

**ANEXO I**  
**Projetos do Programa de Capacitação Institucional-PCI 2018 – 2023**  
**EDITALPCI - 02 /2023**

**Projeto 1** –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% em 2018, havendo uma expectativa de 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.

Este projeto tem como finalidade o estudo de materiais utilizados para fabricação de DMIs relacionadas com o processo de manufatura desses dispositivos e a degradação da qualidade óssea causada pela desmineralização óssea (osteoporose). Nesse sentido, serão utilizadas técnicas avançadas de caracterização de materiais (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 aditiva: 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 Materiais (DIMAT) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), relacionadas à área da Saúde, mais especificamente aos temas de envelhecimento humano e desenvolvimento de próteses/órteses.

**Palavras Chaves:** Prótese, DMI, manufatura aditiva, desmineralização óssea, caracterização avançada.

### **Objetivo Geral**

Este projeto tem como finalidade o estudo e o desenvolvimento de materiais utilizados para a fabricação de Dispositivos Médicos Implantáveis, levando em consideração o tipo de fabricação e aspectos relacionados ao envelhecimento humano.

**Objetivo Específico 1:**

Estudo da Desmineralização Óssea;

**Objetivo Específico 2:**

Estudo de processo de manufatura aditiva para fabricação de DMIs;

**Objetivo Específico 3:**

Caracterização microestrutural, física e química, utilizando técnicas avançadas de materiais;

**Objetivo Específico 4:**

Caracterização mecânica dos materiais utilizados na fabricação de DMIs

**Modalidade de Bolsa**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Doutorado em Engenharia Mecânica ou Metalúrgica ou Materiais ou Química	Caracterização avançada de materiais metálicos (Microscopia eletrônica, microtomografia, DRX,...) e/ou simulação termodinâmica	2,3,4	D-A	60	1
Graduação em Engenharia metalúrgica, de matérias ou mecânica	Metalurgia física ou Simulação numérica	2,3,4	D-D	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
1- Caracterização por DRX, MEV, MET, análises térmicas, MO, e análises químicas	2,3	Relatório contendo resultados da caracterização	
2- Determinação, segunda normas e literaturas técnicas, das orientações e direções de impressão dos corpos de prova, impressão, Ensaio mecânicos, DRX, EBSD, MEV	2,3 e 4	Relatório contendo resultados relacionados à avaliação e determinação dos parâmetros ótimos	
3-Manufatura de corpos de prova com os parâmetros ótimos de impressão, realização de ensaios mecânicos, DRX, MO, MEV, MET, EBSD, realização de tratamentos térmicos, utilização de programa de cálculo termodinâmico.	2,3 e 4		Avaliação e determinação dos parâmetros ótimos de tratamento térmico

## Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre
	2023
	2
1	
2	
3	

## Produtos

Denominam-se produtos, os frutos diretos e quantificáveis das atividades do projeto, entregues imediatamente pela realização de suas atividades [1].

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Validação de uma metodologia de desmineralização e diagnóstico de osteoporose	1	Relatório Técnico e publicações científicas	
Obtenção de parâmetros ótimos para impressão	2, 3	Relatório Técnico e publicações científicas	
Validação do processo de manufatura aditiva para a correspondente impressora e material usados	2, 3, 4	Relatório Técnico e publicações científicas	

## Resultados Esperados

Os resultados são mudanças observadas no curto prazo sobre indivíduos, grupos ou instituições, como resultado da intervenção realizada [1].

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Otimização no processo de fabricação de DMIs	2 ,3, 4	Caderno técnico que fornece informações para ajudar nas tomadas de decisão de organismo regulatórios	
Formação de pessoas	2,3,4	Ao menos 02 TCC	
Colaborações com outras instituições	2,3,4	Acordos de cooperação	
Capacitará o instituto a dar apoio ou serviços as empresas na área de manufatura aditiva e doenças do envelhecimento	2,3 e 4	Contratos de serviço	

## Projeto 2 – 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 aplicá-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 agrofloretais, óleos amazônicos, biodegradabilidade

### **Objetivo Geral**

O presente projeto tem como objetivo desenvolver biocompósitos de matrizes biodegradáveis como o PBAT, PLA e amido com resíduos agrofloretais 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 2023
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		2023	
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
			2023
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		
			2023		
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.

### **Projeto 3** – Estudo de nova metodologia de diagnóstico e controle da biocorrosão através de técnicas de biologia molecular

#### **Introdução**

Anualmente são gastos bilhões de dólares no mundo para reposição de estruturas industriais, equipamentos e instalações que apresentaram falhas prematuras associadas à corrosão, incluindo a biocorrosão, ou que alcançaram o final de sua vida útil. Estima-se que só na indústria do petróleo, aproximadamente 40% da corrosão interna de dutos seja atribuída à corrosão induzida microbiologicamente (CIM) (Zhu, *et al.*, 2003). A CIM, ou biocorrosão, se distinguirá da eletroquímica por possuir os microrganismos influenciando os processos, seja pela ação de seus metabólitos agressivos, pelo processo de despolarização catódica ou pela criação de áreas de aeração diferencial causada pelo consumo desigual de oxigênio, em função da presença de células microbianas e produtos fortemente aderidos à superfície, os biofilmes.

A corrosão microbiológica pode causar danos às indústrias químicas, petroquímicas, civil, naval, alimentícias, entre outras. Como exemplo da ação da biocorrosão em tubulações destacamos a redução na velocidade de escoamento dos fluidos, decorrente do processo de incrustação nas paredes dos dutos, perda de produtos, através de vazamentos gerados pela corrosão gerando impacto ao meio ambiente e acarretando problemas como a perda da eficiência de equipamentos.

Destacamos 3 grupos microbianos importantes para a CIM: as bactérias redutoras de sulfato (BRS) são, em geral, consideradas as mais comuns nos processos de CIM. As BRS são bactérias anaeróbicas que utilizam o sulfato como acceptor final de elétrons e substâncias orgânicas como fonte de carbono para o seu metabolismo. Outro grupo igualmente importante envolvido em processos de biocorrosão são as ferrobactérias. Esses microrganismos são aeróbios e obtêm a energia necessária ao seu metabolismo a partir da oxidação do íon ferroso a férrico. Em decorrência desse processo de oxidação, há a formação de hidróxidos de ferro, que por serem em geral insolúveis, precipitam sobre as superfícies, possibilitando a corrosão por aeração diferencial. Um grupo microbiano também envolvido nos processos de CIM é o das bactérias produtoras de ácido. Essas bactérias são capazes de excretar ácidos orgânicos como ácido acético, fórmico, lático como produtos do seu metabolismo. Esses ácidos apresentam dois papéis na CIM: atuam diretamente sobre as superfícies metálicas corroendo-as; e servem como fonte de energia para outros grupos microbianos como as BRS (Videla, 2003).

A detecção e a quantificação de microrganismos em amostras naturais e industriais são tradicionalmente baseadas no cultivo de bactérias, como nas técnicas do número mais provável (NMP) e das unidades formadoras de colônia (UFC). No entanto, o crescimento lento e estritamente anaeróbico das BRS dificulta a detecção e o isolamento destes microrganismos em meios de cultura. O cultivo de BRS necessita de um longo período de incubação (28 dias) para a obtenção dos resultados. Em alguns casos, como nas indústrias do setor de óleo e gás, o tempo prolongado para a detecção dos microrganismos retarda as ações preventivas e corretivas agravando o processo corrosivo.

Além de necessitar de um período de incubação, o cultivo de microrganismos em laboratório não reflete as reais condições do ambiente, apenas uma minoria das bactérias é capaz de crescer em meios de cultivo. Técnicas que utilizam o cultivo subestimam a complexidade das comunidades microbianas.

Para contornar as desvantagens do cultivo, técnicas biomoleculares têm sido empregadas para caracterizar comunidades bacterianas, geralmente baseadas na sequência do gene codificador de rRNA 16S.

Para um melhor diagnóstico dos processos corrosivos provocados pelos microrganismos, é fundamental a interpretação do conjunto dos resultados obtidos através das técnicas tradicionais, biomoleculares e microscópicas. Todos os objetivos específicos que serão apresentados visam uma melhor compreensão do fenômeno da biocorrosão e estão inter-relacionados. Com este projeto esperamos dar respostas mais rápidas e mais precisas para as indústrias afetadas com o fenômeno da biocorrosão

**Palavras Chaves:** Biocorrosão, novas técnicas de diagnóstico, biologia molecular

### Objetivo Geral

Desenvolver uma nova metodologia para a avaliação e o controle do fenômeno da biocorrosão em superfícies metálicas através de técnicas biomoleculares.

### Objetivos Específicos

**Objetivo Específico 2:** Aprimoramento da caracterização de fluidos, biofilmes e superfícies metálicas através de análise por metagenômica e por técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia confocal.

**Objetivo Específico 4:** Avaliar o potencial de aplicação da radiação UV-C para controle da formação de biofilme e da biocorrosão.

### Modalidade de Bolsa

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia química ou Química ou Biologia ou Microbiologia /Mestrado	Corrosão /biocorrosão/Microbiologia/ Biologia molecular	3	DB	60	1
Biologia ou Microbiologia ou Engenharia química ou Química / Graduado	Microbiologia/corrosão /biocorrosão	4	DC	60	1

### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023
1	Extração de DNA nas amostras analisadas para análise de metagenômica	2	Relatórios de resultados	22
2	Avaliação do PCR na região 16S para análise de metagenômica	2	Relatórios de resultados	2
3	Interpretação dos dados de metagenômica a fim de obter o perfil populacional dos fluidos estudados	2	Relatórios de resultados	2
4	Avaliação da susceptibilidade de adesão microbiana em diferentes materiais através de microscopia confocal	2	Relatórios de resultados	2
5	Perfil de formação de biofilme através de microscopia confocal	2	Relatórios de resultados	2
6	Obtenção de amostras para os experimentos de avaliação da aplicação da radiação UV-C no controle da biocorrosão	4	Relatórios de resultados	2
7	Montagem e testes do aparato experimental	4	Relatórios de resultados	2
8	Experimentos em condições estáticas de fluxo para a avaliação da eficiência da radiação UV-C	4	Relatórios de resultados	2
9	Experimentos em condições dinâmicas de fluxo para a avaliação da eficiência da radiação UV-C	4	Relatórios de resultados	2

10	Avaliação comparativa entre a aplicação da radiação UV-C e a adição de produtos biocidas através de microbiologia clássica e biologia molecular	4	Relatórios de resultados	2
----	---	---	--------------------------	---

### Cronograma de Atividades

Atividades		2023	
2	Extração de DNA nas amostras analisadas para análise de metagenômica	X	X
	Avaliação do PCR na região 16S para análise de metagenômica	X	X
	Interpretação dos dados de metagenômica a fim de obter o perfil populacional dos fluidos estudados	X	X
	Avaliação da susceptibilidade de adesão microbiana em diferentes materiais através de microscopia confocal	X	X
	Perfil de formação de biofilme através de microscopia confocal	X	X
4	Obtenção de amostras para os experimentos de avaliação da aplicação da radiação UV-C no controle da biocorrosão	X	X
	Montagem e testes do aparato experimental	X	X
	Experimentos em condições estáticas de fluxo para a avaliação da eficiência da radiação UV-C	X	X
	Experimentos em condições dinâmicas de fluxo para a avaliação da eficiência da radiação UV-C	X	X
	Avaliação comparativa entre a aplicação da radiação UV-C e a adição de produtos biocidas através de microbiologia clássica e biologia molecular	X	X

	Obtenção de amostras para os experimentos de avaliação da aplicação da radiação UV-C no controle da biocorrosão	X	X
--	---	---	---

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	*Indicadores	Metas
			2023
Perfil metagenômico de fluidos biocorrosivos	2	Artigos	1
Eficiência da radiação UV-C no controle da biocorrosão	4	Artigos	1

\*Anais de Congresso, Revistas Científicas.

## Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2023		
Compreensão qualitativa e quantitativa do perfil microbiano em diferentes condições experimentais	3	Relatórios		1	
Comprometimento do bolsista com os objetivos e resultados	3	Avaliação interna do laboratório		1	
Conhecimento do bolsista no tema desenvolvido	3	Avaliação interna do laboratório		1	
Avaliação de nova tecnologia para o controle da biocorrosão	4	Relatórios		1	
Comprometimento do bolsista com os objetivos e resultados	3 e 4	Avaliação interna do laboratório		1	

## Referências Bibliográficas

Liengen, T., Féron, D., Bassegui, R. and Beech, Ib – 2014- Understanding Biocorrosion – Fundamentals and Application. Elsevir. European Federation of Corrosion

- Videla, H. A. 1988 – Corrosion microbiológica y biofouling. Um nuevo desafio para los tratamientos de águas industriales. Corrosion/Protection

-Torres, E.S. 2001 – Cinética de parâmetros microbiológicos na formação de biofilmes. Tese de Mestrado. Escola de Química – UFRJ. Programa EQ – ANP.

- Hubert, C. 2010. Microbial ecology of oil reservoir souring and its control by nitrate injection. *In: Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology*. K.N. Timmis (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 2753-2766

- Galvão, M. & Lutterbach, M. 2014. Application of the qPCR technique for SRB quantification in samples from oil and gas industries. *In: Applications of Molecular Microbiological Methods*. T.L. Skovhus, S.M. Caffrey, C.R.J. Hubert. Caister Academic Press. No



**Projeto 4 - 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 2023
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* 3,4.	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* 3,4.	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		2023	
	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
			2023
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		
			2023		
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, Ensaios 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 5** – Desenvolvimento de metodologias e métodos para caracterização antropométrica do corpo humano utilizando tecnologia de digitalização a laser e câmeras CCD

## **Introdução**

O Laboratório de Ergonomia (LABER) da Divisão de Desenho Industrial do INTvem, desde 2008, realizando pesquisas na área de Antropometria 3D utilizando equipamentos de digitalização 3D a laser do corpo humano (scanner 3D de corpo Cyberware WBX e scanner 3D de cabeça e face Cyberware PX) com o objetivo de melhorar a qualidade do projeto de produtos, postos e ambientes de trabalho, visando adequá-los às características da população brasileira.

A partir da nuvem de pontos gerada pela digitalização a laser do corpo humano é possível extrair centenas de medidas antropométricas, sejam elas 1D (larguras, alturas, comprimentos, profundidades e perímetros), 2D (áreas de seções transversais) ou 3D (volumes). Entretanto, para que seja possível a extração dessas medidas é necessário que na nuvem de pontos gerada sejam identificados pontos específicos, denominados marcos anatômicos. Esses pontos também são necessários para localizar centros de articulações, terminações ósseas e segmentos corporais ou para localizar pontos que são importantes para fins de projeto, como a localização da pupila em um projeto de óculos de proteção.

A importância de desenvolver métodos e ferramentas para a extração automática de marcos anatômicos é possibilitar a coleta de medidas antropométricas de modo preciso, rápido e confiável; medidas essas utilizadas em projetos ergonômicos de produtos, postos e ambientes de trabalho para os mais diversos setores sejam esses industriais ou doméstico.

Nesse sentido, uma das ferramentas desenvolvidas no âmbito desse projeto foi o software SOOMA/Marcos Anatômicos que vem contribuir na obtenção de medidas antropométricas de forma rápida, precisa e padronizada por meio da automação e dissociação da interpretação humana na coleta de dados antropométricos. Por meio desse software é possível extrair dados antropométricos 1D, 2D e 3D de uma determinada população e extrair medidas antropométricas específicas para o projeto a ser desenvolvido, a partir dos arquivos digitalizados em 3D dessa população.

Para que o software SOOMA/Marcos Anatômicos seja aprimorado em seu desempenho é necessário que os algoritmos desenvolvidos e implementados no software sejam aperfeiçoados assegurando que os resultados gerados sejam consistentes e confiáveis.

**Palavras Chaves:** Antropometria 3D, Modelos Humanos Digitais, Digitalização 3D, Marcos Anatômicos

## **Objetivo Geral**

Desenvolvimento de metodologias, métodos e ferramentas computacionais para extração automática de medidas antropométricas 1D, 2D e 3D a partir de modelos humanos digitais 3D.

## **Objetivos Específicos**

**Objetivo Específico 1:** Expansão e testes da base de modelos humanos digitais 3D disponível no software SOOMA, através de sua utilização pela equipe do LABER e

por instituições parceiras, com o objetivo de avaliar o uso do software por um número maior de usuários.

**Objetivo Específico 2:** Elaboração de metodologia para análise e controle de qualidade dos resultados produzidos pelos algoritmos do software SOOMA com o objetivo de identificar, de modo sistemático, falhas e inconsistências que devam ser corrigidas e possibilidades de melhorias nos resultados e desempenho do software.

**Objetivo Específico 3:** Evolução dos métodos e algoritmos de estimação e classificação de marcos anatômicos e de cálculo de medidas antropométricas implementados no software.

**Objetivo Específico 4:** Investigação de opções de melhorias na produção de modelos humanos digitais 3D, incluindo desenvolvimento de métodos de limpeza dos modelos, métodos para tratamento de múltiplos formatos, testes e validação de dispositivos adicionais, tais como scanners portáteis e outros.

**Objetivo Específico 5:** Evolução do SOOMA com desenvolvimento de módulo de apoio para visualização, análise e manipulação do modelo humano digital 3D, em conjunto com artefatos que representem os marcos anatômicos e medidas antropométricas calculadas pelo software.

**Objetivo Específico 6:** Aprimoramento do SOOMA com base nos testes, validações e observações de uso do software pelos diversos usuários.

#### Modalidade de Bolsa:

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Graduado em Desenho Industrial	Desejável experiência em digitalização tridimensional e/ou em fabricação digital e/ou no uso de softwares de modelagem 3D	6	DD	60	1

#### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023
1	Observar e sistematizar experiências de testes e uso do SOOMA	6	Relatórios contendo as observações realizadas	1

2	Consolidar e priorizar aprimoramentos do SOOMA com base nas observações realizadas	6	Relatórios contendo recomendações de aprimoramentos	1
---	--	---	---	---

### Cronograma de Atividades

Atividades		2023
2	Consolidar e priorizar aprimoramentos do SOOMA com base nas observações realizadas	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Instruções de implementação e de uso de software	6	Manuais de implementação e de uso de software	1
Registro do <i>software</i> SOOMA/Marcos Anatômicos	6	Registro do software	1

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Consolidação do INT como referência internacional na área de Antropometria 1D e 3D	6	Intercâmbio de pesquisadores entre o INT e instituições e universidades nacionais e internacionais	1

Disponibilização de ferramentas computacionais	6	Uso da ferramenta por pesquisadores e profissionais da área de saúde e projeto	3
--	---	--	---

### Referências Bibliográficas

- [1] CloudCompare User's Manual For Version 2.1. Disponível em: [http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation\\_CloudCompare\\_version\\_2\\_1\\_eng.pdf](http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation_CloudCompare_version_2_1_eng.pdf)
- [2] CloudCompare version 2.6.1 - User Manual. Disponível em: <http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf>
- [3] N. A. GRAF, 3DPDF: Open Source Solutions for Incorporating 3D Information in PDF files, SLAC-PUB-15295. Disponível em: <http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-15295.pdf>
- [4] Pastura, F. C. H.; 2000, Avaliação da Criação e da Difusão do Banco de Dados Antropométricos e Biomecânicos ERGOKIT – DOS, IX, 130 p., Tese (mestrado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção.
- [5] Pastura, F. C. H., 2017, Extração Automática de Medidas Antropométricas a partir de Imagens Geradas por Digitalização a Laser e Câmeras CCD, XI, 183 p., Tese (doutorado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil.
- [6] Pastura, F. C. H.; Costa, T. F.; Mendonça, G. A.; Zamberlan, M. C. P. L., SOOMA - Software for Acquisition and Storage of Anthropometric Data Automatically Extracted from 3D Digital Human Models. In: 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018), 2018, Florença, Italia, Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). Cham: Springer Nature, 2018. v. IX. p. 472-481.
- [7] PDF3D Reportgen User Manual 2.13.0, Visual Technology Services. Disponível em: <https://www.pdf3d.com/products/pdf3d-reportgen/>
- [8] Robinette, K. M.; Daanen, H. A. M.; Zehner, G. F.; 2004, “Three-Dimensional Anthropometry”. In: Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering, pp.29-49, CRC Press LLC, ISBN 0-415-27908-9.
- [9] Roebuck Jr., J. A.; 1995, Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body, Sta. Monica, California, Human Factors and Ergonomics Society.
- [10] Sutcliffe, A. G.; 1995, Human-Computer Interface, Macmillan Press Ltd, London.
- CloudCompare (<http://www.danielgm.net/cc/>)  
 R (<https://www.r-project.org/>)  
 Meshlab (<http://www.meshlab.net/>)  
 Miktex (<https://miktex.org/>)  
 SQLite (<https://www.sqlite.org/>)



## Projeto 6 - 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 conseqüente 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 1:** Desenvolver pesquisa com polímeros eletroativos e aplicação no desenvolvimento de tecnologia assistiva, incluindo estudo de relevo dinâmico e sensibilidade ao toque para atendimento das necessidades de comunicação para cegos e

surdocegos, bem como, apoiar os profissionais/professores que trabalham com pessoas com deficiência. Servirá como tecnologia para estimulação, reabilitação e comunicação da pessoa com deficiência, dando suporte às políticas públicas de inclusão da pessoa com deficiência.

### Bolsas

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Formação acadêmica nas áreas de conhecimento de ciências exatas e engenharias com cursos de graduação podendo ser de Bacharelado ou de Licenciatura. Titulação exigida: Doutorado	Desejável experiência em métodos de análise de estruturas poliméricas	1	D-A	60	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Redigir e submeter artigos em fóruns científicos	1	Artigo Submetido	x
Redigir e submeter artigos para revistas científicas indexadas	1	Artigo Submetido	x
Depositar registro de propriedade intelectual	1	Doc. Protocolo	x
Preparar transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	1	Contrato	x
Estudos e desenvolvimento de materiais poliméricos eletroativos	1	Relatório/ Artigo	x
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	1	Protótipo	x

Desenvolvimento de Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	1	Protótipo	x
Desenvolvimento de Célula Braille com base em polímero eletroativo	1	Protótipo	x
Estudo de força do atuador polimérico	1	Protótipo	x
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	1	Protótipo	x
Desenvolvimento de Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	1	Protótipo	x
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	1	Protótipo	x

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2023	
	1	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
Estudos e desenvolvimento de materiais poliméricos eletroativos	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	x
Estudo de força do atuador polimérico	x	x
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	x	x
Desenvolvimento de Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	x	x
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	x	x

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores *	Metas
			2023
Artigos redigidos e submetidos em fóruns científicos	1	Artigo Submetido	1
Artigos redigidos e submetidos para revistas científicas indexadas			1

Registro de propriedade intelectual	1	Doc. Protocolo	1
Transferência de tecnologia de produtos desenvolvidos	1	Contrato	1
Estudos e desenvolvimento de materiais poliméricos eletroativos	1	Relatório/Artigo	1
Desenvolvimento de eletrodos para ativação de polímero eletroativo	1	Protótipo	1
Atuador polimérico de duas posições - simples de bancada	1	Protótipo	1
Célula Braille com base em polímero eletroativo	1	Protótipo	1
Estudo de força do atuador polimérico	1	Protótipo	1
Estudo da eficiência/redução de consumo do atuador polimérico	1	Protótipo	1
Múltiplos atuadores poliméricos de pequena dimensão, de duas posições	1	Protótipo	1
Integração do Módulo Braille Dinâmico com polímeros eletroativos	1	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
			2023
Ampliar a oferta e reutilização de soluções tecnológicas para apoio à Escola Inclusiva	1	Produto	2
Maior capacitação de equipe com atividade interdisciplinar de desenvolvimento tecnológico	1	Projetos apresentados em eventos	2
Promoção da inovação e empreendedorismo no desenvolvimento, produção e ensino	1	Atividade empreendedora	2
Formação parcerias nacionais e internacionais em redes colaborativas	1	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. *IberoamericanJournalofIndustrialEngineering*, Florianópolis, v.10, n.19, p. 157-176, 2018.

## Projeto 7 - 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
			2023
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 2023:

Atividades	Semestre	
	2023	
	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 Zhong 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 8 –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<sup>+</sup>/Cu<sup>2+</sup>; (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
			2023
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

Preparação dos materiais lamelares através do procedimento de modificação com a funcionalização	1	Conjunto de materiais modificados de acordo com o planejamento experimental	NA
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	NA
Caracterização por Difração de Raios X (DRX)	1	Caracterizações por DRX realizadas de acordo com o planejamento experimental	NA
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	NA
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	NA
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	01
Elaboração de relatórios parciais (anual)	1	Relatórios elaborados	NA
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	01
Elaboração do relatório final do projeto	1	Relatório final do projeto	01

NA – Não aplicável.

## Cronograma de Atividades

### Objetivo específico 1

Atividades	Semestre	
	2023	
	1	2
Revisão bibliográfica – Estado da arte		
Planejamento das etapas experimentais		

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

## Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Artigo científico submetido para publicação	1	Nº de artigos científicos submetidos	01
Artigo científico publicado	1	Nº de artigos científicos publicados	01

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
			2023
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	03
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	03

\* 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° 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. Yaftian, 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 9 – 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	RELATIVOS AO ANO DE 2023	D-C	60	1

**Atividades de Execução:**

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
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	Meta
			s 2023
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
			2023
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 10** - 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-D

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

### Atividades de Execução

Atividades		Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023
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	2023	
	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	2023
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	2023
Metodologia de especiação 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 11** – Análise das emissões de HC, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e MP de Motores Diesel em condições reais em trânsito urbano comparativamente com as medições em laboratório

## Introdução

Encontrar alternativas para aumentar a economia dos motores de veículos e atender aos padrões, cada vez mais severos, de emissões, se tornou uma importante missão para os pesquisadores a indústria. Os motores diesel têm uma grande vantagem com relação à economia de combustível, baixa emissão de hidrocarbonetos e monóxido de carbono (CO) [1]. Entretanto, motores diesel, como se sabe, emitem uma elevada quantidade de material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Os métodos para redução de MP e NO<sub>x</sub> incluem alta pressão de injeção, turbocompressão, tratamento após a exaustão, entre outros. Os compostos oxigenados estão sendo utilizados e estudados como aditivos para o óleo diesel e tem se mostrado um caminho a ser seguido [2]. O uso de combustíveis oxigenados em substituição ao óleo diesel convencional com a justificativa de reduzir as emissões tem sido estudada nos últimos anos. Observou-se que aditivos oxigenados tem a capacidade de reduzir as emissões de material particulado sem prejudicar as emissões de óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub>, hidrocarbonetos incompletamente queimados – HC e monóxido de carbono - CO. Uma grande variedade de oxigenados na forma de éteres, ésteres, alcoóis, entre outros, tem sido adicionada ao óleo diesel, como o biodiesel. Esses aditivos influenciam tanto a concentração de oxigênio quanto impactam o número de cetano no combustível. As pesquisas realizadas até o momento concluíram que o aumento da concentração de oxigênio diminui a emissão de material particulado, especialmente em alta carga, devido ao aumento do nível de oxigênio na região rica da câmara de combustão favorecendo a oxidação de percussores de MP [3].

As indústrias brasileiras vêm buscando alternativas para se adequar às novas etapas da legislação de controle de emissão de gases de escape. As discussões sobre o tema englobam o desenvolvimento de novas tecnologias para os motores e a necessidade de produção de combustíveis adequados, o que inclui, por exemplo, menor teor de enxofre na sua composição, misturas com biocombustível e aditivação apropriada.

O desenvolvimento de combustíveis incluindo os biocombustíveis visa proporcionar aos motores redução de consumo, aumento de desempenho (torque, potência, pressão média efetiva, eficiência de conversão do combustível, redução de desgaste, etc.) e, com maior evidência atual, redução das emissões de gases poluentes na exaustão.

Uma alternativa para diminuir o nível de poluentes é reduzir o teor de enxofre encontrado na composição do diesel e da gasolina, já que o enxofre é uma das principais substâncias que contribuem para a formação de material particulado emitido pelos veículos diesel e para a redução da eficiência dos catalisadores dos veículos. Outra alternativa é o desenvolvimento de combustíveis alternativos, como os biocombustíveis e suas misturas, além de aditivações específicas para a melhoria no atraso de ignição e consequentemente na combustão como um todo [4].

Para comprovação da efetiva redução das emissões de poluentes, ensaios padronizados são conduzidos em laboratório, em situação de extremo controle, como temperatura e umidade controladas. Mas atualmente, foi identificado que esses ensaios não são suficientes, e precisam ser complementados com ensaios em condições reais de utilização.

**Palavras-chave:** motores de combustão interna, emissões veiculares, diesel, RDE

**Objetivo Geral**

Estudar a influência de compostos oxigenados e outros aditivos adicionados ao óleo diesel com o intuito de melhorar a qualidade das emissões de HC, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e MP na exaustão de motores diesel utilizando laboratório específico e equipamento móvel de medição de emissões gasosas e particulado em testes de campo. Espera-se demonstrar o efeito do aditivo no consumo específico e nas emissões de HC, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e MP.

**Objetivo Específico 1:** Análise teórica do efeito a adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão, (atraso de ignição, número de cetano, eficiência energética e emissões).

**Objetivo Específico 2:** Avaliar em teste de campo as influências, em situações reais de trânsito, das emissões gasosas e de material particulado do combustível óleo diesel com a adição de aditivos oxigenados e outros.

**Objetivo Específico 3:** Verificação em quais condições reais de trânsito a emissão de gases poluentes e material particulado tem maior impacto no meio ambiente.

**Objetivo Específico 4:** Análise de testes em laboratório com adição de aditivos oxigenados e outros no óleo diesel na combustão e comparação com os resultados das emissões obtidas em teste de campo.

**Bolsas**

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Eletrônica ou Mecatrônica /Mestrado	Instrumentação e controle de ensaios veiculares, durabilidade de veículos e calibração de motores.	1,2,3 e 4	DB	60	1

**Atividades de Execução**

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Avaliação das condições reais de trânsito que apresentem maiores impactos no meio ambiente	3	relatório técnico	2

Efetuar comparação dos resultados obtidos nos testes de campo com os de laboratório	4	relatório técnico	2
Elaboração de Relatórios Parciais e Final	1,2,3 e 4	relatório técnico	2
Redigir artigos para submissão em revistas científicas	2,3 e 4	Artigo Técnico	1
Redigir artigos para submissão em eventos	2,3 e 4	Artigo Técnico	2

### Cronograma de Atividades

	2023
Atividades	
Avaliação das condições reais de trânsito que apresentem maiores impactos no meio ambiente	X
Efetuar comparação dos resultados obtidos nos testes de campo com os de laboratório	X
Elaboração de Relatórios Parciais e Final	X
Redigir artigos para submissão em revistas científicas	X
Redigir artigos para submissão em eventos	X

### Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Artigo redigido e submetido a revista científica	2, 3 e 4	Comprovação da publicação do artigo	1
Artigo submetido para evento científico/Participação em congresso	2, 3 e 4	Comprovação da publicação do artigo no evento	2

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Formação de pessoal em metodologias de medição de emissões de poluentes gasosos e de MP em Laboratório e em testes de campo	2, 3 e 4	Projetos apresentados em eventos relacionados aos temas estudados neste projeto	2
Disseminação do conhecimento acumulado em revistas científicas	2, 3 e 4	No. publicações	1

Disseminação do conhecimento acumulado em eventos científicos	2, 3 e 4	No. publicações	2
Estabelecimento de parcerias com grupos de pesquisa	4	No. parcerias estabelecidas	1
Estabelecimento de parceria com empresas e/ou órgãos de meio ambiente	4	No. parcerias estabelecidas	1

**Equipe:** Valéria Pimentel, Luiz Simões, Alexandre Benevento, Decio Maia, Diogo Rapparini

### Referências bibliográficas

- [1] Miranda, G. R.; Lisboa, H. M., Bazzo, E., Hartmann, E. M., Maia, G. - Avaliação da Emissão de CO, NO E NOx na Exaustão de Motor Diesel Abastecido com Combustível Aditivado- TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 05-10, jan./jun. 2011.
- [2] Yanfeng, G.; Shenghua, L.; Hejun, G.; Tiegang, H.; Longbao, Z. Applied Thermal Engineering, Vol. 27, p. 202, 2007.
- [3] Pimentel, V.S.B - Análise e Diagnose de Diesel Geradores operando com óleo de dendê "in natura" - Tese de doutorado - COPPE/UFRJ- 2002
- [4] Ying, W.; Longbao, Z.; Zhongji, Y.; Hongyi, D. Journal of Automobile Engineering, Vol. 219, p.263, 2005.

## **Projeto 12** – 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 bioprocessos, 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 2023
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		2023	
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
			2023
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		
			2023		
Obtenção dos perfis de geração de H <sub>2</sub> , de consumo de substratos e de geração de subprodutos a partir de diferentes matérias-primas.	Selecionar a matéria-prima;	Teor de carboidratos, teor de sólidos e demanda química de oxigênio das diferentes matérias-primas.	x		
		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 13** – 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].

*Yarrowialipolytica* 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 biosurfactantes, 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, *Yarrowialipolytica*

## **Objetivo Geral**

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

**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 2023
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
			2023
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
			2023
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. Propazinedegradationbyintra- and extracelular enzymesfromPleurotusostreatus 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. *AppliedMicrobiologyandBiotechnology*, 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) anddesisopropylatrazine (DIA) degradationbyPleurotusostreatus INCQS 40310. *BiocatalysisandBiotransformation*, 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. *JournalofEnvrionmental 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 Enviromental Research and Public Health*, 2019.
- [11] Gavrelescu, M. Fate of Pesticedes in the Environment and its Bioremediation. *Pesticedes in the Environment*, v. 5, 2005.
- [12] Coelho, M.A.Z.; Amaral, P.F.F.; Belo, I. Yarrowialipolytica: 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. Yarrowialipolytica 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 Yarrowialipolytica 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 *Yarrowialipolytica*. *Biochemistry*, v. 64, no 9, p. 1061–1067, 1999.
- [17] Zinjarde, S. et al. *Yarrowialipolytica* 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 *Yarrowialipolytica*. *Chemical Engineering Transactions*, v. 27, p. 223-228, 2012.
- [20] Amaral, P.F.F.; Lehocky, M. Cell surface characterization of *Yarrowialipolytica*. [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 *Yarrowialipolytica* adhesion and immobilization onto residual plastics. *Polymers*, v. 12, no 3, p. 1–11, 2020.



## **Projeto 14 - Produção de combustíveis líquidos a partir da pirólise da biomassa**

### **Introdução**

O uso da biomassa vem sendo apontado como uma das alternativas mais promissoras para a produção de combustíveis. O desafio associado ao uso da biomassa está no desenvolvimento de tecnologias de produção de um combustível com as propriedades adequadas para uso comercial. Diferentes processos termoquímicos podem ser usados na conversão da biomassa em combustíveis sintéticos como a pirólise rápida. Nesse processo é produzido um líquido chamado bio-óleo, que apresenta em sua composição uma grande quantidade de água e uma grande variedade de compostos oxigenados. O elevado teor de água e oxigênio no bio-óleo resulta em instabilidade térmica e química, corrosividade, alta viscosidade e baixo poder calorífico que inviabilizam o seu uso como combustível. Portanto, é necessário o desenvolvimento de processos visando a melhoria da qualidade do bio-óleo. Dentre as estratégias propostas, a hidrodesoxigenação catalítica (HDO) do bio-óleo é considerada a tecnologia que apresenta maior potencial. Este processo consiste na remoção do oxigênio dos compostos presentes no bio-óleo através do seu tratamento com hidrogênio na presença de um catalisador. No entanto, para que esta tecnologia atinja o estado comercial, ainda existe uma série de barreiras a serem contornadas como: o desenvolvimento de catalisadores ativos e estáveis, melhor compreensão do mecanismo e da cinética da reação de HDO e melhor compreensão do mecanismo de formação de carbono. Atualmente, existem várias pesquisas visando o desenvolvimento de catalisadores mais adequados para esta reação. Diversos catalisadores têm sido estudados na reação de HDO. Entretanto, até o momento, ainda não há um catalisador que seja ativo, seletivo e estável nas condições da reação de HDO. Portanto, para o projeto de um catalisador adequado para a reação de HDO é importante o conhecimento do seu mecanismo. Para isso, a realização de um estudo fundamental, utilizando moléculas modelo representativas do bio-óleo, é muito importante para projetar o catalisador adequado.

**Palavras chave:** Pirólise; HDO; Bio-óleo; Biomassa lignocelulósica

### **Objetivo Geral**

Este projeto tem por objetivo o desenvolvimento de catalisadores para a reação de HDO do bio-óleo.

**Objetivo Específico 1:** Estudo do mecanismo da reação utilizando moléculas modelo representativas da fração lignina da biomassa (fenol, cresol, anisol, guaiacol).

**Objetivo Específico 2:** Estudo do mecanismo de desativação dos catalisadores, procurando determinar estratégias para aumentar a estabilidade dos catalisadores.

### **3.3.2 Bolsas**

Para o desenvolvimento deste projeto, necessitamos de uma bolsa PCI-DA com duração de 60 meses.

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quantidade
Engenharia Química ou Química / Doutorado	Catálise heterogênea	1,2	D-A	60	1

### Atividades de Execução

**Atividade 1:** Pesquisa bibliográfica.

**Atividade 2:** Preparo dos catalisadores a base de Pd suportados em  $VO_x/SiO_2$ , contendo diferentes teores de óxido de vanádio ( $x = 2,5; 5,0; 10,0; 20,0$ ).

**Atividade 3:** Caracterização dos catalisadores a base de Pd suportados em  $VO_x/SiO_2$  utilizando diferentes técnicas de caracterização para determinação da sua estrutura, porosidade, morfologia, composição química e acidez superficial.

**Atividade 4:** Testes de HDO em reator de leito fixo com os catalisadores a base de Pd suportados em  $VO_x/SiO_2$  usando moléculas modelo representativas da fração lignina da biomassa lignocelulósica.

**Atividade 5:** Caracterização dos catalisadores pós-reação.

**Atividade 6:** Preparo dos catalisadores a base de Ni suportados em  $VO_x/SiO_2$ , contendo diferentes teores de óxido de vanádio ( $x = 2,5; 5,0; 10,0; 20,0$ ).

**Atividade 7:** Caracterização dos catalisadores a base de Ni suportados em  $VO_x/SiO_2$  utilizando diferentes técnicas de caracterização para determinação da sua estrutura, porosidade, morfologia, composição química e acidez superficial.

**Atividade 8:** Testes de HDO em reator de leito fixo com os catalisadores a base de Ni suportados em  $VO_x/SiO_2$  usando moléculas modelo representativas da fração lignina da biomassa lignocelulósica.

**Atividade 9:** Caracterização dos catalisadores pós-reação.

**Atividade 10:** Preparo dos catalisadores a base de Ni suportados em  $VO_x/SiO_2$ , contendo diferentes teores de óxido de vanádio ( $x = 2,5; 5,0; 10,0; 20,0$ ).

**Atividade 11:** Caracterização dos catalisadores a base de Ni suportados em  $VO_x/SiO_2$  utilizando diferentes técnicas de caracterização para determinação da sua estrutura, porosidade, morfologia, composição química e acidez superficial.

**Atividade 12:** Testes de HDO em reator de leito fixo com os catalisadores a base de Ni suportados em  $VO_x/SiO_2$  usando moléculas modelo representativas da fração lignina da biomassa lignocelulósica.

**Atividade 13:** Caracterização dos catalisadores pós-reação.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Atividade 1	1, 2	Relatório contendo o estado da arte	1

Atividade 2	1, 2	Relatório contendo o procedimento de preparação usado	1
Atividade 3	1, 2	Relatório apresentando os resultados de caracterização realizados	1
Atividade 4	1, 2	Relatório contendo os resultados dos testes catalíticos	1
Atividade 5	1, 2	Relatório apresentando os resultados de caracterização realizados	1
Atividade 6	1, 2	Relatório contendo o procedimento de preparação usado	1
Atividade 7	1, 2	Relatório apresentando os resultados de caracterização realizados	1
Atividade 8	1, 2	Relatório contendo os resultados dos testes catalíticos	1
Atividade 9	1, 2	Relatório apresentando os resultados de caracterização realizados	1
Atividade 10	1, 2	Relatório contendo o procedimento de preparação usado	1
Atividade 11	1, 2	Relatório apresentando os resultados de caracterização realizados	1
Atividade 12	1, 2	Relatório contendo os resultados dos testes catalíticos	1
Atividade 13	1, 2	Relatório apresentando os resultados de caracterização realizados	1

### Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre
	2023
	2
Atividade 12	X
Atividade 13	X

## Produtos

**Produto 1:** Trabalhos em congresso.

**Produto 2:** Artigos em revistas.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Produto 1	1,2	Número de trabalhos apresentados em congressos	2
Produto 2	1,2	Número de artigos publicados em revistas	1

## Resultados Esperados

**Resultado 1:** Conhecimento do efeito do suporte no mecanismo da reação de HDO de moléculas modelo.

**Resultado 2:** Conhecimento do mecanismo de desativação dos catalisadores e de estratégias para aumentar a estabilidade dos catalisadores.

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Resultado 1	1	Relatório apresentando o estudo do efeito do suporte no mecanismo da reação de HDO de moléculas modelo	1
Resultado 2	1	Relatório apresentando o estudo do mecanismo de desativação dos catalisadores e de estratégias para aumentar a estabilidade dos catalisadores	1

## Equipe

Fábio Bellot Noronha

## Cadastro de Reserva

**Projeto 15** – Desenvolvimento de Metamateriais em impressão 3D para aplicação em Tecnologia Assistiva (órgãos/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/órgãos 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/órgãos pilotos, que indiquem usos otimizados das características mecânicas dos metamateriais, através da tecnologia de impressão 3D. Serão estudadas a interface entre os efeitos da microestrutura do material com a geometria da peça, especialmente

---

<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).

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 SolidworksSimulation 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 Específico4:**

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; Ensaio mecânico 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
				2023
1	Produção e testes dos protótipos selecionados	6	Artigos e materiais/produtos físicos impressos	2

2	Memória de Pesquisa	7	Proteção Intelectual; Artigos de divulgação expertise	1
---	---------------------	---	---	---

**Cronograma de Atividades:**

Atividades		2023	
1	Produção piloto e testes laboratoriais	X	
2	Memória de Pesquisa	X	X

**Produtos**

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
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	
			2023	
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 al. **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 16 - 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.

### **Palavras chave**

Tecnologia assistiva, design, equipamento médico hospitalar, design para sustentabilidade.

### **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.

## Bolsa

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

## Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			23
3. Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade que atendam aos parâmetros projetuais	5	Protótipos virtuais e físicos de soluções de design	2

## 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	Semestre
	23
	2
Desenvolvimento de soluções de design e usabilidade: Ob Esp. 5 - humanização de UTI hospitalar	x

## Produtos

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

Produtos	ObjEsp	Indicadores	Metas
			23
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, consequentemente 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., Humanscale. 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

## Projeto 17 - 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 dos Projetos da Divisão de Química, 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 peroximonossulfato 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, Química Analítica e Cromatografia a gás	1	DA	60	01

**Atividades de Execução**

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
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
	2023
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
			2023
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
			2023
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 - Separatoryfunnelliquid-liquidextraction. 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.; FRANCONI, E.; SCOFIELD, A. L.; SETTE, C. B.; VEIGA, A. Validation of Ucidescordatus 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 Metabolitos 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 18 - 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.

Especificamente a monitorização dos parâmetros de qualidade das águas naturais, efluentes industriais e etapas dos processos industriais apresentam uma necessidade de investigação crescente devido às exigências de proteção ambiental e introdução de novas tecnologias analíticas adaptáveis à indústria. As substâncias presentes em vários tipos de efluentes industriais podem ser classificadas como produtos químicos, físicos, biológicos e radiológicos.

Para o monitoramento dos metais Fe, Cu, Cr, Mn, Pb duas técnicas são tradicionalmente empregadas: a Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS) e a Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). No entanto, apresentam algumas desvantagens tais como elevados custo de análise, grande quantidade de amostra requerida e grande geração de passivos ambientais. A técnica analítica de Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total (TXRF) utiliza uma pequena quantidade de amostra ( $\leq 10\mu\text{L}$ ), que garante a formação de um filme fino e torna desnecessário métodos de correção por efeito de matriz. A alta sensibilidade alcançada ( $\mu\text{g/L}$ ), baixo custo de manutenção, pequena quantidade de consumíveis, rapidez e a versatilidade, tornaram-na uma poderosa ferramenta para a análise química. Desta forma, com a simplicidade e eficiência da técnica TXRF a sua utilização pode ter grande empregabilidade em diversos setores industriais através de quantificação de metais por exemplo na análise de efluentes industriais e de alguma etapa do processo industrial.

Para a análise de ânions e cátions ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) métodos tradicionais empregam análises por titulação e colorimetria. Essas técnicas apresentam limitações com relação às interferências elementares, dificuldade de automatização e geração de passivos ambientais pelo grande uso de reagentes. Assim, a cromatografia de íons tornou-se uma alternativa para laboratórios que necessitam analisar um grande número de amostras. A técnica permite a quantificação de cátions e ânions simultaneamente. Existe a necessidade de desenvolvimento e validação de métodos analíticos que atendam aos órgãos de fiscalização ambiental e às indústrias explorando as possibilidades

analíticas de preparação de amostras *inline* e avaliação das possibilidades das três formas de detecção (condutométrica, amperométrica e UV-visível).

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 Projetos da divisão de Química, 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 (*salviaofficinalis*) e pata-de-vaca (*bauhiniaforticata*) 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 4:** *cromatografia de íons; validação; efluentes industriais.*

#### 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 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

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

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

#### 14.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023
Avaliação das metodologias analíticas de	4	Validação das metodologias analíticas	NA

cromatografia de íons implementadas		realizadas	
Aplicação das metodologias avaliadas em amostra simulada de efluentes industriais	4	Realização da aplicação em amostras de efluentes industriais	01
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
	2023
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
			2023
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
			2023
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

### Referências Bibliográficas

#### Objetivo específico 4

- [1] Y. Xiong, Q. Wang, X. Li, S. Fang, e M. Duan, "Total Sulfur Dioxide Determination in Red Wine by Suppressed Ion Chromatography with In-Sample Oxidation and SPE", *Chromatographia*, vol. 81, nº 7, p. 1003–1011, 2018.
- [2] R. Michalski, "Ion Chromatography Applications in Wastewater Analysis", *Separations*, vol. 5, nº 1, p. 16, 2018.
- [3] Y. Bichsel e U. Von Gunten, "Determination of iodide and iodate by ion chromatography with postcolumn reaction and UV/visible detection", *Anal. Chem.*, vol. 71, nº 1, p. 34–38, 1999.
- [4] A. F. Campos e R. J. Cassella, "Determination of acetate and formate in vegetable oils by ion chromatography after multivariate optimization of the extraction process using a Doehlert design", *Food Chem.*, vol. 269, nº May, p. 252–257, 2018.

## Projeto 19 - 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 dos Projeto da Divisão de Química, 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 (*salviaofficinalis*) e pata-de-vaca (*bauhiniaforticata*) 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 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 a obtenção de produtos acabados de maior valor agregado.

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

### Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessárias à inclusão destes recursos humanos.

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	1

### Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2023
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	2	Trabalhos elaborados para eventos científicos	01
Apresentação do projeto e dos resultados dentro da divisão/instituição	2	Apresentação oral	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 2

Atividades	2023
Revisão bibliográfica – Estado da arte	x
Treinamento operacional nos equipamentos	x
Hidrodestilação das amostras	x
Caracterização química dos óleos essenciais	x
Elaboração de resumos/trabalhos completos para eventos científicos	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
			2023
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	Metas
			2023
Relevância para a sociedade: Caracterização de compostos potencialmente benéficos à saúde presentes nas frações de plantas medicinais (infusões e óleo essencial de cada espécie)*	2	-	-
Incremento da capacidade científica e tecnológica da instituição (DIQIM/INT)	2	Nº de artigos científicos publicados  Nº de resumos/trabalhos completos apresentados em eventos científicos  Nº de relatórios entregues para o orientador/supervisor do bolsista	03

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>	03
---	---	---	----

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

### Referências Bibliográficas

#### 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 20** - 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 furfúrico, 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 furfúrico (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 álcoois superiores (8-14 carbonos) podem ser aplicados como óleo base para biolubrificantes.

O álcool furfúrico (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-potcascadereactions*) 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 Engenharia química / Graduação	Catálise heterogênea	3 e 4	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 *onepot* 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 *onepot* 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 *onepot* 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
			2023
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	2023
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	Metas
			2023
Produto 1	3,4	Nº de trabalhos aprovados em congressos/ eventos científicos	1
Produto 2	3,4	Nº de submissões de artigos científicos	1

### Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023

Desenvolvimento catalisadores ativos, seletivos e estáveis para conversão de pentoses derivadas de biomassa lignocelulósica em ésteres levulinatos com propriedades lubrificantes	3,4	Nº de catalisadores desenvolvidos	2
Consolidação da capacitação técnico-científica em aproveitamento de biomassas lignocelulósicas residuais	3,4	Nº de publicações totais	1

## Projeto 21 - 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 / Mestre ou Doutor	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
			2023
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 2023:

Atividades	Semestre	
	2023	
	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 Zhong 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.