelas metodologias testadas.	
Atividade 9	6	Exposição da determinação da ação da atividade antioxidante pelas metodologias testadas	
Atividade 10	6	Informe das atividades antioxidantes encontradas com padrões comerciais e analíticos	
Atividade 11	7	Descrição das estruturas dos componentes dos extrativos das biomassas dos lotes 1 e 2	

## Cronograma de Atividades

Atividades	Semestr e	
	2024	
	1	2
Atividade 1	X	
Atividade 2	X	X
Atividade 3		X
Atividade 4		X
Atividade 5		
Atividade 6		
Atividade 7		
Atividade 8		
Atividade 9		
Atividade 10		
Atividade 11		

## Produtos

**Produto 1:** Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de hidrólise ácida por ácidos dicarboxílicos

**Produto 2:** Desenvolvimento de protocolo analítico para quantificação de fenólicos nos extrativos das biomassas.

**Produto 3:** Elaboração de metodologias de extração dos componentes fenólicos por solvente e por enzimas.

**Produto 4:** Composição de um protocolo para hidrólise enzimática das biomassas analisadas.

**Produto 5:** Elaboração de metodologia analítica para determinação da atividade antioxidante dos extrativos obtidos das biomassas analisadas.

**Produto 6:** Difundir os resultados do projeto para a sociedade através de ações de divulgação científica (pelo menos duas atividades por ano).



**Produto 7:** Gerar, pelo menos, quatro publicações em periódicos especializados nos seguintes temas: (i) elucidação da estrutura dos carboidratos das sementes (ii) avaliação da hidrólise com ácidos orgânicos da manana à manose (iii) produção de manose e MOS a partir das sementes por hidrólise enzimática (iv) caracterização do perfil químico e avaliação do processo de extração com solventes e enzimas dos compostos fenólicos das sementes.

**Produto 8:** O depósito de patentes a partir das inovações tecnológicas do projeto.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 1	1-3	Nota técnica depositada na biblioteca da instituição	1
Produto 2	4	Validação do protocolo desenvolvido	1
Produto 3	5	Protocolo de extração por solvente e por enzimas	
Produto 4	3	Nota técnica depositada na biblioteca da instituição	
Produto 5	6	Protocolo de medição da ação antioxidante por DPPH e ABTS	

Produto 6	1-7	Certificados de apresentações	2
Produto 7	1-7	Publicações científicas	1
Produto 8	1-7	Patente depositada	1

### Resultados Esperados

**Resultado 1:** Obtenção do primeiro relato da caracterização estrutural dos carboidratos dessas sementes, produzindo dessa forma um estudo que poderá ser referência na literatura.

**Resultado 2:** Conhecimento sobre hidrólise com ácido dicarboxílico diluído seja mais apropriada à liberação de manose das sementes, possibilitando a elaboração de um processo de único passo que envolva ácidos de menor impacto ambiental.

**Resultado 3:** Avaliar da atividade de diferentes enzimas visa identificar uma enzima potencial para hidrólise de mananas. Espera-se que essa enzima selecionada resulte na liberação otimizada de manose e manano-oligossacarídeos no processo de hidrólise enzimática.

**Resultado 4:** Através da estratégia experimental adotada, espera-se que os dados obtidos contribuam para o desenvolvimento de métodos pioneiros de liberação de manose e manano-oligossacarídeos, através da seleção de ácidos orgânicos e enzimas apropriadas, resultando em processos mais verdes.

**Resultado 5:** A obtenção da caracterização detalhada do perfil químico dos extratos das sementes, o que auxiliará no desenvolvimento de novos antioxidantes.

**Resultado 6:** Além da caracterização e identificação dos compostos, espera-se desenvolver métodos de extração verdes que sejam mais seguros e aptos para utilização em produtos alimentícios e cosméticos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resultado 1	1-3	Descritivos detalhados das composições das biomassas analisadas	1
Resultado 2	2-3	Comparação do teor de liberação de manose entre os ácidos analisados e o ácido sulfúrico	1
Resultado 3	3	Crescimento no teor de manose e oligo-sacarídeos liberados.	
Resultado 4	1-3	Avaliação do processamento das biomassas testadas	
Resultado 5	5-7	Aumento do rendimento de fenólicos nos extrativos e comparação da atividade antioxidante dos extrativos e padrões comerciais	

Resultado 6	4 e 7	Obtenção de um método e um produto rico em fenólicos e em ação antioxidante	
-------------	-------	---	--

### Referências Bibliográficas

[1] Yamaguchi, K. K. D. L., Pereira, L. F. R., Lamarão, C. V., Lima, E. S. & Da Veiga-Junior, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. *Food Chem.***179**, 137–151 (2015).

[2] IBGE, 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/en/2184-news-agency/news/16885-output-of-assai-berry-amounted-to-1-1-million-metric-tons-in-2016.html>>

[3] Lorenzi, H. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora (2006).

[4] Bicudo, M. O. P., Hoffmann, R., Beta, T. Anthocyanins, Phenolic Acids and Antioxidant Properties of Juçara Fruits (*Euterpe edulis* M.) Along the On-tree Ripening Process. *Plant Foods Hum. Nutr.***69**, 142-147 (2014).

[5] Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/projeto-quer-plantar-10-milhoes-de-palmeiras-jucara-no-rio-13996510> (2014).

[6] Borges, G. S. B., *et al.* Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. *Food Research Intern.***44**, 2128–2133 (2011).

[7] Wycoff, W. *et al.* Chemical and nutritional analysis of seeds from purple and white açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *J. Food Compos. Anal.***41**, 181–187 (2015).

## Projeto 10– Produção de Hidrogênio e Metano por Via Microbiana

### Introdução

O Brasil é um país de grande atividade agrícola e, portanto, um dos maiores geradores de resíduos agroindustriais do mundo. De forma geral, estes resíduos são compostos por matéria orgânica, que pode ser decomposta em hidrogênio ( $H_2$ ) e metano ( $CH_4$ ) a partir do processo de digestão anaeróbia [1,2]. Tanto  $H_2$  quanto  $CH_4$  são gases de grande interesse industrial e energético, atualmente produzidos por processos não renováveis. Tendo em vista a necessidade de substituição das fontes fósseis por fontes renováveis de energia, a produção de  $H_2$  e  $CH_4$  por via biológica e utilizando materiais residuais tem importância ambiental e energética. Este tipo de processo vem sendo desenvolvido no Laboratório de Biocatálise do INT e representa uma tecnologia promissora para geração de energia limpa e descentralizada. Microrganismos oriundos do lodo anaeróbio de estação de tratamento de esgoto são utilizados como inóculo neste bioprocessamento, que resulta na geração sequencial – e separada – de  $H_2$  e  $CH_4$ , levando à valorização de resíduos, à redução do impacto da agroindústria e à geração de energia limpa, localmente [3–5].

**Palavras Chaves:** hidrogênio, metano, lodo anaeróbio, resíduos agroindustriais.

### Objetivo Geral

Produção de  $H_2$  e  $CH_4$ , por microrganismos contidos em lodo anaeróbio de estação de tratamento de esgoto, utilizando diferentes matérias-primas residuais, tais como: fração C5 de materiais lignocelulósicos, glicerina, hidrolisado da semente de açaí e resíduos da indústria de óleo de palma.

### Objetivos Específicos

**Objetivo Específico 1:** Selecionar a matéria-prima;

**Objetivo Específico 2:** Produzir hidrogênio a partir da matéria-prima selecionada (produção direta de  $H_2$ );

**Objetivo Específico 3:** Produzir metano a partir da matéria-prima selecionada (produção direta de  $CH_4$ );

**Objetivo Específico 4:** Produzir hidrogênio e metano sequencialmente, partir da matéria-prima selecionada.

### Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Profissional graduado em química, engenharia química, engenharia de bioprocessos,	Fermentação, digestão anaeróbia	<b>Objetivo Específico 1:</b> Selecionar a matéria-prima;	PCI D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
1	Caracterização das matérias-primas.	Selecionar a matéria-prima;	Teor de carboidratos, teor de sólidos, demanda química de oxigênio.	Ter 3 matérias-primas caracterizadas
2	Ensaio de fermentação com diferentes diluições da matéria-prima	Selecionar a matéria-prima;	Consumo de DQO, volume de H <sub>2</sub> , produzido, rendimento de H <sub>2</sub> , composição do biogás gerado.	Atingir pelo menos 80% de consumo dos substratos iniciais.

### Cronograma de Atividades

Atividades		2024	
1	Caracterização da matéria-prima 1.	X	
	Caracterização da matéria-prima 2.		X

	Caracterização da matéria-prima 3.		X
2	Ensaio de fermentação com diferentes diluições da matéria-prima 1.	X	
	Ensaio de fermentação com diferentes diluições da matéria-prima 2.		X
	Ensaio de fermentação com diferentes diluições da matéria-prima 3.		X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Tabela de caracterização de matérias-primas	Selecionar a matéria-prima;	Teor de carboidratos, teor de sólidos, demanda química de oxigênio.	Ter 3 matérias-primas caracterizadas
Perfis de geração de biogás a partir de diferentes matérias-primas	Selecionar a matéria-prima;	Consumo de DQO, volume de H <sub>2</sub> , produzido, rendimento de H <sub>2</sub> , composição do biogás gerado.	Atingir pelo menos 80% de consumo dos substratos iniciais.

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2024		
Obtenção dos perfis de geração de H <sub>2</sub> , de consumo de substratos e de geração de	Selecionar a matéria-prima;	Teor de carboidratos, teor de sólidos e demanda química de oxigênio das diferentes matérias-primas.	x		

subprodutos a partir de diferentes matérias-primas.		Consumo de DQO, volume de H <sub>2</sub> , produzido, rendimento de H <sub>2</sub> , composição do biogás gerado no processo fermentativo.		X	x
---	--	--	--	---	---

### Referências Bibliográficas

- [1] Aathika S, Rawoof A, Kumar PS, Viet D, Sivanesan NV. Sequential production of hydrogen and methane by anaerobic digestion of organic wastes : a review. *Environ Chem Lett* 2020. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01122-6>.
- [2] Patel SKS, Das D, Kim SC, Cho BK, Kalia VC, Lee JK. Integrating strategies for sustainable conversion of waste biomass into dark-fermentative hydrogen and value-added products. *Renew Sustain Energy Rev* 2021;150:111491. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111491>.
- [3] Buback dos Santos S, de Oliveira Faber M, de Araujo Collaço AC, Erika EC, Denise DM, A.P. Langone M, et al. Sequential hydrogen and methane production using the residual biocatalyst of biodiesel synthesis as raw material. *Int J Hydrogen Energy* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.04.172>.
- [4] Tomasini M, Faber M de O, Ferreira-Leitão VS. Sequential production of hydrogen and methane using hemicellulose hydrolysate from diluted acid pretreatment of sugarcane straw. *Int J Hydrogen Energy* 2023;48:9971–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.11.276>.
- [5] Soares VL, Faber MDO, Monteiro AF, Cammarota MC, Ferreira-Leitão VS. Potential use of sisal juice as raw material for sequential biological production of hydrogen and methane. *Brazilian J Chem Eng* 2023. <https://doi.org/10.1007/s43153-023-00342-x>.



## **Projeto 11 – Otimização do processo de degradação de herbicidas triazínicos e seus derivados por microrganismos**

### **Introdução**

O Brasil é o país que mais consome agrotóxicos no mundo. Em 2021, 407.462,73 toneladas de herbicidas foram comercializados. Neste período, a atrazina foi o 5º herbicida mais comercializado no Brasil, sendo comercializado 37.298,57 toneladas [1].

Embora seu uso tenha sido banido em vários países do mundo, a atrazina (2-cloro-4-etilamina-6-isopropilamina-1,3,5-triazina) ainda é um dos herbicidas mais utilizados. Esse herbicida é utilizado no controle seletivo de ervas daninhas em períodos de pré e/ou pós-emergência, em culturas de relevância econômica como cana-de-açúcar, milho e sorgo, entre outras [2; 3].

As características físico-químicas da atrazina, assim como a presença de átomos de halogênio e de grupamentos alquil, tornam este composto recalcitrante e tóxico [4]. Além disso, estudos demonstram que essa molécula pode atuar como disruptor endócrino, carcinogênico, neurotóxico e hepatotóxico [5]. Portanto, a atrazina representa um risco ao meio ambiente e para saúde pública.

Em virtude dos efeitos deletérios ao meio ambiente e a saúde humana deste herbicida, o Ministério da Saúde, por meio da Portaria N° 2.914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, define, pelo Anexo VII, que a concentração máxima permitida de atrazina é de 2 µg/L.

Mesmo valores máximos permitidos estabelecidos, este herbicida e seus produtos de degradação são encontrados acima dos níveis tolerados em lençóis freáticos e águas superficiais [6; 7]. Isto ocorre porque os tratamentos convencionais de água são ineficientes na remoção da atrazina. Para auxiliar o processo de degradação deste poluente, alguns tratamentos físicos, químicos e biológicos adicionais têm sido utilizados como carvão ativado, membranas, ozonização, oxidação avançada, coagulação, entre outros [8]. Entretanto, esses métodos possuem um custo elevado e não são muito efetivos. Os

métodos físicos, por exemplo, promovem apenas a adsorção da atrazina, desta forma, a disposição final das fases sólidas continua sendo um problema ambiental [9].

Uma alternativa promissora é o tratamento biológico de água e efluentes contaminados por herbicidas. Este tipo de tratamento apresenta como principais vantagens a possibilidade de tratar grandes volumes de água e de efluente a baixo custo, além disso, os micro-organismos utilizados no tratamento podem promover mineralização do poluente, gerando como produto de degradação íons inorgânicos, dióxido de carbono, água, biomassa microbiana e energia [9; 10].

A utilização de bactérias para a degradação de herbicidas triazínicos já são bem estudadas e caracterizadas, principalmente as linhagens de *Pseudomonas* sp. ADP, consideradas referência nos estudos das rotas metabólicas do processo de degradação [10]. Fungos filamentosos também são bastante estudados para a degradação de substâncias recalcitrantes, apresentando excelentes resultados [5; 10]. Mesmo com excelentes taxas de degradação obtidas durante o processo de biodegradação por fungos filamentosos, o tempo total do processo aparece como a principal desvantagem, devido ao lento crescimento desses micro-organismos. Uma alternativa, ainda pouco abordada, para a degradação de herbicidas triazínicos é a utilização de leveduras. Esses micro-organismos possuem crescimento mais acelerado quando comparados aos fungos filamentosos, além da capacidade de se adaptar e crescer em condições adversas, como as encontradas em estações de tratamento de água e efluentes [11].

*Yarrowia lipolytica* é uma levedura não convencional, estritamente aeróbia, dimórfica e não patogênica, conhecida pela habilidade de metabolizar eficientemente triglicerídeos e ácidos graxos como fonte de carbono. Possui um grande potencial biotecnológico devido a sua capacidade de produzir diversos tipos de metabólitos, tais como biossurfactantes, ácido cítrico, aromas e lipídio intracelular e lipase. Além disso, é capaz de assimilar uma variedade de substratos, tais como açúcares, alcanos, óleos vegetais, hidrolisados de amido, etanol e glicerol [12]. É um micro-organismo considerado GRAS

(*Generally Regarded as safe*), pela *American Food and Drug Administration* (FDA) [13].

Devido a sua habilidade em degradar hidrocarbonetos alifáticos, ácidos graxos, óleos e até compostos aromáticos, essa levedura é um potencial agente de biorremediação, especialmente em ambientes contaminados com resíduos de óleos mineral e vegetal [14]. Linhagens de *Y. lipolytica* são capazes de manter estabilidade metabólica mesmo quando submetidas a perturbações ambientais como oscilação de pH [15], muitas também são tolerantes a condições de alta salinidade, reflexo de sua frequente incidência em ambientes marinhos e estuarinos [16; 17].

A cepa que será utilizada neste projeto, *Y. lipolytica* IMUFRJ 50682, foi isolado em um estuário da Baía de Guanabara [18], possui comprovada capacidade de degradação de hidrocarbonetos de petróleo [19] e alta adesão a substratos e diferentes superfícies de caráter hidrofóbico [20; 21]. Além de ser uma levedura, o que já confere vantagem em relação ao tempo de crescimento e metabolização de compostos contaminantes, a literatura vem demonstrando que *Y. lipolytica* possui uma considerável robustez para a aplicação em processos de biorremediação. Diante do que foi exposto, este projeto tem como objetivo promover e otimizar a biodegradação da atrazina por *Y. lipolytica* IMUFRJ 50682.

**Palavras Chaves:** Atrazina, biodegradação, *Yarrowia lipolytica*

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral deste projeto consiste no desenvolvimento de processo de biodegradação do herbicida atrazina por *Yarrowia lipolytica*.

**Objetivo Específico 1:** avaliar os produtos de degradação da atrazina por LC-MS

**Objetivo Específico 2:** otimizar a composição do meio de cultivo utilizado no processo de degradação da atrazina;

**Objetivo Específico 3:** avaliar a reutilização da biomassa de *Y. lipolytica* para a degradação de atrazina;

**Objetivo Específico 4:** realizar ensaios de biodegradação com a biomassa inativada;

**Objetivo Específico 5:** realizar ensaios de degradação em biorreator de bancada;

**Objetivo Específico 6:** contribuir na formação de recursos humanos através da orientação de alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado;

**Objetivo Específico 7:** elaborar relatórios técnicos e apresentar trabalhos em congressos;

### Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química, Química, Ciências Biológicas, Biotecnologia, Bioprocessos / Doutorado	Biocatálise, Bioquímica, Biotecnologia, Bioprocessos e áreas afins	1-5	D-B	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Biocatálise (LABIC) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Viridiana Santana Ferreira-Leitão.

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas
				2024
1	Identificar quais os produtos de degradação da atrazina são formados durante o processo de degradação. Com esse ensaio é possível sugerir a via metabólica de degradação	1	Produtos de degradação	Correlacionar produtos e vias metabólicas possíveis
2	Avaliar a composição do meio de cultivo para tornar o mesmo menos custoso para o projeto	2	Composição de meio de cultivo mais adequado para a degradação da atrazina	Composição otimizada do meio
3	Avaliar a possibilidade de reuso da biomassa	3	Efeito do reuso da biomassa	Entendimento do sistema de reuso
4	Avaliar se a atrazina foi degradada pela ação dos metabólitos produzidas por <i>Y. lipolytica</i> ou se foi somente adsorvida às células do micro-organismo	4	Percentual de degradação ou adsorção	Finalizar as análises
5	Aumentar a escala do processo de degradação	5	Desenvolvimento de metodologia eficiente para degradar mais de 90% de herbicidas do meio de cultura	Aumento de escala em sistema otimizado

### Cronograma de Atividades

Atividades	2023	
	1	2
Atividade 1	X	
Atividade 2	X	X
Atividade 3	X	X
Atividade 4		X
Atividade 5		X
Atividade 6	X	X
Atividade 7	X	X

## Produtos

**Produto 1:** desenvolvimento de uma metodologia de análise dos produtos de degradação por LC-MS;

**Produto 2:** definição da composição mais adequada de um meio de cultivo para degradar mais de 90% da atrazina;

**Produto 3:** aumento de escala do processo de biodegradação;

**Produto 4:** formação de alunos de graduação e pós-graduação;

**Produto 5:** redação de relatórios;

**Produto 6:** publicação de artigos científicos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 1	1	Identificação dos produtos de degradação	1
Produto 2	2	Degradação de atrazina superior a 90%	1
Produto 3	3-5	Degradação de atrazina superior a 90%	1
Produto 4	6	Trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses	1
Produto 5	7	Relatórios	1
Produto 6	7	Artigos científicos	1

## Resultados Esperados

**Resultado 1:** Obtenção de metodologia para identificação dos produtos de degradação por LC-MS;

**Resultado 2:** Obtenção de um meio de cultivo com nutrientes suficientes para promover mais de 90% de degradação da atrazina;

**Resultado 3:** Aumentar a escala do processo de biodegradação;

**Resultado 4:** Formação de alunos de graduação, mestrado e doutorado;

**Resultado 5:** Redação de relatórios;

**Resultado 6:** Publicação de artigos científicos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resultado 1	1	Identificação dos produtos de degradação	Produtos identificados
Resultado 2	2	Degradação de atrazina superior a 90%	Processo otimizado em meio de baixo custo
Resultado 3	3-5	Degradação de atrazina superior a 90%	Aumento de escala do processo otimizado em meio de baixo custo
Resultado 4	6	Formação de alunos	Treinamento de ICs e ITs
Resultado 5	7	Relatórios	Resultados consolidados em documento
Resultado 6	7	Artigos	Artigo publicado em IF acima de 3

### Referências Bibliográficas

- [1] IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/index.php?tipo=portal>. Acesso: Maio de 2023.
- [2] Gunasekara, A. S; Troiano, J; Goh, K. S; Tjeerdema, R. S. Chemistry and Fate of Simazine. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 189, p. 1-23, 2007.
- [3] Pereira, A.R.B; Pereira, P.M; França, A.S.; Silva, M; Ferreira-Leitão, V.S. Propazine degradation by intra- and extracelular enzymes from *Pleurotus ostreatus* INCQS 40310. *Biocatalysis and Biotransformation*, v. 34, p. 66-75, 2016.
- [4] Wackett, L.P; Sadowsky, M.J; Martinez, B; Shapir, N. Biodegradation of atrazine and related s-triazine compounds: from enzymes to field studies. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 45, p. 58-39, 2002.
- [5] Lopes, R. O; Pereira, P. M; Pereira, A. R. B; Fernandes, K. V; Carvalho, J. F; França, A. S. F; Valente, R. H; Silva, M; Ferreira-Leitão, V. S.

- Atrazine, desethylatrazine (DEA) and desisopropylatrazine (DIA) degradation by *Pleurotus ostreatus* INCQS 40310. *Biocatalysis and Biotransformation*, 2020.
- [6] Cerejeira, M. J.; Viana, P.; Batista, S.; Pereira, T.; Silva, E.; Valério, M. J.; A. Silva, M. Ferreira; Silva-Fernandes, A. M. Pesticides in Portuguese surface and groundwaters. *Water Research*, v. 37, n. 5, p. 1055-1063, 2003.
- [7] Barizon, R. R. M; Figueiredo, R. O; Dutra, D. R. C. S; Rgenato J. B; Ferracini, V. L. Pesticides in the surface Waters of the Camanducaia River watershed, Brazil. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 2019.
- [8] Menezes, C.T.; Heller, L. Proposta de metodologia para priorização de sistemas de abastecimento de água para a vigilância da presença de agrotóxico. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.
- [9] Novaes, A.R.B; Silva, M; Ferreira-Leitão, V.S. Atrazina: impactos ambientais, aspectos econômicos e tendências nos processos de remediação. *Revista de Química Industrial*, 2017.
- [10] He, H; Liu, Y; You, S; Liu, J; Xiao, H; Tu, Z. A Review on Recent Treatment Technology for Herbicide Atrazine in Contaminated Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019.
- [11] Gavrelescu, M. Fate of Pesticides in the Environment and its Bioremediation. *Pesticides in the Environment*, v. 5, 2005.
- [12] Coelho, M.A.Z.; Amaral, P.F.F.; Belo, I. *Yarrowia lipolytica*: an industrial workhorse. In: MÉNDEZ-VILLAS, A. (Org.). *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. 1 ed. Badajoz: Formatex, p. 930–944. 2010.
- [13] Tsugawa, R.; Nakase, T.; Koyabashi, T.; Yamashita, K. e Okumura, S. Fermentation of n-parafins by yeast. Part III. K-Ketoglutarate productivity of various yeast. *Agricultural of Biology and Chemistry*, v. 33, p. 929 - 938, 1969.
- [14] Gonçalves, F. A. G.; Colen, G.; Takahashi, J. A. *Yarrowia lipolytica* and Its Multiple Applications in the Biotechnological Industry, 2014.
- [15] Timoumi, A. Cléret, M; Bideaux, C; Guillouet, S.E., Allouche, Y., Molina-Jouve, C., Fillaudeau, L., Gorret, N. Dynamic behavior of *Yarrowia lipolytica* in response to pH perturbations: dependence of the stress response on the culture mode. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 101, no 1, p. 351–366, 2017.
- [16] Andreishcheva, E. N. Isakova, E.P., Sidorov, N.N., Abramova, N.B., Ushakova, N.A., Shaposhnikov, G.L., Soares, M.I., Zvyagilskaya, R.A. Adaptation to salt stress in a salt-tolerant strain of the yeast *Yarrowia lipolytica*. *Biochemistry*, v. 64, no 9, p. 1061–1067, 1999.
- [17] Zinjarde, S. et al. *Yarrowia lipolytica* and pollutants: Interactions and applications. *Biotechnology Advances*, [s.l.], v. 32, no 5, p. 920–933, 2014.
- [18] Hagler, A.N.; Mendonça-Hagler, L. C. Yeasts from Marine and Estuarine Waters with Different Levels of Pollution in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 41, p. 173–178, 1981.



- [19] Martins, F. F; Ferreira, T. F; Azevedo, D. A; Coelho, M. A, Z. Evaluation of Crude Oil Degradation by *Yarrowia lipolytica*. *Chemical Engineering Transactions*, v. 27, p. 223-228, 2012.
- [20] Amaral, P.F.F.; Lehocky, M. Cell surface characterization of *Yarrowia lipolytica*. [s.l.], p. 867–877, 2006.
- [21] Botelho, A., Penha, A., Fraga, J., Barros-Timmons, A., Coelho, M.A., Lehocky, M., Stepánková, K., Amaral, P *Yarrowia lipolytica* adhesion an dimmobilization onto residual plastics. *Polymers*, v. 12, no 3, p. 1–11, 2020.

## Projeto 12: Desenvolvimento de sistemas baseados em programação matemática para otimizar o uso dos recursos produtivos na indústria

### Introdução

A Pesquisa Operacional (PO) é um ramo interdisciplinar da matemática aplicada que faz uso de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos na ajuda à tomada de decisão. Em particular, modelos matemáticos têm sido desenvolvidos para apoiar o planejamento da produção, em diferentes contextos industriais, otimizando o uso dos recursos de produção (Hans et al., 2007; Zorzini et al., 2008, Diaz-Madroñero et al., 2014). Uma experiência piloto do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) nesse assunto se deu através da tese de doutorado intitulada *Tactical capacity planning in an ETO production setting using optimization models: a real-world industrial context* (Carvalho, 2015), em que um modelo matemático foi desenvolvido para apoiar o planejamento da capacidade produtiva de uma fábrica de caldeiras.

Atualmente, a disciplina de PO integra o chamado Business Analytics (BA) (i.e., o uso extensivo de dados, análises quantitativas, modelos explicativos e preditivos para direcionar decisões e ações), uma área do conhecimento que vem ganhando a atenção das organizações interessadas em usar seus dados para criar valor em seus negócios (Hindle e Vidgen, 2017). Com o crescimento do Big Data e a quantidade de dados cada vez maior à disposição de empresas, ferramentas que tragam *insights* desta imensidão de dados e que apoiem a tomada de decisão são cada vez mais necessárias. No mundo corporativo, existem oportunidades inexploradas para fazer uso de dados para melhorar a qualidade e a velocidade das decisões, alinhar os recursos às estratégias, reduzir custos, gerenciar riscos e aumentar a receita, promovendo a melhoria das condições da Sociedade.

Para integrar a experiência piloto (da referida tese de doutorado) a esse novo paradigma de BA, a proponente do projeto proposto passou 1 mês na Universidade Aalto (Finlândia), em agosto/setembro 2018, como pesquisadora visitante. O objetivo da visita foi explorar técnicas de programação matemática para lidar com a crescente disponibilidade e variabilidade (i.e., incertezas) de dados dentro de contextos industriais para aprimorar a tomada de decisão. Uma premissa forte associada ao uso da programação matemática clássica é que todos os dados de entrada devem ser conhecidos antes que o processo decisório ocorra. No entanto, em problemas reais, os dados raramente são conhecidos com certeza. Nesse contexto, é possível incorporar a descrição da aleatoriedade dentro da formulação dos modelos matemáticos, através de técnicas conhecidas dentro da área de otimização sob incerteza.

Nesse sentido, o presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de sistemas, baseados em modelos de programação matemática, a partir de técnicas de otimização sob incerteza, para aprimorar os processos decisórios na indústria, dentro do paradigma do BA. Num primeiro momento, planeja-se estudar e desenvolver sistemas protótipo, baseados em estudos de caso, para compor uma "vitrine" que servirá para (i) a capacitação da equipe do INT, (ii) para a divulgação desse trabalho fomentando projetos de inovação junto a indústria e junto a pesquisadores de outras instituições. Num segundo momento, pretende-se realizar um projeto piloto num contexto real de

produção, tomando como base a metodologia do Business Analytics Methodology, apresentada em Hindle e Vidgen (2017). Nesse processo, planeja-se formular um modelo de programação matemática (modelo determinístico) para um problema de planejamento relevante dentro dessa empresa. Em seguida, pretende-se mapear e analisar os dados (dentro do paradigma do BA) e modelar as incertezas relevantes para esse problema e incorporá-las ao modelo determinístico, criando-se assim um modelo estocástico (i.e., modelo de otimização sob incerteza).

Por fim, considerando que o BA tem potencial de aplicação para tratar de problemas reais na indústria, acredita-se que o desenvolvimento da competência em PO por pesquisadores do INT seja uma oportunidade para enriquecer as possibilidades de trabalhos de Engenharia de Produção do Instituto junto a indústria. Essa iniciativa está alinhada ao foco de atuação da Divisão de Engenharia de Avaliações e de Produção do INT que desenvolve tecnologias voltadas para a melhoria da produtividade e da qualidade nas empresas.

**Palavras-chave:** Pesquisa operacional, Programação linear, Otimização sob incerteza, Gestão de Operações

### Objetivo Geral

Desenvolver sistemas, baseados em modelos de programação matemática, a partir de técnicas de otimização sob incerteza, dentro do paradigma do BA, para aprimorar os processos decisórios na indústria e promover a melhoria das condições da Sociedade.

**Objetivo Específico 1:** Criar sistemas protótipo, baseados em programação matemática, para compor uma "vitrine" que servirá tanto para a capacitação da equipe como para a divulgação desse trabalho junto a indústria e junto a outros pesquisadores.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolver um modelo de otimização sob incerteza para apoiar o processo decisório num contexto real de produção.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Engenharias ou Cursos ou Áreas de Conhecimento Afins/ Graduado	Pesquisa Operacional	1	DD	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Estruturar e formular um modelo de otimização para um <b>problema real</b> de produção	2	Relatório técnico	1
Mapear e analisar os dados desse <b>problema real</b>	2	Relatório técnico	1
Modelar as incertezas relevantes para <b>problema real</b>	2	Relatório técnico	1
Implementar o modelo de otimização para esse <b>problema real</b>	2	Protótipo baseado em problema real	1
Prescrever ações para o <b>problema real</b> de produção	2	Relatório técnico	1
Redigir artigo 2 para submissão em revistas científicas	1,2	Artigo submetido a revista científica	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Estruturar e formular um modelo de otimização para um <b>problema real</b> de produção	X	
Mapear e analisar os dados desse <b>problema real</b>	X	
Modelar as incertezas relevantes para <b>problema real</b>	X	
Implementar o modelo de otimização para esse <b>problema real</b>	X	X
Prescrever ações para o <b>problema real</b> de produção		X
Redigir artigo 2 para submissão em revistas científicas	X	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Artigo redigido e submetido a revista científica	1,2	Comprovação da submissão do artigo	1
Protótipo baseado em problema real	2	No. sistemas protótipo	1

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Formação de pessoal em modelagem matemática, otimização sob incerteza, no uso de ferramentas de programação matemática	1,2	Projetos apresentados em eventos relacionados aos temas estudados neste projeto	1
Disseminação do conhecimento acumulado em revistas científicas	1,2	No. Publicações	1
Estabelecimento de parceria com empresa para o projeto piloto	2	No. parcerias estabelecidas	1

## Referências

Carvalho, Andréa Regina Nunes. Tactical capacity planning in an ETO production setting using optimization models: A real-world industrial context. Rio de Janeiro, 2015. 117p. D.Sc. Thesis – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Díaz-Madroño, M., Mula, J., Peidro, D., 2014. A review of discrete-time optimization models for tactical production planning. *International Journal of Production Research*, 52(17), 5171-5205.

Hans, E.W., Herroelen, W., Leus, R., Wullink, G., 2007. A hierarchical approach to multi-project planning under uncertainty. *Omega*, 35, 563–577.

Hindle, G., Vidgen, R., 2018. Developing a business analytics methodology: A case study in the foodbank sector. *European Journal of Operational Research*, 268(3).

Zorzini, M., Corti, D., Pozzetti, A., 2008. Due date (DD) quotation and capacity planning in make-to order companies: Results from an empirical analysis. *International Journal of Production Economics*, 112, 919-933.

## **Projeto 13-Desenvolvimento de betumes sintéticos, e outros produtos, a partir de termoplásticos e óleos industriais, pós-consumidos**

### **Introdução**

O craqueamento catalítico do petróleo produz como produto final, uma borra extremamente viscosa denominada betume. Esta borra é destinada à indústria da construção civil, que a utiliza principalmente como elemento aglutinante de sólidos minerais na preparação do cimento asfáltico de pavimentação (CAP). As características do petróleo do qual o betume é oriundo, fornece a esse material, características e propriedades únicas, principalmente no que se refere ao seu comportamento diante da variação de temperatura ambiente. A diversidade de comportamento, porém, resulta em dificuldade de sua utilização em virtude unicidade desses betumes.

Na tentativa de contornar os problemas adversos apresentados pelos betumes, vem sendo desenvolvido em laboratórios, um material aglutinante, os chamados binders ou betumes sintéticos, para a finalidade descrita, com características e propriedades semelhantes aos dos betumes. Esses materiais apresentam como vantagem a possibilidade de controle das propriedades desejadas, obtidas pelo uso matérias-primas com características escolhidas, que tendem a fornecer um produto com as características requeridas pelo uso. Além disso, é possível produzi-los a partir de matérias-primas oriundas do resíduo sólido pós-consumido, urbano ou industrial, descartado muitas vezes inadequadamente no meio ambiente. Igualmente, é possível minimizar pelo menos dois problemas, através do desenvolvimento não só de binders sintéticos, mas de todo um espectro de produtos originado dessas misturas.

**Palavras-chaves: Binders; Cimento asfáltico; Betume**

### **Objetivo Geral**

Desenvolver e caracterizar novos materiais (binders e graxas sintéticas entre outros produtos) a partir da mistura de termoplásticos, óleos industriais e ligantes poliméricos, pós-consumidos.

**Objetivo específico 1** - Desenvolver binders, graxas sintéticas entre outros produtos, a partir de misturas de polímeros termoplásticos tais como, polietileno, polipropileno, poliestireno e outros, com óleos industriais tais como os automotivos, acrescidos ou não de um terceiro componente polimérico.

**Objetivo específico 2** - Caracterizar química, física e fisioquimicamente os produtos desenvolvidos.

**Objetivo específico 3** - Avaliar térmica e termoreologicamente as propriedades dos produtos desenvolvidos.

### Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química Industrial ou Eng. Química Mestrado (Stricto Senso) em C&T de Polímeros	Química/ Tecnologia de Polímeros e/ou Química Orgânica	1, 2 e 3	D-C	08	1

## Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Pesquisa bibliográfica – Levantamento do Estado da arte sobre betumes e binders; das metodologias para caracterização química e físico-química dos termoplásticos e óleos industriais, e metodologias de obtenção dos binders.	1, 2 e 3	Journal de Dados (JD)	1 - Levantamento das últimas informações e dados sobre a produção de binders  2 – Obter as informações relevantes para a caracterização da matéria-prima
Aquisição dos termoplásticos e óleos industriais a serem usados nas preparações dos binders. Caracterizações químicas e físico-químicas baseadas nas metodologias obtidas na literatura.	1, 2 e 3	JD e Relatório Atividades Técnicas Intermediárias (RAT-I)	1 – Obter matéria-prima 2 – Caracterizar matéria-prima
Produção dos binders	1	JD e RAT-I	1 – Obter o(s) protótipos de binders
Caracterização química, física e físico-química dos binders	2	JD e Relatório de Atividades – Parcial (RAT-P)	1 – Caracterizar parcialmente os produtos





Aquisição dos termoplásticos e óleos industriais a serem usados nas preparações dos binders. Caracterizações químicas e físico-químicas baseadas nas metodologias obtidas na literatura	X	X	-	-	-	-	-	-
Produção dos binders seguindo os procedimentos experimentais elaborados	-	X	X	-	-	-	-	-
Discussão de resultados parciais obtidos nas caracterizações dos termoplásticos, óleos industriais e produção dos binders	-	-	-	X	X	-	-	-
Caracterização química, física e físico-química dos binders obtidos nas reações	-	-	-	X	X	X	-	-
Caracterização térmica e termorreológica dos binders obtidos nas reações	-	-	-	X	X	X	X	-
Discussão de resultados totais Correlação entre resultados parciais e finais	-	-	-	-	-	X	X	X
Participação em eventos científicos	-	-	-	X	X	-	-	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
JD	1, 2 e 3	Nº de JD	4
RAT	1, 2 e 3	Nº de RAT (P e F)	2R + 1 F
Artigos Científicos	1, 2 e 3	Nº de Artigos	1
Resumos para Congressos	1, 2 e 3	Nº de Resumos	2

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atualização da literatura sobre o assunto, através da pesquisa bibliográfica	1, 2 e 3	JD	Atualização bibliográfica do assunto
Seleção das melhores matérias primas para cada produto desenvolvido	1	JD e RAT-I	Produzir protótipos de binders
Metodologias desenvolvidas e validadas para cada produto desenvolvido	1	JD, RAT-I e publicação de artigos científicos e aceite de resumos em congressos	Obter protótipos caracterizados
Divulgação de resultados	1, 2 e 3	Publicação de artigos científicos, aceite de resumos em congressos, participação em eventos científicos, pedidos de concessões	Atender a todos os indicadores propostos nesta fase do projeto
Aprimoramento profissional do bolsista	1, 2 e 3	Apresentações orais em JD e congressos, aprimoramento da escrita através da redação de resumos, artigos e patentes	Apresentar os primeiros binders produzidos, devidamente caracterizados

## Referências Bibliográficas

[1] Souza, R. S., Visconte, L. L. Y., Silva, A. L. N. and Costa, V. G.; Thermal and Rheological Formulation and Evaluation of Synthetic Bitumen from Reprocessed Polypropylene and Oil. International Journal of Polymer Science 2018, <https://doi.org/10.1155/2018/7940857>

[2] Souza, R. S., Visconte, L. L. Y. and Costa, V. G.; Avaliação térmica de Betumes sintéticos formulados a partir de Polipropileno e óleo parafínicos pós-consumidos. Anais do XI Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria, Rio de Janeiro, abr 2018

[3] Souza, R. S., Visconte, L. L. Y. and Costa, V. G.; Avaliação Reológica Binders Poliméricos Formulados A Partir De Óleo E Polipropileno Pós-Consumidos. Anais do IV Congresso Brasileiro de Reologia, Rio de Janeiro, abr 2017

## **Projeto 14 - Desenvolvimento de formulações farmacêuticas baseadas em HME**

### **Introdução**

A técnica Hot Melt Extrusion (HME) ou extrusão a quente de medicamentos se apresenta como o novo paradigma no desenvolvimento farmacêutico por permitir a viabilidade de diversos ingredientes farmacêuticos ativos com baixa solubilidade, ou seja, que possuem baixa biodisponibilidade.

Desde 2008, o INT vem atuando para desenvolver a técnica do processo HME no Brasil. Ao longo desta história de pesquisa, algumas questões foram observadas no que tange ao desenvolvimento de formulações de extrusados farmacêuticos, dentre as quais, podem ser citadas: análise reológica das misturas, estudos de fases amorfas e ordenação de segmentação das roscas da extrusora.

Portanto, pretende-se com este projeto otimizar o protocolo do estudo reológico até então desenvolvido para que ele fique mais preciso e rápido; além de sua validação em outros polímeros e sistemas de mistura diversos.

Serão estudadas otimizações nas formulações de Ritonavir, Praziquantel e Artesunato+Melfoquina, que atualmente se encontram em processo de desenvolvimento.

Além disso, se pretende criar um protocolo para a utilização da técnica de microscopia de força atômica (AFM), que tem sido reconhecida como uma técnica essencial para a caracterização de dispersões sólidas, para analisar os extrusados gerados.

### **Importância dos resultados para o Instituto de Pesquisa/Organização Social:**

Esse projeto é de grande importância para o INT, pois lida com doenças de interesse do governo federal e de extrema importância para a população, inclusive crianças, que sofre com a falta de tratamento adequado ou com a oferta limitada de medicamentos devido ao grande custo que esses representam ao Estado. Assim, esse projeto pode fazer do INT uma instituição de destaque também na área da saúde, o que atrai investimentos e, principalmente, o interesse de mão de obra qualificada, o que só contribui para o crescimento do instituto.

### **Relevância do projeto para Sociedade:**

O projeto lida com doenças negligenciadas, ou seja, doenças que não despertam interesse nas grandes indústrias farmacêuticas pelo fato de não possuírem um grande retorno financeiro. Por isso, a população sofre com a ausência de tratamento adequado, inclusive crianças, que são as mais frágeis e que mais carecem de tratamento orientado.

Além disso, o projeto também lida com medicamentos estratégicos no tratamento do vírus HIV, o que pode ofertar para a população uma maior oferta de medicamentos de qualidade no futuro.

### **Objetivo Geral**

O presente projeto tem como objetivo geral o desenvolver de medicamentos à base de formulações farmacêuticas utilizando a tecnologia HME para os fármacos Ritonavir, Praziquantel e associação Artesunato+Mefloquina respectivamente.

### **Objetivo Específico 1:** Executar testes reológicos e teor para:

- Misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

### **Objetivo Específico 2:** Executar a extrusão e caracterização física em DRX, MEV, DSC

e AFM dos extrusados das seguintes misturas:

- Misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

### **Objetivo Específico 3:** Executar moagem, misturas com excipientes, compressão e

ensaios de perfil de dissolução e teor dos seguintes extrusados:

- Extrusado das misturas físicas de Ritonavir com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Extrusado das misturas físicas de Praziquantel com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.
- Extrusado das misturas físicas de Artesunato+Mefloquina com polímeros hidrossolúveis, plastificantes e excipientes.

### **Objetivo Específico 4:** Estudar a estabilidade e o estudo de produto de degradação das melhores formulações.

### **Objetivo Específico 5:** Estudar o escalamento das melhores formulações.

### Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica /Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
<b>Eng. de materiais, Eng. Química, Eng. Produção, Química Industrial, farmacêutico</b>	<b>Desejável área de polímeros ou tecnologias farmacêuticas</b>	<b>3, 4 e 5</b>	<b>DD</b>	<b>12</b>	<b>1</b>

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Executar moagem, misturas com excipientes, compressão e ensaios de perfil de dissolução e teor dos seguintes extrusados	3	Relatórios	1 relatório
Estudar a estabilidade e o estudo de produto de degradação das melhores formulações.	4	Relatórios e artigos	1 relatório e 1 artigo
Estudar o escalamento das melhores formulações	5	Relatórios e artigos	2 relatórios e 1 artigo

### Cronograma de Atividades

**Atividade 4:** Avaliar perfil de dissolução de extrusados vs comprimidos, teor de comprimidos, estabilidade e produto de degradação das melhores formulações determinadas.

**Atividade 5:** Estudar o escalamento de todo o processo de obtenção das melhores formulações dentre os fármacos estudados

**Atividade 6:** Dossiê de desenvolvimento de formulação

Atividades		2024	
3	Avaliar perfil de dissolução de extrusados vs comprimidos, teor de comprimidos, estabilidade e produto de degradação das melhores formulações determinadas.		
5	Estudar o escalamento de todo o processo de obtenção das melhores formulações dentre os fármacos estudados		
6	Dossiê de desenvolvimento de formulação		

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Relatório dos testes reológicos e de extrusão	3	Número de relatórios	1 relatório
Relatório parcial das formulações	4 e 5	Número de relatórios	1 relatório
Artigos Técnico-científicos	3, 4 e 5	Número de artigos	1 artigo

## Resultados Esperados

1 – Formulação de comprimido da associação Artesunato+Mefloquina

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1	3, 4 e 5	Número de relatórios	3 relatórios



## Projeto 15: Desenvolvimento de Biomateriais Metálicos e Cerâmicos para Aplicações em Implantes Cirúrgicos

### Introdução

Os biomateriais para saúde impactam no sistema de saúde pública e na balança comercial de muitos países, porque são em sua grande maioria importados de países como Estados Unidos, Europa e Japão. O monopólio sobre a pesquisa, desenvolvimento, produção e comercialização impõe elevados preços que superam o custo real de desenvolvimento e produção, restringindo o seu uso em alguns hospitais. Devido a isto, se faz necessário ampliar a produção destes produtos com qualidade e preços competitivos, para garantir a melhora da qualidade de vida da população brasileira.

A inovação e os benefícios esperados em nível mundial no desenvolvimento dos biomateriais com total segurança aumentarão os preços de venda desses materiais no mercado internacional, dificultando ainda mais sua aquisição em países como o Brasil. Assim, se propõe um estudo na solução do problema mediante o desenvolvimento local de novos produtos, que satisfaçam em certa medida a demanda de materiais para a substituição óssea e engenharia tecidual, aproveitando o potencial técnico-científico existente no Instituto Nacional de Tecnologia.

Este projeto pretende contribuir não só para o conhecimento e desenvolvimento destes materiais no Brasil, mas também para tornar o país autossuficiente nesta área e promover a utilização massiva dos novos materiais no sistema de saúde pública a partir do desenvolvimento de produtos relacionados com biomateriais metálicos e cerâmicos, com potencial para matrizes para Engenharia Tecidual, Regeneração Óssea e Próteses.

Abaixo estão relacionadas as linhas de pesquisas em andamento no Laboratório de Tecnologia de Pós da Divisão de Processamento e Caracterização de Materiais do Instituto Nacional de Tecnologia na área de biomateriais metálicos e cerâmicos:

- 1- Desenvolvimento de tratamentos de superfícies de titânio e liga titânio-nióbio para aplicações biomédicas [1,2].
- 2- Síntese, processamento e caracterização de biocerâmicas para regeneração óssea [3].

**Palavras-chave:** materiais metálicos, materiais cerâmicos, biomateriais, implantes cirúrgicos

### Objetivo Geral

O presente projeto tem como objetivo desenvolver produtos à base de materiais metálicos (por exemplo, titânio, ligas de titânio-nióbio, ligas de titânio-tântalo, compósitos metálicos, etc.) e cerâmicos (por exemplo, hidroxiapatita, fosfato tricálcico, zircônia, alumina, compósitos poliméricos com biocerâmicas, etc.), sem e com porosidade controlada, para aplicações médicas-

odontológicas. Além disso, propõe-se também desenvolver técnicas de modificação de superfícies metálicas por meio de tratamentos químicos ou deposição de revestimentos biocompatíveis à base de biocerâmicas ou compósitos poliméricos com biocerâmicas, com a finalidade de melhorar as características de biocompatibilidade de implantes metálicos.

**Objetivo Específico 1:** Processar e caracterizar amostras metálicas (por exemplo, titânio, ligas de titânio-nióbio, ligas de titânio-tântalo, compósitos metálicos, etc.) com diferentes níveis de porosidade por meio da metalurgia do pó ou tecnologias de manufatura aditiva, uma vez que a macro, micro e nanoporosidade pode influenciar positivamente na adesão e proliferação celular, favorecendo a osseointegração.

**Objetivo Específico 2:** Modificar e caracterizar a superfície de amostras metálicas com diferentes níveis de porosidade, por meio de tratamentos químicos ou deposição de revestimentos biocompatíveis à base de biocerâmicas ou compósitos poliméricos com biocerâmicas, com a finalidade de melhorar as características de biocompatibilidade, bioatividade, resistência à corrosão e potencial osteogênico de implantes metálicos.

**Objetivo Específico 3:** Sintetizar, processar e caracterizar biocerâmicas com diferentes níveis de porosidade por meio de diferentes rotas de síntese (por exemplo, método sol-gel, precipitação por via úmida, entre outros) e processamento (por exemplo, prensagem, extrusão, etc.), tão bem como compósitos poliméricos com biocerâmicas (por exemplo, compósito alginato/hidroxiapatita), ampliando assim o campo de aplicação das biocerâmicas, uma vez que materiais com propriedades diversificadas podem ser alcançados.

### Modalidade de Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Engenharia Química, Engenharia de Materiais, Química, Física ou Nanotecnologia/Doutorado	Ciência e Tecnologia de Materiais	1, 2 e 3	D-A	60	2

### Atividades de Execução

As atividades técnico-científicas da pesquisa serão realizadas no Laboratório de Tecnologia de Pós (LATEP) da Divisão de Materiais (DIMAT), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão do pesquisador Alexandre Antunes Ribeiro.

**Atividade 1:** Elaborar protocolos experimentais em escala laboratorial para processamento e caracterização de compósitos poliméricos com biocerâmicas.

**Atividade 2:** Processar amostras e/ou revestimentos de compósitos poliméricos com biocerâmicas por meio de diferentes rotas de processamento.

**Atividade 3:** Caracterizar física e quimicamente amostras e/ou revestimentos de compósitos poliméricos com biocerâmicas.

**Atividade 4:** Avaliar as propriedades físico-químicas de amostras e/ou revestimentos de compósitos poliméricos com biocerâmicas.

**Atividade 5:** Participar e apresentar trabalhos em congressos nacionais e/ou internacionais.

**Atividade 6:** Elaborar artigos técnico-científicos para publicação em revistas indexadas.

**Atividade 7:** Elaborar pedidos de depósito de patentes.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 1	3	Número de protocolos experimentais	2
Atividade 2	3	Número de amostras	10
Atividade 3	3	Número de amostras	10
Atividade 4	3	Relatório técnico	1
Atividade 5	1, 2 e 3	Número de trabalhos apresentados em congressos	1
Atividade 6	1, 2 e 3	Números de trabalhos submetidos para revistas indexadas	1
Atividade 7	1, 2 e 3	Nº de pedidos de patentes submetidos	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Atividade 1	X	
Atividade 2	X	
Atividade 3	X	
Atividade 4		X
Atividade 5		X

Atividade 6		X
Atividade 7		X

## Produtos

**Produto 1:** Protocolos experimentais em escala laboratorial.

**Produto 2:** Avaliação das propriedades físico-químicas de amostras e/ou revestimentos de compósitos poliméricos com biocerâmicas.

**Produto 3:** Participação e apresentação de trabalhos em congressos.

**Produto 4:** Elaboração de artigos técnico-científicos para publicação em revistas indexadas.

**Produto 5:** Elaboração de pedidos de depósito de patentes.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 1	1, 2 e 3	Relatório técnico	1
Produto 2	3	Relatório técnico	1
Produto 3	1, 2 e 3	Nº de participações em eventos	1
Produto 4	1, 2 e 3	Nº de artigos submetidos	1
Produto 5	1, 2 e 3	Nº de pedidos de patentes submetidos	1

## Resultados Esperados

**Resultado 1:** Protocolos experimentais em escala laboratorial para a obtenção de matrizes densas e porosas baseadas em materiais metálicos, biocerâmicos e compósitos poliméricos com biocerâmicas.

**Resultado 2:** Domínio de tecnologias para a produção de biomateriais em escala laboratorial com potencial para aplicações em implantes cirúrgico e regeneração óssea.

**Resultado 3:** Divulgação dos conhecimentos gerados por meio da participação em congressos nacionais e/ou internacionais especializados e publicações em periódicos indexados de impacto internacional.

**Resultado 4:** Depósito de patentes relativas a processos e produtos.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resultado 1	1, 2 e 3	Relatório técnico	1
Resultado 2	1, 2 e 3	Relatório técnico	1

Resultado 3	1, 2 e 3	Participações em eventos e artigos submetidos	2
Resultado 4	1, 2 e 3	Pedidos de patentes submetidos	1

## Equipe

Alexandre Antunes Ribeiro (Pesquisador/Coordenador/Orientador)  
 Antonio José do Nascimento Dias (Pesquisador)  
 Amanda Maria Paes Trindade (Apoio Técnico)  
 Fabio Henrique Silva (Apoio Técnico)

## Referências Bibliográficas

- [1] Ribeiro, A. A., Marcano, Y. Y. C., Mata, O. S., Gutiérrez, M. A. S. Dantas, F. M. L.  
 Chemical modification of alginate-based biopolymer with RGD peptide sequence for improving its biocompatibility. In: 10<sup>o</sup> Congresso Latino – Americano de Órgãos Artificiais e Biomateriais. João Pessoa/PB, de 22 a 25 de agosto de 2018.
- [2] Ribeiro, A. A., Silva, R. S. Characterization of Ti-35Nb alloy surface modified by controlled chemical oxidation for surgical implant applications. In: 10<sup>o</sup> Congresso Latino – Americano de Órgãos Artificiais e Biomateriais. João Pessoa/PB, de 22 a 25 de agosto de 2018.
- [3] Cóta, L. F., Luz, J. N., Ribeiro, A. A., Alonso, L. M., Oliveira, M. V., Pereira, L. C. Study on processing and characterization of calcium phosphate bioceramics. Materials Science Forum, v. 899, 2017, p. 254-259.

## **Projeto 16: Degradação, Corrosão, Compatibilidade de Materiais de Biocombustíveis e de Misturas sob a Influência de Fatores Intervenientes. Novas Metodologias de Análise e Formas de Controle.**

### **Introdução**

Uma das grandes vantagens do biodiesel em relação ao diesel derivado do petróleo é o aspecto ambiental, bem como o seu caráter de ser um combustível obtido de fontes renováveis, isto é, de derivados de produtos agrícolas e pecuários, como por exemplo, a soja, o algodão, macaúba, pinhão-manso. Cabe destacar que dependendo da matéria-prima a partir do qual é fabricado, verifica-se uma baixa estabilidade à oxidação, para aqueles biodieseis ricos em ésteres derivados de ácidos graxos insaturados, como os biodieseis produzidos a partir das quatro matérias-primas oleaginosas acima citadas. O principal processo de degradação se diz respeito à oxidação, e as propriedades relativas à estabilidade oxidativa do biodiesel dependem de interações oxidativas e não oxidativas de seus compostos. Como desdobramento observa-se o surgimento de problemas de corrosão, compatibilidade de materiais e degradação e necessidades do seu controle, tanto do biodiesel (B100), como das misturas com diesel mineral utilizadas pelo mercado de veículos pesados, que hoje no Brasil é compulsoriamente adotada em 12% (B12) ou em caráter experimental (B15, B20 e B30) estimuladas através da Programa Governamental Renovabio.

O desenvolvimento do citado projeto possibilitará em consonância com os objetivos estratégicos do INT: a) aumentar a produção técnico-científica do INT; b) prover recursos humanos adequados às necessidades do INT c) contribuir para a execução de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento tecnológico; d) contribuir para a execução de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento tecnológico; e) promover a divulgação das competências e resultados do INT.

Palavras-chave: Biodiesel, Misturas Diesel Biodiesel, Corrosão, Aço Carbono, Latão, Compatibilidade e Corrosividade

### **Objetivo Geral**

Este projeto tem como objetivo entender e desenvolver novas tecnologias de análises e controles de contaminantes nos processos de degradação e corrosão de materiais na presença de biocombustíveis e misturas sob a influência de alguns intervenientes.

**Objetivo Específico 2:** Estudos de Degradação, Corrosão, Compatibilidade de Materiais de Misturas Diesel-Biodiesel (BX), Influência de Fatores Intervenientes, Novas Metodologias de Análise e Formas de Controle

### Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia/Química Graduado	Engenharia/Química	2	DD	60	1

### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
1	Revisão Bibliográfica	2	Relatório de Estado da Arte	2
2	Montagem de Dispositivos	2	Projetos dos Dispositivos	2
3	Estudo de degradação de biodiesel Bx e de processo de corrosão utilizando como material de prova, aço* <sup>3,4</sup> .	2	Relatórios de análise	2
4	Estudos relacionados à degradação de biodiesel Bx contaminado com diferentes teores de água utilizando como material de prova, aço* <sup>3,4</sup> .	2	Relatórios de ensaios.	2
5	Ensaio de Degradação em Laboratório	2	Relatórios de Ensaio	2
6	Ensaio de Corrosão em Laboratório	2	Relatórios de Ensaio	2
7	Ensaio de Compatibilidade de Materiais	2	Relatórios de Ensaio de Avaliação	2
8	Relatórios Parciais ou Finais	2	Relatórios Parciais ou Finais	2

9	Publicações de artigos científicos, Apresentações em Congressos e Submissão a Fóruns de Regulamentação e Normalização.	2	Apresentações, Recomendações e Publicações em revistas científicas.	2
---	--	---	---	---

### Cronograma de Atividades

Atividades		2024	
	Revisão Bibliográfica	X	X
	Montagem de Dispositivos	X	X
	Caracterização de Biocombustíveis e Misturas	X	X
	Ensaio de Degradação em Laboratório <sub>1</sub>	X	X
	Ensaio de Corrosão em Laboratório <sub>2</sub>	X	X
	Ensaio de Compatibilidade de Materiais	X	X
	Estudo de degradação de biodiesel Bx e estudo de processo de corrosão utilizando como material de prova, aço.	X	X
	Estudos relacionados à degradação de biodiesel Bx contaminado com diferentes teores de água utilizando como material de prova, aço.	X	X
	Relatórios Parciais ou Finais <sub>3</sub>	X	X
	Publicações em revistas científicas, Apresentações em Congressos e Submissão a Fóruns de Regulamentação e Normalização.	X	X



## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	*Indicadores	Metas
			2024
Desenvolvimento de nova metodologia	2	Artigo científico e participação em congresso	1
Avaliação de Corrosividade e Compatibilidade de Materiais	2	Artigo científico e participação em congresso	1

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2024		
Aumento da produção técnico-científica do INT	2	Apresentações e Publicações		1	
Contribuição para a execução de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento tecnológico	2	Relatórios de Análises, Ensaio de Avaliação e de Validação e Recomendações para o Governo e Agencias		1	
Promoção a divulgação das competências e resultados do INT.	2	Relatórios Técnicos, Apresentações e Publicações		1	
Compreensão dos fenômenos e aprofundamento dos conhecimentos em degradação e corrosão de biocombustíveis	2	Relatórios Técnicos, Recomendações para o Governo e Agencias, Apresentações e Publicações		1	

## Referências Bibliográficas

- TEEQ, Muhammad et al. Evaluating corrosion effect of biodiesel produced from neem oil on automotive materials. *Materials Today Sustainability*, v. 18, p. 100130, 2022.
- KUGELMEIER, Cristie Luis et al. Corrosion behavior of carbon steel, stainless steel, aluminum and copper upon exposure to biodiesel blended with petrodiesel. *Energy*, v. 226, p. 120344, 2021.
- SHEHZAD, A. et al. Corrosion behavior of copper, aluminium, and stainless steel 316L in chicken fat oil based biodiesel-diesel blends. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 56, p. 103089, 2023.
- Dharma, S., et al. "Properties and corrosion behaviors of mild steel in biodiesel-diesel blends." *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* (2019): 1-13.
- Singh, B., John Korstad, and Y. C. Sharma. "A critical review on corrosion of compression ignition (CI) engine parts by biodiesel and biodiesel blends and its inhibition." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16.5 (2012): 3401-3408

## **Projeto 17: Utilização de técnicas avançadas de manufatura e de caracterização para desenvolvimento de DMIs**

### **Introdução**

Entende-se por Dispositivos Médicos Implantáveis (DMIs) qualquer produto médico projetado para ser totalmente introduzido no corpo humano ou para substituir uma superfície epitelial ou ocular, por meio de intervenção cirúrgica, e destinado a permanecer no local após a intervenção. Também é considerado DMI, qualquer produto médico destinado a ser parcialmente introduzido no corpo humano através de intervenção cirúrgica e permanecer após esta intervenção por longo prazo. Os DMIs são utilizados por uma vasta parcela da sociedade, porém, a população idosa merece maior atenção nesse aspecto. A população brasileira de pessoas acima de 60 anos chegou a 13% e, 2018 havendo uma expectativa que esse índice atinja 32% até 2060. Dados indicam que o principal motivo da utilização de DMIs pela população idosa é a deterioração da qualidade óssea. A revolução da impressão 3D na saúde baseia-se no conceito da medicina personalizada. Esta tecnologia é aderente aos segmentos industriais que produzem baixo volume de unidades e que necessitam de produtos individualizados/customizados de alta qualidade e complexidade. Desta forma, é possível que o processo de manufatura avançada possa substituir os métodos tradicionais de fabricação como a usinagem e a fundição na produção de DMIs utilizando como matéria-prima materiais biocompatíveis.

O presente projeto tem como finalidade o estudo da fabricação de DMIs com materiais metálicos biocompatíveis, levando em consideração o processo de manufatura e a composição química dos materiais utilizados na produção desses dispositivos. Além disso, este projeto abordará aspectos relacionados à degradação da qualidade óssea causada pelo processo de desmineralização óssea (osteoporose), fator que impacta o número de DMIs utilizadas pela sociedade e que pode afetar o projeto de novas próteses. Nesse sentido, serão utilizadas técnicas avançadas de caracterização de materiais (qBEI, MEV, MET, EBSD, DRX, microCT, etc), processamento digital de imagens, ensaios mecânicos, simulação numérica por elementos finitos. Em relação especificamente ao processo de fabricação de DMIs, este projeto irá abordar os seguintes aspectos do processo de manufatura avançada: Validação do processo; Caracterização e controle da matéria-prima; Etapas de processamento e pós processamento; Avaliação física, química e mecânica.

Este projeto é aderente às pesquisas atualmente desenvolvidas na Divisão de Ensaios em Materiais e Produtos (DIEMP) no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) relacionadas à área de saúde, mais especificamente aos temas de envelhecimento humano e desenvolvimento de próteses/órteses.

### **Objetivo Geral**

O presente projeto tem como finalidade entender as eventuais diferenças de propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas com materiais biocompatíveis por manufatura tradicional e avançada. As propriedades mecânicas das DMIs serão relacionadas com às de

tecidos ósseos desmineralizados com o intuito de aprimorar o projeto de novas próteses.

**Objetivo Específico 1:** Determinar a resistência à fratura e o módulo elástico do tecido ósseo antes e após o processo de desmineralização óssea com diferentes taxas de carregamento;

**Objetivo Específico 2:** Avaliar as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais e a resistência à corrosão de DMIs fabricadas com materiais metálicos biocompatíveis por manufatura tradicional;

**Objetivo Específico 3:** Comparar a resistência mecânica e rigidez angular em órteses fabricadas pela técnica tradicional (termomoldagem em polipropileno - PP) e por manufatura avançada (Sinterização seletiva a laser - SLS em poliamida - PA);

**Objetivo Específico 4:** Avaliar as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas com materiais metálicos biocompatíveis por manufatura avançada, caracterizando a matéria-prima, validando o processo como um todo.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduação e doutorado em Engenharia de Materiais/ metalúrgica ou química ou mecânica *	Metalurgia física ou simulação numérica	1, 2,3 e 4	DB	60	2
Graduação em engenharia de Materiais/ Metalúrgica ou mecânica	Metalurgia física ou caracterização de materiais, ensaios mecânicos	1, 2,3 e 4	DD	60	1

### **Atividades de Execução**

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Caracterização de Propriedades Mecânicas e Microestruturais (LACPM) da Divisão de Ensaio em Materiais e Produtos (DIEMP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), sob a supervisão dos pesquisadores Cássio Barbosa, Cláudio Teodoro dos Santos e Maurício de Jesus Monteiro.

**Atividade 1-** Preparação do material ósseo, limpeza, corte.

**Atividade 2-** Usinagem do corpo de prova de tração de material ósseo.

**Atividade 3-** Avaliação da distribuição mineral e a morfologia óssea utilizando, respectivamente, Microscopia Eletrônica de Varredura por Elétrons Retroespalhados Quantitativos (qBei) e microtomografia computadorizada, análise histomorfométrica das imagens obtidas no microCT usando CTan.

**Atividade 4-** Simulação numérica usando FEA de distribuição de tensões nos CP e ensaios de tração de material ósseo.

**Atividade 5-** Estudo da incerteza da medição e análise dos resultados de tração em material ósseo.

**Atividade 6 -** Preparação metalográfica de amostras de DMIs.

**Atividade 7-** Ensaio mecânicos em DMIs.

**Atividade 8-** Ensaio de corrosão em DMIs.

**Atividade 9-** Caracterização química e por microscopias óptica e eletrônicas de amostras de DMIs.

**Atividade 10-** Realização de cálculos termodinâmicos utilizando programa específico simulando possíveis materiais metálicos para DMIs.

**Atividade 11-** Fabricação de órteses pela técnica tradicional e MA.

**Atividade 12 -** Testes Mecânicos e Simulação numérica de órteses.

**Atividade 13-** Desenvolvimento e fabricação de órteses com design otimizado.

**Atividade 14-** Caracterização da matéria-prima (pó metálico) por análises térmicas, Microscopias óptica e eletrônicas, análise química, EDS, BET, densidade real, e distribuição de tamanho de partícula.

**Atividade 15-** Impressão de corpos de prova segundo orientações e direções descritas em normas e literatura técnicas.

**Atividade 16-** Caracterização dimensional dos corpos de provas. Realização de ensaios mecânicos (tração, fadiga, dureza) e caracterização por microscopias óptica e eletrônica, difração de Raios-X, difração de elétrons retroespalhados (EBSD) e densidade aparente dos corpos de prova impressos.

**Atividade 17-** Realização dos tratamentos térmicos nos corpos de prova impressos nas condições ótimas de impressão definidas na etapa 16. Caracterização dimensional dos corpos de provas. Realização de ensaios mecânicos (tração, fadiga, dureza) e caracterização por microscopias óptica e eletrônica, difração de Raios-X, difração de elétrons retroespalhados (EBSD) e densidade aparente dos corpos de prova tratados termicamente.

**Atividade 18-** Impressão e tratamento térmico de DMIs com os parâmetros ótimos definidos na atividade 17. Caracterização dimensional, realização de ensaios mecânicos (fadiga e dureza) e caracterização por microscopias óptica e eletrônica, difração de Raios-X e difração de elétrons retroespalhados (EBSD) das DMIs.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1	1	Número de amostras preparadas	
2	1	Número de cps usinados	
3	1	Relatório emitido	
4	1	Número de cps ensaiados	
5	1	Relatório Emitido	
6	2	Número de amostras preparadas	
7	2	Relatório Emitido	
8	2	Números de cps ensaiados	50
9	2	Relatório emitido	1
10	2	Relatório emitido	1
11	3	Número de órteses fabricadas	3
12	3	Relatório emitido	1
13	3	Relatório Emitido	1
14	4	Relatório emitido	1
15	4	Número de cps impressos	50
16	4	Relatório Emitido	1
17	4	Relatório Emitido	1
18	4	Relatório Emitido	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	X	X
9	X	X
10	X	X
11	X	X
12	X	X
13	X	X
14	X	X
15	X	X
16	X	X
17	X	X
18	X	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Conhecimento sobre a influência da desmineralização nas propriedades mecânicas do tecido ósseo	1	Número de artigos científicos submetidos	

Conhecimento sobre a variação da distribuição de Cálcio e da morfologia do tecido ósseo em relação ao seu grau de desmineralização	1	Número de artigos científicos submetidos	
Conhecimento sobre as propriedades mecânicas, química, microestruturais e metalúrgica e resistência à corrosão de DMIs	2	Número de artigos científicos submetidos	
Conhecimento sobre a diferença entre a resistência mecânica e rigidez angular de órteses fabricadas por termomoldagem e por sinterização seletiva a laser	3	Número de artigos científicos submetidos	
Conhecimento sobre a otimização e customização de órteses fabricadas por sinterização seletiva a laser	3	Número de artigos científicos submetidos	



Conhecimento sobre as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura avançada	4	Número de artigos científicos submetidos	1
Conhecimento sobre as diferenças de propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura e de tecidos ósseos desmineralizados	1, 2, 4	Número de artigos científicos submetidos	1

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Colaborações com outras instituições	1,2,3,4	Número de artigos publicados com autores de outras instituições	1
Formação de recursos humanos	1, 2, 3, 4	Número de bolsistas de iniciação científica ou tecnológica treinados	3
Formação de recursos humanos	1, 2, 3, 4	Número de coorientação em trabalho de conclusão de curso	2
Formação de recursos humanos	1, 2, 3, 4	Número de estagiários treinados	1

Conjunto de dados sobre as propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura avançada	4	Relatório emitido	1
Conjunto de dados sobre as diferenças de propriedades mecânicas, metalúrgicas, químicas e microestruturais de DMIs fabricadas por manufatura e de tecidos ósseos desmineralizados	1,2,3,4	Relatório emitido	1

## **Projeto 18 – Biocompósitos de PBAT e resíduos agroflorestais**

### **Introdução**

O Brasil é um país favorável ao desenvolvimento de diversas culturas agrícolas e florestais, devido aos fatores relacionados ao clima e a qualidade de solo, além de dispor de grandes extensões de terra disponíveis as diversas culturas. Em se tratando dos produtos agrícolas típicos da região norte e dos estados vizinhos à região Amazônica, há diversas espécies que se destacam pela diversidade de utilização e pelas suas características apresentando um grande potencial na indústria de alimentos como também na indústria dos cosméticos. Os resíduos gerados em torno das atividades econômicas de espécies como o cupuaçu, açaí, castanha do pará, uccúba, bacuri entre outros concorrem para a contaminação ambiental, notadamente dos recursos hídricos e do solo. A sua utilização no preparo de biocompósitos é uma abordagem viável para redução do impacto ambiental.

Etapas anteriores do projeto obtiveram resultados satisfatórios para a utilização de resíduos do beneficiamento do cupuaçu, açaí, castanha do pará e casca de bacuri. Os resultados obtidos sinalizaram a melhoria das propriedades físico-mecânicas da matriz polimérica do poli (tereftalato-co-adipato de butileno) (PBAT - Ecoflex®), com aumento no módulo elástico e manutenção das propriedades térmicas e da estrutura cristalina dos biocompósitos, além de uma boa taxa de biodegradação em solo simulado.

Assim, a combinação de outras matrizes biodegradáveis como o amido e o poli (ácido láctico) PLA com fibras lignocelulósicas, advindas dos resíduos já estudados anteriormente e ainda a inserção de outros como a torta de ucuúba e da casca do ipê amarelo, é uma das alternativas para redução de impacto ambiental e geração de produtos de maior valor agregado. Neste contexto, a utilização destes resíduos agroflorestais amazônicos para o desenvolvimento de biocompósitos é uma possibilidade bastante interessante e objeto de estudo desse projeto, que se dedica a obter biocompósitos que combinem desempenho mecânico, durabilidade e biodegradabilidade, de modo que seja possível aplica-los à fabricação de embalagens em geral.

Cabe ressaltar ainda a disponibilidade de óleos vegetais amazônicos que podem ser incorporados aos biocompósitos, atuando como auxiliares de processamento, antioxidantes e corantes. Desta forma, estes também serão incorporados aos biocompósitos, particularmente os óleos de buriti e pracaxi.

Abaixo estão relacionadas as linhas de pesquisas em andamento no Laboratório de Tecnologia de Materiais Poliméricos da Divisão de Materiais do Instituto Nacional de Tecnologia na área de materiais sustentáveis e reaproveitamento de resíduos:

- 1- Biocompósitos de PBAT e suas misturas com resíduos agroflorestais
- 2- Biocompósitos de amido com resíduos agroindustriais

**Palavras Chaves:** Biocompósitos, PBAT, resíduos agroflorestais, óleos amazônicos, biodegradabilidade

### **Objetivo Geral**

O presente projeto tem como objetivo desenvolver biocompósitos de matrizes biodegradáveis como o PBAT, PLA e amido com resíduos agroflorestais e agroindustriais, incorporando ainda óleos amazônicos como plastificantes e estabilizantes.

### **Objetivos Específicos**

#### **Objetivo Específico 1:**

Processamento de biocompósitos de PBAT, PLA e mistura PBAT/PLA com até 50% em massa de fibras lignocelulósicas advindas da torta da ucuúba e da casca do ipê amarelo, contendo até 1% de óleos amazônicos (buriti, pracaxi, açaí e babaçu)

#### **Objetivo Específico 2:**

Processamento da base de amido com substituição do plastificante por óleos de buriti, pracaxi, açaí e babaçu.

#### **Objetivo Específico 3:**

Processamento de biocompósitos de amido plastificados com óleos amazônicos contendo até 30% em massa de fibras lignocelulósicas advindas do beneficiamento do cupuaçu, açaí, castanha do pará, bacuri, e ucuúba, além de resíduos oriundos do beneficiamento do café, arroz e trigo.

#### **Objetivo Específico 4:**

Caracterização da estabilidade térmica, propriedades mecânicas (tensão na ruptura, deformação máxima) antes e após UV, bem como morfologia e biodegradabilidade em solo simulado.

### **Modalidade de Bolsa**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduação	Engenharia Química ou Engenharia de Materiais	1 e 4	D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
1	Participação e apresentação de trabalhos em congressos nacionais e/ou internacionais	1, 2, 3 e 4	Divulgação científica e tecnológica	1
2	Elaboração de artigos técnico-científicos e/ou pedidos de depósito de patentes	1, 2, 3 e 4	Divulgação científica e tecnológica	1
3	Registro, análise e discussão de resultados experimentais das pesquisas técnico-científicas	1, 2, 3 e 4	Relatório final de atividades	1

### Cronograma de Atividades

Atividades		2024	
1	Participação e apresentação de trabalhos em congressos nacionais e/ou internacionais		X
2	Elaboração de artigos técnico-científicos e/ou pedidos de depósito de patentes	X	
3	Registro, análise e discussão de resultados experimentais das pesquisas técnico-científicas		X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Divulgação científica e tecnológica	1, 2, 3 e 4	Nº de participações em eventos	2
Artigos técnico-científicos	1, 2, 3 e 4	Nº de artigos submetidos	2
Pedidos de depósito de patentes	1, 2, 3 e 4	Nº de pedidos de patentes submetidos	1
Relatório final de atividades	1, 2, 3 e 4	Nº de relatórios finais de atividades	2

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2024		
Depósito de patentes relativas a processos e produtos	1, 2, 3 e 4	Pedidos de patentes submetidos			X
Divulgação dos conhecimentos gerados por meio da participação em congressos nacionais e/ou internacionais especializados e publicações em periódicos indexados de impacto internacional	1, 2, 3 e 4	Participações em eventos e artigos submetidos			X

## Referências Bibliográficas

OLIVEIRA, MARCELO F. L. ; BRAGA, FERNANDA C. F. ; LEITE, MÁRCIA C. A. M. ; OLIVEIRA, MARCIA G. . Evaluation of Thermal Properties of Nanocomposites Based on Ecobras Matrix and Vermiculite Modified with Alkylphosphonium Salt. *Macromolecular Symposia JCR*, v. 367, p. 42-48, 2016.

OLIVEIRA, MARCELO F.L. ; CHINA, ALINE L. ; OLIVEIRA, MARCIA G. ; LEITE, MARCIA C.A.M. . Biocomposites based on Ecobras matrix and vermiculite. *Materials Letters (General ed.) JCR*, v. 158, p. 25-28, 2015.

Oliveira, M. G.; Djanira M.R. Costa ; OLIVEIRA, R. B. ; BARROS, M. M. . Compósito de polímero biodegradável com mix de fibras. In: 13º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2015, Natal. 13º Congresso Brasileiro de Polímeros. São Carlos: ABPOL, 2015. v. único. p. AMJJ-NA.

## CADASTRO DE RESERVA

### Projeto1R: Tecnologia e Análise Ambiental

#### Introdução

Estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologias de remediação e monitoramento ambiental tornam-se cada vez mais premente na busca de soluções sustentáveis e inovadoras para os recursos naturais, a fim de mitigar ações antropogênicas e mudanças climáticas.

Através do desenvolvimento de materiais e processos com soluções para descontaminação de água, efluentes, solo e ar, pretende-se alcançar tecnologias inovadoras para aplicação no meio ambiente. O desenvolvimento do trabalho engloba basicamente três etapas: preparação dos materiais lamelares, caracterizações e aplicação em estudos laboratoriais. Os materiais pesquisados destinados à aplicação no meio ambiente estão diretamente relacionados aos princípios da Química Verde, agindo com o propósito de minimizar efeitos ambientais adversos, como exemplos, a eutrofização, contaminação por metais e poluentes orgânicos persistentes. A funcionalização desses materiais surge como uma ferramenta para conferir diferentes propriedades e funções, buscando um desempenho adequado. Diversas caracterizações devem ser realizadas a fim de determinar, por exemplo, composição química e propriedades textuais, que são importantes para compreender os mecanismos de atuação no processo de remediação ambiental dos constituintes inorgânicos (Cd, Cu, Pb e fosfato) em águas doces/salobras e efluentes domésticos.

O monitoramento ambiental através da pesquisa e desenvolvimento de metodologias sensíveis, seletivas, robustas e de baixo custo é de suma importância para os estudos de corpos hídricos, efluentes, solos e ar a fim de atender legislações e na análise de elementos traço inorgânicos e orgânicos.

Um dos poluentes orgânicos persistentes, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) são compostos orgânicos que possuem dois ou mais anéis benzênicos condensados, que podem ter origem tanto antropogênica como através de queima de material orgânico como incêndios florestais naturais. Sua solubilidade em água diminui com o aumento da massa molar, podendo ser produzidos, basicamente, por pirólise de matéria orgânica em altas temperaturas, diagênese de material orgânico sedimentar em temperaturas baixas ou moderadas, ou ainda por biossíntese direta por microorganismos ou plantas. Estes compostos podem se distribuir tanto no solo, quanto na água e no ar, sendo que consideráveis quantidades de HPAs lançados ao meio marinho são originárias de fontes antropogênicas, como lançamentos de esgoto, deposição atmosférica, entre outros. Uma vez que os HPAs estão associados com a ação carcinogênica e mutagênica constituindo uma ameaça à saúde, o seu monitoramento em matrizes ambientais é de extrema relevância sob o ponto de vista de saúde pública.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área



do Projeto 1, podendo-se citar alguns projetos já desenvolvidos/em desenvolvimento: (i) Experimentos de remobilização de metais em sedimentos contaminados; (ii) Determinação de Metais Disponíveis em Sedimento Sujeitos a Dragagem: o Uso de Testemunhos e Extração Sequencial; (iii) Avaliação do Rompimento de uma Barragem de Rejeitos sobre as Concentrações de Metais na Água e no Sedimento; (iv) Remediação de nitrato pelo uso de partículas metálicas de Fe e Zn zero valente; (v) Estudo da degradação do 1,2-dicloroetano por peroximonosulfato catalisado por  $Cu^+/Cu^{2+}$ ; (vi) – Desenvolvimento de método de quantificação de HPA por CG em amostras de água; (vii) Desenvolvimento de argilominerais modificados com potencial aplicação como adsorventes de fosfato em ambientes aquáticos eutrofizados; (viii) – Redução catalítica nitrato e nitrito utilizando catalisadores bi metálicos; (ix) Contaminação por antivirais em matrizes aquosas do Rio de Janeiro: avaliação de risco ambiental e remoção por Processos Oxidativos Avançados; (x) Tecnologias Avançadas para o tratamento de águas contendo micropoluentes e estudo da remoção de contaminantes do Rio Guandu.

### Palavras-chave

*HPA; cromatografia a gás; espectrometria de massas; validação de método;*

### Objetivo Geral

Desenvolver tecnologias para remediação ambiental e validar metodologias analíticas para monitoramento de contaminantes inorgânicos e orgânicos em matrizes ambientais.

**Objetivo Específico:** Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para monitoramento de HPA's em matrizes aquosas e sedimentos por cromatografia gasosa com detectores FID e espectrometria de massas.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Química Industrial, Engenharia Química, Farmácia/ Graduação	Química Ambiental e/ou Química Analítica e/ou Cromatografia	1	D-D	60	01

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	1	Relatório com a revisão bibliográfica	NA
Planejamento das etapas experimentais	1	Planilha com o planejamento das etapas experimentais	NA
Levantamento de insumos e materiais	1	Insumos e materiais levantados	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	1	Relatório de treinamentos realizados	NA
Desenvolvimento de métodos analíticos*	1	Métodos desenvolvidos	NA
Otimização e validação de métodos desenvolvidos*	1	Métodos validados	NA
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	1	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	NA
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de sedimentos	1	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	01
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	1	Trabalhos submetidos a eventos científicos	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	NA

NA- Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para esta atividade

## Cronograma de Atividades

Atividades	Metas
	2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	X
Planejamento das etapas experimentais	X
Levantamento de insumos e materiais	X
Treinamento operacional nos equipamentos	X
Otimização e validação de métodos analíticos	X
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	X
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	X
Elaboração de relatórios parciais (anual)	X
Elaboração do relatório final do projeto	X

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	01

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para monitoramento de HPAs em matrizes aquosas e sedimentos*	1	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIN/INT)	1	Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista  Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	03
Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	1	Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista  Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	03

\* Não é possível estabelecer meta quantitativa para esse resultado.

## Referências Bibliográficas

- [1] EPA Method 3510C - Separatory funnel liquid-liquid extraction. In: Test method for evaluation solid waste physical/chemical methods. Laboratory manual. Environmental Protection Agency, 8p. 1996. Disponível em: <<https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3510c-separatory-funnel-liquid-liquid-extraction>>, acesso em fevereiro de 2018.
- [2] KENNISH, M. Practical Hadbook of Estuarine and Marine Pollution. Petralia Publications, Boca Raton. 523 p, 1997.
- [3] MARQUES-JUNIOR, A. N.; DE MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. Poluição Marinha in: PEREIRA, R.; SOARES-GOMES, A. (eds.) Biologia Marinha. 2a. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.505-528, 2009.
- [4] MENICONI, F. G.; GABARDO, I. T.; CARNEIRO, M. E. R.; BARBANTI, S. M.; DA SILVA, G. C.; MASSONE, C. G. Brazilian oil spills chemical characterization- case studies. Environmental Forensics, v. 3, p. 303-321, 2002.
- [5] NEFF, J.M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment – Sources, Fates and Biological Effects. London: Applied Science Publishers LTD, 261 p. 1979.,
- [6] NUDI, A. H.; WAGENER, A. L. R.; FRANCIONI, E.; SCOFIELD, A. L.; SETTE, C. B.; VEIGA, A. Validation of *Ucides cordatus* as a bioindicator of oil contamination and bioavailability in mangroves by evaluating sediment and crab PAH records. Environment International, v. 33, p. 315-327, 2007.
- [7] PEDRETE, THAÍS. Monografia:Determinação de Metabólitos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em bÍlis de peixes da Baía de Guanabara – RJ. Novembro/2010.
- [8] WAGENER, A. L. R.; MENICONI, M. F. G.; HAMACHER, C.; FARIAS, C. O.; SILVA, G. C.; GABARDO, I. T.; SCOFIELD, A. L. Hydrocarbons in sediments of a chronically contaminated bay: the challenge of source assignment. Marine Pollution Bulletin, v. 64, p. 284-194, 2012.

### Membros da equipe:

Camila Calicchio Lopes  
Natália Guimarães de Figueiredo  
Vivianne Galvão Martins

## Projeto 2R: Tecnologia e Análise Ambiental

### Introdução

Estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologias de remediação e monitoramento ambiental tornam-se cada vez mais premente na busca de soluções sustentáveis e inovadoras para os recursos naturais, a fim de mitigar ações antropogênicas e mudanças climáticas.

O monitoramento ambiental através da pesquisa e desenvolvimento de metodologias sensíveis, seletivas, robustas e de baixo custo é de suma importância para os estudos de corpos hídricos, efluentes, solos e ar a fim de atender legislações e na análise de elementos traço inorgânicos e orgânicos.

Um dos poluentes orgânicos persistentes, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) são compostos orgânicos que possuem dois ou mais anéis benzênicos condensados, que podem ter origem tanto antropogênica como através de queima de material orgânico como incêndios florestais naturais. Sua solubilidade em água diminui com o aumento da massa molar, podendo ser produzidos, basicamente, por pirólise de matéria orgânica em altas temperaturas, diagênese de material orgânico sedimentar em temperaturas baixas ou moderadas, ou ainda por biossíntese direta por microorganismos ou plantas. Estes compostos podem se distribuir tanto no solo, quanto na água e no ar, sendo que consideráveis quantidades de HPAs lançados ao meio marinho são originárias de fontes antropogênicas, como lançamentos de esgoto, deposição atmosférica, entre outros. Uma vez que os HPAs estão associados com a ação carcinogênica e mutagênica constituindo uma ameaça à saúde, o seu monitoramento em matrizes ambientais é de extrema relevância sob o ponto de vista de saúde pública.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 1, podendo-se citar alguns projetos já desenvolvidos/em desenvolvimento: (i) Experimentos de remobilização de metais em sedimentos contaminados; (ii) Determinação de Metais Disponíveis em Sedimento Sujeitos a Dragagem: o Uso de Testemunhos e Extração Sequencial; (iii) Avaliação do Rompimento de uma Barragem de Rejeitos sobre as Concentrações de Metais na Água e no Sedimento; (iv) Remediação de nitrato pelo uso de partículas metálicas de Fe e Zn zero valente; (v) Estudo da degradação do 1,2-dicloroetano por peroximonosulfato catalisado por  $\text{Cu}^+/\text{Cu}^{2+}$ ; (vi) – Desenvolvimento de método de quantificação de HPA por CG em amostras de água; (vii) Desenvolvimento de argilominerais modificados com potencial aplicação como adsorventes de fosfato em ambientes aquáticos eutrofizados; (viii) – Redução catalítica nitrato e nitrito utilizando catalisadores bi metálicos; (ix) Contaminação por antivirais em matrizes aquosas do Rio de Janeiro: avaliação de risco ambiental e remoção por Processos Oxidativos Avançados; (x) Tecnologias Avançadas para o tratamento de águas contendo micropoluentes e estudo da remoção de contaminantes do Rio Guandu.

**Objetivo Específico 2:** HPA; cromatografia a gás; espectrometria de massas; validação de método;

**Objetivo Geral**

Desenvolver tecnologias para remediação ambiental e validar metodologias analíticas para monitoramento de contaminantes inorgânicos e orgânicos em matrizes ambientais.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas para monitoramento de HPA's em matrizes aquosas e sedimentos por cromatografia gasosa com detectores FID e espectrometria de massas.

**Bolsas**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduado/ Química, Química Industrial, Engenharia Química	Química Analítica e Cromatografia a gás	2	D-D	60	01

**Atividades de Execução**

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2024
			Revisão bibliográfica – Estado da arte
Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório de treinamentos realizados	NA
Desenvolvimento de métodos analíticos*	2	Métodos desenvolvidos	NA
Otimização e validação de métodos desenvolvidos*	2	Métodos validados	NA

Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	2	Avaliações realizadas nas amostras coletadas de acordo com o planejamento experimental	NA
Elaboração de relatórios parciais	2	Relatórios elaborados	01
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da Divisão / Instituição	2	Apresentação oral	01
Elaboração de relatório final	2	Relatório elaborado	01

NA- Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para esta atividade

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 2

Atividades	2024
	Revisão bibliográfica – Estado da arte
Treinamento operacional nos equipamentos	x
Desenvolvimento de métodos analíticos	x
Otimização e validação de métodos desenvolvidos	x
Captação e aplicação das metodologias desenvolvidas em amostras de água	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)	x
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da Divisão / Instituição	x
Elaboração do relatório final do projeto	x



## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Artigo científico aceito/publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	2	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	03

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2024
Relevância para a sociedade: desenvolvimento de tecnologia para monitoramento de HPAs em matrizes aquosas e sedimentos*	2	-	-

<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)</p>	<p>2</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p> <p>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>03</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</p>	<p>2</p>	<p>Nº de artigos científicos submetidos/publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p> <p>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>03</p>

\* Não é possível estabelecer meta quantitativa para esse resultado.

**Membros da equipe:**

**Objetivo específico 2:**

Eliane Przytyk Jung;  
 Claudete Norie Kunigami  
 Alex Novo

## Referências Bibliográficas

### Objetivo específico 2

- [1] EPA Method 3510C - Separatory funnel liquid-liquid extraction. In: Test method for evaluation solid waste physical/chemical methods. Laboratory manual. Environmental Protection Agency, 8p. 1996. Disponível em: <<https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3510c-separatory-funnel-liquid-liquid-extraction>>, acesso em fevereiro de 2018.
- [2] KENNISH, M. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. Petralia Publications, Boca Raton. 523 p, 1997.
- [3] MARQUES-JUNIOR, A. N.; DE MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. Poluição Marinha in: PEREIRA, R.; SOARES-GOMES, A. (eds.) Biologia Marinha. 2a. ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.505-528, 2009.
- [4] MENICONI, F. G.; GABARDO, I. T.; CARNEIRO, M. E. R.; BARBANTI, S. M.; DA SILVA, G. C.; MASSONE, C. G. Brazilian oil spills chemical characterization- case studies. Environmental Forensics, v. 3, p. 303-321, 2002.
- [5] NEFF, J.M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment – Sources, Fates and Biological Effects. London: Applied Science Publishers LTD, 261 p. 1979.,
- [6] NUDI, A. H.; WAGENER, A. L. R.; FRANCIONI, E.; SCOFIELD, A. L.; SETTE, C. B.; VEIGA, A. Validation of *Ucides cordatus* as a bioindicator of oil contamination and bioavailability in mangroves by evaluating sediment and crab PAH records. Environment International, v. 33, p. 315-327, 2007.
- [7] PEDRETE, THAÍS. Monografia:Determinação de Metabólitos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em bÍlis de peixes da Baía de Guanabara – RJ. Novembro/2010.
- [8] WAGENER, A. L. R.; MENICONI, M. F. G.; HAMACHER, C.; FARIAS, C. O.; SILVA, G. C.; GABARDO, I. T.; SCOFIELD, A. L. Hydrocarbons in sediments of a chronically contaminated bay: the challenge of source assignment. Marine Pollution Bulletin, v. 64, p. 284-194, 2012.

## Projeto 3R: Tecnologia Analítica para Produtos e Processos

### Introdução

O desenvolvimento de metodologias analíticas para o acompanhamento e otimização de processos é de grande importância para os setores industriais. Podem-se realizar estudos de novas metodologias e tecnologias analíticas voltadas para a caracterização e quantificação de matérias primas, contaminantes, intermediários e produtos acabados. Para isso, buscam-se empregar técnicas instrumentais avançadas, tais como de cromatografia gasosa com diferentes detecções (DIC, DTC, EM), cromatografia líquida de alta eficiência com diferentes detecções (DAD, EM), por espectroscopia de infravermelho (FTIR), cromatografia iônica (detectores condutométrico, amperométrico e UV-Vis), técnicas de espectrometria de emissão e absorção atômica (ICP-OES e EAA), técnicas de fluorescência de raios X e microscopia, envolvendo ainda técnicas de preparo de amostras como extração por *Soxhlet*, em fase sólida (SPE e SPME) e *headspace* (HS). Todas as tecnologias analíticas desenvolvidas têm ampla aplicação em diversos segmentos industriais tais como, petróleo e petroquímica, medicamentos, cosméticos, materiais poliméricos e alimentos.

No que diz respeito à indústria alimentícia, sabe-se que esta produz, atualmente, uma enorme quantidade de passivos ambientais, os quais apresentam, ainda, grande valor de mercado, uma vez que são fontes de compostos antioxidantes como os compostos fenólicos, carotenoides e vitamina C, dentre outros. Este é o caso da agroindústria de processamento de juçara e umbu, duas frutas nativas de relevante potencial socioeconômico. Neste sentido, por meio de etapas de extração, separação e purificação, sempre acompanhadas por técnicas analíticas adequadas, é possível obter ingredientes de grande interesse industrial, uma vez que estes podem ser utilizados em formulações alimentícias como substituto integral ou parcial de conservadores, corantes e até mesmo antioxidantes sintéticos.

Assim, o reaproveitamento do resíduo da agroindústria se apresenta como uma alternativa promissora, pois atende a demanda de consumidores que buscam alternativas mais saudáveis para a sua alimentação, além da redução do impacto ambiental provocado pelo descarte inadequado do mesmo.

Quanto aos estudos com infusões de plantas medicinais, as técnicas analíticas possibilitam a elucidação de seus compostos potencialmente funcionais, permitindo, assim, relacionar composição química e efeitos fisiológicos. Destaca-se que, além dos compostos tradicionalmente presentes nas infusões, como é o caso dos flavonoides, o óleo essencial, obtido por hidrodestilação, é um ingrediente complexo devido ao elevado número de compostos voláteis e, como no caso da pata de vaca, pouco explorado. Entretanto, estudos ressaltam a contribuição biológica destes compostos voláteis.

Assim, o uso de técnicas analíticas de ponta, torna possível o acompanhamento de processos para obtenção de produtos cada vez mais específicos, por auxiliarem a avaliação dos efeitos das variáveis de processos no produto final. Além disso, permitem o monitoramento dos efluentes dos

processos industriais. Como também podem contribuir para a prospecção de compostos antioxidantes em plantas nativas da biodiversidade brasileira.

O Instituto Nacional de Tecnologia através da Divisão de Química Analítica tem um histórico de desenvolvimento científico e tecnológico na área do Projeto 3, podendo-se citar algumas linhas de pesquisas já desenvolvidas/em desenvolvimento: (i) Otimização e implantação de novas metodologias de cromatografia, aplicados ao controle da oxidação de biodiesel (ii) - Avaliação da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de resíduo de frutas e hortaliças em formulação em produto alimentício com avaliação de aspectos nutricionais; (iii) Caracterização química e avaliação do potencial da sálvia (*salvia officinalis*) e pata-de-vaca (*bauhinia forficata*) para o tratamento de diabetes tipo II; (iv) Microencapsulação de extrato hidroetanólico de resíduo de juçara; (v) Aproveitamento da casca de banana como fonte de antioxidantes; (vi) Desenvolvimento, otimização e validação da espectrometria de fluorescência de raios-X por reflexão total; (vii) Oligomerização do glicerol.

### Palavras-chave

**Objetivo Específico 1 e 2:** *aproveitamento de resíduos; compostos bioativos; plantas medicinais; cromatografia*

### Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver metodologias analíticas avançadas, caracterizar e acompanhar o processamento de resíduos agroindustriais, plantas medicinais e amostras ambientais, visando à obtenção de produtos acabados de maior valor agregado.

**Objetivo Específico 1:** Caracterização e aplicação alimentícia de resíduos agroindustriais do processamento de *Euterpe edulis* Martius (juçara) e *Spondias tuberosa* Arruda Camara (umbu).

**Objetivo Específico 2:** Caracterização química e avaliação do potencial antioxidante de plantas medicinais, como *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) e *Salvia Officinalis* (sálvia), botanicamente identificadas, e suas amostras comerciais.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Nível Médio/Técnico em Química/Alimentos/Farmácia	Análise orgânica e/ou Química de alimentos	2	D-E	60	2

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Revisão bibliográfica – Estado da arte	1	Levantamento bibliográfico	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	1	Relatório dos treinamentos realizados	NA
Estudo da estabilidade das micropartículas armazenadas em diferentes temperaturas	1	Obtenção do perfil de degradação dos compostos antioxidantes e melhor forma de armazenamento das micropartículas	NA
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	01
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	1	Apresentação oral	01
Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	01
Revisão bibliográfica – Estado da arte	2	Relatório com a revisão bibliográfica	NA
Treinamento operacional nos equipamentos*	2	Relatório dos treinamentos realizados	NA
Caracterização química dos óleos essenciais	2	Perfil de compostos voláteis por CG-MS e Capacidade antioxidante por DPPH	NA
Elaboração de relatórios parciais (anual)	2	Relatórios elaborados	01
Elaboração do relatório final do projeto	2	Relatório final do projeto	01

NA – Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para essas atividades.

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 1

Atividades	2024
	Revisão bibliográfica – Estado da arte
Treinamento operacional nos equipamentos	x
Estudo da estabilidade das micropartículas em diferentes temperaturas	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)	x
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	x
Elaboração do relatório final do projeto	x

### Objetivo específico 2

Atividades	2024
	Revisão bibliográfica – Estado da arte
Treinamento operacional nos equipamentos	x
Caracterização química dos óleos essenciais	x
Elaboração de relatórios parciais (anual)	x
Elaboração do relatório final do projeto	x

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024	
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	-	-
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	-	-
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	1	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	-	03
Artigo científico submetido para publicação	2	Nº de artigos científicos submetidos	-	-
Artigo científico publicado	2	Nº de artigos científicos publicados	-	-
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	2	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos		02



## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2024
Relevância para a sociedade: Redução do impacto ambiental e desenvolvimento de um pó rico em compostos antioxidantes como potencial substituto dos seus similares sintéticos*	1	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)	1	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista  Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista	03

<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista</p>	<p>1</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p> <p>Nº de apresentações internas realizadas pelo bolsista</p>	<p>03</p>
<p>Relevância para a sociedade: Caracterização de compostos potencialmente benéficos à saúde presentes nas frações de plantas medicinais (infusões e óleo essencial de cada espécie)*</p>	<p>2</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)</p>	<p>2</p>	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p>	<p>02</p>

Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	2	<p>Nº de artigos científicos publicados</p> <p>Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos</p> <p>Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista</p>	02
---	---	---	----

\*Não é possível estabelecer uma meta para este resultado.

### **Membros da equipe:**

#### **Objetivo específico 1:**

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami  
Alex Novo

#### **Objetivo específico 2:**

Eliane Przytyk Jung;  
Claudete Norie Kunigami

### **Referências Bibliográficas**

#### Objetivo específico 1

- [1] C. F. Zanatta and A. Z. Mercadante, "Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*)," *Food Chem.*, vol. 101, no. 4, pp. 1526–1532, 2007.
- [2] V. B. Oliveira, L. T. Yamada, C. W. Fagg, and M. G. L. Brandão, "Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds," *Food Res. Int.*, vol. 48, no. 1, pp. 170–179, 2012.
- [3] C. M. B. Omena *et al.*, "Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits.," *Food Res. Int.*, vol. 49, no. 1, pp. 334–344, 2012.
- [4] G. D. S. C. Borges, F. G. K. Vieira, C. Copetti, L. V. Gonzaga, and R. Fett, "Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from

- the fruit pulp of *Euterpe edulis* using the response surface methodology,” *Food Res. Int.*, vol. 44, no. 3, pp. 708–715, 2011.
- [5] B. Chaudhary and K. Mukhopadhyay, “Solvent optimization for anthocyanin extraction from *Syzygium cumini* L. Skeels using response surface methodology.,” *Int. J. Food Sci. Nutr.*, vol. 64, no. 3, pp. 363–71, 2013.
- [6] E. S. de Brito, M. C. P. de Araújo, R. E. Alves, C. Carkeet, B. A. Clevidence, and J. A. Novotny, “Anthocyanins Present in Selected Tropical Fruits: Acerola, Jambolão, Jussara, and Guajiru,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 55, no. 23, pp. 9389–9394, 2007.
- [7] L. O. Ribeiro *et al.*, “Antioxidant Compounds Recovery from Juçara Residue by Thermal Assisted Extraction,” *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 73, no. 1, pp. 68–73, Mar. 2018.
- [8] K. Zhou, H. Wang, W. Mei, X. Li, Y. Luo, and H. Dai, “Antioxidant Activity of Papaya Seed Extracts,” *Molecules*, vol. 16, no. 8, pp. 6179–6192, 2011.
- [9] M. L. Pérez-Chabela and A. M. Hernández-Alcántara, “Chapter 8 - Agroindustrial Coproducts as Sources of Novel Functional Ingredients,” in *Food Processing for Increased Quality and Consumption*, A. M. Grumezescu and A. M. Holban, Eds. Academic Press, 2018, pp. 219–250.
- [10] L. C. M. Cunha *et al.*, “Effect of microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel on color, texture and oxidative stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing,” *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 49, pp. 136–145, 2018.
- [11] B. Gastaldi, G. Marino, Y. Assef, F. M. Silva Sofrás, C. A. N. Catalán, and S. B. González, “Nutraceutical Properties of Herbal Infusions from Six Native Plants of Argentine Patagonia,” *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 73, no. 3, pp. 180–188, 2018.
- [12] A. D. Meinhart, F. M. Damin, L. Caldeirão, T. F. F. da Silveira, J. T. Filho, and H. T. Godoy, “Chlorogenic acid isomer contents in 100 plants commercialized in Brazil,” *Food Res. Int.*, vol. 99, pp. 522–530, 2017.

### Objetivo específico 2

- [1] COSTA, N. M. B., ROSA, C. de O. B. Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Editora Rubio, 2016.
- [2] HASENCLEVER, L., PARANHOS, J., COSTA, C. R., CUNHA, G., DIEGO VIEIRA. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e

oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p.2559-2569, 2017.

[3] VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, v.28, n.3, p.519-528, 2005.

## Projeto 4R - Tecnologia Analítica para Produtos e Processos

### Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é desenvolver metodologias analíticas avançadas, caracterizar e acompanhar o processamento de resíduos agroindustriais, plantas medicinais e amostras ambientais, visando a obtenção de produtos acabados de maior valor agregado.

**Objetivo Específico 1:** Caracterização e aplicação alimentícia de resíduos agroindustriais do processamento de *Euterpe edulis* Martius (juçara) e *Spondia tuberosa* Arruda Camara (umbu).

**Objetivo Específico 4:** Desenvolvimento e validação de metodologias analíticas destinadas à análise de constituintes inorgânicos (cátions e ânions: F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) por cromatografia de íons voltadas para aplicação em amostras de efluentes industriais.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Química; Química Industrial; Engenharia Química; Farmácia/ Graduação	Cromatografia de íons e validação de metodologia analítica	4	D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Avaliação das metodologias analíticas de cromatografia de íons implementadas	4	Validação das metodologias analíticas realizadas	NA
Aplicação das metodologias	4	Realização da aplicação em	01

avaliadas em amostra simulada de efluentes industriais		amostras de efluentes industriais	
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	4	Trabalhos elaborados para eventos científicos	01

NA – Não aplicável. \* Não é possível estabelecer metas quantitativas para essas atividades.

### Cronograma de Atividades Objetivo específico 4

Atividades	Ano 2024
Avaliação das metodologias analíticas de cromatografia de íons implementadas	X
Aplicação das metodologias avaliadas em amostra simulada de efluentes industriais	X
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Artigo científico submetido para publicação	4	Nº de artigos científicos submetidos	01
Resumo/trabalho completo apresentados em evento científico na forma de pôster e apresentação oral (congresso, encontro, workshop, simpósio, dentre outros)	4	Nº de trabalhos apresentados em eventos científicos	01

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)	4	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01
Incremento da capacidade científica e tecnológica do bolsista	4	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos	01

\*Não é possível estabelecer uma meta para este resultado.



## Projeto 5R: Avaliação das potencialidades de microalgas para a produção de produtos de alto valor comercial

### Introdução

As microalgas são ricas em uma grande diversidade de produtos de interesse para vários ramos industriais (alimentos, nutraceuticos, cosméticos, rações), e destacam-se na produção de proteínas, pigmentos (ficocianina e carotenoides), ácidos graxos essenciais, etc., em comparação aos vegetais superiores. Além disto, especialmente as cianobactérias vêm sendo consideradas para a produção de biopolímeros (polihidroxialcanoatos), que têm uma enorme diversidade de aplicações. Ainda há um campo vasto de pesquisa para a descoberta de novas cepas com altas potencialidades para a produção de produtos de interesse comercial, ampliação do uso desta biomassa e produção de forma economicamente viável a cada finalidade. Sobre os processos de cultivo, ainda há lacunas com respeito, por exemplo, ao uso de meios alternativos, incluindo aqueles produzidos com base em resíduos, e o uso de fontes luminosas de mais alta eficiência energética e para a fotossíntese. No Laboratório de Biotecnologia de Microalgas (LABIM), temos focado em pesquisas sobre processos de cultivo e pós-cultivo de microalgas e com vistas à produção da biomassa em cultivos de maior escala, sendo que para o escalonamento da produção e testes de sistema patenteado pelo nosso grupo, foi construída, com recurso de projeto FINEP, uma planta piloto de produção de biomassa microalgal. Nos experimentos em escala laboratorial, para o aumento da produtividade em biomassa e em pigmentos (ficocianina e carotenoides) foi evidenciada a importância da qualidade espectral da luz utilizada nos cultivos, no caso da microalga *Arthrospira platensis* (Lima *et al*, 2018). Já a *Spirulina labyrinthiformis* vem sendo cultivada com efluente de tratamento secundário de esgoto doméstico e vem crescendo satisfatoriamente. Resultados animadores de produtividade em biomassa foram observados em cultivos de *Arthrospira platensis* com a injeção controlada de CO<sub>2</sub> na cultura. O uso de resíduos industriais e domésticos, além de promover a diminuição do custo de produção da biomassa, promove uma destinação ambientalmente correta para estes rejeitos. Outra espécie, *Dunaliella salina*, que foi coletada por nosso grupo, vem apresentando resultados expressivos de produção de betacaroteno e ácido alfa-linolênico, sendo estes, precursor de vitamina A e ácido graxo essencial, respectivamente; contudo, ainda há necessidade de melhorias do processo de cultivo para o aumento da produtividade, principalmente em carotenoides, e elaboração de um meio de cultivo de mais baixo custo. Igualmente importante para a viabilização da produção de compostos a partir da biomassa é o desenvolvimento de técnicas analíticas que imprimam praticidade ao acompanhamento da produção destes compostos ao longo do cultivo; neste contexto, a técnica de citometria de fluxo é altamente indicada, pois é uma técnica multiparamétrica, que fornece informações sobre tamanho, complexidade e constituição das populações de células (em lipídios neutros e polares, carotenoides), de forma rápida e utilizando-se volume de cultura da ordem de microlitros. Vale ressaltar que temos trabalhos sendo desenvolvidos no tema e inclusive com premiação. Cabe esclarecer que a citometria de fluxo não se aplica às microalgas

filamentosas, dos gêneros *Arthrospira* e *Spirulina*, para as quais outras metodologias de extração e quantificação dos compostos de interesse serão avaliadas. Neste projeto, objetivamos, portanto, empregar microalgas de alta potencialidade para a produção de produtos de alto valor comercial, incluindo as citadas neste texto, e estudar as condições de cultivo para o aumento da produtividade em biomassa e nos bioprodutos, e com foco em uso de resíduos e meios de baixo custo, para diminuição do custo de produção da biomassa.

**Objetivo Geral -**

Estudar a produção de biomassa e de compostos de alto valor comercial de microalgas, de forma a viabilizar a produção comercial no Brasil destes produtos.

**Objetivo Específico 1:** Determinar as condições de cultivo para a maximização da produtividade em biomassa de microalgas com alta potencialidade para a produção de produtos de alto valor comercial.

**Objetivo Específico 2:** Determinar as condições de cultivo das microalgas escolhidas que maximizem a produtividade nos produtos de alto valor comercial.

**Objetivo Específico 3:** Desenvolver e/ou otimizar técnicas analíticas que permitam a quantificação dos compostos de interesse de forma rápida e que gerem resultados com precisão adequada.

**Bolsas**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Eng Alimentos, Eng Bioprocessos, Biotecnologia, Farmácia, Ciências Biológicas, Microbiologia, Biomedicina / Doutorado	Microbiologia, Biotecnologia, Bioquímica, Bioprocessos e áreas afins	1, 2, 3	D-B	60	1

### ***Atividades de Execução***

Para o desenvolvimento dos trabalhos deverão ser realizadas as seguintes atividades dispostas a seguir:

**Atividade 1** - Cultivo p/ biomassa microalgal 2 (M2):

**Atividade 2** - Cultivo p/ produto microalgal 2:

**Atividade 3** - Análises para produto de microalga 2:

**Atividade 4** - Extração para produtos oriundos da microalga 2:

**Atividade 5** - Consolidação de metodologia para microalga 2:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1-Cultivo p/ biomassa M2	1	Número de condições de cultivo	6
2-Cultivo p/ produto M2	2	Número de Determinações realizadas	6
3-Análises M2	3	Número de tabelas contendo resultados	6
4-Extração M2	2 e 3	Número de extrações realizadas	6
5-Consolidação	1, 2 e 3	Número de relatórios redigidos	1

### ***Cronograma de Atividades***

Atividades	Ano	
	2024	
	1o Semestre	2º semestre
1-Cultivo p/ biomassa M2	X	

2-Cultivo p/ produto	X	X
3-Análises	X	X
4-Extração		X
5 - Consolidação		X

### **Produtos**

**Produto 1** - Submissão de artigos a revista científica com Qualis A1 ou A2

**Produto 2** - Submissão de resumos em evento científico/Participação em eventos

**Produto 3** - Submissão de artigo à revista com enfoque em metodologias de quantificação dos produtos de alto valor industrial.

**Produto 4** - Patente para os meios de cultura produzidos

**Produto 5** - Participação em bancas avaliadoras

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2024	
Produto 1	1,2	Número de comprovantes de submissão	1	
Produto 2	1,2	Número de comprovantes de submissão	1	
Produto 3	3	Número de comprovantes de submissão	1	
Produto 4	1,2,3	Número do depósito do pedido de patente no INPI	1	
Produto 5	1, 2, 3	Número de atas de defesa	1	

### **Resultados Esperados**

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2024	
Aumento nas parcerias nacionais	2	Nº de novas parcerias	1	

Aumento nas parcerias internacionais	2	Nº de novas parcerias	1
Formação de pessoal em biotecnologia de microalgas	1, 2, 3	Nº de pessoas formadas*	1
Captação de novos projetos	1, 2, 3	Nº de propostas de projeto submetidas	1

\* Projetos ITI (FAPERJ) relacionados aos temas estudados neste projeto.

## Projeto 6R: Obtenção de gás natural sintético a partir de CO<sub>2</sub>

### Introdução

A geração de metano a partir de CO<sub>2</sub> é um tema razoavelmente bem descrito na literatura técnica [1-4]. Vale destacar que, nos últimos anos ele vem se tornando um tema de grande relevância. De fato, a obtenção de metano via CO<sub>2</sub> é considerada hoje uma forma de estocagem de energias intermitentes. Este processo pode ser descrito segundo as seguintes etapas: Inicialmente, a energia eólica ou solar em excesso é empregada na eletrólise água, ou seja, na geração de hidrogênio. Este gás reage com o CO<sub>2</sub> oriundo de diferentes fontes produzindo metano. Este pode ser consumido quando injetado nos *grids* das grandes cidades ou estocado para futura utilização na geração de energia, especialmente no caso de intermitência de algumas fontes perenes de energia. Vale destacar que, naturalmente, o custo de produção do metano deve ser compatível com o de origem fóssil. Análise econômica recente sinaliza no sentido de que os custos de operação e capital da metanação além da eficiência do catalisador têm forte impacto nos custos do metano obtido energias intermitentes. Assim, catalisadores ativos, seletivos e estáveis devem contribuir fortemente para viabilizar esta tecnologia. O INT em colaboração com a PUC-Rio vem desenvolvendo estudos neste assunto. Este trabalho vem gerando catalisadores com comportamento catalítico bastante promissor. O trabalho ora apresentado tem como ponto de partida os dados gerados nesta colaboração.

Palavras chaves: metano, gás carbônico, energia eólica, energia solar, geração de hidrogênio, reação de metanação

### Objetivo Geral

Desenvolver catalisadores ativos, seletivos e estáveis visando à viabilização técnica e econômica da geração de metano no ambiente da estocagem de energias intermitentes.

**Objetivo Específico 1:** *Screening* de suportes e aditivos para catalisadores de metanação;

**Objetivo Específico 2:** Otimização da formulação dos catalisadores;

**Objetivo Específico 3:** Ações preparatórias para o escalonamento;

**Objetivo Específico 4:** Estudos em unidade de bancada;

## Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química, Química Industrial, Engenharia Química / Doutorado	Catálise	1	DB	60	01

## Atividades de execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Catálise (LACAT) da Divisão de Catálise e Processos Químicos (DICAP), do Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Lúcia Gorenstin Appel.

**Atividade 1:** Preparo de suportes e catalisadores.

**Atividade 2:** Caracterização básicas (baixa complexidade) de suportes e catalisadores.

**Atividade 3:** Teste catalítico dos catalisadores preparados (screening).

**Atividade 4:** Caracterização (maior complexidade) de suportes e catalisadores mais promissores.

**Atividade 5:** Preparo de novos suportes e catalisadores a partir das informações geradas nas atividades anteriores.

**Atividade 6:** Caracterização básicas e complexas de novos catalisadores.

**Atividade 7:** Teste catalíticos dos novos catalisadores preparados.

OBS: As atividades 5, 6 e 7 serão conduzidas num processo de realimentação de forma a aprimorar a formulação dos catalisadores.

**Atividade 8:** Obtenção da Cinética Química dos catalisadores mais promissores.

**Atividade 9:** Estudo da estabilidade/regeneração de catalisadores.

**Atividade 10:** Avaliação técnica e econômica I.

**Atividade 11:** Estudos da conformação de catalisadores.

**Atividade 12:** Projeto de unidade de bancada.

**Atividade 13:** Montagem de unidade de bancada.

**Atividade 14:** Testes catalíticos em unidade de bancada.

**Atividade 15:** Avaliação técnica – econômica II.

**Atividade 16:** Obtenção de parâmetros para projeto de escala piloto.

**Atividade 17:** Apoio a projeto em escala piloto.

**Atividade 18:** Acompanhamento do desempenho dos catalisadores em escala piloto.

**Atividade 19:** Apoio a avaliação técnica – econômica III.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 16	5	Relatório emitido	1
Atividade 17	5	Relatório emitido	1
Atividade 18	5	Relatório emitido	1
Atividade 19	4	Relatório emitido	1

### Cronograma de Atividades

Atividade relativas ao ano de 2024:

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Atividade 15	X	X
Atividade 16	X	X
Atividade 17		X
Atividade 18		X
Atividade 19		X

### Produtos

**Produto 1:** Formulação de catalisadores para metanação.

**Produto 2:** Avaliações tecno-econômica do processo.

**Produto 3:** Unidade de bancada disponível.

**Produto 4:** Cinética química disponível.

**Produto 5:** Artigos publicados.

**Produto 6:** Pedidos de privilégio.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Produto 2	3-5	Relatório emitido	1
Produto 5	1-5	Relatório emitido	1
Produto 6	1-3	Artigos publicados	1
Produto 7	1,2	Pedido depositado	

### Resultados Esperados

**Resultado 1:** Conjunto de dados referentes às formulações de catalisadores de metanação, condições de operação e desempenho dos mesmos em microreator e bancada.

**Resultado 2:** Banco de dados referentes a avaliação econômica.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023



Resultado 2	3-5	Relatório emitido	1
-------------	-----	-------------------	---

### Referências Bibliográficas

- [1] Daniela C.D. da Silva, Sonia Letichevsky, Luiz E.P. Borges, Lucia G. Appel, The Ni/ZrO<sub>2</sub> catalyst and the methanation of CO and CO<sub>2</sub>, International Journal of Hydrogen Energy 37 (2012) 8923-8928.
- [2] Jiajian Gao, Qing Liu, Fangna Gu, Bin Liu, Ziyi Zhongc and Fabing Su, Recent advances in methanation catalysts for the production of synthetic natural gas, RSC Advances 5 (2015) 22759-22776.
- [3] M. Romero-Sáeza, A.B. Dongil, N. Benito, R. Espinoza-González, N. Escalona, F. Gracia, CO<sub>2</sub> methanation over nickel-ZrO<sub>2</sub> catalyst supported on carbon nanotubes: A comparison between two impregnation strategies, Applied Catalysis B: Environmental 237 (2018) 817-825.
- [4] Patrizia Frontera, Anastasia Macario, Marco Ferraro and PierLuigi Antonucci, Supported Catalysts for CO<sub>2</sub> Methanation: A Review, Catalysts 7 (2017) 59-87.

## Projeto 7R: Desenvolvimento de metodologias de caracterização de catalisadores por análises termoprogramáveis e espectroscópicas

### Introdução

Algumas das metodologias mais utilizadas para caracterização de catalisadores são as análises termoprogramáveis como TPO (oxidação a temperatura programada), TPR (redução a temperatura programada) e TPD (dessorção a temperatura programada) [1,2]. Estas práticas possibilitam, por exemplo, o mapeamento da redutibilidade e de propriedades superficiais como acidez e basicidade. O LACAT - Laboratório de Catálise do INT possui atualmente dois tipos de equipamentos para este tipo de análise: um automatizado comercial e um montado no próprio laboratório. O primeiro possui um detetor de condutividade térmica para identificação e quantificação dos componentes da mistura gasosa de saída, enquanto o segundo possui um espectrômetro de massas. Para o segundo equipamento também se pode acompanhar o desempenho do catalisador diante de reagentes para estudar a interação da amostra com moléculas de especial interesse para o processo em estudo por TPSR (reação superficial a temperatura programada). Neste contexto, o espectrômetro de massas recém-instalado será usado nas atividades do projeto. Uma das etapas previstas neste projeto é o desenvolvimento de metodologias de análises de TPR com mistura gás inerte + hidrogênio, TPO com mistura gás inerte + oxigênio e TPD de gases  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  e vapores de etanol e de água com catalisador metálico suportado em óxido e misturas físicas de catalisadores. Outra etapa do projeto prevê o desenvolvimento de metodologia de TPSR para reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes. A atividade e seletividade a produtos como acetato de etila, ácido acético, acetaldeído, etileno e hidrogênio será monitorada.

Por outro lado, os diversos tipos de espectroscopia são essenciais na compreensão das propriedades, da configuração molecular e no acompanhamento de reações. O LACAT dispõe de equipamentos para espectroscopia de infravermelho (IV), ultravioleta (UV), e Raman, além da já citada espectrometria de massas. O desenvolvimento de metodologias de análise destas técnicas à infraestrutura existente no laboratório é de extrema importância, sem esquecer o uso de acessórios, como câmaras para ensaios in-situ. Em especial, em Catálise, torna-se muito útil o uso da espectroscopia infravermelho quando associada a uma unidade de vidro para limpeza das superfícies e adsorção de moléculas. Uma das etapas deste projeto prevê o desenvolvimento de metodologia de análises de acidez e basicidade por adsorção de piridina e  $CO_2$ , respectivamente, nos catalisadores e misturas por IV. Do mesmo modo, se prevê o uso do UV e do RAMAN na caracterização do estado de oxidação do metal ativo nos catalisadores e misturas e interações entre as espécies componentes dos catalisadores. Após a validação das metodologias, serão redigidos os protocolos das técnicas. Além destas técnicas tradicionais, uma célula para experimentos in situ tipo DRIFTS (*Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy*) acoplada ao espectrômetro de infravermelho pode realizar experimentos em atmosfera

controlada simulando a ação de moléculas de interesse sobre o catalisador [3]. Novamente, está previsto o uso desta célula para reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes.

Ainda no contexto de análises termoprogramáveis, pretende-se adaptar um calorímetro, para a caracterização ácido-base de catalisadores avaliando o calor de adsorção/dessorção de moléculas-sonda como CO<sub>2</sub>. A calorimetria tem se mostrado uma técnica muito assertiva para a quantificação de sítios ácidos e básicos em sólidos [4]. A necessidade de informações sobre essas funções do material é recorrente no estudo de reações catalíticas dado que inúmeros processos químicos dependem delas. Assim, as atividades contarão com experimentos para a familiarização, ensaios preliminares e demais avanços para o conhecimento deste tipo de análise. Essas são ações que compõem um esforço com objetivo de iniciar este tipo de ensaio que até então não faz parte do escopo do LACAT. Este método alternativo permitirá expandir a capacidade do laboratório em relação a este tipo de caracterização, criando uma nova competência.

## **Objetivo Geral**

Expandir a capacidade da Divisão de Catálise e Processos Químicos do INT nas técnicas espectroscópicas e de análise termoprogramável, melhorando a compreensão das propriedades físico-químicas dos catalisadores e a capacitação técnica dos integrantes da divisão e de instituições parceiras.

**Objetivo Específico 1:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por TPD, TPR e TPO.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolvimento de metodologia de reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes com catalisadores e mistura físicas de catalisadores por TPSR.

**Objetivo Específico 3:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por análises espectroscópicas convencionais de IV, UV e Raman;

**Objetivo Específico 4:** Desenvolvimento de metodologia de reações de vapor de etanol + gás oxigênio, etanol + gás inerte, etanol + vapor de água e combinações destes com catalisadores e mistura físicas de catalisadores por DRIFTS.

**Objetivo Específico 5:** Desenvolvimento de metodologia de caracterização ácido-base de catalisadores e mistura físicas de catalisadores por Calorimetria;

**Objetivo Específico 6:** Produção de dados para a elaboração de textos para procedimentos técnicos e relatório de atividades e redação de comunicações científicas.

## Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Técnico nível médio	Química	1,4,5	D-E	60	1

## Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão dos pesquisadores Andréa Maria Duarte de Farias, Alexandre Barros Gaspar e Clarissa Perdomo Rodrigues.

**Atividade 1.** Preparo de catalisadores e misturas físicas.

**Atividade 2.** Realização de análises de TPD, TPR e TPO.

**Atividade 3.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de TPD, TPR e TPO.

**Atividade 4.** Realização de análises de TPSR.

**Atividade 5.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de TPSR.

**Atividade 6.** Realização de análises IV, UV e Raman.

**Atividade 7.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de IV, UV e Raman.

**Atividade 8.** Realização de análises de DRIFTS.

**Atividade 9.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de DRIFTS.

**Atividade 10.** Levantamento teórico sobre métodos de calorimetria aplicados à Catálise, testes preliminares.

**Atividade 11.** Realização de análises de calorimetria.

**Atividade 12.** Interpretação dos dados e emissão de relatório descrevendo metodologia de análises de calorimetria.

**Atividade 13.** Elaboração de relatório técnico de atividades e redação de artigos científicos.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 1	1-5	Catalisadores e misturas físicas preparados	5
Atividade 2	1	Análises de TPR, TPO e TPD realizadas	35

Atividade 3	1	Relatório de TPR, TPO e TPD	1
Atividade 4	2	Análises de TPSR realizadas	5
Atividade 5	2	Relatório de TPSR	1
Atividade 6	3	Análises de IV, UV e RAMAN realizadas	
Atividade 7	3	Relatório de IV, UV e RAMAN	
Atividade 8	4	Análises de DRIFTS realizadas	
Atividade 9	4	Relatório de DRIFTS	
Atividade 10	5	Levantamento sobre calorimetria	
Atividade 11	5	Análises de calorimetria realizadas	
Atividade 12	5	Relatório de calorimetria	
Atividade 13	6	Textos técnicos, relatórios e publicações	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre 2024	
	1	X
Atividade 1	X	X
Atividade 2	X	X
Atividade 3	X	
Atividade 4		
Atividade 5		
Atividade 6		
Atividade 7		
Atividade 8		
Atividade 9		
Atividade 10		

Atividade 11		
Atividade 12		X
Atividade 13	X	X

## Produtos

**Produto 1** – Catalisadores sintetizados.

**Produto 2** - Metodologia e resultados de análises de TPR, TPO e TPD.

**Produto 3** – Metodologia e resultados de análises de TPSR.

**Produto 4** – Metodologia e resultados de análises de UV, IV e Raman.

**Produto 5** – Metodologia e resultados de análises de DRIFTS.

**Produto 6** – Metodologia e resultados de análises de Calorimetria.

**Produto 7** – Textos técnicos, relatórios e comunicações científicas produzidos.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Produto 1	1-5	Catalisadores e misturas físicas preparados	5
Produto 2	1	Metodologia e resultados de análises de TPR, TPO e TPD	1
Produto 3	2	Metodologia e resultados de análises de TPSR.	1
Produto 4	3	Metodologia e resultados de análises de UV, IV e Raman.	
Produto 5	4	Metodologia e resultados de análises de DRIFTS.	
Produto 6	5	Metodologia e resultados de análises de Calorimetria	

Produto 7	6	Textos técnicos, relatórios e comunicações científicas produzidos	
-----------	---	---	--

### Resultados Esperados

**Resultado 1** – Realização de análises para caracterização de catalisadores através de técnicas termoprogramáveis e Espectroscopia.

**Resultado 2** - Recursos técnicos desenvolvidos em Espectroscopia (câmaras in situ do UV, RAMAN, DRIFTS e Calorimetria).

**Resultado 3** – Capacitação de pessoal nas técnicas espectroscópicas, calorimétricas e termoprogramáveis;

**Resultado 4** – Comunicações científicas e patentes.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Resultado 1	1	Análises realizadas	35
Resultado 2	2-4	Novos recursos disponíveis	2
Resultado 4	5	Número de comunicações	1

### Referências Bibliográficas

[1] J.W. Niemantsverdriet, Spectroscopy in catalysis, VCH, Weinheim, 2007.

[2] M. Boaro; M. Vicario; C. Leitenburg, G. Dolcetti, A. Trovarelli, Catalysis Today, 2003, Vol.77, 407-417.

[3] J. Zarfl, D. Ferri, T. Schildhauer, J. Wambach, A. Wokaun, Applied Catalysis A, General, 5, 2015, Vol.495, 104-114.

[4] L. Damjanovic e A. Auroux, *Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry* Vol. 5: Recent Advances, Techniques and Applications, M.E. Brown and P.K. Gallagher, editors, 2008.

## **Projeto 8R: Caracterização de catalisadores heterogêneos utilizando análises *in-situ* para o estudo da reação de desidrogenação do isopropanol**

### **Introdução**

Nos últimos anos os métodos de caracterização tiveram um grande progresso e conseqüentemente avançaram os conhecimentos básicos em catálise, quer pelo refinamento da tecnologia, quer pelo desenvolvimento de novos métodos, facilitando o entendimento dos fenômenos superficiais e interfaciais, promovendo ao cientista da catálise meios de monitorar os métodos de preparação, identificar modificações ocorridas durante o uso do catalisador e meios que permitam chegar ao mecanismo das reações relacionadas a estrutura da superfície [1, 2]. As técnicas de redução a temperatura programada, difração de raios X (DRX) e espectroscopia Raman tem sido amplamente utilizadas nos estudos em catálise, além disso, podem ser consideradas as técnicas mais empregadas para a caracterização estrutural de materiais catalíticos [3]. De modo geral, estas técnicas fornecem informações complementares. Portanto, a combinação destas duas técnicas permite gerar uma descrição mais completa da estrutura dos catalisadores que podem influenciar diretamente as suas propriedades catalíticas.

A conversão do isopropanol é uma reação bem conhecida e, muitas vezes, utilizada como sonda para propriedades ácido-básicas superficiais [4-8]. As duas rotas para esta reação são: (i) desidratação direta a partir de sítios ácidos para a formação do propeno, e (ii) desidrogenação a partir de sítios ácidos e básicos para a formação de acetona e do MIBK. Esses produtos são utilizados com a mesma finalidade do isopropanol, sendo empregados como solventes e intermediários químicos. Durante essas reações também podem ser gerados diversos subprodutos. No entanto, alguns destes não são comercialmente viáveis e, portanto, catalisadores mais seletivos vêm sendo estudados para minimizar as reações indesejadas. A literatura [4] cita que átomos Cu<sup>0</sup> superficiais promovem com eficiência a reação de desidrogenação do isopropanol para acetona em temperaturas moderadas, prevenindo a formação de produtos C<sub>6</sub> de condensação que ocorre através da formação da ligação C-C sobre os sítios ativos contendo pares ácido-base.

A presente proposta tem como objetivo aprimorar os resultados obtidos em estudos anteriores: Processo FAPERJ No. E-26/202.369/2015; Processo CNPq PCI INT No. 312809/2016-6, e também multiplicar o uso dos softwares de identificação e quantificação de fases cristalográficas para os usuários dos laboratórios de catálise. Nos trabalhos anteriores, catalisadores de cobre suportados em alumina foram preparados com o objetivo de avaliar a atividade e seletividade para a desidrogenação em função da concentração de cobre e do seu estado de oxidação. Os resultados mostraram uma indicação do efeito da natureza das espécies ativas superficiais sob as condições reacionais em função da concentração de cobre. Na presente proposta tem-se como objetivo investigar o comportamento de catalisadores na conversão do isopropanol com uma reação sonda para ajustar as propriedades catalíticas, e caracterizá-los utilizando as técnicas *in-situ* disponíveis no Laboratório de Catálise do INT. O



projeto conta com o apoio técnico de dois estudantes de graduação que participam de programas de bolsas institucionais (CIEE e PIBIC-INT/CNPq).

**Palavras-chaves:** DRX-*in situ*; isopropanol; Rietveld; difração de raios X.

### **Objetivo Geral**

Este projeto visa o desenvolvimento e aprimoramento de metodologias de caracterização *in-situ* de catalisadores para ajustar as propriedades catalíticas empregando a reação de desidrogenação do isopropanol.

**Objetivo Específico 1:** Sintetizar e caracterizar catalisadores com partículas pequenas e bem dispersas na superfície do suporte. Realizar pesquisa bibliográfica artigos científicos buscando divulgações recentes sobre o emprego da técnica de difração de raios X.

**Objetivo Específico 2:** Desenvolver metodologia para utilização da câmara de reação XRK-900 Anton Paar acoplada ao difratômetro D8 Advance Bruker.

**Objetivo Específico 3:** Aplicar e implementar a técnica de refinamento de estrutura utilizando o método de Rietveld.

**Objetivo Específico 4:** Avaliar os catalisadores na conversão do isopropanol com uma reação sonda.

**Objetivo Específico 5:** Realizar a interpretação dos dados obtidos, com base no acervo levantado no objetivo específico 1 e apresentar a metodologia utilizada para a identificação da superfície dos catalisadores analisados.

**Objetivo Específico 6:** Consolidar o conhecimento através de registro em reuniões periódicas, abordando os resultados dos objetivos 1 a 3.

**Objetivo Específico 7:** Divulgar os resultados para a comunidade científica, por meio da participação em eventos, submissão de artigos em periódicos, cursos para a transferência do conhecimento acerca da técnica difração de raios X (DRX).

### **Bolsas**

A permanência do bolsista PCI-CNPq-INT no Laboratório de Catálise Combinatorial se faz muito importante para viabilizar a execução do projeto intitulado Caracterização de Catalisadores Utilizando Análises *In-Situ*, com o objetivo de desenvolver metodologia para a caracterização de catalisadores heterogêneos utilizando as técnicas disponíveis; como por exemplo, medida de área superficial, difração de raios X, espectroscopia por fluorescência de raios X, espectroscopia Raman, e reações a temperatura programada. Além disso, este programa permite a sua agregação como especialista no laboratório; assim como, compor a equipe na execução de trabalhos de pesquisa ou de desenvolvimento tecnológico.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Química ou Engenharia Química ou Química Industrial/Graduação	Química ou Engenharia Química	1	DB	60	1

### Atividades de Execução

As atividades de pesquisa serão realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia (INT-RJ), sob a supervisão da pesquisadora Clarissa Perdomo Rodrigues.

**Atividade 1:** Síntese de catalisadores. Sintetizar catalisadores utilizando métodos que permitam a obtenção de materiais com pequeno tamanho de cristalito e boa dispersão, que não altere a distribuição de sítios ácidos e básicos e apresentem habilidade para a reação de desidrogenação do isopropanol. O Indicador desta atividade será um Relatório Técnico.

**Atividade 2:** Caracterização de catalisadores. As amostras de catalisadores serão caracterizadas pelas seguintes técnicas: difração de raios X (DRX) utilizando o equipamento D8 Advance da Bruker; microscopia eletrônica de varredura em campo de emissão (FEG-SEM) em um microscópio Quanta FED 450 (FEI) operando com voltagem máxima de 20 kV, equipado com espectrômetro de energia dispersiva de raios X (EDXS), fluorescência de raios X utilizando o espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda (WDXRF) S8 Tiger da Bruker, redução a temperatura programada (TPR) utilizando equipamento Autochem 2920 da Micromeritics e fisissorção de N<sub>2</sub> líquido usando equipamento ASAP 2420 (BET) da Micromeritics. O Indicador desta atividade será o número de Análises Realizadas.

**Atividade 3:** Identificação e quantificação de fases cristalográficas. A identificação de fases será realizada utilizando o software DIFRAC.EVA através de dados obtidos no difratograma gerado na análise por Difração de Raios X (DRX) em conjunto com o Crystallographic Information File (CIF) do material obtido no Crystallography Open Database (COD). O Indicador desta atividade será o número de Análises Realizadas.

**Atividade 4:** Refinamento de estrutura usando o Método de Rietveld. O refinamento estrutural será realizado utilizando o software DIFFRAC.SUITE TOPAS por ajuste matemático interativo de um padrão real (experimental) com um modelo (teórico), minimizando a diferença entre pontos medidos e calculados (mínimos quadrados). O Indicador desta atividade será o número de Análises Realizadas.

**Atividade 5:** Avaliação de catalisadores. Os catalisadores serão testados para a reação de desidrogenação do isopropanol por se tratar de uma reação conhecida e estudada como reação modelo para caracterização de sítios ácidos e básicos, utilizando uma unidade de teste catalítico a pressão atmosférica disponível no Laboratório de Catálise do INT. Os produtos de reação serão analisados on line por um cromatógrafo gasoso equipado com dois detectores, um de condutividade térmica (TCD) e outro de ionização de chama (FID), utilizando He como gás de arraste. A atividade catalítica será avaliada através do cálculo da conversão do isopropanol e seletividade para os produtos da reação de interesse. O Indicador desta atividade será o número de Ensaio Realizados.

**Atividade 6:** Comunicações científicas. Esta atividade envolve a elaboração de trabalhos para serem apresentados em congressos, artigos para publicação em revistas de grande importância na área e patente se houver, de modo a organizar os dados para a redação do relatório final. O Indicador desta atividade será os Textos técnicos e Publicações elaboradas.

**Atividade 7:** Relatório Final. Esta atividade tem como objetivo o estabelecimento de correspondências entre as propriedades estruturais destes materiais e os resultados de desempenho (atividade, seletividade e estabilidade) na reação de interesse, que será apresentada na forma de um relatório final.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atividade 1	1	Relatório técnico	2
Atividade 2	2	Análises realizadas	25
Atividade 3	3	Análises realizadas	20
Atividade 4	3	Análises realizadas	20
Atividade 5	4	Ensaio realizados	15
Atividade 6	4	Textos técnicos e publicações	3
Atividade 7	4	Relatório técnico	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2024	
	1	2
Atividade 1	X	
Atividade 2	X	X
Atividade 3	X	X
Atividade 4	X	X
Atividade 5	X	
Atividade 6	X	X
Atividade 7	X	X

## Produtos

Geração de um conjunto de informações sobre o comportamento de catalisadores na conversão do isopropanol com uma reação sonda para ajustar as propriedades catalíticas, bem como sobre a aplicação da técnica por difração de raios X para identificação, quantificação e refinamento de estruturas.

**Produto 1** – Atualização do emprego da técnica de DRX;

**Produto 2** – Atualização do emprego da técnica de FRX;

**Produto 3** – Resultados das análises utilizando a câmara XRK900;

**Produto 4** – Refinamento de estrutura aplicando o método de Rietveld;

**Produto 5** – Testes catalíticos realizados para a conversão do isopropanol;

**Produto 6** – Interpretação dos dados e quantificação de fases cristalinas;

**Produto 7** – Participação em eventos internos e externos;

**Produto 8** – Submissão de artigos em periódicos especializados.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Atualização do emprego da técnica de DRX	1	Número de relatórios entregues = 2	1
Atualização do emprego da técnica de FRX	1	Número de relatórios entregues = 2	
Resultados das análises utilizando a câmara XRK900	2	Número de difratogramas gerados = 25	25
Refinamento de estrutura aplicando o método de Rietveld	3	Número de amostras analisadas = 15	10
Testes catalíticos realizados para a conversão do isopropanol	4	Número de testes realizados = 15	10
Interpretação dos dados e quantificação de fases cristalinas	5	Número de amostras analisadas = 15	10
Participação em eventos internos e externos	6	Número de participações em eventos internos e externos = 7	1
Submissão de artigos em periódicos especializados	7	Número de artigos submetidos = 3	1

## Resultados Esperados

Como resultados deste trabalho, estima-se conhecer melhor as correlações entre as propriedades morfológicas e físico-químicas de catalisadores e os resultados de desempenho na reação de interesse, assim como a determinação do impacto da estrutura morfológica na distribuição dos sítios ativos ao longo da superfície do catalisador. E também, capacitar os usuários dos laboratórios de catálise para utilizar os softwares de identificação e quantificação de fases cristalográficas.

**Resultado 1** – Metodologia para utilização da câmara de reação XRK-900 acoplada a DRX;

**Resultado 2** – Capacitação do bolsista e transferência de conhecimento para a instituição.

**Resultado 3** – Visibilidade nacional e internacional.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Metodologia para utilização da câmara de reação XRK-900 acoplada a DRX e interpretação dos resultados	1-5	Relatório técnico	2
Capacitação do bolsista e transferência de conhecimento para a instituição	6	Participação em workshop interno da Divisão de Catálise e no seminário Interno de Avaliação dos Bolsistas PCI do INT.	1
Visibilidade nacional e internacional	7	Participação em congressos nacionais e/ou internacionais e/ou em co-autoria de artigos submetidos para periódicos	2

## Equipe

### **Clarissa Perdomo Rodrigues**

Paulo Gustavo Pries de Oliveira

Fabiana Magalhães Teixeira Mendes

Laís Ferreira de Castro

## Referências Bibliográficas

[1] Schmal, M. *Cátalise Hetrogênea*. Editora Synergia, 1a ed. Rio de Janeiro. 2011.

[2] He Mai, Luo Mengfei, Fang Ping. *Journal of Rare Earths* 24 (2006) 188-192.

[3] Topsøe, H. *Journal of Catalysis* 216 (2003) 155–164.

[4] Pepe, C. Angeletti, S. de Rossi, M. Lo Jacono, *Journal of Catalysis* 91 (1985) 69-77.

[5] S. A. El-Molla, S. M. Abdel-all, M. M. Ibrahim, *Journal of Alloys and Compounds* 484 (2009) 280-285.

[6] R. M. Rioux, M. A. Vannice *Journal of Catalysis* 216 (2003) 362-376.

[7] Antonella Gervasini, Aline Aurox *Journal of Catalysis* 131 (1991) 190-198.

[8] J. E. Rekoske, M. A. Barteau *Journal of Catalysis* 165 (1997) 57-72

## **Projeto 9R: Pesquisa e desenvolvimento de soluções de Tecnologia Assistiva**

### **Introdução**

Um dos maiores desafios para sociedades de países ainda em desenvolvimento como o Brasil é a promoção da inclusão social. Neste cenário, se destaca a inclusão de pessoas com deficiência - PcD, pelo tamanho desse grupo e os desafios que enfrenta.

Os números de pessoas com algum grau de deficiência no Brasil podem chegar a 45 milhões de pessoas, ou 23,9% da população (IBGE, 2010, 2013), número que ainda tende a crescer, com o processo de envelhecimento da população. Este cenário representa o desafio desenvolver tecnologias capazes de promover a inclusão, potencializar as capacidades e minimizar as limitações dessas populações.

Desenvolver equipamentos para a inclusão de PcD é, portanto, um tema fundamental de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

O presente projeto está inserido na Linha de Pesquisa Tecnologia Assistiva que vem sendo trabalhada na Divisão de Desenho Industrial do INT desde a década de 1980. O INT foi um dos pioneiros nesta linha de atuação, sendo por isso escolhido como um dos Núcleos de Tecnologia Assistiva fomentados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia dentro do Programa Viver Sem Limites, em 2012.

No âmbito desta Linha de Pesquisa vêm sendo desenvolvidos equipamentos e recursos inovadores, como cadeiras de rodas, andadores, próteses, equipamentos para cegos, surdos, pessoas com paralisia cerebral etc. Recentemente estes produtos desenvolvidos no INT receberam prêmios nacionais e internacionais como o IDEA Brasil 2014, Objeto Brasil 2016, A' Design Award, bem como a publicação de 12 artigos, duas patentes PI, uma patente MU e dois registros DI junto ao INPI.

### **Objetivos**

Contribuir para a reabilitação, independência, inclusão social e qualidade de vida de PcDs através do desenvolvimento de equipamentos, serviços e soluções em Tecnologia Assistiva. Este objetivo geral se desdobra em cinco objetivos específicos, caracterizados como quatro equipamentos e uma validação:

Objetivo Específico 1: Desenvolver um equipamento para mobilidade de pessoas com limitações moderadas.

Objetivo Específico 2: Desenvolver linha de produtos para prótese para amputados com recursos estéticos visando a redução do estigma.

Objetivo Específico 3: Soluções para codificação Braille para cores.

Objetivo Específico 4: desenvolver recursos pedagógicos para Inclusão escolar de pessoas com deficiências.

Objetivo Específico 5: Desenvolver equipamentos para humanização de UTI hospitalar.

**Palavras chave:** Tecnologia assistiva, design, equipamento médico hospitalar, design para sustentabilidade.

### Bolsas

Formação / Titulação	Experiência	ObjEspec	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Design de produtos / Graduação	Projeto de produtos no tema Tecnologia Assistiva	5	D-D	60	1
Design de produtos / Graduação	Projeto de produtos no tema Tecnologia Assistiva	5	D-C	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
1. Condução de pesquisas bibliográficas e em campo nas áreas de design, usabilidade e ergonomia para entender as necessidades dos usuários e o estado da arte do tema.	5	Relatórios de pesquisa.	1
2. Análise e tratamento de dados; definição de parâmetros projetuais	5	Relatórios de análise dos dados	1
3. Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade que atendam aos parâmetros projetuais	5	Protótipos virtuais e físicos de soluções de design	2
4. Desenvolvimento de protocolos de avaliação. Realizar testes de ergonomia, biomecânica e usabilidade. Análise de dados e revisão	5	Relatório de validação	1
5. Redação de artigos, patentes e documentação para repasse ao setor produtivo	5	Documentação final do projeto, artigos e patentes	1



### Cronograma de Atividades

O presente projeto se caracteriza pelo desenvolvimento sequencial de seis produtos. Essa característica trás uma particularidade para o cronograma, de seguir os objetivos específicos ciclicamente a cada um dos seis produtos.

Atividades	2024	2024
	Semestre 1	Semestre 2
Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade: Ob Esp. 5 - humanização de UTI hospitalar	x	x

### Produtos

A previsão é o desenvolvimento, no âmbito deste projeto, de seis produtos, sendo quatro equipamentos e duas pesquisas.

Produtos	ObjEsp	Indicadores	Metas
			2024
Equipamentos para humanização de UTI hospitalar	5	Desenvolvimento de produto	1

### Resultados Esperados

Espera-se com este projeto desenvolver soluções inovadoras que fomentem a mobilidade, comunicação, participação social, envolvimento em atividades e, conseqüentemente a saúde e o bem-estar às pessoas com deficiência, idosos, pessoas convalescentes e em reabilitação – benefícios que tendem a se estender a toda sua rede de apoio (familiares e cuidadores), e se refletir, inclusive em redução de custos em saúde pública, como tempo de reabilitação.

### Referências Bibliográficas

BAXTER, Mike. Projeto de Produto. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BOMFIM, Gustavo Amarante. Metodologia para Desenvolvimento de Projetos. Campina Grande: Ed. UFPB, 1998.

BOOTHROYD, G., DEWHURST, P., KNIGHT, W. Product for Manufacture and Assembly. New York: M. Dekker Inc., 2002.

CAT Tecnologia Assistiva. Brasília: Secretaria Especial dos Direitos Humanos, 2009.

CHAFFIN, B., ANDERSSON, G. B. J. Occupational Biomechanics. New York: John Wiley & son, 1991.

DIFFRIENT, N.; TILLEY, A. R.; HARMAN, D., Human scale. MIT Press, Cambridge, 1981.

GIL, Antônio C. Métodos e Técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 2008.

GRANDJEAN, Etienne. Fitting the task to the man: a textbook of occupational ergonomics. London: Taylor & Francis, 1988.

IBGE Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>, acesso em 15 de abril de 2020.

IIDA, Itiro. Ergonomia - Projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INT. Ergokit: base de dados antropométrica de populações brasileiras. Rio de Janeiro: INT, 1994.

LAVILLE, Antoine. Ergonomia. São Paulo: EPU/ EDUSP, 1977.

LAVILLE, Christian e DIONNE, Jean. A Construção do Saber. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LOBACH, Bernd. Design Industrial: bases para a configuração de produtos industriais. São Edgard Blucher, 2001.

PAHL, G.; BEITZ, W. Engineering design: a systematic approach. New York: Springer Verlag, 2003.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. Product design and development. Boston: McGraw-Hill, 2005

## **Projeto10R– Desenvolvimento de Metamateriais em impressão 3D para aplicação em Tecnologia Assistiva (órgeses/próteses)**

### **Introdução**

Na área de desenvolvimento de produto, especialmente na área de design, conciliar as necessidades da forma com o atendimento das solicitações mecânicas frequentemente é um desafio, pois é preciso relacionar uma variedade de propriedades de diferentes materiais e mecanismos com necessidades dos usuários.

O grande número de relações e conexões entre os elementos em um produto aumenta o risco de falhas e quebras. Por isso, sempre que possível, é estratégico reduzir o número de componentes através da incorporação de propriedades, que inicialmente seriam adicionadas por componentes extras, no próprio material do produto.

Uma forma de atender esse conceito é através do design de Metamateriais mecânicos. “Metamateriais são conjuntos de estruturas de pequena escala que obtêm suas propriedades de volume a partir da forma e disposição das estruturas, e não da composição do próprio material em si”. [3], alterando dessa forma, o desempenho à solicitações físicas (neste caso mecânicas) de um objeto.

A Manufatura Aditiva (MA), caracterizada pela impressão 3D, viabiliza a materialização de metamateriais em peças finais, conforme variações projetadas em modelos virtuais. Como não exige a construção de moldes ou matrizes, esse modal torna exequível a fabricação e customização de geometrias de maior complexidade a cada impressão, o que permite desenvolvimento de produtos personalizados a custo viável, em contraste com outros meios de fabricação convencional, que dependem de larga escala de produção para obter custos razoáveis.

Equipamentos para Pessoas com Deficiência - PcD, também chamados de Tecnologia Assistiva<sup>1</sup>, tipicamente precisam ser dimensionados sob medida, uma vez que cada deficiência é única e as necessidades da PcD são muito específicas e particulares. Por isso, a impressão 3D tem sido uma opção promissora para que uma pessoa amputada ou com má formação tenha próteses/órgeses customizadas. Todavia, somente a dimensão e morfologia precisas, obtidas por escaneamento para gerar encaixes não são o suficiente para gerar conforto para o paciente. Por exemplo, densidades táteis distintas são necessárias em um soquete para prótese de perna para se ajustar a áreas de contato ósseo e de músculo. Além disso, o corpo sofre flutuações de tamanho ao longo do dia, o que sugere uma estrutura ajustável para evitar o uso de múltiplas meias.

Portanto, esse projeto pretende explorar as possibilidades de projeto e produção de próteses/órgeses pilotos, que indiquem usos otimizados das características mecânicas dos metamateriais, através da tecnologia de

---

<sup>1</sup> área do conhecimento que engloba produtos, recursos, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social CAT (2006).

impressão 3D. Serão estudadas a interface entre os efeitos da microestrutura do material com a geometria da peça, especialmente variações de densidades e mecanismos [1][2][3][4]. Esse tipo de tecnologia “embarcada” pode ser considerada como um uso avançado e otimizado da tecnologia de impressão 3D, que atende a conceitos da Industrialização 4.0: redução de montagem, falhas e custos; eliminação de uniões desnecessárias; criação de sistemas mecânicos mais robustos e customizados através da redundância de elementos, além de produtos de densidades distintas mesmo que usando impressoras de um só material, e pode ser replicada a outros projetos da Instituição.

Dentro das facilidades disponibilizadas pelo LAMOT para a geração de geometrias e testes virtuais dos metamateriais, além do scanner de mão Viuscan, destaca-se o processo de Modelagem Virtual Paramétrica obtida por programas computacionais com o Solidworks e o Rhinoceros, além do Solidworks Simulation Premium 2017, que permite analisar estruturalmente os modelos gerados ainda em ambiente virtual. Por fim, a materialização de modelos poderá ser viabilizada através de processos de Sinterização Seletiva à Laser (SLS) no equipamento EOS-Formiga P110, que produz peças em poliamida de excelente resistência mecânica e detalhamento geométrico ou outras tecnologias disponíveis ao longo do projeto, que atendam a demanda. A DIEMP (Divisão de Ensaio em Materiais e Produtos) e a DIPCM (Divisão de Processamento e Caracterização de Materiais) contribuirão com a realização de ensaios mecânicos virtuais e físicos, validação do resultado das simulações e entendimento dos efeitos da microestrutura e comportamento mecânico do material de base nas propriedades finais das peças de metamateriais. O CEMOV (Centro de Tecnologia do Movimento) e o NUTA (Núcleo de Tecnologia Assistiva) auxiliarão na condução dos experimentos laboratoriais do uso das peças impressas.

**Palavras Chaves:**Metamateriais Mecânicos; Manufatura Aditiva; Tecnologia Assistiva; Próteses / Órteses.

### **Objetivo Geral**

Projetar próteses/órteses a serem impressas via manufatura aditiva, fazendo uso de metamateriais.

### **Objetivos Específicos**

#### **Objetivo Específico 1:**

Por meio da revisão bibliográfica e de patentes, fazer um **mapeamento das tecnologias** empregadas na geração de metamateriais mecânicos: *Softwares*: aplicativos para modelagem e análise de elementos finitos das geometrias; e *Hardwares*: técnicas/máquinas/impressoras 3D que viabilizem a produção desses materiais e máquinas de ensaios mecânicos para análise e validação; assim como, *Materiais*: mais utilizados ou com potencial para serem adaptados a esse tema.

**Objetivo Específico 2:**

Localizar e contatar potenciais parceiros e atores: competências internas e externas que auxiliem o desenvolvimento do Instituto nos campos das tecnologias digitais, metamateriais e tecnologia assistiva;

**Objetivo Específico 3:**

Realizar uma revisão bibliográfica sobre padrões geométricos, produtos e testes mecânicos realizados em metamateriais, em escala macro e/ou micro, com o intuito de gerar densidades variáveis ou mecanismos;

**Objetivo Específico 4:**

Caracterização das propriedades do material da impressora 3D e de padrões geométricos selecionados e ajustados às tecnologias digitais.

**Objetivo Específico 5:**

Projeto de partes de próteses e/ou órteses inteiras que façam uso dos padrões geométricos compatíveis com as características da tecnologia; ensaios mecânicos virtuais e físicos necessários para avaliação/validação das propriedades mecânicas do metamaterial;

**Objetivo Específico 6:**

Impressão 3D de protótipos de próteses/órteses finais selecionados; Ensaios mecânicos do produto; Condução de experimentos de laboratório, que contribuam para a validação dos conceitos;

**Objetivo Específico 7:**

Memória de Pesquisa. Sugerir formas de melhorias à estrutura já existente no para o desenvolvimento de metamateriais; Elaboração de material escrito apresentando as conclusões, sugestões e propostas para subsidiar novas pesquisas sobre o assunto.

**Modalidade de Bolsa**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria /nível	Meses	Quantidade
Engenheiro biomecânico, mecânico; Designer ou Arquiteto / com Mestrado	Desenvolvimento e análise de estruturas geométricas	6-7	D-C	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Produção e testes dos protótipos selecionados	6	Artigos e materiais/produtos físicos impressos	2
Memória de Pesquisa	7	Relatórios técnicos e/ou Registros de Propriedade Intelectual	1

### Cronograma de Atividades:

Atividades	2024
Produção piloto e testes laboratoriais	X
Memória de Pesquisa	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Produtos impressos com a tecnologia de metamateriais	5 e 6	Aceite de parceiros, premiações em concursos, patentes geradas e contratos de transferência tecnológica.	2
artigos de divulgação expertise	7	Aceite do artigo em revistas e congressos de relevância	1

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Cooperação transversal de áreas do INT	todos	Artigos com coautoria de profissionais de diferentes divisões	1
Cooperação externa ao INT	todos	Intercâmbio entre pesquisadores, artigos e patentes com coautoria de diferentes empresas/instituições	1
Geração de novos desenhos aplicados	5	Solicitação de registro de Proteção Propriedade Industrial	2
Reconhecimento da expertise do INT sobre metamateriais	5 e 6	Convites para eventos e entrevistas	2

### Referências Bibliográficas

- [1] MARINHO, J. Augusto . **Calçado com conceito de Design e Engenharia 3D, sob medida, feminino, salto alto e confortável.** In: 12o Colóquio de Moda, 2016, João Pessoa. 12o Colóquio de Moda, 2016.
- [2] GUY, R. et all. **Printed Prosthetics:**VUW School of Design + NZ Artificial Limb Service - R & D Report. The New Zealand Artificial Limb Service. 2016. Disponível em: <<https://www.nzals.co.nz/assets/Utility-Files/Vic-Uni-Printed-Prosthetics-Report-10-Feb-16.pdf>> Acesso em: 9 nov. 2018.
- [3] SCHUMACHER, C. et al. **Microstructures to control elasticity in 3D printing.** In: *ACM Transactions on Graphics*. [s.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2809654.2766926>>. Acesso em: 27/set./18. ISBN: 9781450333313, ISSN: 07300301, DOI: 10.1145/2766926.
- [4] ION, Alexandra et al. **Metamaterial Mechanisms.** In Proceedings of UIST'16. Tokyo, Japan, October 16 – 19, 2016.

## **Projeto 11R: Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva para a Escola Inclusiva**

### **Introdução**

Este projeto envolve as linhas de pesquisa “Tecnologia de Educação e Saúde para Escola Inclusiva” e “Inteligência Computacional e Automação” da Divisão de Design Industrial, que, considerando as diretrizes estratégicas do INT, busca o desenvolvimento Tecnológico para Inovação. Tem como missão favorecer a Inclusão Social, tendo como área de aplicação as Redes Públicas de Ensino, tratando-se de temas como Gestão Estratégica, Sistemas de Informação, Tecnologia Assistiva, Tecnologia Educacional, Tecnologia Social, Mecatrônica, Tecnologias de Informação e Comunicação, Gestão do Conhecimento e Popularização da Ciência.

A atuação do INT, através do Núcleo de Tecnologia Assistiva, converge com a busca de melhoria da qualidade de vida da população. Esse núcleo foi formalizado em 2012, quando o MCTI apoiou a estruturação de núcleos de Pesquisa e Desenvolvimento de equipamentos para pessoas com deficiência em Universidades e Institutos de Ciência e Tecnologia do País. Nesse contexto, o INT passou a desenvolver produtos tecnológicos para inclusão da pessoa com deficiência, caracterizados como Tecnologia Assistiva e Educacional, com registro de propriedade industrial propiciando o licenciamento para que as indústrias possam explorar as respectivas patentes e oferecer no mercado as tecnologias produzidas disponibilizando esses materiais para a escola inclusiva e capacitando de forma mais ampla profissionais de educação na utilização dos materiais desenvolvidos.

Vale ressaltar que as tecnologias necessárias para inclusão da pessoa com deficiência não estão disponíveis em nosso mercado interno e alcançam preço elevado, impedindo que a maioria da população possa fazer uso. Esta carência de recursos assistivos pode ser superada pelas pesquisas científicas e tecnológicas, bem como a posterior transferência de resultados para as indústrias de forma a ampliar a oferta de soluções que possam apoiar a vida diária da pessoa com deficiência, independente da sua condição socioeconômica. Nesse sentido, busca-se (i) ampliar a oferta e reutilização de soluções tecnológicas para apoio à Escola Inclusiva, aumentando o nível de atendimento às normas de acessibilidade, e (ii) colaborar com a democratização do ensino público inclusivo através do desenvolvimento e uso de produtos tecnológicos de baixo custo e alto impacto.

Sendo assim, o objetivo geral do presente projeto é fornecer tecnologia assistiva para aprendizagem e autonomia da pessoa com deficiência. Considera-se para definição desse objetivo o atendimento das demandas da Sociedade a partir dos conhecimentos da presente equipe e parcerias. Avalia-se, também, a viabilidade, diferenciação, e a capacidade de acumular e alcançar o domínio do conhecimento, o impacto da inovação, capacidade de atualização da tecnologia, e a possibilidade de transferência de tecnologia para indústria e Sociedade.

Nesse contexto, o Laboratório de Automação, que está sendo estruturado como desdobramento de ações de Núcleo de Tecnologia Assistiva, representa um espaço de trabalho para o desenvolvimento da equipe nas



seguintes áreas de competência: computação, desenho industrial, ciência e tecnologia de materiais, engenharia de produção, mecânica e automação, dentre outras. Trata-se de um ambiente de trabalho que envolve modelagem tridimensional com ferramentas CAD, tecnologia de materiais, eletrônica, mecânica e computação como áreas fundamentais de conhecimento.

Alguns dos resultados do Laboratório até agora são: o SIGESC Web - tecnologia de gestão para instituição de ensino; o SIGESC AVA - Ambiente Virtual de Aprendizagem Cooperativa; o Mural Eletrônico Acessível com Módulo Braille Dinâmico; o Braço Robótico; a Plataforma de Tratamento de Sinais; os materiais com memória de forma; o Cálculo para biodinâmica; e os kits didáticos. Além disso, foram desenvolvidos produtos e equipamentos laboratoriais para outros fins e parcerias interinstitucionais e intrainstitucionais além de pesquisas com atuadores eletromecânicos, músculos artificiais, sensores e inteligência computacional voltadas para a construção de produtos para a saúde, a educação, laboratórios e indústrias. O estudo de novas tecnologias aplicadas a dispositivos eletrônicos, um dos focos do Laboratório, reporta o uso de materiais denominados polímeros eletroativos. Essa classe de materiais alcança áreas de sensores, microrrobótica, atuadores, dentre outros. O potencial desses materiais tem motivado seu emprego em diferentes áreas, sendo promissor seu uso em tecnologia assistiva. (DOMINGUES et al., 2016).

Tendo em vista a diversidade de projetos desenvolvidos no Laboratório, foi empregado o *Balanced Scorecard*, sistema de gestão estratégica que possibilita a implementação, esclarecimento, compartilhamento e gerenciamento da estratégia (KAPLAN, NORTON, 2004) como método estruturante do seu portfólio de projetos. Futuramente, pretende-se que o Laboratório seja também um espaço para promoção da capacitação e empregabilidade da Pessoa com deficiência, servindo tanto para o desenvolvimento de tecnologia assistiva como para aplicações industriais, laboratoriais, acadêmicas e assistiva/social/educacional, com consequente transferência do conhecimento e empreendedorismo.

Vale ressaltar que o emprego dos produtos e conhecimentos resultantes desse Projeto deve ser estimulado para alcançar uma escala nacional. Como visão estratégica busca-se estar apto a oferecer ampla gama de soluções tecnológicas para inclusão com o maior nível de inovação e maturidade (MANKINS, 2018). Destaca-se a relevância atribuída à inovação pela "criação de uma sociedade voltada ao conhecimento" e por constituir-se "a base da competitividade de economias desenvolvidas, tornando os padrões de vida mais elevados e possibilitando uma continuidade no financiamento da área de pesquisa e desenvolvimento" (ROSA et al., 2018). Nesse contexto, tem-se como missão colaborar com a inclusão e a eliminação da pobreza conforme os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), dentre os quais, para atuação da equipe desse projeto, foram destacados: (i) Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos; (ii) Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo; e (iii) Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

**Palavras-chave:** Tecnologia Assistiva, Polímeros Eletroativos, Atuadores

## Objetivo Geral

O objetivo geral do presente projeto é fornecer tecnologia assistiva para aprendizagem e autonomia da pessoa com deficiência. Esse objetivo é desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

**Objetivo Específico 2:** Desenvolver pesquisa de Desenho Industrial para construção de Tecnologia Assistiva para a Escola Inclusiva, com a realização de modelagem virtual e desenvolvimento de protótipos para fornecer tecnologia para aprendizagem e autonomia do aluno com deficiência, conforme levantamento de necessidades para inclusão.

## Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	quantidade
Design, Engenharia Mecânica ou afins / Graduação	Desejável experiência em modelagem computacional 3D	2	D-D	60	1

## Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Redigir e submeter artigos em fóruns científicos	2	Artigo Submetido	x
Redigir e submeter artigos para revistas científicas indexadas	2	Artigo Submetido	x
Depositar registro de propriedade intelectual	2	Doc. Protocolo	x
Preparar transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	2	Contrato	x
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	2	Protótipo	x
Desenvolvimento de Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	2	Protótipo	x
Desenvolvimento de Célula Braille com base em polímero eletroativo	2	Protótipo	x

Estudo de força do atuador polimérico	2	Protótipo	x
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	2	Protótipo	x
Desenvolvimento de Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	2	Protótipo	x
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	2	Protótipo	x
Desenvolvimento de tecnologias para Biomecânica	2	Relatório/Protótipo	x
Desenvolvimento de Objetos Pedagógicos para Pessoa com Deficiência	2	Protótipo	x

### Cronograma de Atividades

Atividades	2024 Semestre 1	2024 Semestre 2
Redigir e submeter artigos em fóruns científicos		x
Redigir e submeter artigos para revistas científicas indexadas		x
Depositar registro de propriedade intelectual		x
Preparar transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	x	x
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	x	x
Desenvolvimento de Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	x	x
Desenvolvimento de Célula Braille com base em polímero eletroativo		x
Estudo de força do atuador polimérico		x
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico		x
Desenvolvimento de Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições		x
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos		x
Desenvolvimento de tecnologias para Biomecânica	x	
Desenvolvimento de Objetos Pedagógicos para Pessoa com Deficiência	x	

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores *	Metas
			2024
Artigos redigidos e submetidos em fóruns científicos	2	Artigo Submetido	1
Artigos redigidos e submetidos para revistas científicas indexadas	2		1
Registro de propriedade intelectual	2	Doc. Protocolo	1
Transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	2	Contrato	1
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	2	Protótipo	1
Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	2	Protótipo	1
Célula Braille com base em polímero eletroativo	2	Protótipo	1
Estudo de força do atuador polimérico	2	Protótipo	1
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	2	Protótipo	1
Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	2	Protótipo	1
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	2	Protótipo	1
Desenvolvimento de tecnologias para Biomecânica	2	Protótipo	1
Desenvolvimento de Objetos Pedagógicos para Pessoa com Deficiência	2	Protótipo	1

\* Considerar para os produtos desenvolvidos: Protocolo de registro de propriedade intelectual; Artigos redigidos e submetidos em fóruns científicos e em revistas científicas indexadas; Contrato de transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos.

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2024
Ampliar a oferta e reutilização de soluções tecnológicas para apoio à Escola Inclusiva	2	Produto	2
Maior capacitação de equipe com atividade interdisciplinar de desenvolvimento tecnológico	2	Projetos apresentados em eventos	2

Promoção da inovação e empreendedorismo no desenvolvimento, produção e ensino	2	Atividade empreendedora	2
Formação parcerias nacionais e internacionais em redes colaborativas	2	Parceria (em projetos e acordos de cooperação)	1

### Referências Bibliográficas

BAR-COHEN, Yoseph. Electroactive polymers for refreshable Braille displays. Sensing & Measurement. Sep 2009. SPIE Newsroom. DOI: 10.1117/2.1200909.1738

BRASIL. LEI Nº 13.146, DE 6 DE JULHO DE 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm)> Acesso em: 10 Ago. 2018.

DOMÍNGUEZ, R. P; BENÍTEZ, A. M. V; VÉLEZ, J. C. R; HAUTEFEUILLE, M; ARÉVALO, F.S; CORDERO, J.H. Photothermal Effects and Applications of Polydimethylsiloxane Membranes with Carbon Nanoparticles. Polymers, V.8, n.84, 2016.

KAPLAN, R.S., NORTON, D.P., 2004, Kaplan e Norton na Prática. 3.a reimpressão, Rio de Janeiro, Elsevier.

MANKINS, John C., Technology Readiness Levels: A White Paper. NASA, 1995. Disponível em <[http://origins.sese.asu.edu/ses405/Additional%20Reading/Mankins\\_trl.pdf](http://origins.sese.asu.edu/ses405/Additional%20Reading/Mankins_trl.pdf)> Acesso em: 13 Ago. 2018.

Organização das Nações Unidas (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em: 13 Ago. 2018.

ROSA, J. P.; ROSA, S.S.; ANTONIOLLI, P.D. A estratégia da inovação, a chave para o desenvolvimento: uma comparação entre a realidade brasileira e americana. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v.10, n.19, p. 157-176, 2018.