

## **CENTRO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS DO NORDESTE**

Coordenação de Gestão Administrativa

### **RELATÓRIO DO TERMO DE COMPROMISSO DE GESTÃO 2022**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O ano de 2022 foi marcado pela volta das atividades presenciais no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE, unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, que ocorreu gradativamente, de acordo com a situação da pandemia. Diferentemente do ocorrido nos anos anteriores, em 2022, o atendimento tecnológico e a interação com a comunidade científica pôde ser retomada.

O CETENE deu continuidade à priorização de linhas de pesquisa associadas ao desenvolvimento da Região Nordeste. Ao longo do ano, 18 novos bolsistas PCI iniciaram suas atividades na Instituição.

O CETENE vem ampliando o acesso dos usuários ao Sistema de Atendimento Multiusuário, através de sua Plataforma de Serviços (<https://multiusuario.CETENE.gov.br/login>), apoiado pelo Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) e pelo programa FACEPE Multiusuário, da Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco.

Complementando as iniciativas de ampliação dos serviços tecnológicos, no dia 24 de outubro, o CETENE tornou-se uma das oito instituições a ingressar no ecossistema de unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII). O anúncio foi feito em cerimônia realizada no Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), em Brasília (DF). Na EMBRAPII, a atuação será no segmento de Biotecnologia aplicada à Micropropagação de Culturas Vegetais. Juntas, os centros de pesquisa selecionados terão disponível um aporte no valor de R\$ 27,8 milhões em recursos para atuar em projetos de inovação. Além disso, existe expectativa pela geração de mais de R\$ 75 milhões em recursos privados. Com relação às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), o CETENE obteve resultados nas seguintes linhas de pesquisa, abaixo listadas por Programa de Desenvolvimento Tecnológico:

#### **I Nanotecnologia**

##### **A. Biomateriais**

1. Avaliação Do Crescimento Celular Sobre Estruturas Nanotubulares;
2. Desenvolvimento de Superfícies Biomiméticas em Ligas de Titânio com Hidroxiapatita / Quitosana/Cinamaldeído para Produção de Implantes Dentários;
3. Desenvolvimento de Extensores Auriculares (STENTS) Modificados Superficialmente para o Tratamento de Estenose do Canal Auditivo;
4. Nanossistemas Bioativos para Aplicação Tópica em Afecções Oculares;
5. Nano-Scaffolds Impressos por Tecnologia 3D para Atuar como Modelo de Córnea Artificial;

##### **B. Produção de Hidrogênio**

1. Desenvolvimento de Sistemas Fotoeletroquímicos para Produção de Hidrogênio;
2. Eletrodos baseados em nanotubos de TiO<sub>2</sub> modificados com nano-óxidos ternários para geração de hidrogênio fotoeletroquímica;

3. Desenvolvimento de planta piloto eficiente e de baixo custo para a produção de hidrogênio por rota fotoeletroquímica;
4. Desenvolvimento de Fotocatalisadores para produção de hidrogênio com Nanotubos TiO<sub>2</sub> suportados em Ti com MoS<sub>2</sub> Quantum Dots;
5. Fabricação de Eletrodos Eficientes para Eletrólise da Água Através do método de Grafeno Induzido por Laser (LIG);

### C. Células Solares

1. Síntese de Nanocristais de perovskita para conversão de energia;
2. Preparação de Perovskitas Modificadas do tipo CsPb<sub>x</sub>B<sub>1-x</sub>X<sub>3</sub> e CsSn<sub>x</sub>B<sub>1-x</sub>X<sub>3</sub> para o Desenvolvimento de Células Solares;
3. Obtenção de novas metodologias de processamento e obtenção de materiais utilizando campo elétrico aplicado;
4. Contraeletrodos de grafeno induzidos a laser para confecção de células solares de perovskitas;
5. Preparo de células solares de perovskita com diferentes materiais nas camadas transportadoras de cargas como otimizadores de interfaces;

### D. Tratamento de Efluentes

1. Matrizes nanotubulares para tratamento de águas residuais através da fotodegradação e mineralização;

## **II Biotecnologia**

### A. Biofábrica

1. Desenvolvimento de protocolos e processos para dar suporte a micropropagação em larga escala de cana-de-açúcar e outras espécies vegetais visando dar apoio às cadeias produtivas da Região Nordeste;
2. Matrizes superiores de *Saccharum officinarum* na formação do Jardim Clonal com interesse para a cultura de tecidos;
3. Extração de óleos essenciais de plantas com ocorrência no bioma Caatinga: Foco em estratégias para inovar, valorizar e proteger;
4. Obtenção, identificação e caracterização de compostos de interesse biológico e comercial em óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga: Comparação entre cultivares de espécies do gênero *Ocimum*;
5. Desenvolvimento de protocolos e processos para dar suporte a micropropagação em larga escala de cana-de-açúcar e outras espécies vegetais visando dar apoio a cadeias produtivas da Região Nordeste;  
Subprojeto: Desenvolvimento de protocolos para a micropropagação em larga escala das espécies vegetais endêmicas do semiárido do Nordeste brasileiro como: licuri (*Syagrus coronata* Mart.), macaúba (*Acrocomia aculeata* Jacq.), catolé (*Syagrus cearensis* Noblick), munguba (*Pachira aquática* Aubl.), moringa (*Moringa oleifera* Lam.), guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) e crambe (*Crambe abyssinica* Hochst);
6. Matriz de Nanopartículas para Encapsulamento e Liberação Controlada de Nanonutrientes na Cana-de-açúcar;
7. Nanotecnologia aplicada a micropropagação de espécies de cana-de-açúcar;
8. Nanopartículas de carbon dot com encapsulamento de peróxido de hidrogênio – carregadas por *Trichoderma* sp. no manejo de doenças quarentenárias da bananeira;
9. Desenvolvimento de Soluções Tecnológicas para o Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais para Fins Energéticos;  
Subprojeto: Geração De Biogás/Biometano e Biofertilizantes a Partir de Resíduos Agroindustriais de Casca de Coco e Bananeira;
10. Produção de Biocombustíveis a Partir de Diferentes Espécies Vegetais da Caatinga Brasileira, Catalisadas com Nanoredes Metal-Orgânicas e Óxidos Nanoestruturados;
11. Desenvolvimento, otimização e implementação de métodos analíticos em cromatografia para purificação, caracterização, identificação, determinação e quantificação de biomoléculas com alto valor agregado;

12. Desenvolvimento e otimização de métodos analíticos para purificação, caracterização, identificação, determinação e quantificação de moléculas de interesse socioeconômico acompanhados por GC-MS, GC-FID, HPLC, LC-MS e UPLC;

#### B. Mata Atlântica

1. Efeito do Fotoautotrofismo na Rustificação de Espécies Arbóreas Micropropagadas: Aspectos de Produção para Conservação da Biodiversidade;
2. Propagação *in vitro* de espécies arbóreas de interesse socioeconômico e ecológico da Mata Atlântica;
3. Efeito da Superação da Dormência de Diferentes Espécies da Mata Atlântica Visando a Otimização de Produção de Mudanças *In Vitro* e *In Vivo*;
4. Restaurar sem conhecer? A relevância das coleções botânicas na conservação e recuperação de áreas degradadas;
5. Propagação *in vitro* de espécies ameaçadas de extinção do bioma Mata Atlântica;

#### C. Pró-Mangue

1. Avaliação de técnicas de detecção da presença de microplástico em plantas de áreas de mangue;
2. Sequestro de partículas plásticas em ambientes aquáticos nos manguezais;
3. Estabelecimento de estratégias biotecnológicas para recuperação de área de manguezal;

#### D. Biosurfactante

1. Otimização de processos de produção e caracterização de moléculas biosurfactantes por leveduras a partir de resíduos agroindustriais;

#### E. Produção de Bioplástico

1. Otimização da Produção Bacteriana de Membranas Plásticas (PHA)- Caracterização e Estudo do Potencial Antimicrobiano;
2. Produção, extração e caracterização de polihidroxialcanoatos (PHAs) a partir de micro-organismos fotossintetizantes destinados a produção de bioplásticos;
3. Melhoramento da síntese do PHA através da edição genômica dirigida pela ferramenta CRISPR/Cas9;

#### F. Diagnose Vegetal:

1. Viabilidade e estabelecimento de uma plataforma para diagnose da mancha-angular do melão utilizando a tecnologia microfluídica em papel (Lab-on-Paper);
2. Produção de uma plataforma para fitodiagnose utilizando a tecnologia Lab-on- paper: Identificação de *Xanthomonas* sp em cultivares do Nordeste;
3. Produção de uma plataforma para fitodiagnose utilizando a tecnologia Lab-on-paper;

#### G. Bioprocessos

1. Desenvolvimento de estratégias de diagnóstico molecular do raquitismo-da-soqueira e escaldadura das folhas em cana-de-açúcar baseada em métodos proteômicos e metabolômicos;
2. Avaliação da fidelidade genética e diagnóstico molecular do raquitismo-da-soqueira e escaldadura das folhas em diferentes variedades de cana-de-açúcar;
3. Avaliação da fidelidade genética e diagnose fitossanitária de variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* sp.) propagado *in vitro*;
4. Biossolubilização de fosfato e potássio por fungos do solo;
5. Desenvolvimento de tecnologia baseada em bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) com ação bioestimulante e biobactericida em cana-de-açúcar;
6. Desenvolvimento e caracterização de compostos bionanoestruturados aplicados à agricultura;
7. Identificação de isolados de fungos nematófagos para produção de bionematicida;

8. Bionematicida para o controle dos nematoides das galhas em espécies de importância agrícola;

### **III Computação Científica**

1. Desenvolvimento de ferramentas de Inteligência Artificial para processamento de sinais diversos e processamento de dados genéticos.

Os principais resultados para o ano de 2022 estão apresentados por núcleo de competência, como mostrados a seguir.

## **2. RESUMO DOS RESULTADOS DE PD&I**

### **I. NANOTECNOLOGIA**

O Laboratório de Materiais Nanoestruturados (LMNano) do CETENE idealiza projetos de PD&I, concentrados em quatro grupos de pesquisa: Biomateriais, Produção de hidrogênio; Células solares e Tratamento de efluentes, conforme descrito abaixo.

#### **A. BIOMATERIAIS**

##### 1. Avaliação do Crescimento Celular sobre Estruturas Nanotubulares

A necessidade de substituir o tecido ósseo perdido ou mesmo dentes com outros materiais exige que o mercado tecnológico produza soluções mais adequadas e confortáveis ao paciente. Os implantes metálicos trazem diversos benefícios à população, é o caso dos implantes dentários, capazes substituir estruturas dentárias que tenham sofrido dano ou destruição devido a traumas ou patologias. Porém, dentre as complicações que podem levar a falhas no estabelecimento dos implantes, as infecções têm sido reportadas como uma das principais causas, o que implica em antibioticoterapia prolongada ou remoção cirúrgica, elevando os custos associados ao tratamento.

Dessa forma, a funcionalização da superfície dos implantes, pode ser uma solução promissora para promover uma melhor osseointegração. O dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) é um excelente material para aplicação como implante metálico devido sua alta biocompatibilidade, resistência à corrosão e módulo de elasticidade compatível com o osso. Nesse contexto o projeto apresentado visa decorar e funcionalizar nanotubos de TiO<sub>2</sub> criando uma matriz biomimética através do revestimento dessas superfícies com nanopartículas de prata e colágeno, através de métodos eletroquímicos e sistemas de automontagem de multicamadas. Com isso será elaborada uma nova estratégia para o desenvolvimento de implantes metálicos, aperfeiçoando a sua aplicação em pessoas que sofreram perda dentária e que apresentam os requisitos necessários para a utilização de um implante.

Considerando-se a demanda nacional por implantes dentários, é esperado que a população necessite de novas alternativas mais eficazes no processo de implante que geram muitas vezes, processos inflamatórios. Assim, com o desenvolvimento dessa tecnologia será possível atender a essa demanda de forma a reduzir os custos de recolocação e as perdas devido aos processos inflamatórios. Neste contexto, este projeto visa obter uma modificação superficial dos implantes dentários assim como uma das metas é caracterizar o produto obtido para implementação no mercado de implantes. Assim, ao final do projeto será possível proporcionar uma opção para reduzir os custos associados aos procedimentos em implantes dentários, melhorando a qualidade de vida dos pacientes. Resultados alcançados: o projeto encontra-se em desenvolvimento com seis pesquisadoras PCI e atualmente está em fase de testes em protótipo de implante dentário em nível de TRL 3.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Almerinda Agrelli (PCI-DA); Audrey Nunes de Andrade (PCI-DB); Carina Lucena Mendes-Marques (PCI-DA); Isabel Renata de Souza Arruda (PCI-DA); Luzia Rejane Lisbôa Santos (PCI-DB); Rayane Cristine Santos da Silva (PCI-DA); Victor Hugo Fideles Camurça (IC PIBIC-FACEPE).

## 2. Desenvolvimento de Superfícies Biomiméticas em Ligas de Titânio com Hidroxiapatita / Quitosana/Cinamaldeído para Produção de Implantes Dentários

Os implantes dentários são capazes de substituir estruturas dentárias que tenham sofrido dano ou destruição devido a traumas ou patologias. Porém, dentre as complicações que geram falhas no estabelecimento dos implantes, as infecções têm sido reportadas como uma das principais causas, implicando em antibioticoterapia prolongada ou remoção cirúrgica, elevando os custos associados ao tratamento.

Dentre os materiais empregados para a fabricação de dispositivos médicos implantáveis, o dióxido de titânio e suas ligas têm se mostrado excelentes materiais devido à sua alta biocompatibilidade, resistência à corrosão e módulo de elasticidade compatível com o osso. No entanto, o titânio é um material inerte e a sua ligação com o tecido ósseo se torna dificultada pela fraca interação célula-implante, o que tem conduzido a investigação por estratégias que aperfeiçoem o processo de osseointegração. Modificações superficiais visam promover uma topografia semelhante à estrutura óssea e a funcionalização com moléculas biológicas acarretam na bioativação dessa superfície.

A hidroxiapatita, por exemplo, tem sido utilizada no revestimento do titânio devido à sua propriedade osteoindutiva, além disso, moléculas como quitosana e cinamaldeído são reportadas por possuírem grande potencial antimicrobiano e antibiofilme. O cinamaldeído também é descrito como promotor da osteogênese, inibindo a osteoclastogênese. Nesse contexto, o projeto apresentado visa funcionalizar nanotubos de ligas de titânio criando uma matriz biomimética através do revestimento dessas superfícies com hidroxiapatita, quitosana e cinamaldeído, utilizando métodos eletroquímicos, sistemas de automontagem de multicamadas e nanoemulsões, para promover a ligação, proliferação e disseminação celular, aumentando a ancoragem do implante ao tecido ósseo e inibindo a infecção bacteriana.

O projeto envolve uma extensa rede multidisciplinar, daí a necessidade de se aliar diferentes competências científicas oriundas de cada um dos grupos participantes. Resultados alcançados: a liberação dos recursos para o desenvolvimento deste projeto ocorreu em maio de 2022. A partir de então, foi iniciado o processo de aquisição de equipamentos de capital permanente, bem como implementação de bolsas e contratação de técnicos específicos para atuarem na execução do projeto.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Almerinda Agrelli (PCI-DA); Audrey Nunes de Andrade (PCI-DA); Bruna Gomes Maciel (Bolsista FUNDEP); Carina Lucena Mendes-Marques (PCI-DA); Isabel Renata de Souza Arruda (PCI-DA); Luzia Rejane Lisboa Santos (PCI-DB); Niédja Fittipaldi Vasconcelos (PCI-DA); Pedro Luiz de França Neto (DTI); Rayane Cristine Santos da Silva (PCI-DA); Vitória Maria Gomes Pereira (IC-FINEP).

## 3. Desenvolvimento de Extensores Auriculares (Stents) Modificados Superficialmente para o Tratamento de Estenose do Canal Auditivo

A estenose do canal auditivo pode ser ocasionada por processos inflamatórios crônicos, traumas ou ainda de forma congênita, representando uma anormalidade clínica associada a perda auditiva condutiva e colesteatoma. O tratamento é feito por meio cirúrgico, através da remoção do excesso de tecido presente no canal auditivo, porém a taxa de reestenose é bastante frequente.

Na tentativa de promover uma melhor qualidade de vida para o paciente, estudos vêm sendo conduzidos para desenvolver dispositivos que venham a ser colocados no canal auditivo impedindo o fechamento do mesmo, porém a produção de dispositivos biocompatíveis e que se integrem ao tecido do paciente permanece um desafio. Nesse contexto, o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) é um excelente material para aplicações biomédicas, devido a sua alta biocompatibilidade, resistência à corrosão e módulo de elasticidade compatível com o osso.

Além disso, é possível aplicar diferentes tratamentos de funcionalização na superfície do metal, permitindo a otimização da sua biocompatibilidade e promovendo a bioativação da superfície. Diante do apresentado, este projeto visa funcionalizar nanotubos de  $\text{TiO}_2$  criando uma superfície biomimética através da integração desses nanotubos com uma matriz de hidroxiapatita, nanopartículas de prata, óxido de grafeno e filmes finos de PMMA.

Com isso será elaborada uma nova estratégia para o desenvolvimento de funcionalização superficial de *stents* auriculares, aperfeiçoando a sua aplicação em pessoas que sofrem de estenose do canal auditivo. O projeto permitirá a consolidação de parcerias entre as instituições envolvidas, permitindo o intercâmbio de conhecimento entre os grupos de pesquisa e o avanço científico-tecnológico brasileiro com o desenvolvimento de produtos nacionais de alta qualidade. Resultados alcançados: o projeto encontra-se em desenvolvimento com uma aluna de mestrado e até o momento foi realizada síntese, caracterização e perfil de atividade antimicrobiana do óxido de grafeno, nível de TRL 2.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Almerinda Agreli (PCI-DA); Audrey Nunes de Andrade (PCI-DA); Carina Lucena Mendes-Marques (PCI-DA); Isabel Renata de Souza Arruda (PCI-DA); Luzia Rejane Lisbôa Santos (PCI-DB); Niédja Fittipaldi Vasconcelos (PCI-DA); Rayane Cristine Santos da Silva (PCI-DA); Maria Eduarda Colaço Mesquita da Silva (Bolsista- CNPq Mestrado).

#### 4. Nanosistemas Bioativos para Aplicação Tópica em Afecções Oculares

O tratamento medicamentoso das afecções oculares é indispensável para combater os processos inflamatório e infeccioso. Esse tratamento pode ser por via sistêmica ou por via tópica. Entretanto, a administração sistêmica para o tratamento de afecções oculares de medicamentos exige altas doses para ter um efeito terapêutico, o que pode causar potencial toxicidade ao indivíduo. Os colírios são a escolha de tratamento para muitas doenças oculares, representando 90% dos produtos comercializados no mercado global de medicamentos oftálmicos.

Quando um colírio é aplicado, a fisiologia e anatomia do olho impedem a penetração do fármaco no globo ocular, proporcionando baixa biodisponibilidade do princípio ativo. Apenas 5% da dose administrada consegue alcançar a câmara ocular e desempenhar sua função terapêutica. Além disso, vários fármacos utilizados na oftalmologia apresentam uma reduzida solubilidade em meio aquoso, inviabilizando a sua incorporação em veículos convencionais, como os excipientes aquosos. A fim de contornar os problemas com a administração de drogas oculares, os nanosistemas oculares (NSO), baseados em nanotecnologia, estão sendo explorados para aumentar a biodisponibilidade do fármaco pelo olho.

Uma vez que a concentração suficiente da droga prevaleça na câmara ocular anterior, as drogas anti-inflamatórias e antibióticas podem direcionar os receptores correspondentes para promover a cura em um tempo significativamente menor e diminuir os sintomas causados pelo processo inflamatório, levando ao paciente a ter um alívio mais rápido da dor e do desconforto causado pela doença. O objetivo do projeto consiste no desenvolvimento de nanosistemas oculares bioativos para ser aplicado no tratamento de conjuntivite bacteriana.

O projeto está sendo executado em três etapas, sendo a primeira etapa finalizada em 2022, a qual foi direcionada ao estudo dos parâmetros para obtenção das nanoemulsões e o desenvolvimento das formulações oftálmicas. A segunda etapa será destinada a incorporação do fármaco lipossolúvel nos nanosistemas oculares, avaliando sua dosagem terapêutica e a terceira e última etapa abrangerá os estudos biológicos (in vitro) de ambas as formulações oftálmicas (com e sem o fármaco) obtidas nas etapas anteriores. Resultados alcançados:

Os resultados obtidos nesta primeira etapa do projeto se mostraram promissores, pois exibiu gotículas em diâmetro nanométrico. Os surfactantes utilizados são aprovados pela Food and Drug Administration (FDA) e tendem a apresentar baixa toxicidade (mesmo em alta concentração), prevendo que as nanoemulsões formuladas serão biocompatíveis. As próximas etapas deste projeto contam com o apoio da FACEPE na

formação de estudantes de graduação, aprovado no Edital PIBIC/FACEPE 05/2022. No aspecto científico, os resultados obtidos das formulações do colírio a base de nanoemulsão contribuíram para a elaboração de novos projetos de pesquisa, voltados ao desenvolvimento ou aprimoramento de processos nanotecnológicos associados a fármacos destinados à saúde ocular, que participaram de editais estratégicos promovidos pelo CNPq e MCTI/FNDCT. Atualmente, o projeto está em nível de TRL 3.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Niédja Fittipaldi Vasconcelos (PCI-DA); Priscilla Stela Santana de Oliveira (PCI-DA); Rayane Cristine Santos da Silva (PCI-DA); Rafael Padilha Ferraz de Souza (IC PIBIC-FACEPE).

#### 5. Nano-Scaffolds Impressos por Tecnologia 3D para Atuar como Modelo de Córnea Artificial

A perda da visão pode ser causada por inúmeros fatores, dentre eles a disfunção na córnea, que é responsável pela transmissão e reflexão da luz para focar na retina. Essa disfunção pode ser causada por traumas, ulcerações ou infecções bacterianas, que quando atingem o endotélio da córnea (provocando perda das células endoteliais), o organismo humano não consegue reparar de forma íntegra esse tecido, provocando a cegueira parcial ou completa.

Até 2021, mais de 10 milhões de indivíduos no mundo têm sido afetados por problemas na córnea e a única solução para restaurar a visão do paciente é o transplante por doadores humanos. No entanto, a disponibilidade de córneas doadoras adequadas é um grande problema enfrentado em muitos países. No Brasil, os dados divulgados em 2019 pela Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos (ABTO) registraram mais de 10 mil brasileiros na espera para realizar transplante de córnea, sendo a segunda maior demanda por transplante de órgãos no País.

Com base nos dados do Ministério da Saúde, no período de 2015 a 2020, o Sistema Único de Saúde (SUS) gerou despesas de mais de 40 milhões apenas com transplantes de córnea. Portanto, há uma necessidade urgente de encontrar soluções alternativas e com isso, pesquisas nas áreas de nanotecnologia, materiais poliméricos e engenharia de tecidos (tecnologia por impressão 3D e células) vêm sendo associadas para desenvolver biomateriais biocompatíveis, que possam substituir a córnea danificada.

Este projeto tem como objetivo obter um nano-scaffold impresso por tecnologia 3D, a partir da reticulação em camadas sobrepostas de polímeros sintéticos e naturais, bem como a formação de biotintas, para ser aplicado como substituto ideal da córnea humana. Além de diminuir o tempo de espera dos pacientes e contribuir na qualidade de vida dos transplantados, o avanço no desenvolvimento do modelo de córnea artificial contribuirá para o desenvolvimento de métodos alternativos ao uso de animais de experimentação, recentemente aprovado pela ANVISA.

Resultados alcançados: foi obtido hidrogel polimérico com características físicas adequadas para bioimpressão 3D por microextrusão. Os resultados foram concisos e ideais para avanço do projeto e alcance de um modelo de córnea artificial. Atualmente, o projeto está em nível de TRL 2.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Niédja Fittipaldi Vasconcelos (PCI-DA); Priscilla Stela Santana de Oliveira (PCI-DA).

#### **PROJETOS APROVADOS EM 2022**

##### Desenvolvimento de Extensores Auriculares (Stents) Modificados Superficialmente para o Tratamento de Estenose do Canal Auditivo

Órgão: CNPq-APQ/FNDCT

Processo: 421739/2022-3

Vigência: 15/12/2022 a 30/06/2024 (18 meses)

Bolsas: R\$79.200,00

Despesas de Custeio: R\$ 82.962,00

Capital permanente: R\$ 0,00

Valor Total: R\$ 162.162,00

Desenvolvimento de Superfícies Biomiméticas em Ligas de Titânio com Hidroxiapatita / Quitosana/Cinamaldeído para Produção de Implantes Dentários

Órgão: FINEP

Processo: 0071/21

Vigência: 18/04/2022 a 18/04/2025 (36 meses)

Recursos Humanos/Bolsas: R\$ 577.103,64

Despesas de Custeio: R\$ 311.209,36

Capital permanente: R\$ 525.017,34

Serviços de Pessoa jurídica e Outras despesas: R\$ 446.491,15

Valor Total: R\$ 1.859.821,49

Inovafarma PE+: Lócus de Inovação Tecnológica da Indústria Farmacêutica de Pernambuco

(Cooperação em projetos externos, envolvendo Universidade de Pernambuco (UPE), o Laboratório Farmacêutico do Estado de Pernambuco Governador Miguel Arraes (LAFEPE), o Aché Laboratórios Farmacêuticos e o CETENE)

Órgão: FACEPE

Processo: APQ-0177-4.03/22

Vigência: 15/04/2022 a 14/04/2023 (12 meses)

Valor Total: R\$ 100.000,00

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Audrey Nunes de Andrade (PCI-DA); Luzia Rejane Lisboa Santos (PCI-DB); Niédja Fittipaldi Vasconcelos (PCI-DA); Priscilla Stela Santana de Oliveira (PCI-DA).

## **EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS POR PROJETOS**

- Sistema de Filtração de Água Ultrapura (Milli-Q) – Equipamento adquirido através de edital FACEPE MULTIUSUÁRIOS (APQ-1237-1.06/2), no valor de R\$ 61.109,75
- Cabine de Segurança Microbiológica Classe II A – Equipamento adquirido através de edital FACEPE MULTIUSUÁRIOS (APQ-1237-1.06/2), no valor de R\$ 27.135,00
- Ângulo de contato – Equipamento adquirido através do Edital FINEP/CETENE/Materiais Avançados-0071-Implantes, no valor de R\$ 176.480,00
- Balança Analítica – Equipamento adquirido através do Edital FINEP/CETENE/Materiais Avançados-0071-Implantes, no valor de R\$ 39.000,00
- Refrigerador – Equipamento adquirido através do Edital FINEP/CETENE/Materiais Avançados-0071-Implantes, no valor de R\$ 4.390,00
- Bioimpressora 3D – Equipamento adquirido através do Edital FINEP/CETENE/Materiais Avançados-0071-Implantes, no valor de R\$ 40.600,00
- Turbidímetro/Densitômetro – Equipamento adquirido através do Edital FINEP/CETENE/Materiais Avançados-0071-Implantes, no valor de R\$ 3.129,75
- Microfluidizador de alta pressão – Equipamento adquirido através do Edital FINEP/CETENE/Materiais Avançados-0071-Implantes, no valor de R\$ 183.287,84

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

Artigos Científicos

- AGRELLI, A.; VASCONCELOS, N.F.; SILVA, R.C. S.; MENDES-MARQUES, C.L.; ARRUDA, I.R.S.; OLIVEIRA, P. S. S.; SANTOS, L.R. L.; ANDRADE, A.N.; MOURA, R.R.; BERNARDO-MENEZES, L.C.; SILVA, N.P.; MACHADO, G. Peptides for Coating TiO<sub>2</sub> Implants: An In Silico Approach. INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES, v. 23, p. 14048, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms232214048>



- BERNARDO-MENEZES, L. C.; AGRELLI, A.; DE OLIVEIRA, A. S. L. E.; DE MOURA, R. R.; CROVELLA, S.; BRANDÃO, L. A. C. An overview of Zika virus genotypes and their infectivity. *SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA TROPICAL*, v. 55, p. e0263, 2022. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0263-2022>
- DE OLIVEIRA, A. S. L. E.; BLOISE, G.; COELHO, A. V. C.; AGRELLI, A.; MOURA, R.; CROVELLA, S.; BRANDAO, L. A. C. Transcriptome Meta-Analysis Confirms the Hidradenitis Suppurativa Pathogenic Triad: Upregulated Inflammation, Altered Epithelial Organization, and Dysregulated Metabolic Signaling. *BIOMOLECULES*, v. 12, p. 1371, 2022. <https://doi.org/10.3390/biom12101371>
- DA SILVA, R. C. S.; ARRUDA, I. R. S.; MALAFAIA, C. B.; DE MORAES, M. M.; BECK, T. S.; DA CAMARA, C. A. G.; DA SILVA, N. H.; DA SILVA, M. V.; DOS SANTOS CORREIA, M. T.; FRIZZO, C. P.; MACHADO, G. Synthesis, characterization and antibiofilm/antimicrobial activity of nanoemulsions containing Tetragastris catuaba (Burseraceae) essential oil against disease-causing pathogens. *Journal Of Drug Delivery Science And Technology*, v. 67, p. 102795, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102795>
- DE VASCONCELOS, L. M.; VASCONCELOS, N. F.; LOMONACO, D.; DE FREITAS ROSA, M.; RODRIGUEZ-CASTELLON, E.; ANDRADE, F. K.; VIEIRA, R. S. Microwave-assisted periodate oxidation as a rapid and efficient alternative to oxidize bacterial cellulose wet membrane. *Polymer Bulletin*, p. 1-21, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00289-022-04617-0>
- FALCÃO, C. M. C.; ANDRADE, A.; HOLANDA, V. N.; FIGUEIREDO, R. C. B. Q.; XIMENES, E. A.; GOMES, A. S. L. Activity of poly(methacrylic acid)-silver nanoparticles on fluconazole-resistant strains: Synergistic and cytotoxic effects. *JOURNAL OF APPLIED MICROBIOLOGY*, v. 00, p. 1, 2022. <https://doi.org/10.1111/jam.15542>
- FUENMAYOR, C.; DA SILVA, D. A.; KLOCK, U.; LENGOWSKI, E. C.; DE ANDRADE, A. S.; JÚNIOR, E. A. B.; SANTOS, L. R. L. (2022). Influence of the addition of microcrystalline cellulose (MMC) on structural properties of cellulose nanofibrils (NFC) suspensions and films. *CERNE*, 28(1). <https://doi.org/10.1590/01047760202228013077>
- MOURA, R.; BRANDÃO, L. A. C.; MOLTRASIO, C.; AGRELLI, A.; TRICARICO, P.; MARONESE, C. A.; CROVELLA, S.; MARZANO, A. V. Different molecular pathways are disrupted in Pyoderma gangrenosum patients and are associated with the severity of the disease. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2353711/v1> (preprint)
- SANTOS, L.R.L.; LEAL, D.A.; MARINO, C.E.B.; IZABEL C. Riegel-Vodotti, pH-triggered release of tannic acid as green corrosion inhibitor for carbon steel, *MATER. TODAY COMMUN.* 31 (2022) 103730. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103730>
- SILVA, R. C. S.; AGRELLI, A.; ANDRADE, A. N.; MENDES-MARQUES, C. L.; ARRUDA, I. R. S.; SANTOS, L. R. L.; VASCONCELOS, N. F.; MACHADO, G. Titanium Dental Implants: An Overview of Applied Nanobiotechnology to Improve Biocompatibility and Prevent Infections. *MATERIALS*, v. 15, p. 3150, 2022. <https://doi.org/10.3390/ma15093150>

#### Resumos em Congresso

- DANTAS, T.F.; SA, R.A.Q.C.; LINS, H.T.S.; MENDES-MARQUES, C.L.; OLIVEIRA, M.B.M. APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS CONTRA BACTÉRIAS MULTIDROGA RESISTENTES E FORMADORAS DE BIOFILME. *In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS 2022, RIO DE JANEIRO, 2022. ISBN: 978-65-00-58759-3*
- LINS, H. T. S.; DANTAS, T. F.; SA, R. A. Q. C.; MENDES-MARQUES, Carina Lucena; OLIVEIRA, M. B. M.. LIPOSSOMAS COMO CARREADORES DE FÁRMACOS. *In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS 2022, RIO DE JANEIRO, 2022. ISBN: 978-65-00-58759-3*
- MENDES-MARQUES, C.L; SILVA, R.C.S.; AGRELLI, A. VASCONCELOS, N.F.; OLIVEIRA, M.B.M.; MACHADO, G. NANOEMULSÕES COMO SISTEMAS DE DRUG DELIVERY PARA O CONTROLE DE BIOFILMES BACTERIANOS. *In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS 2022, RIO DE JANEIRO, 2022. ISBN: 978-65-00-58759-3*
- SILVA, R.C.S.; BECK, T. S.; ANJOS, K. F. L.; ARRUDA, I. R. S. ; FRIZZO, C. P. ; MACHADO, G. . Imobilização de Líquidos Iônicos em Nanotubos de TiO<sub>2</sub>: Uma Nova Estratégia para Promover a Osseointegração de Implantes. *In: Congresso de Biomateriais 2022 – BIOMAT22., 2022, Rio de Janeiro. CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS, 2022. ISBN: 978-65-00-58759-3*

#### Apresentação de Trabalhos em Congresso

- ANDRADE, A. N.; SANTOS, L. R. L.; MACHADO, G. DESENVOLVIMENTO DE NANOTUBOS DE TITÂNIO POR VIA ELETROQUÍMICA, DECORADOS COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA E SINVASTATINA PARA APLICAÇÕES EM IMPLANTODONTIA. *In*: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS 2022
- MENDES-MARQUES, C.L; SILVA, R.C.S.; AGRELLI, A.; VASCONCELOS, N.F.; OLIVEIRA, M.B.M.; MACHADO, G. NANOEMULSÕES COMO SISTEMAS DE DRUG DELIVERY PARA O CONTROLE DE BIOFILMES BACTERIANOS. *In*: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS 2022
- SILVA, R.C.S.; BECK, T. S. ; ANJOS, K. F. L. ; ARRUDA, I. R. S. ; FRIZZO, C. P. ; MACHADO, G. . Imobilização de Líquidos Iônicos em Nanotubos de TiO<sub>2</sub>: Uma Nova Estratégia para Promover a Osseointegração de Implantes. *In*: Congresso de Biomateriais 2022 – BIOMAT22., 2022, Rio de Janeiro. CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOMATERIAIS, 2022

## Orientações

- Ana Sofia Lima Estevão de Oliveira. ANÁLISE GENÉTICA EM PACIENTES DA MESMA FAMÍLIA COM HIDRADENITE SUPURATIVA. Início: 2018. Tese – Doutorado em Pós-graduação em Biologia Aplicada à Saúde – Universidade Federal de Pernambuco. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (Coorientador: AGRELLI, A.)
- Hévellin Talita Sousa Lins. Atividade antimicrobiana de nanopartículas de prata sobre isolados de *Vibrio* spp. obtidos de ambientes aquáticos impactados pelo estado de Pernambuco. Início: 2022. Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Ciências Biológicas (CB) – Universidade Federal de Pernambuco, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (Coorientador: MENDES-MARQUES, C. L.)
- Tainara Fernandes Dantas. Análise antimicrobiana e antibiofilme de nanopartículas em isolados clínicos bacterianos multidroga resistentes. Início: 2022. Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Ciências Biológicas (CB) – Universidade Federal de Pernambuco, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (Coorientador: MENDES-MARQUES, C. L.)
- Maria Eduarda Colaço Mesquita da Silva. Bioativação de stent auricular através de modificação superficial com óxido de grafeno. Início: 2022. Dissertação, Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Materiais (PPGMtr) – Universidade Federal de Pernambuco, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE). (Coorientadoras: Santos, L. R. L. e Silva, R. C. S.)
- Víctor Hugo Fideles Camurça. Síntese de Nanotubos com apatita para biomimetização de implantes dentários. Início: Setembro/2022. PIBIC/FACEPE. Universidade Federal de Pernambuco, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE). (Orientadora: Santos, L. R. L.)
- Rafael Padilha Ferraz de Souza. Nanosistemas bioativos para o tratamento tópico de afecções oculares. Início: Setembro/2022. PIBIC/FACEPE (nº do processo BIC-1348-9.06/22). Universidade Federal de Pernambuco, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE). (Orientadora: Vasconcelos, N. F.)
- Rauã Bezerra da Silva. Desenvolvimento de um nanoimunoteste rápido de antígeno SARS-CoV-2. Início: 2022. Dissertação, Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Materiais (PPGMtr) – Universidade Federal de Pernambuco, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (Coorientadora: Andrade, A. N.)

## B. PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

### 1. Desenvolvimento de Sistemas Fotoeletroquímicos para Produção de Hidrogênio

A atual demanda de alternativas energéticas limpas faz do hidrogênio verde um importante vetor energético para sanar as necessidades energéticas mundiais. O Brasil é referência na irradiação solar e em especial a região nordeste, o que faz com que a exploração da energia solar seja uma das demandas tecnológicas estratégicas desta região. De modo a competir com os sistemas desenvolvidos mundialmente, neste trabalho estão sendo desenvolvidos fotoanodos de óxidos metálicos sensibilizados por pontos quânticos ternários. Mais especificamente, o óxido de ferro III (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), em sua fase hematita, que possui eficiência de fotoconversão teórica máxima (STH) de 16.8% é o primeiro objeto de estudo.

Foram obtidos filmes finos através do método de precipitação em solução, com confirmação de fase hematita através da difração de raios-X, fotocorrente sob irradiação de  $100 \text{ mW.cm}^{-2}$  de  $0.75 \text{ mA.cm}^{-2}$  e caráter compacto. As metodologias estão em adaptação, de modo a possibilitar a obtenção de materiais mesoporosos, que possibilitem a formação de heterojunções para a sensibilização com os pontos quânticos, melhorando a condutividade dos portadores de carga e sua eficiência na produção de hidrogênio.

Também foi desenvolvido pela primeira vez na literatura uma metodologia para a produção de pontos quânticos de  $\text{AgBiS}_2$  na literatura em meio aquoso, a partir de um processo eletrossintético de produção de íons sulfeto em meio aos precursores metálicos iônicos via célula de cavidade. A busca por um nanocristal não-tóxico, com boa absorção da região visível e com baixo custo norteia a produção destes nanocristais de  $\text{AgBiS}_2$ . Os nanocristais, que serão empregados na sensibilização dos filmes de hematita, possuem comprimento de onda de absorção em torno de 900 nm e estabilidade coloidal quando empregadas razões molares  $\text{Ag}^+:\text{Bi}^{3+}$  em torno de 1:4 – 1:16. As caracterizações estão em andamento, para seu emprego no processo de sensibilização.

Também no âmbito desse subprojeto, foi contemplada uma bolsa de iniciação científica no edital 05/2022, da estudante Larissa Silva, que estuda a produção de filmes finos de  $\text{TiO}_2$  mesoporosos sensibilizados com pontos quânticos de  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ . Os eletrodos apresentam fotocorrentes maiores que  $1.0 \text{ mA.cm}^{-2}$  após sensibilização, um aumento de mais de oito vezes em relação ao  $\text{TiO}_2$  não sensibilizado. O sistema está em caracterização e processo de escrita do artigo relacionado ao projeto.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Denilson de Vasconcelos Freitas (PCI-DA).

## 2. Eletrodos baseados em nanotubos de $\text{TiO}_2$ modificados com nano-óxidos ternários para geração de hidrogênio fotoeletroquímica

O presente trabalho dedica-se a produção de fotoeletrodos baseados em nanoestruturas hierárquicas de nanotubos de  $\text{TiO}_2$  sensibilizados por  $\text{Bi}_2\text{X}_3$  e/ou  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12-x}$ , visando ampliar o espectro de absorção da radiação solar, e pelo posicionamento de bandas e hierarquização das estruturas aumentar a densidade de fotocorrente e geração de hidrogênio, usando condições operacionais que simulem a água marinha.

Potencial elétrico externo será aplicado via célula solar, tendo como etapa futura o escalonamento. Desenvolver células fotoeletroquímicas (PEC) baseadas em estruturas nanotubulares do sistema  $\text{TiO}_2$  visando a alta performance fotoeletrocatalítica. Sendo hierarquizados com pontos quânticos de  $\text{Bi}_2\text{X}_3$  e  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ , visando a produção de hidrogênio, a partir da fotoeletrocatalise da água do mar, além de usar como fonte externa de potencial células solares. Foram obtidos resultados expressivos quanto ao ganho de densidade de fotocorrente gerada ao sensibilizar nanotubos de  $\text{TiO}_2$  sensibilizados com pontos quânticos de sulfeto-seleneto de bismuto,  $\text{Bi}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ .

O efeito das ligas de calcogenetos para o aumento da densidade de fotocorrente gerada foi avaliado. A partir do  $\text{TiO}_2$  NTs foi obtida uma densidade de fotocorrente de  $0.298 \text{ mA.cm}^{-2}$ , e observou-se um progressivo aumento da densidade de fotocorrente com a heterojunção formada entre  $\text{TiO}_2$  com o  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  ( $1,3 \text{ mA.cm}^{-2}$ ) até o  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  ( $1,75 \text{ mA.cm}^{-2}$ ).

As ligas mostraram que com o progressivo aumento do teor de sulfeto, ocorre o aumento da resposta de fotocorrente. A produção de hidrogênio estimada está em torno de 0,2 L/h de Hidrogênio. O trabalho está em etapa de redação e conclusão de experimentos, como evolução de hidrogênio e caracterizações adicionais. As próximas etapas do projeto estão alinhadas com a mudança dos semicondutores base, saindo do  $\text{TiO}_2$  nanotubular para os filmes finos de  $\text{BiVO}_4$  sensibilizados com semicondutores de  $\text{Bi}_2\text{X}_3$  e os óxidos nanoestruturados.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Felipe Leon Nascimento de Sousa (PCI-DB).

### 3. Desenvolvimento de planta piloto eficiente e de baixo custo para a produção de hidrogênio por rota fotoeletroquímica

O uso de hidrogênio como uma fonte de energia é discutido como aquela mais viável e sustentável para suprir as necessidades da humanidade. Para tanto, é fundamental para a comunidade científica vencer os dois dos principais desafios para a produção de H<sub>2</sub> pela rota de fotocatalise (PC) e fotoeletrocatalise (PEC), que são: (i) o aperfeiçoamento de sistemas fotocatalíticos de materiais semicondutores, não fotocorrosivos, que sejam eficientes e produzidos por uma metodologia de baixo custo e em larga escala; e (ii) o desenvolvimento de um plano-piloto para geração de H<sub>2</sub> em larga escala para fins de geração de energia e atender requisitos comerciais.

Diante desses desafios, a proposta do projeto visa o desenvolvimento de uma escala piloto eficiente para a produção de hidrogênio por meio da fotoeletrolise da água, para fins de geração de energia elétrica, sendo dividido em dois segmentos. O primeiro consiste na fabricação de sistemas fotoquímicos em escala piloto, introduzindo óxido de nióbio e grafeno em matrizes nanotubulares de TiO<sub>2</sub>, estes suportados em titânio e produzidos pelo método de anodização, para aumentar a atividade catalítica. A preparação das matrizes Ti/TiO<sub>2</sub>/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/GQDs e Ti/TiO<sub>2</sub>/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/rGO envolve um estudo de diferentes métodos de deposição em andamento, a fim de desenvolver o protocolo mais eficaz. Após o estudo da atividade fotocatalítica, pretende-se depositar partículas bimetálicas nessas matrizes nanoestruturadas e, assim, aumentar a eficiência na produção de H<sub>2</sub> a partir da quebra da molécula da água. Quanto ao fotocátodo, pretende-se aprimorar a matriz nanotubular Ni/NiO, este também produzido pelo método de anodização.

Como as pesquisas produzidas no Laboratório de Materiais Nanoestruturados/CETENE ainda não progrediram da escala laboratorial para a escala piloto, o avanço na maturidade da tecnologia desenvolvida é, por conseguinte, uma necessidade, uma vez que esta se encontra na TRL-4. Sendo assim, o segundo segmento do projeto tem por objetivo o desenvolvimento de protótipos de reatores dedicados para a produção fotoeletrocatalítica de hidrogênio, baseados em células fotoeletroquímicas tipo PEC-PEC Tandem e tipo PV-PEC – estes acoplados a sistemas solares de células fotovoltaicas (PV) -, sendo ambos os tipos projetados em pequenas escalas de dimensionamento inicialmente.

O protótipo foi projetado para atender a demanda de produção de filmes finos para a produção de hidrogênio, desenvolvidos pelo grupo, para célula fotoeletroquímica do tipo PV-PEC; contudo, sua modelagem também pode ser usada para aquela do tipo PEC-PEC, bastando arquitetar um concentrador de luz. A pesquisa, dessa forma, visa não só desenvolver novos sistemas fotoeletrocatalíticos, como também intensificar a maturidade tecnológica das pesquisas já desenvolvidas no Grupo de Hidrogênio, do Laboratório de Materiais Nanoestruturados/CETENE, a fim de elevar a fase da metodologia da produção de H<sub>2</sub> ao TRL-5 e TRL-6.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Mylena Pinto Nascimento (PCI-DA).

### 4. Desenvolvimento de Fotocatalisadores para produção de hidrogênio com Nanotubos TiO<sub>2</sub> suportados em Ti com MoS<sub>2</sub> Quantum Dots

Neste projeto está em execução o desenvolvimento de um sistema baseado em heteroestruturas de semicondutores para a produção fotoeletrocatalise de hidrogênio. A heterojunção foi preparada através da deposição de nanocristais de quantum dots de MoS<sub>2</sub> eletrosintetizados sobre a superfície dos nanotubos de TiO<sub>2</sub> suportados em um placa de Ti obtidos pelo processo de anodização. A adesão dos nanocristais de MoS<sub>2</sub> deverá potencializar a produção de hidrogênio para o sistema TiO<sub>2</sub>/MoS<sub>2</sub> devido a ampliação da absorção óptica dos materiais em comparação ao TiO<sub>2</sub>.

O MoS<sub>2</sub> tem propriedades como a alta densidade de sítios ativos, alta condutividade elétrica, estabilidade química, propriedades de adsorção e de fácil síntese. Estudos mostraram que o MoS<sub>2</sub> possui um valor de ΔG H<sup>+</sup> próximo a zero, colocando em um patamar comparável à da Pt em relação a energia de adsorção de prótons, classificando como um potencial eletrocatalisador para HER. Estudo de aquecimento para a

formação dos nanocristais de QD de MoS<sub>2</sub> forneceu uma estimativa de 10 minutos ao atingir o equilíbrio com Band Gap estimado em 2,86 eV.

Estudos de caracterização fotoeletroquímicos quando sensibilizados os nanotubos de TiO<sub>2</sub> por imersão em tempos variados na solução coloidal do nanocristais de MoS<sub>2</sub> apresentou um resultado de 0,35 mA.cm<sup>-2</sup> para um tempo de 12 h em relação ao nanotubos de TiO<sub>2</sub> de 0,22 mA.cm<sup>-2</sup>. A próxima etapa para a conclusão dos estudos visa estimar a produção de hidrogênio em um sistema de fotoeletrocatalise (PEC).

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Leonardo José Lins Maciel (PCI-DA).

#### 5. Fabricação de Eletrodos Eficientes para Eletrólise da Água Através do método de Grafeno Induzido por Laser (LIG)

A atual crise energética mundial somada à crescente demanda por fontes de energia limpas tornam o hidrogênio peça chave no contexto global. A definição de vetor de energia e a diversidade de aplicações aumentaram de maneira expressiva a demanda por H<sub>2</sub> nos últimos anos, este fato demandou do G20 ações ambiciosas. O hidrogênio verde é considerado o combustível “zero emission” quando obtido através da eletrólise da água, que é dividida em duas semirreações, a reação de evolução do hidrogênio (HER) e a reação de evolução do oxigênio (OER) que ocorrem no cátodo e no ânodo, respectivamente.

Das duas semirreações, o OER é desencadeado por múltiplas etapas de transferência de elétrons e formação de ligações oxigênio-oxigênio, o que é termodinamicamente mais desafiador do que o processo de transferência de dois elétrons no HER. Portanto, a alta demanda de energia para OER tem sido um fator-chave para limitar a eficiência global da divisão eletroquímica da água. Desenvolver eletrocatalisadores para OER com alta atividade e estabilidade é crucial para atingir a meta de H<sub>2</sub> verde em larga escala.

Nas últimas décadas, eletrocatalisadores à base de óxidos de Ir e Ru têm sido utilizados nas células de eletrólise da água por membrana de troca de prótons (PEM), porém seu alto custo representa 70% do valor dos dispositivos. Recentemente um grupo de pesquisadores desenvolveu a técnica de impressão direta de filmes porosos de grafeno sobre a polimida (PI), essa técnica foi denominada *Laser Induced Graphene* (LIG). O grafeno obtido pode ser usado diretamente como eletrodo na OER, porém modificações como a adição de metais como Ni, Fe e Co aumentam significativamente a eficiência dos eletrocatalisadores.

O trabalho se encontra em etapas iniciais, porém resultados promissores foram obtidos, os filmes de Ni/LIG apresentaram corrente de 10 mA.cm<sup>2</sup> como resposta a um potencial de 1,9 V.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Thiago André Salgueiro Soares (PCI-DA).

#### **PROJETOS APROVADOS EM 2022**

##### Desenvolvimento de metodologias avançadas na fabricação de minimódulos integrados de células solares de perovskita

Órgão de fomento: FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco/Projeto de Inovação Geração e Armazenamento de Energias

Edital: Edital 11/2022: Fronteiras da Inovação: avanços para o conhecimento global

Processo: APQ-0403-1.06/22

Vigência: 01/10/2022-30/09/2025

Valor global: R\$ 500.000,00

##### Sistema de internet das coisas integrado com células solares e baterias: Somando competências para diminuir barreiras no acesso à energia limpa e renovável

Órgão de fomento: FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
Edital: Edital FACEPE/FAPESP 09/2022  
Processo: APQ-0401-1.06/22  
Vigência: 01/11/2022-30/10/2024  
Valor global: R\$ 150.000,00

Materiais nanoestruturados utilizando perovskitas para aplicações em fontes renováveis de energia

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/TX BANCADA  
Processo: 309910/2021-8  
Vigência: 01/03/2022-28/02/2026  
Valor global: R\$ 52.800,00

Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE – LMNAN/CETENE

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/SisNano – Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias  
Processo: 442477/2019-8  
Vigência: 18/12/2019-31/12/2023  
Valor global: R\$ 322.000,00

Materiais nanoestruturados para aplicações em fontes renováveis de energia utilizando perovskitas ambientalmente amigáveis

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/UNIVERSAL  
Edital: Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – Faixa B – Grupos Consolidados  
Processo: 405334/2021-4  
Vigência: 18/03/2022-31/03/2025  
Valor global: R\$ 103.800,00

Futuras Cientistas: Transbordando o conhecimento e popularizando da ciência e tecnologia nacional

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/Encomenda FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
Processo: 405214/2022-7  
Vigência: 12/08/2022-31/08/2025  
Valor global: R\$ 4.429.030,00

Produção de hidrogênio verde via fotoeletroquímica em ambiente relevante

Órgão de fomento: CNPq-APQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-Auxílio Projeto Individual de Pesquisa/IBH2 – Iniciativa Brasileira de Hidrogênio  
Edital: Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2022 – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Apoio ao Programa Combustível do Futuro e à Iniciativa Brasileira do Hidrogênio (IBH2 MCTI)  
Processo: 405812/2022-1  
Vigência: 15/12/2022-31/12/2026  
Valor global: R\$ 1.073.471,90

Produção de hidrogênio verde utilizando fotocatalisadores a base de carbono e grafeno induzido a laser

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-Auxílio Projeto Individual de Pesquisa/InovaGrafeno – Inovação em Grafeno  
Edital: Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 22/2022 – Programa MCTI de Inovação em Grafeno (InovaGrafeno – MCTI)  
Processo: 408869/2022  
Vigência: 25/11/2022-30/11/2025  
Valor global: R\$ 557.200,00

H2NANO – Desenvolvimento de Sistemas Fotoquímicos e Fotoeletroquímicos baseado em semicondutores para produção de hidrogênio

Órgão de fomento: FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos/FUNDEP – Fundação de Apoio da UFMG  
Edital: Chamada Pública MCTI/FINEP/Ação Transversal – Materiais Avançados e Minerais Estratégicos 2020  
Processo: 0073/21  
Vigência: 08/04/2022-08/04/2025  
Valor global: R\$ 1.975.393,94

Título: Aquisição de um espectrômetro de fotoelétrons excitados por raios X para atendimento multiusuário no CETENE – XPS

Órgão de fomento: FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos/PacTcPB –  
Edital: PROINFRA 2021  
Processo: Ref. 0270/22  
Vigência: 13/10/2022-13/10/2024  
Valor global: R\$ 5.000.000,00 (PROINFRA 3)

## **EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS POR PROJETOS**

- Simulador solar – Newport 450 W 15 x 15 – Equipamento adquirido através FACEPE 17/2021, no valor de R\$ 204.174,00
- Ultrassom de ponteira QSonica Q700 – Equipamento adquirido através FACEPE 17/2021, no valor R\$ 79.776,93

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### Artigos científicos

- Kohlrausch, E. C.; Freitas, D. V.; Filho, C. I. S.; Loguercio, L. F.; Santa-Cruz, L. A.; Maciel, L. J. L.; Oliveira, M. Z.; Santos, C. I. L.; Machado, G. Advances in carbon materials applied to carbon-based perovskite solar cells. Energy Technology, 2022. <https://doi.org/10.1002/ente.202200676>
- Gonçalves, H. B.; Freitas, D. V.; Souza, E. J.; Melo, M. A.; Gonzalez-Moya, J. R.; Padrón-Hernández, E.; Khan, S.; Machado, G. Photocatalytic Performance of Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/BiVO<sub>4</sub> Heterojunction for Hydrogen Production and Methylene Blue Photodegradation. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 01, p. 1-12, 2022. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220002>
- Galvão, R.A.; Silva, G. M. M.; Ferreira Coelho, N. C.; Santa-Cruz, L. A.; Machado, G. Hydrogen production by the layer-by-layer assembled films of PANi-TiO<sub>2</sub>-AuNPs. Materials Today Chemistry, v. 26, p. 101072, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2022.101072>

### Orientações Concluídas:

- Thiago André Salgueiro Soares. Desenvolvimento de Rotas de Sínteses Eletroquímicas em Etapa Única na Formação de Nanotubos de TiNb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, CoTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> e GNF-1/TiO<sub>2</sub> Aplicados a Células Fotoeletroquímicas. Doutorado. Início: Ago/2017. Fim: Maio/2022. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). FACEPE – Financiadora de Estudos. (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientadores: Marcelo Navarro e Sherdil Khan)

### Em andamento:

- João Victor de Sousa Guedes. Desenvolvimento de fotorreatores do tipo PV-PEC para produção de hidrogênio verde por fotocatalise e fotoeletrocatalise. Início: set/2022. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos/FUNDEP – Fundação de Apoio da UFMG. (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientadora: Mylena Pinto Nascimento)
- Maria Eduarda Ribeiro da Silva. Produção fotoânodos baseados na heterojunção de TiO<sub>2</sub> com pontos quânticos para geração de hidrogênio. Início: set/2022. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos/FUNDEP – Fundação de Apoio da UFMG. (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientador: Felipe Leon Nascimento de Sousa)

- Wellington de Sousa Ferreira. Sistemas Fotocatalíticos Para Produção de Hidrogênio a partir de estruturas Nanotubulares. Início: ago/2022. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). (Bolsista FACEPE – mestrado) (PGMTR-UFPE) (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientador: Leonardo José Lins Maciel)
- Luana Beatriz Correia de Oliveira. Hierarquização de microestruturas de vanadato de bismuto com pontos quânticos para a produção de hidrogênio verde. Início: ago/2022. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). (Bolsista CNPq – doutorado) (PG Química-UFPE) (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientador: Felipe Leon Nascimento de Sousa)
- Otávio Augusto Lima Alves. Desenvolvimento de eletrolisador de menor custo para conversão de energia solar em hidrogênio. Início: ago/2022. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). (Bolsista FACEPE – doutorado) (PGMTR-UFPE) (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientador: Felipe Leon Nascimento de Sousa, co-orientador: Thiago André Salgueiro Soares)
- Francisco de Assis Sales Ribeiro. Geração de H<sub>2</sub> por meio de materiais Nanoestruturados utilizando nanotubos e Grafeno. Início: ago/2021. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). (Bolsista FACEPE – doutorado) (PGMTR-UFPE) (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientador: Denilson Vasconcelos Freitas)
- Hanna Nóbrega Almeida. Nanobastões de TiO<sub>2</sub> reduzido sensibilizados com nanocristais semicondutores para geração de hidrogênio. Início: mar/2020. Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE). (Bolsista CNPq – doutorado) (PG Química-UFPE) (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientador: Felipe Leon Nascimento de Sousa)

## C. CÉLULAS SOLARES

### 1. Síntese de Nanocristais de perovskita para conversão de energia

Nanocristais (NCs) de perovskita tiveram um desenvolvimento fenomenal nos últimos anos, entretanto, métodos mais ecologicamente corretos para sua obtenção, bem como o desenvolvimento de materiais menos tóxicos ainda estão nos estágios iniciais. Neste projeto é proposto o desenvolvimento de várias estratégias de síntese de NCs de perovskita mais ambientalmente amigáveis. É proposta a investigação da compatibilidade de solventes “mais amigáveis”, na síntese de NCs de perovskitas de CsPbX<sub>3</sub> (X = Cl, Br, I). Propõe-se o uso de diferentes abordagens sintéticas, assim como o desenvolvimento de NCs com composições livres de Pb, como as baseadas em Bi (Ag, Cu e compostos orgânicos).

Assim como preparar heteroestruturas core-shell, utilizando os materiais descritos. O objetivo geral é sintetizar e caracterizar as NCs usando diferentes procedimentos de síntese, composições, solventes e condições, com foco na minimização dos impactos ambientais e toxicológicos relacionados aos materiais e processos, para aplicar os materiais otimizados na conversão de energia solar.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Calink Indira do Livramento dos Santos (PCI-DB).

### 2. Preparação de Perovskitas Modificadas do tipo CsPb<sub>x</sub>B<sub>1-x</sub>X<sub>3</sub> e CsSn<sub>x</sub>B<sub>1-x</sub>X<sub>3</sub> para o Desenvolvimento de Células Solares

As células solares de perovskitas (PSC) atingiram altas eficiências em pouco espaço de tempo e são verdadeiros materiais promissores, principalmente para o campo das células solares emergentes. As perovskitas inorgânicas do tipo CsPbBr<sub>3</sub> possuem propriedades de estabilidade melhores que as orgânicas, porém, ainda apresentam uma eficiência de conversão fotoelétrica moderada comparada com as mesmas, essa é a principal preocupação no momento, além do melhoramento da estabilidade.

Alguns fatores importantes que afetam a eficiência e a estabilidade das PSCs é a qualidade da camada de absorção de perovskita e o nível de energia correspondente entre a perovskita e as camadas transportadoras elétrons/buracos. Este trabalho tem por objetivo preparar filmes de CsPbBr<sub>3</sub> modificados com diferentes íons como, Pr, Ni, Nb e Sn pelo método de sping coating por deposição multi-step com o intuito de melhorar a estabilidade e desempenho das células solares. Neste método melhora a qualidade



do cristal da perovskita, e também ajustar o nível de energia para melhorar a extração do portador. Além disso, visa o desenvolvimento de minimódulo, foi adicionada os íons desejados para modificação no filme PbBr<sub>2</sub> antes do revestimento CsBr para formar o filme de CsPbBr<sub>3</sub> modificado.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Cícero Inácio da Silva Filho (PCI-DA).

### 3. Obtenção de novas metodologias de processamento e obtenção de materiais utilizando campo elétrico aplicado

A preocupação pública com as mudanças climáticas cresceu e iniciativas após o Acordo de Paris estão sendo adotadas por governos, organizações e instituições em todo o mundo para atingirmos um cenário de emissões zero de carbono para até 2050. Para isso, se faz necessário o desenvolvimento de tecnologias renováveis e limpas para produção e conversão de energia. Nesse contexto, o CETENE se apresenta como um centro estratégico pela linha em dispositivos fotovoltaicos, que podem contribuir na produção de energia limpa e diminuição de emissões.

Atualmente, os dispositivos que mais têm ganhado notoriedade para conversão de energia solar são os dispositivos de perovskitas. Contudo, estes dispositivos ainda sofrem com um controle fino de morfologia e contorno de grão, além da baixa estabilidade em atmosfera e após longos períodos de funcionamento. Tais problemas potencializam quando migramos para perovskitas livre de chumbo, visando materiais mais amigáveis ambientalmente. Isso se deve a alta energia de formação e a baixa seletividade de fase dos materiais considerados promissores para aplicação em células solares, como as que fazem uso de Cs, Sn, Bi e outros metais de transição.

Logo, o desenvolvimento de tecnologias e processos que buscam não somente a obtenção de novos materiais, mas também o aperfeiçoamento dos materiais já utilizados no campo de pesquisa se faz necessário. Contudo tanto processos de recristalização e/ou de anelring (após formação do filme de perovskita), quanto de formação de alguns materiais demandam altas temperaturas para boa performance. Uma alternativa é a combinação de temperatura (energia térmica) e campo elétrico (energia elétrica), onde o campo elétrico atua como energia compensatória a diminuição a temperatura do processo, permitindo menores temperaturas de processamento.

Assim, o objetivo do projeto é o desenvolvimento de tecnologias de processamento e de obtenção de materiais fazendo uso de campo elétrico aplicado. O projeto se divide em duas etapas: A primeira de aperfeiçoamento de materiais, desenvolvendo uma metodologia de anelring fazendo uso de campo elétrico aplicado, espera-se fino controle da morfologia dos materiais estudados, diminuindo contorno de grão e aumentando a performance dos dispositivos. E a segunda, diminuir a temperatura de formação de materiais através da modulação do campo elétrico aplicado.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Emerson Cristofer Kohlrausch (PCI-DA).

### 4. Contraeletrodos de grafeno induzidos a laser para confecção de células solares de perovskitas

Este projeto busca: (i) eliminar o uso de materiais transportadores de buracos (que por vezes são materiais tóxicos e apresentam pouca estabilidade em condições ambientais); (ii) substituir o contra-eletrodo de ouro comumente usados em células solares de perovskitas, pois encarecem a produção das mesmas; e (iii) a redução de custo, produção em larga escala e encapsulamento das células solares de perovskitas. Em 2014, eletrodos de grafeno auto suportados foram obtidos por um método chamado de grafeno induzido a laser de CO<sub>2</sub> (LIG, do inglês *Laser-Induced Graphene*).

Esse método simples, sem solventes, é passível de aplicação em larga escala, é vantajoso em comparação aos métodos convencionais que envolvem múltiplas etapas ou síntese química de eletrodos, como por exemplo, a síntese hidrotermal. Todo o processo pode ser realizado em condições ambiente, com ou sem a

utilização de solventes, e de maneira rápida e automatizada, o que torna o processo atraente para uso industrial. Com intuito de superar os desafios tecnológicos, nesse projeto são fabricados eletrodos grafeno induzidos a laser de CO<sub>2</sub> utilizando fita Kapton (poliimida), que é um material comercialmente disponível e de baixo custo. Os componentes que compõe as células solares serão “sanduichados”, fechando o circuito e permitindo o encapsulamento.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Lara Fernandes Loguercio (PCI-DA).

#### 5. Preparo de células solares de perovskita com diferentes materiais nas camadas transportadoras de cargas como otimizadores de interfaces

Nas últimas décadas o aproveitamento de luz solar e sua conversão em energia tem sido uma das grandes estratégias para o desenvolvimento de energia renovável. Além de ser uma fonte abundante, seu uso promove a diminuição de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), sendo essa uma das grandes preocupações ambientais. A tecnologia fotovoltaica é, atualmente, considerada um dos métodos de grande eficácia para esse fim, pois consegue converter diretamente a luz solar em eletricidade.

Dentro dessa perspectiva, há um interesse no desenvolvimento de dispositivos fotovoltaicos que sejam de baixo custo, alta eficiência e que não ocasionem impactos ambientais. As células solares de perovskita são atualmente um dos materiais que tem atraído muitas pesquisas. Esses materiais apresentam alto coeficiente de absorção, alta mobilidade do portador de carga, baixo custo, sendo constatado uma eficiência superior a 20 %. Neste projeto propõe-se preparar e caracterizar células solares de perovskita de antimônio (Sb) e utilizar óxidos na Camada Transportadora de Cargas (CTLs), aperfeiçoando suas propriedades, possibilitando uma melhor estabilidade e desempenho fotovoltaico.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Taisa Cristine de Moura Dantas (PCI-DA).

### **PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022**

#### Desenvolvimento de metodologias avançadas na fabricação de minimódulos integrados de células solares de perovskita

Órgão de fomento: FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco/Projeto de Inovação Geração e Armazenamento de Energias

Edital: Edital 11/2022: Fronteiras da Inovação: avanços para o conhecimento global

Processo: APQ-0403-1.06/22

Vigência: 01/10/2022-30/09/2025

Valor global: R\$ 500.000,00

#### Sistema de internet das coisas integrado com células solares e baterias: Somando competências para diminuir barreiras no acesso à energia limpa e renovável

Órgão de fomento: FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Edital: Edital FACEPE/FAPESP 09/2022

Processo: APQ-0401-1.06/22

Vigência: 01/11/2022-30/10/2024

Valor global: R\$ 150.000,00

#### Materiais nanoestruturados utilizando perovskitas para aplicações em fontes renováveis de energia

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/TX BANCADA

Processo: 309910/2021-8

Vigência: 01/03/2022-28/02/2026

Valor global: R\$ 52.800,00

Materiais nanoestruturados para aplicações em fontes renováveis de energia utilizando perovskitas ambientalmente amigáveis

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/UNIVERSAL

Edital: Chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – Faixa B – Grupos Consolidados

Processo: 405334/2021-4

Vigência: 18/03/2022-31/03/2025

Valor global: R\$ 103.800,00

Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE – LMNAN/CETENE

Órgão de fomento: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/SisNano – Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias

Processo: 442477/2019-8

Vigência: 18/12/2019-31/12/2023

Valor global: R\$ 322.000,00

Aquisição de um espectrômetro de fotoelétrons excitados por raios X para atendimento multiusuário no CETENE – XPS

Órgão de fomento: FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos/PacTcPB –

Edital: PROINFRA 2021

Processo: Ref. 0270/22

Vigência: 13/10/2022-13/10/2024

Valor global: R\$ 5.000.000,00 (PROINFRA 3)

**EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS POR PROJETOS**

- Simulador solar – Newport 450 W 15 x 15 – Equipamento adquirido através FACEPE 17/2021, no valor de R\$ 204.174,00
- 2 AGITADORES MAGNETICO IKA PACOTE C-MAG HS 7 – Equipamento adquirido através FACEPE 15/2019, no valor de R\$ 7.728,00
- AGITADOR MAGNETICO IKA COLOR SQUID WHITE – Equipamento adquirido através FACEPE 15/2019, no valor de R\$ 2.054,00

**PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

Artigos científicos

- Kohlrausch, E. C.; Freitas, D. V.; Filho, C. I. S.; Loguercio, L. F.; Santa-Cruz, L. A.; Maciel, L. J. L.; Oliveira, M. Z.; Santos, C. I. L.; Machado, G. Advances in carbon materials applied to carbon-based perovskite solar cells. Energy Technology, 2022. <https://doi.org/10.1002/ente.202200676>
- Loguercio, L. F.; Thesing, A. ; NoreMBERG, B. ; Lopes, B. ; Machado, G. ; Pope, M. ; Carreno, N. L. V. . Direct laser writing of poly(furfuryl alcohol)/graphene oxide electrodes for electrochemical determination of ascorbic acid. ChemElectroChem, 2022. <https://doi.org/10.1002/celc.202200334>
- Cover Picture – Direct Laser Writing of Poly(furfuryl Alcohol)/Graphene Oxide Electrodes for Electrochemical Determination of Ascorbic Acid, ChemElectroChem (<https://doi.org/10.1002/celc.202200796>)

Patente:

- Oliveira, L. A. S. C.; Machado, G.; Tavares, F. C.; Loguercio, L. F. ; Galvão, R. A. Composição de eletrólito e método de preparação do mesmo. 2022 Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10202201849, Instituição de registro: INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito PCT: 15/09/2022

#### Orientações Concluídas:

- Julio Fonseca. Filme de nanocompósito de polipirrol dopado com vermelho do congo e nanopartículas de ouro como contraeletrodo em células solares sensibilizadas com corante. 2022. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Engenharia Aeroespacial) – Universidade Federal de Pernambuco, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. Orientadora: Giovanna Machado. Coorientador: Lara Fernandes Loguercio
- Maria Zilda Oliveira. Performance de células solares perovskitas  $\text{CsPbBr}_3$  a partir de ressonância plasmônica de nanopartículas bimetálicas Ag-Au. Mestrado. Início: Março/2020. Término: Abril/2022. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)/Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). FACEPE – Financiadora de Estudos. (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientadores: Anderson Thesing e Calink Indiará do Livramento dos Santos)
- Larissa A. Santa Cruz. Eletrólitos Sustentáveis à base de água do mar e Biopolímeros dopados com Líquidos Iônicos para Supercapacitores. Doutorado. Início: Março/2019. Término: Abril/2022. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)/Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). FACEPE – Financiadora de Estudos. (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientadores: Lara Fernandes Loguercio, Fabiele Tavares e Marcelo Navarro)

#### Em andamento:

- Maria Zilda Oliveira. Materiais nanoestruturados utilizando perovskitas para aplicações em fontes renováveis de energia. Doutorado. Início: Outubro/2022. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)/Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). FACEPE – Financiadora de Estudos. (Orientadora: Giovanna Machado; co-orientadora: Calink Indiará do Livramento dos Santos)
- Karolayne Emanuely Gomes Xavier. Preparação de pastas de carbono contendo grafite e negro de fumo em sua composição para aplicação na otimização da montagem das células solares de perovskitas. Iniciação Científica. Início: Janeiro/2023. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)/Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). CNPq – Financiadora de Estudos. (Orientadora: Giovanna Machado).

## **D. TRATAMENTO DE EFLUENTES**

### 1. Matrizes nanotubulares para tratamento de águas residuais através da fotodegradação e mineralização

Na Região Nordeste, mais precisamente no agreste pernambucano, observa-se a forte influência econômica do setor têxtil. As indústrias têxteis do Nordeste localizam-se em 35 municípios entre os quais podemos destacar as de cidades Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. O tingimento das peças é o maior responsável pela carga poluidora do efluente têxtil, logo este projeto expõe uma alternativa para atender a inovação, com relevância regional resultando em consolidação tecnológica e dinamização de cadeias produtivas.

Objetivo principal é a realização de testes de nanocompósito com propriedades fotocatalíticas formado por nanotubos de  $\text{TiO}_2$  e estruturas metalorgânicas, objetivando mineralizar os poluentes, como também a obter baixa toxicidade do efluente após fotodegradação. O projeto restringe-se a tratamentos de efluentes contaminados com corantes orgânicos.

O compósito final sintetizado será usado como catalisador na fotodegradação de poluentes orgânicos e para isso os seguintes processos principais são necessários: a) a obtenção de sistemas nanotubulares de  $\text{TiO}_2$  a partir do processo de anodização de chapa metálica de titânio; b) caracterização morfológica e estrutural do material nanoestruturado sintetizado; c) síntese das estruturas metalorgânicas com alteração

do precursor metálico; d) avaliação morfológica e estrutural das estruturas metalorgânicas resultante; e) verificação das competências do compósito como fotocatalisador.

Como resultados preliminares deste projeto se destaca obtenção de nanoestruturas de estanato de zinco ( $Zn_2SnO_4$ ) sobre nanotubos de  $TiO_2$  via síntese hidrotermal que promoveram uma descolaração superior a 90 % (mantendo estável em ciclos de tratamento) e uma mineração acima de 50%, de um corante modelo, em escala de laboratório. Consoante avanço do presente projeto foi possível aprovar uma encomenda junto ao CT-hidro no valor próximo a 5 milhões de reais para entrega de uma unidade piloto de tratamento baseada na tecnologia desenvolvida no CETENE.

Uma aproximação visando acordo de cooperação internacional foi realizada com o Instituto de Física de Materiais Avançados da Universidade do Porto (IFIMUP), Portugal, onde uma estadia de estágio foi realizada por uma pesquisadora da equipe do projeto. Também no âmbito do projeto se recebeu no CETENE um professor vinculado a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) dentro de um termo de ajuste que realizou durante uma semana atividades de pesquisa junto ao grupo, e se iniciou uma parceria via acordo de cooperação com Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para realização de análises e experimentos conjuntos.

Realizou-se ainda no âmbito do presente projeto a visita técnica a Lavanderia Nossa Senhora do Carmo, situada em Caruaru, para conhecer em loco os processo de tingimento dos tecidos e processos de tratamento atualmente empregados no setor, além de uma reunião na Unidade Integrada de Gestão Ambiental (UIGA) da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), acerca do Polo Têxtil de Pernambuco, direcionado ao tratamento dos resíduos gerados pelas lavanderias de pequeno e médio porte e as condições hídricas da região.

Equipe:

Giovanna Machado (Supervisão); Alex de Meireles Neris – (PCI-DA); Brenand Anjos dos Santos Souza – (Bolsista- FACEPE Doutorado); Bruna Rafaela Silva Ibiapina – (Bolsista- CNPq Doutorado); Carine Emile de Menezes Lagrange – (PCI-DB); Luana Beatriz Correia de Oliveira – (Bolsista-Mestrado); Luis Eduardo Gomes – (PCI-DA) – *desvinculado em 2022*; Márcia Rejane Silva – (PCI-DA)- *desvinculado em 2022*; Michele de Lima Silva – (IC PIBIC-FACEPE); Phietra Camilly da Silva – (IC PIBIC-FACEPE); Plinio Antoninho de Freitas – (Bolsista-Mestrado) – *desvinculado em 2022*; Vanessa Natalia de Lima – (PCI-DA); Wagner Leandro Dos Santos Oliveira – (IC PIBIC-FACEPE).

## **PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022**

Encomenda CT-Hidro. Título: Unidade Piloto para Tratamento de Efluente para Reuso de Água: projeto de scale-up da aplicação de semicondutores em processo de fotodegradação para tratamento de efluentes

Órgão de fomento: FINEP

Edital: Ref. 1546/22. FNCDDT

Processo: Fundação Parque Tecnológico da Paraíba

Vigência: 36 meses

Valor global: R\$ 4.999.991,10

Otimização da síntese de nanotubos de dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) na presença de íons de níquel (Ni) para o tratamento de água contaminadas com corantes

Órgão de fomento: FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco

Edital: FACEPE 05/2022

Processo: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/FACEPE – 2022

Vigência: 12 meses

Valor global: R\$ 6.000,00 (bolsa de IC)

Desenvolvimento de metodologias avançadas na fabricação de minimódulos integrados de células solares de perovskita

Órgão de fomento: FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco/Projeto de Inovação Geração e Armazenamento de Energias  
Edital: 11/2022: Fronteiras da Inovação: avanços para o conhecimento global  
Processo: APQ-0403-1.06/22  
Vigência: 01/10/2022-30/09/2025  
Valor global: R\$ 500.000,00

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Artigos científicos**

- IBIAPINA, B. R. S.; LIMA, V. N.; SILVA, M. R. S.; MACHADO, G. Influence of TiO<sub>2</sub> Nanotubes Structure State on Sensitization of CuWO<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite. In: Simpósio SBMM de Ciências da Vida, 2022, Fortaleza, 2022

### **Apresentação de trabalhos em congresso**

- IBIAPINA, B. R. S.; LIMA, V. N.; SILVA, M. R. S.; MACHADO, G. Influence of TiO<sub>2</sub> Nanotubes Structure State on Sensitization of CuWO<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite. 2022

### **Orientações**

- Brenand Anjos dos Santos Souza. Modificação de redes metalorgânicas com semicondutores para a fotodegradação de corantes orgânicos. Orientação de doutorado (UFPE). Início: 2021. Universidade Federal de Pernambuco (Orientador: Marcelo Navarro (UFPE), Co-orientadora: Giovanna Machado, Co-orientador: Denilson de Vasconcelos Freitas)
- Bruna Rafaela Silva Ibiapina. Síntese e aplicação de catalisadores heterogêneos para a remediação de poluentes via fotoeletrocatalise. Orientação de doutorado (UFPE) Início: 2022 (Orientadora: Giovanna Machado, Co-orientadora: Vanessa Natalia de Lima, Co-orientadora: Marcia Rejane da Silva)
- Luana Beatriz Correia de Oliveira. Síntese dos nanocompósitos suportados de TiO<sub>2</sub> com Polianilina para fotodegradação de corantes. Concluído: 2022. Orientação de mestrado (UFPE). Universidade Federal de Pernambuco (Orientadora: Giovanna Machado, Co-orientador: Maurício Melo Jr.)
- Michele Silva. Monitoramento da fotodegradação de microplásticos provocada pela fotocatalise heterogênea. Orientação de outra natureza. Início: 2022. Programa SISNANO. (Orientadora: Giovanna Machado, Supervisão: Alex de Meireles Neris)
- Phietra Camily da Silva. Otimização da síntese de nanotubos de dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) na presença de íons de níquel (Ni) para o tratamento de água contaminadas com corantes. Orientação de iniciação científica. Início: 2022 (Orientadora: Vanessa Natalia de Lima)
- Plinio Antoninho de Freitas. Efeito das Condições de Calcinação na Fotoatividade de Nanotubos de Dióxido de Titânio Dopados com Nitrogênio. Concluído: 2022. Orientação de mestrado (UFPE). Universidade Federal de Pernambuco (Orientadora: Giovanna Machado, Coorientador: Luis Eduardo Gomes).
- Wagner Leandro Dos Santos Oliveira. Técnicas para caracterização e análise da eficiência de diferentes fotocatalisadores utilizados para promover a fotodegradação e mineralização de contaminantes orgânicos persistentes. Orientação de outra categoria. Início: 2022. Programa SISNANO (Orientadora: Giovanna Machado, Co-orientadora: Carine Emile Menezes Lagrange)

## **II. BIOTECNOLOGIA**

### **A. BIOFÁBRICA**

1. Desenvolvimento de protocolos e processos para dar suporte a micropropagação em larga escala de cana-de-açúcar e outras espécies vegetais visando dar apoio às cadeias produtivas da Região Nordeste

O *Humulus lupulus* L., popularmente conhecido como lúpulo, é uma espécie vegetal bastante utilizada na medicina popular. Porém, se destaca no cenário mundial devido a sua utilização na fabricação de cervejas. Apenas as inflorescências femininas são usadas para esse fim, pois, são nessas estruturas conhecidas como “cone”, onde há maior produção de glândulas secretoras de lupulina que são capazes de sintetizar e armazenar resinas e óleos essenciais, ricos em terpenos fenólicos e polifenóis (Farag e Wessjohann, 2012).

Tais compostos fornecem às características de aroma, amargor e sabor comuns a fabricação da cerveja, além de conferir propriedades bacteriostáticas (Padgitt-Cobb et al., 2021). De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Lúpulo, quatro estados da Região Nordeste: Pernambuco, Alagoas, Bahia e Rio Grande do Norte, produzem o lúpulo. Neste contexto, buscando atender demandas que visam o crescimento estratégico, econômico e social da região Nordeste, pesquisas com cinco variedades de *H. lupulus* L. estão em desenvolvimento na Biofábrica Governador Miguel Arraes, localizada no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), sendo esta, Instituição pioneira no Nordeste brasileiro a trabalhar com o cultivo in vitro da referida espécie.

No ano de 2022, foi implantado o jardim clonal, o que permite manter, matrizes elites das cinco variedades de lúpulos, com controle ambiental e nutricional necessários, de forma a possibilitar o crescimento de plantas sadias e com maior vigor e, assim, fornecer material vegetal de partida para a clonagem em larga escala através do cultivo in vitro. Explantes de lúpulo da variedade Columbus foram estabelecidos in vitro com taxa de contaminação bastante reduzida, portanto, resultou um quantitativo de 95% de brotações livres de bactérias e fungos.

Neste processo foi possível determinar quais os agentes desinfestantes e as concentrações ideais, além do tempo de exposição aos agentes desinfestantes, que proporcionaram o melhor resultado. Na multiplicação in vitro, por meio da via organogênica direta, obteve-se altas taxas de regeneração e múltiplas brotações com a utilização de reguladores vegetais específicos para esta etapa. Porém, é necessário ajustar o meio de cultivo com a concentração, o tipo de regulador vegetal e a associação das demais classes de reguladores vegetais, adicionados ou não a outros aditivos que promovam a otimização do número de brotações.

Nas etapas finais da micropropagação, as plantas devem estar bem formadas, tanto a parte aérea quanto o sistema radicular devem ser vigorosos. A morfofisiologia normal dessas plantas foi promovida a partir do meio de cultura de enraizamento in vitro específico para essa etapa. O enraizamento in vitro foi bem sucedido, conseqüentemente, ocasionou altas taxas de sobrevivência das plantas micropropagadas para a variedade testada de lúpulo, durante a aclimatização. Nessa fase também testaremos, tipo e qualidade da luz, assim como diversos substratos, de forma a assegurar e promover efeito sinérgico com os fatores intrínsecos ao vegetal.

Até a presente data, as pesquisas realizadas na Biofábrica Governador Miguel Arraes (CETENE), já resultaram na obtenção de Protocolos Técnicos Especializados (PTE), voltados para a produção em larga escala do lúpulo. Portanto, a Biofábrica detém quatro PTE, conforme descritos: PTE<sub>1</sub> – Estabelecimento in vitro de *Humulus lupulus* L.; PTE<sub>2</sub> – Multiplicação in vitro de *Humulus lupulus* L.; PTE<sub>3</sub> – Enraizamento in vitro *Humulus lupulus* L. e PTE<sub>4</sub> – Aclimatização de *Humulus lupulus* L.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Cristina Ferreira Nepomuceno – (PCI-DA).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Resumos em Congresso Completos**

- SILVA, S.A.C.G. da; SANTOS, T.S. dos; ANDRADE, F.H.N. de; NEPOMUCENO, C.F.; DIAS, A. L. de F.; MELO, J.C. de. 2022. Desenvolvimento de mudas de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) sob os diferentes métodos de propagação. In: II Congresso Nacional dos Profissionais Agrícolas & III Workshop Interdisciplinar em Ciências Agrárias, 2022

- SANTOS, T.S. dos; SILVA, C.S.; ANDRADE, F.H.N. de; NEPOMUCENO, C.F.; SILVA, S.A.C.G. da; MELO, J.C. de. 2022. Nanopartículas metalorgânicas sob o desenvolvimento in vitro de *Fusarium solani* agente da podridão peduncular do mamoeiro. In: II Congresso Nacional dos Profissionais Agrícolas & III Workshop Interdisciplinar em Ciências Agrárias, 2022.
- ANDRADE, F.H.N. de; SANTOS, T.S. dos; NEPOMUCENO, C.F.; SILVA, S.A.C.G. da; DIAS, A.L. de F.; MELO, J.C. de. 2022. Desempenho de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar submetidas a tratamentos químicos, térmicos e culturais, em estufas agrícolas. In: II Congresso Nacional dos Profissionais Agrícolas & III Workshop Interdisciplinar em Ciências Agrárias, 2022

### Livros

- PASSOS, A. R. SILVA, A. J. P. SOUZA, A. S. SANTOS, C. A. C. BRAGANCA, C. A. D. PEIXOTO, C. P. NEPOMUCENO, C. F. COSTA, D. P. VERDE, D. S. V. ANDRADE, E. C. COELHO, E. F. CARVALHO, F. D. ALBUQUERQUE, H. Y. G. SILVA NETO, H. P. SANTOS, J. A. S. ASSIS, J. G. A. SOUZA, J. S. SILVA, J. V. CARES, J. E. AONA, L. Y. S. MOITINHO-SILVA, L. SOUZA, L. S. SANTANA, M. A. MENDES, M. I. S. SANCHES, N. F., et al. ; A cultura do inhame. 1. ed. Caratinga: SSilva, 2022. v.1, 392p
- PASSOS, A. R. SILVA, A. J. P. SOUZA, A. S. SANTOS, C. A. C. BRAGANCA, C. A. D. PEIXOTO, C. P. NEPOMUCENO, C. F. COSTA, D. P. VERDE, D. S. V. ANDRADE, E. C. COELHO, E. F. CARVALHO, F. D. ALBUQUERQUE, H. Y. G. SILVA NETO, H. P. SANTOS, J. A. S. ASSIS, J. G. A. SOUZA, J. S. SILVA, J. V. CARES, J. E. AONA, L. Y. S. MOITINHO-SILVA, L. SOUZA, L. S. SANTANA, M. A. MENDES, M. I. S. SANCHES, N. F., et al. ; A cultura do inhame. 1. ed. Caratinga: SSilva, 2022. v.2, 308p

### Capítulos de livro

- NEPOMUCENO, C. F.; SILVA, S. O. ; QUEIROZ, S. R. O. D. ; AONA, L. Y. S. . CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E ORIGEM DO INHAME. In: Sebastião de Oliveira e Silva; Cristina Ferreira Nepomuceno; Ricardo Franco Cunha Moreira; Luciano da Silva Souza. (Org.). A cultura do inhame. 1ed.Caratinga: SSilva, v. 1, p. 21-42, 2022
- QUEIROZ, S. R. O. D. ; NEPOMUCENO, C. F. ; SOUZA, A. S. . MICROPROPAGAÇÃO DO INHAME. In: Sebastião de Oliveira e Silva; Cristina Ferreira Nepomuceno; Ricardo Franco Cunha Moreira; Luciano da Silva Souza. (Org.). A cultura do inhame. 1ed.Caratinga: SSilva, v. 2, p. 167-224, 2022
- SILVA, S. O. ; NEPOMUCENO, C. F. ; SOUZA, A. S. ; DIAS, R. C. S. . PRODUÇÃO DE MUDAS. In: Sebastião de Oliveira e Silva; Cristina Ferreira Nepomuceno; Ricardo Franco Cunha Moreira; Luciano da Silva Souza. (Org.). A cultura do inhame. 1ed.Caratinga: SSilva, v. 1, p. 70-83, 2022

### Processos e técnicas desenvolvidas (POP)

- NEPOMUCENO, C.F. Estabelecimento in vitro de *Humulus lupulus* L. 2022
- NEPOMUCENO, C.F. Multiplicação in vitro de *Humulus lupulus* L., 2022
- NEPOMUCENO, C.F. Enraizamento in vitro *Humulus lupulus* L., 2022
- NEPOMUCENO, C.F. Aclimatização de *Humulus lupulus* L., 2022

### 2. Matrizes superiores de *Saccharum officinarum* na formação do Jardim Clonal com interesse para a cultura de tecidos

No mundo a cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*) tem grande importância econômica. Nos cultivos predominantes há uma necessidade de renovação de canaviais, o meio convencional perpetua plantas inidôneas quanto à qualidade fitossanitária e genética. A cultura de tecidos surge como uma alternativa, porém são encontradas plantas-mães com características não desejáveis para a produção de clones. Diante o exporto, é necessário um jardim em massa de genótipos superiores de cana-de-açúcar para a introdução e multiplicação em laboratório de cultura de tecidos e obtenção de mudas de qualidade.

Segundo o plano de trabalho referido proposto e vigente, foram realizadas quatro atividades desenvolvidas neste período de bolsa, e se subdividem em três estudos técnicos para ajuste de protocolos no desenvolvimento de cana-de-açúcar para uso no Jardim Clonal – JC, sendo esta a última etapa discriminada a seguir: [1] Desenvolvimento de Mudas-pré-Brotadas – MPB's de cana-de-açúcar



submetidas a tratamentos, químico, térmico e cultural; [2] Influência da biofertilização do *Azospirillum brasilense* em mudas micropropagadas de cana-de-açúcar; [3] Manejo alternativo de *Duplachionaspis divergens* (Hemiptera: Diaspididae) em cana-de-açúcar: óleos essenciais, óleo mineral e inseticida; e a, [4] Construção do JC de cana-de-açúcar para obtenção de propágulos superiores, subsidiando a cultura de tecidos da Biofábrica no Centro de Tecnologias e Estratégicas do Nordeste – CETENE, Recife – PE.

Nos trabalhos foram encontradas respostas: [1] O melhor tratamento para assepsia de rebolos, tratamentos químicos de proteção/estimulantes, térmicos e culturais mais eficazes; [2] A bactéria *A. braziliense* pode ser utilizada em associação com adubos nitrogenados e mesmo isoladamente onde obteve grandes benefícios no incremento da biomassa e na nutrição da cana-de-açúcar; [3] O óleo mineral e o inseticida químico obtiveram respostas importantes no desenvolvimento agrônomo e na população de cochonilha, já o óleo essencial *Lippia sidooides* apenas na população; [4] algumas atividades do JC já foram realizadas, como coleta de plantas-mães, introdução ao laboratório de cultura de tecidos, coleta do solo/assepsia/análise/ e recomendação de adubação para a cultura, como também outras se encontram em fluxo de desenvolvimento, aguardando etapas de conclusão do ambiente protegido que abrigará as plantas para esse processo.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Tarciana Silva dos Santos – (DTI).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Artigos submetidos:**

- SANTOS, T. S.; OOTANI, M. A.; COELHO, I. L.; ALMEIDA, T. R. P.; SOUZA, W. C. O.; NASCIMENTO, L. C.; SANTOS, G. R.; SANTOS, M. C.; AGUIAR, R. W. S.; LARANJEIRA, D. *First report in fruit rot in pineapple caused by Fusarium sacchari in Brazil*. JOURNAL NEW DISEASE REPORT, 2022

### **Artigos aceitos para publicação:**

- SANTOS, T. S.; OOTANI, M. A.; COELHO, I. L.; SOUZA, W. C. O. ; NASCIMENTO, L. C.; PINTINO, T. R. A.; SILVA, F. A. C.; PIMENTEL, I. A. M.; OLIVEIRA, M. G.; LARANJEIRA, D. . *First report worldwide of Fusarium sororula associated with pineapple that causes fruit rot*. PLANT DISEASE, 2023

### **Artigos publicados:**

- Almeida, T. R. P., Coelho, I. L., Vasconcelos, L. S. B., Silva, E. F. D. M., Barros, L. R. D. A., Pontes, M. A., Santos, T. S.; Vieira, W. A. S.; Câmara, M. P. S.; Laranjeira, D. *First report of Nigrospora vesicularifera causing foot rot on sweet potato in Brazil*. CROP PROTECTION, v. 166, p. 106171, 2023

### **Capítulos de livros publicados:**

- SILVA, S. A. C. G; SANTOS, T. S.; ANDRADE, F. H. N.; NEPOMUCENO, C. F.; DIAS, A. L. F.; MELO, J. C. *Desenvolvimento de mudas de lúpulo (Humulus lupulus L.) sob os diferentes métodos de propagação*, 2022. Pesquisas científicas e estudos em ciências agrárias. 1ed. São Paulo: ISTC Assessoria e Consultoria, 2022, v. Único, p. 233-522
- SANTOS, T. S.; SILVA, C. S.; ANDRADE, F. H. N.; NEPOMUCENO, C. F.; SILVA, S. A. C. G; MELO, J. C. *Nanopartículas metalorgânicas sob o desenvolvimento in vitro de Fusarium solani agente da podridão peduncular em mamoeiro*, 2022. Pesquisas científicas e estudos em ciências agrárias. 1ed. São Paulo: ISTC Assessoria e Consultoria, 2022, v. Único, p. 370-522
- ANDRADE, F. H. N.; SANTOS, T. S.; NEPOMUCENO, C. F.; SILVA, S. A. C. G ; DIAS, A. L. F. ; MELO, J. C. *Desempenho de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar Saccharum officinarum l. submetidas a diferentes tratamentos químicos, térmicos e culturais, em estufas agrícolas*. Pesquisas científicas e estudos em ciências agrárias. 1ed. São Paulo: ISTC Assessoria e Consultoria, 2022, v. Único, p. 221-522

- SANTOS, D. P.; CAMPOS, A. R.; ANJOS, J. C. R.; DUARTE, T. C.; CAR VALHO, M. R.; SOARES, J. M.; SANTOS, A. S.; SILVA, C. C.; SOUSA, F. J. L.; LIMA, F. N.; ANJOS NETO, J. G.; SANTOS, T. S. *Fertilidade natural de solos arenosos e calagem no Vale do Gurguéia, sudoeste do Piauí* In: Geração e difusão de conhecimentos nas ciências agrárias 2.2 ed. Ponta Grossa – PR: Antena, 2022, p. 1-196

#### Processos e técnicas desenvolvidos (POP)

- OOTANI, M. A.; SANTOS, T. S. Teste de solubilização de fosfato Isolamento de actinobactéria. 2022
- OOTANI, M. A.; SANTOS, T. S. Isolamento do fungo *Trichoderma*. 2022
- SANTOS, T. S. Propagação convencional de mudas de Lúpulo (*Humulus lupulus*). 2022
- SANTOS, T. S. Determinação de nitrogênio e proteínas totais. 2022.
- SANTOS, T.S.; SANTOS, M. G. S Assepsia de gemas laterais de cana-de-açúcar para desenvolvimento de mudas-pré-brotadas. 2023

### 3. Extração de óleos essenciais de plantas com ocorrência no bioma Caatinga: Foco em estratégias para inovar, valorizar e proteger

O presente projeto tem como finalidade fortalecer o desenvolvimento científico e tecnológico do país, com foco na Região Nordeste, por meio da obtenção, caracterização e aprimoramento de técnicas de extração de óleos essenciais de interesse biológico e comercial, a partir de plantas de ocorrência no bioma Caatinga. Atualmente, os óleos essenciais (OEs) extraídos a partir destas plantas aromáticas têm atraído muita atenção como produtos naturais interessantes e com grande potencial biológico, incluindo atividades como antioxidantes e conservantes de alimentos, antimicrobianas, entre outras, que desempenham um papel importante em diferentes indústrias.

No entanto, a complexidade química, a diversidade e as propriedades destes OEs não foram suficientemente elucidadas até o momento. Neste projeto, espécies de interesse foram definidas, tais como *Lippia origanoides* Kunth. (Alecrim pimenta), *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson) (Cidreira) e *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants (Mastruz). Em particular, a espécie de *L. origanoides* Kunth., foi coletada, inicialmente, em parceria com Jardim Botânico do Recife – JBR.

A produção de mudas e canteiros destas matrizes foi realizada no CETENE, visando cultivo e propagação das plantas para obtenção de biomassa vegetal, além de preservação e agregação de valor as espécies presentes na região, onde se mantem em desenvolvimento até o momento. Em termos de identificação botânica, algumas espécies foram identificadas, e um número de tombo/voucher de cada espécime 94297 (*L. origanoides*) e 94296 (*D. ambrosioides*), foi gerado e depositado no Herbário do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) – Dárdano de Andrade Lima.

A planta da espécie *L. origanoides* Kunth., demonstrou a presença de óleo essencial, e uma caracterização do óleo foi realizada, onde, particularmente, o rendimento do óleo essencial foi cerca de três vezes maior quando o processo de extração foi realizado com as folhas secas (6,35%). Adicionalmente, os óleos essenciais de folhas frescas (OEFf) e secas (OEFs) de *L. origanoides* Kunth., coletados em dois períodos do ano (seco e chuvoso), foram comparados quanto à composição química e atividades antioxidantes.

A segurança dos principais constituintes desses OEs por modelagem *in silico*, quanto aos parâmetros de Absorção, Distribuição, Metabolismo, Excreção e Toxicidade (ADMET) também foi investigada. Os OEs foram extraídos por hidrodestilação e analisados por cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massa (GC/MS). Carvacrol e Timol foram identificados como os principais constituintes do OEFf (59,68-63,09% para estação chuvosa e seca e 10,6-11,28% estação seca e chuvosa) e OEFs (62,2-62,89 e 11,58-12,02% para ambos, estação chuvosa e seca), respectivamente.

Potenciais antioxidantes foram determinados pelos métodos DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) e ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)). Todos os óleos exibiram atividade antioxidante. OEFs obteve os melhores resultados sobre o sequestro do radical DPPH (IC<sub>50</sub> = 184,5 µg/ml para estação seca) e com a captura do radical ABTS (IC<sub>50</sub> = 198,5 µg/ml para estação chuvosa temporada). Em relação à

toxicidade, as ferramentas de previsão (Swiss ADME, PROTOX-II Server, Molinspiration e Osiris Property Explorer e Osiris Data Warrior), revelam que, em geral, os compostos majoritários dos OEs apresentam baixa possibilidade de toxicidade em diversos aspectos, como hepatotoxicidade, mutagenicidade e tumorigenicidade.

Esses resultados em conjunto, sugerem que os óleos essenciais das folhas de *L. origanoides* podem ser usados como fonte de produtos naturais com eficácia antioxidante para uso na indústria farmacêutica, alimentícia e indústrias de cosméticos. Além disso, as atividades realizadas até o momento se mostraram fundamentais para garantir o desenvolvimento do projeto, bem como os dados obtidos já indicam a possibilidade de geração de produtos, além de produções científicas. Portanto, este trabalho abre perspectivas para avanços no conhecimento, valorização e preservação de plantas de interesse na região.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Milena Fernandes da Silva (PCI-DA).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Artigos científicos**

- AQUINO, ALINE SCARAMUZZA; SILVA, MILENA FERNANDES DA; ALMEIDA, THIAGO SILVA DE; BILHERI, FILIPE NEIMAIER; CONVERTI, ATTILIO; MELO, JAMES CORREIA DE. Mapping of Alternative Oilseeds from the Brazilian Caatinga and Assessment of Catalytic Pathways toward Biofuels Production. *Energies*, v. 15, p. 6531, 2022
- CASAZZA, ALESSANDRO ALBERTO; OLIVEIRA, RICARDO PINHEIRO DE SOUZA; DA SILVA, MILENA FERNANDES; SOLISIO, CARLO; FARIAS, CHARLES BRONZO BARBOSA; SARUBBO, LEONIE ASFORA; CONVERTI, ATTILIO. *Arthrospira platensis* Cultivation in a Bench-Scale Helical Tubular Photobioreactor. *Applied Sciences-Basel*, v. 12, p. 1311, 2022
- FARIAS, CHARLES BRONZO BARBOSA; BARREIROS, ROBSON CARMELO SANTOS; DA SILVA, MILENA FERNANDES; CASAZZA, ALESSANDRO ALBERTO; CONVERTI, ATTILIO; SARUBBO, LEONIE ASFORA. Use of Hydrogen as Fuel: A Trend of the 21st Century. *Energies*, v. 15, p. 311, 2022
- SILVA, MILENA FERNANDES DA; PETTINATO, MARGHERITA; CASAZZA, ALESSANDRO ALBERTO; MACIEL, MARIA INÊS SUCUPIRA; PEREGO, PATRIZIA. Design and evaluation of non-conventional extraction for bioactive compounds recovery from spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds. *CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH & DESIGN*, v. 177, p. 418-430, 2022

### **Resumos em congresso Simples**

- SILVA, M. F.; ALMEIDA, T. S.; ARAUJO, C. A.; MORAES, M. M.; CAMARA, C. A. G.; SOUZA, J. B. P.; LIMA, A. A. N.; MELO, J. C. Composition, antioxidant characteristics and in silico toxicity prediction of *Lippia origanoides* Kunth. essential oils. In: 2nd International Congress on Bioactive Compounds and 3rd International Workshop on Bioactive Compounds: Personal Nutrition, Ageing and Food Science, Campinas, São Paulo, 2022

### **Apresentação de trabalhos em congresso**

- SILVA, M. F.; ALMEIDA, T. S.; ARAUJO, C. A.; MORAES, M. M.; CAMARA, C. A. G.; SOUZA, J. B. P.; LIMA, A. A. N.; MELO, J. C. Composition, antioxidant characteristics and in silico toxicity prediction of *Lippia origanoides* Kunth. essential oils. 2022

### **Orientações**

- Juliana Barreto Pereira de Souza. Desenvolvimento de complexos de óleo essencial do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) para aplicação cosmética. Início: 2021. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (Coorientador)

## Processos e técnicas desenvolvidas (POP)

- SILVA, M. F.; MELO, J. C. Procedimento Operacional Padrão: Análise de sólidos solúveis (Brix %) e Índice de Refração do Refratômetro de bancada do Laboratório de Fitoquímica e Integração de Processos (LAFIP)/Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). 2022

## Trabalhos técnicos – Entrevistas e comentários na mídia

- SILVA, M. F. da; NASCIMENTO, L. M. CETENE e Jardim Botânico se unem pela preservação de espécies de ocorrência na Caatinga. 2022. Acesso em: <https://www.gov.br/CETENE/pt-br/assuntos/noticias/CETENE-e-jardim-botanico-se-unem-pela-preservacao-de-especies-de-ocorrencia-na-caatinga>
- SILVA, M. F. da; DIAS, A. L. F.; SILVA, C. I.; SILVA, F. A. C.; CAMPOS, E. E. F. Pesquisadores do CETENE participam da 19ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia em Brasília (DF). 2022. Acesso em: <https://www.gov.br/CETENE/pt-br/assuntos/noticias/pesquisadores-do-CETENE-participam-da-19o-semana-nacional-de-ciencia-e-tecnologia-em-brasilia>
- SILVA, M. F. CETENE desenvolve pesquisa em extração de óleos essenciais de interesse comercial. 2022. <https://www.gov.br/CETENE/pt-br/assuntos/noticias/CETENE-desenvolve-pesquisa-em-extracao-de-oleos-essenciais-de-interesse-comercial>

## PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022

- Projeto Aprovado – edital FACEPE (11/2022) FRONTEIRAS DA INOVAÇÃO AVANÇOS PARA O CONHECIMENTO GLOBAL. Projeto intitulado: “INOVAR PARA PROTEGER: desenvolvimento de antimicrobiano natural à base de óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga para produção e aplicação na agricultura de Pernambuco”. Parceiros envolvidos no projeto: Empresa Cana Comercial Agroindustrial Nordestina Ltda. e a UFPE

### 4. Obtenção, identificação e caracterização de compostos de interesse biológico e comercial em óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga: Comparação entre cultivares de espécies do gênero *Ocimum*

O bioma Caatinga é caracterizado por possuir condições ambientais únicas, conduzindo as espécies a evoluir um comportamento específico para lidar com ambientes adversos, e, portanto, desenvolver diferentes estratégias de sobrevivência para competir pelo limitado recurso hídricos. Assim, as plantas de ocorrência na Caatinga constituem uma fonte de novos compostos valiosos que tem atraído cada vez mais atenção da comunidade científica para o desenvolvimento de novos agentes terapêuticos.

Algumas espécies vegetais se destacam, por exemplo, *Ocimum gratissimum* L – OG (alfavaca cravo), *Ocimum tenuiflorum* – OT (alfavaca da Índia), *Ocimum basilicum* L. – OB (Manjeriço branco) e *Ocimum campechianum* – OC (Alfavaca miúda). Os óleos essenciais dessas espécies já exibiram capacidade, antibacteriana, antioxidante, anti-inflamatória, inseticida, entre outras. Parte do potencial desses óleos é creditado aos constituintes majoritários que podem variar de acordo com as espécies e com as condições ambientais, são exemplos os monoterpenos eugenol (OG),  $\beta$ -cariofileno (OT) e metil chavicol (OB).

Nesse sentido, é de interesse estratégico mapear o rendimento e a composição desses óleos de acordo com a estação do ano e ciclo circadiano, além de comprovar atividades biológicas alegadas, tais como a atividade antimicrobiana. Amostras das espécies citadas foram coletadas, identificadas e os cultivos de matrizes foram estabelecidas em estufa e em campo aberto. A espécie OG teve o maior sucesso de plantio sendo possível uma investigação preliminar do rendimento do óleo essencial da biomassa fresca e seca ( $\cong$  1-2% respectivamente).

Com os óleos obtidos foi possível investigar o potencial antimicrobiano que indicou amplo espectro de ação contra bactérias gram-positivas, gram-negativas, fungos filamentosos e não filamentosos. O

desenvolvimento das atividades, até o momento, permitiu a idealização de desenvolvimento de produtos e solicitações de fomentos (vide projeto Facepe abaixo). As etapas executadas seguem dentro do esperado para o cronograma de atividades e se mostraram fundamentais no sentido de fornecer fundações sólidas que iram garantir a continuação do desenvolvimento do projeto.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Thiago Silva de Almeida – (PCI-DA).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Resumo Publicado**

- Milena Fernandes da Silva, Thiago Silva de Almeida, Carolina Alves de Araujo, Marcílio Martins de Moraes, Cláudio A. G. da Camara, Juliana Barreto Pereira de Souza, Ádley Antonini Neves de Lima, James Correia de Melo. Title: Composition, antioxidant characteristics and in silico toxicity prediction of *Lippia origanoides* Kunth. essential oils at 2nd International Congress on Bioactive Compounds and 3rd International Workshop on Bioactive Compounds: Personal Nutrition, Ageing and Food Science. November 9-10<sup>th</sup>, 2022, Unicamp, São Paulo, Brazil

### **Artigos publicados durante o período de execução do projeto:**

- Aquino, A. S., Silva, M. F. da, Almeida, T. S. de, Bilheri, F. N., Converti, A., & Melo, J. C. de. (2022). Mapping of alternative oilseeds from the brazilian caatinga and assessment of catalytic pathways toward biofuels production. *Energies*, 15(18), 6531. <https://doi.org/10.3390/en15186531>
- Marques, D.M., Rocha, J. de F., Almeida, T.S., Mota, E.F., 2021. Essential Oils Of Caatinga Plants With Deletary Action For *Aedes Aegypti*: A Review. *South African Journal of Botany* 143, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.004>

### **Procedimento Técnico Especializado (PTE):**

- Almeida, T. S., Procedimento Operacional Padrão: Obtenção de óleos essenciais a partir de biomassa vegetal fresca. Pernambuco: CETENE, 2022
- Almeida, T. S., Procedimento Operacional Padrão: Obtenção de óleos essenciais de biomassa vegetal desidratada. Pernambuco: CETENE, 2022
- Almeida, T. S., Procedimento Operacional Padrão: Obtenção de óleos fixos de sementes. Pernambuco: CETENE, 2022

## **PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022**

### **Projeto – FACEPE**

- Aprovação e início da execução do projeto aprovado via edital FACEPE (11/2022) FRONTEIRAS DA INOVAÇÃO AVANÇOS PARA O CONHECIMENTO GLOBAL. O projeto foi intitulado “INOVAR PARA PROTEGER: desenvolvimento de antimicrobiano natural à base de óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga para produção e aplicação na agricultura de Pernambuco”. A aplicação do projeto contou com o apoio da empresa Cana Comercial Agroindustrial Nordestina Ltda. e dos professores Darlisson de Alexandria Santos e Elton de Lima Borges, ambos da Universidade Federal de Pernambuco. O projeto tem duração de 36 meses e conta com um fundo de 500 mil reais já implementados.

### **Orientação – Projeto PIBIC**

- Aprovação e início da execução de projeto via Edital 05/2022 2 para o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE). Aluna selecionada Samara Ellen da Silva Santos, Biomedicina na Universidade Federal de Pernambuco. O projeto foi intitulado “Obtenção e caracterização de óleo de *Calophyllum*

*brasiliense* Cambess; (guanandi) produto natural de alto potencial econômico no Nordeste brasileiro”. O projeto teve início em agosto de 2022 e tem duração de um ano (carga horária de 20 h semanais)

#### 5. Desenvolvimento de protocolos e processos para dar suporte a micropropagação em larga escala de cana-de-açúcar e outras espécies vegetais visando dar apoio a cadeias produtivas da Região Nordeste

O bioma Caatinga é inteiramente brasileiro e atualmente encontra-se sofrendo o processo de desertificação por conta do desenfreado desmatamento e dos constantes processos de queimadas pelo aquecimento global e por ação contínua dos agricultores na ampliação de pastagens para fins econômicos, sem contar a intensificação causada por longos períodos de seca. A cultura de tecidos vegetais é uma técnica biotecnológica fundamental para a formação de bancos de germoplasmas (BAGs), visando impedir possíveis perdas de recursos genéticos bem como a extinção de espécies e, também por ser uma excelente via alternativa na produção rápida de plantas (genótipos elites) em larga escala.

Nesse contexto, as técnicas de cultivo in vitro tornam-se grandes aliadas para a conservação de espécies vegetais endêmicas ou de ocorrências que compõem a flora do bioma caatinga. O objetivo deste estudo é desenvolver protocolos na otimização de processos para micropropagação das espécies vegetais: licuri (*Syagrus coronata* Mart.), macaúba (*Acrocomia aculeata* Jacq.), catolé (*Syagrus cearensis* Noblick), munguba (*Pachira aquática* Aubl.), moringa (*Moringa oleifera* Lam.), guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) e crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), visando à obtenção de mudas em larga escala destas espécies para acelerar e aumentar a produção agroindustrial, na Região Nordeste, com qualidade genético-fitossanitária e também no reflorestamento de áreas desertificadas na caatinga.

Neste estudo inicial, dentre as espécies citadas, a primeira espécie propagada in vitro foi o licuri (*S. coronata*), onde utilizou-se como material vegetal os embriões zigóticos na promoção da germinação in vitro. Para a germinação in vitro, os frutos de licuris coletados, foram beneficiados e desinfestados em laboratório para retirada do endosperma das sementes. Em câmara de fluxo laminar os endospermas foram desinfestados para excisão dos embriões zigóticos, sob os diferentes tempos de embebição (0,0; 24h e 48h). Os embriões zigóticos foram inoculados em meio de cultura MS (Murashige & Skoog, 1962): MS<sub>semi-sólido</sub> (solidificado com 0,7% de ágar) e em meio MS<sub>líquido</sub> (sem adição de agente gelificante).

Todos os dois tipos de meios de cultura foram suplementados com 30g. L<sup>-1</sup> de sacarose, com o ácido giberélico nas diferentes concentrações (0,0; 2,0 e 4,0 mg. L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>), totalizando 18 tratamentos (sendo 15 embriões zigóticos para cada tratamento). Aos 30 dias de avaliação, verificou-se que o uso dos meios de cultura MS<sub>sólido</sub> e MS<sub>líquido</sub> promovem a germinação in vitro de embriões zigóticos de licuri (*S. coronata*), porém as mais altas porcentagens de germinação (%G), ocorreram no meio MS<sub>sólido</sub>. A utilização do ácido giberélico nas duas concentrações (2,0 e 4,0 mg. L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>), otimizaram a porcentagem de germinação in vitro de licuri. A pré-embebição dos endospermas por 24h, promoveu as maiores respostas (42,2%) para a porcentagem de germinação in vitro de licuri. Sugere-se para a otimização de um protocolo da germinação in vitro de licuri a utilização da pré-embebição dos endospermas por 24h para a retirada dos embriões zióticos e estes sendo cultivados em meio de cultura MS semi-sólido, quando associado a 4,0 mg. L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Ana Paula de Souza Rios – (DTI).

#### 6. Matriz de Nanopartículas para Encapsulamento e Liberação Controlada de Nanonutrientes na Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma das culturas agrícolas mais importantes do Mundo. No Brasil ocupa um lugar de destaque, sendo considerado o país com maior produção a nível mundial, já que é de suma importância para o agronegócio brasileiro, pois tem gerado em todo país milhares de empregos diretos e indiretos, colaborando com o crescimento da economia nacional. Diante de inúmeros desafios que todo negócio agrícola de larga escala enfrenta, nos deparamos com a dependência dos insumos necessários a correção do solo e qualidade da água antes da aplicação dos Macros e Micronutrientes; Toda grande produtividade

depende muito do uso de fertilizantes; sendo a carência deste um fator limitante na agricultura em especial, na cultura da cana.

O uso de fertilizantes convencionais tem demonstrado sua baixa eficiência em relação à absorção dos mesmos pela planta a nível radicular e foliar, ocasionando altas perdas financeiras e de desenvolvimento da cultura, o que acaba levando a necessidade de altas doses desses fertilizantes, aumentando o custo da produção e contaminando o meio-ambiente. Contudo, para aumentar a eficiência dos fertilizantes, reduzir as perdas de nutrientes, alcançar a eficácia e com isso diminuir os custos na lavoura e reduzir a poluição ambiental, novas tecnologias devem ser implementadas na agricultura.

A nanotecnologia se apresenta como uma área interdisciplinar que vem sendo utilizada em diversos campos das ciências aplicadas, como: química, física, biologia, medicina, engenharia e agrárias. Desta forma, nanofertilizantes tem sido proposto como alternativas viáveis para aumentar a eficiência de desenvolvimento para várias culturas agrícolas, em especial a utilização dos Macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em escala nanométrica.

Assim, este projeto visa desenvolver um sistema preparado por síntese hidrotermal com reator, com a incorporação de fontes de N, P e K para liberação controlada desses nanonutrientes, os quais possibilitem uma absorção pontual, economia nos recursos financeiros, aumento da produtividade e melhor desenvolvimento na cultura de cana-de-açúcar para a Região Nordeste. As sínteses das nanopartículas de Carbon Dot's (C-Dot's), tendo como base produtos orgânicos, foram preparadas usando como ponto de partida as metodologias descritas na literatura por Sahu, et al (2012) e Santos (2020).

As sínteses descritas na literatura foram adaptadas para receber como precursores os insumos das partes sólidas dos produtos naturais. O material sintetizado foi obtido em quantidade ínfima, em virtude do reator utilizado na reação ser de 25 mL, contudo a quantidade produzida foi reservada para ser agregada ao produto de outras sínteses, visando obter material suficiente para realizar as diversas caracterizações e assim comprovar que o material sintetizado está de acordo com as caracterizações apresentadas na literatura; desta forma, mostrar como a nanotecnologia pode ser uma grande aliada à agricultura, produzindo um material inovador e que se mostre promissor como carreador de nanonutrientes e nanobiodefensivos, não apenas na cana-de-açúcar, como em outras diversas culturas agrícolas; visando o fortalecimento do agronegócio brasileiro.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Natércia Antunes Gonçalves – (DTI).

## 7. Nanotecnologia aplicada a micropropagação de espécies de cana-de-açúcar

Nas últimas IV décadas, o Brasil deixou a condição de importador alimentício para se tornar um grande provedor para o mundo, produzindo excedentes a cada ano, se expandindo para o mercado internacional gerando superávits cambiais em sua economia. Para que ocorra uma melhor produtividade de alimentos por hectare quadrado, novas tecnologias deverão ser implementadas na agricultura. E dentre as mais promissoras está a nanotecnologia.

A nanociência é o estudo de fenômenos e o manuseio de materiais atômicos, moleculares e macromoleculares, e define nanotecnologias como projeto, caracterização e produção de estruturas, dispositivos e sistemas para controle de forma e tamanho em escala nanométrica (nm) (The Royal Society, 2004) entre 10 e 100 nm. A nanoagricultura (NA) é um ponto incipiente no agronegócio e na alimentação global, mesmo em tão pouco tempo, já demonstrou fundamental para o desenvolvimento das atividades agrícolas.

Desse modo, a nanotecnologia tem proporcionado o emprego de materiais na escala nanométrica para uso como carreadores de antibacterianos, antifúngicos, antiparasitários, cosméticos, pesticidas, herbicidas, larvicida etc. como agentes de liberação controlada. Nesse contexto, a utilização de redes metalorgânicas – MOF's (Metal Organic Framework) em convergência com os nutrientes é uma ótima alternativa para o

controle e liberação nutricional. As MOFs têm um grande potencial como nanocarreadores devido a elas possuírem sítios polinucleares isolados, interação específica “sítio ativo-substrato” e um ambiente da cavidade com hidrofobicidade ajustável.

Desenvolvemos uma MOF com potencial de grande área superficial, o ZIF-8, também desenvolvemos um material manométrico a base da casca do ovo (*Gallus gallus domesticus*) para servir de material nutricional a cana-de-açúcar. Os resultados mostraram que o material desenvolvido tem uma característica de pó refinado, para o ZIF-8 o material demonstrou ter uma coloração esbranquiçada, já o carbon dot's da casca do ovo recoberta com o ZIF-8, apresentou uma coloração bege claro.

O padrão de difração de raios X demonstrou que o material é cristalino e em comparação do material sintetizado com o dado calculado, corresponde as características de uma estrutura ZIF-8. A análise termogravimétrica foi realizada com intuito de verificar a estabilidade térmica do material, se está de acordo com o reportado na literatura. Foi evidenciado que o material corrobora com os dados da literatura.

O material produzido neste período de 2 meses obteve um rendimento necessário, apenas para realização das caracterizações, tendo em vista que os precursores foram cedidos pelo Laboratório de Terras Raras – BSTR do Departamento de Química Fundamental – dQF da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Neste sentido, o material sintetizado aponta estar de acordo com a literatura conforme as caracterizações apresentadas até o momento, sendo um material bastante promissor para o carregamento de nutrientes e biodefensivos para à agricultura.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Yuri José de Albuquerque Silva – (DTI).

#### 8. Nanopartículas de carbon dot com encapsulamento de peróxido de hidrogênio – carregadas por *Trichoderma* sp. no manejo de doenças quarentenárias da bananeira

A banana (*Musa* spp.) faz parte do alimento básico para milhões de pessoas, em todas as camadas da população. No Brasil, é a segunda fruta na preferência do consumidor e importante cultura agrícola. Embora a banana tenha grande participação no agronegócio devido sua grande importância econômica, social e humana, não só na geração de empregos, mas também nas negociações rentáveis, entretanto as contribuições nas exportações são relativamente baixas, devido ao número alto de consumo da fruta interna e a falta de resistência e tolerância a pragas e doenças, algumas pragas quarentenárias que acometem a cultura podem constituir como o principal fator de queda de produtividade, restrições e até mesmo ausência do produto em algumas regiões, descaracterizando o preço popular.

Nas plantas em geral, o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) desempenha um papel proeminente, principalmente porque a fotossíntese fornece uma fonte extra em relação aos organismos não fotossintéticos. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é uma espécie reativa de oxigênio que presumivelmente ocorre como um metabólito em todos os organismos aeróbicos, sendo reconhecido por estar envolvido nos mecanismos de resistência das plantas a doenças infecciosas.

Os fungos estão ocupando o centro dos estudos sobre geração biológica de nanopartículas devido à sua eficiência em sintetizá-las. Associada a isso, a terapia fotodinâmica consiste na associação de um corante sensível à luz, o fotossensibilizador que é ativado em um comprimento de onda específico que podem causar danos severos ao DNA, à membrana celular e à oxidação de compostos orgânicos insaturados, como os lipídeos, além de inativarem enzimas essenciais ao patógeno. Essa técnica tem apresentado resultados promissores na área médica no tratamento com microrganismos patogênicos inibindo seu crescimento.

Portanto, o desenvolvimento desta técnica irá proporcionar um tratamento de doenças quarentenárias importantes da bananeira utilizando nanopartículas de carbon dot com encapsulamento de peróxido de hidrogênio veiculada por espécie de *Trichoderma*, ativado através de um mecanismo similar ao da terapia fotodinâmica, viabilizando a produção de mudas micropropagadas com esta propriedade. As atividades desenvolvidas neste período de bolsa são listadas abaixo, e se subdividem em três atividades, um do



embasamento da fundamentação teórica, um estudo para isolamento, purificação e preservação de agentes biológicos carreadores de nanopartículas de peróxido de hidrogênio, e por último um procedimento técnico de assepsia de mudas-pré-brotadas, detalhadas a seguir: [1] Fundamentação teórica para embasamento das atividades e a criação de relatórios; [2] Isolamento, purificação e preservação de *Trichoderma* sp. (para o banco do laboratório LCPP da Biofábrica no Centro de Tecnologias e Estratégicas do Nordeste – CETENE, Recife – PE).

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Marília Gomes da Silva Santos – (DTI).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Processos e técnicas desenvolvidos (POP)**

- SANTOS, T.S.; SANTOS, M. G. S Assepsia de gemas laterais de cana-de-açúcar para desenvolvimento de mudas-pré-brotadas. 2023

### 9. Desenvolvimento de Soluções Tecnológicas para o Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais para Fins Energéticos

No âmbito nacional, o Nordeste é o grande destaque na produção de frutas tropicais como abacaxi, banana, caju, coco, mamão, maracujá e melão, tendo em vista os solos e clima adequados, proporcionando um rápido crescimento. Dentre estas culturas, banana e coco apresentam grande geração de resíduo lignocelulósico sem destinação ou subutilizados.

Os resíduos da cadeia produtiva do coco e banana apresentam um grande potencial para a geração de biogás por digestão anaeróbia, favorecendo assim a preservação do meio ambiente, proporcionando a geração de emprego e renda, e contribuindo com o desenvolvimento regional. Este projeto apresenta-se como alternativa sustentável para destinação final de resíduos orgânico gerados pelas cadeias produtivas de coco e banana, quanto ao desenvolvimento e implementação de processos de geração de biogás/biometano e biofertilizantes em escala laboratorial e piloto.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Leonis Lourenço da Luz – (PCI-DA).

### 10. Produção de Biocombustíveis a Partir de Diferentes Espécies Vegetais da Caatinga Brasileira, Catalisadas com Nanoredes Metal-Orgânicas e Óxidos Nanoestruturados

Os biocombustíveis surgiram como uma fonte alternativa aos combustíveis fósseis, no que diz respeito a uma alternativa ambiental e econômica. Em outras palavras, os biocombustíveis são fontes de energias alternativas, de caráter renovável e geralmente apresentam baixos índices de emissão de poluentes na atmosfera. As principais fontes de energia são obtidas de matérias-primas de produtos vegetais e agrícolas, como por exemplo, milho, soja, mamona, cana-de-açúcar etc.

O óleo vegetal abrange várias fontes de óleos, tais como: frutas secas, sementes e outras plantas. Quimicamente falando o termo biodiesel significa ésteres mono alquílicos de ácidos graxos provenientes de óleos e gorduras. A exploração de novas matérias-primas e o desenvolvimento de novos combustíveis renováveis, são levados em consideração, uma vez que o nosso objetivo é desenvolver processos com produção de energia mais eficiente sem prejudicar o meio ambiente e a produção de alimentos como um todo.

Pensando por esse lado, o nosso grupo de pesquisa tem procurado sobre fontes alternativas de matérias primas (triglicerídeos), na caatinga brasileira, para a produção do biodiesel. São eles: munguba (*Pachira aquatica*), catolé (*syagrus cearensis*), licuri (*syagrus coronata*), guanandi (*calophyllum brasiliense*) e macaíba (*acromia aculeata*). Todas essas espécies vegetais possuem, como fonte de biomassa, sementes

oleaginosas com grande potencial para se tornarem a principal fonte de matéria prima para a produção de biodiesel de alta qualidade. Uma vez definida qual fonte de biomassa a ser trabalhada, passamos a pesquisar como otimizar o processo das reações de transesterificação com diferentes tipos de catalisadores, inclusive os nanoestruturados.

Sendo assim, optamos por trabalhar com polímeros de coordenação como as MOF's (*Metal Organic Frameworks*) ou nano-MOFs que além de serem economicamente viáveis, também tem grande potencial como catalisadores, uma vez que possuem boa estabilidade térmica e boa atividade catalítica para a produção do biodiesel, como: ZIF-8 e HKUST. Produzir biocombustíveis, seja ele biodiesel ou bioquerosene de aviação, a partir da biomassa de diferentes oleaginosas otimizando o processo com diferentes tipos de catalisadores nanoestruturados.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Márcia Karine da Luz Belarmino – (PCI-DC).

#### 11. Desenvolvimento, otimização e implementação de métodos analíticos em cromatografia para purificação, caracterização, identificação, determinação e quantificação de biomoléculas com alto valor agregado

O avanço dos instrumentos analíticos tem possibilitado o desenvolvimento de métodos de análise com, cada vez mais, precisão e exatidão. Dentre as vantagens da utilização de métodos analíticos, destacam-se a redução do tempo na aquisição de resultados e a diminuição de custos. Considerando a diversidade de análises realizadas, para suprir a demanda do CETENE, assim como a demanda da comunidade externa, torna-se imprescindível à implementação de um sistema ágil e preciso que supra o atendimento das análises solicitadas, nas técnicas de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização de chama (GC-FID) ou espectrometria de massas (MS) e cromatografia de fluido supercrítico (SFC).

O desenvolvimento e validação de metodologias analíticas devem ser realizados de acordo com os parâmetros preconizados pela resolução nº 166/17 da agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA). Assim, os parâmetros de um novo método devem cumprir as exigências das aplicações analíticas, garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos atendendo aos requisitos pretendidos.

Atendendo a demanda inicial de análise e quantificação de carboidratos em diversas matrizes, foi desenvolvido método de análise para essa classe de biomoléculas em CLAE, considerando os parâmetros fluxo, tempo de corrida cromatográfica, fase móvel (porcentagem de solvente orgânico), tipo de coluna, temperatura do forno e do detector de índice de refração (RID) para melhor aquisição do perfil cromatográfico. Em cromatografia gasosa com detector FID, foi desenvolvido método para análise de álcoois superiores em mosto cervejeiro, com ajustes dos parâmetros fluxo, tipo de coluna cromatográfica e temperatura do forno de coluna nas diferentes fases de separação dos analitos. Além disso, foi realizada manutenção de rotina e troca de peças do equipamento (liner e septo) para melhores resultados de análise.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Pollyne Borborema Almeida De Lima – (PCI-DA).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Participação em eventos**

- Apresentação das técnicas usadas na Central Analítica do CETENE na 19ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia
- Divulgação dos projetos desenvolvidos no CETENE na 29ª Agrinordeste

## **EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS POR PROJETOS**

- Cromatografo de fase gasoso, marca Agilent, modelo A8890 REAR S/SL ONLY acoplado à espectrômetros de massa do tipo quadrupolo tandem, com faixa de massa de 2-2.048m/z, com fonte de íons de interface ortogonal dupla e detector fotomultiplicador, marca Waters, modelo
- Xevo TQ-S Micro adquirido por acordo de cooperação com o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF

## 12. Desenvolvimento e otimização de métodos analíticos para purificação, caracterização, identificação, determinação e quantificação de moléculas de interesse socioeconômico acompanhados por GC-MS, GC-FID, HPLC, LC-MS e UPLC

O potencial biotecnológico de espécies presentes no Nordeste já vem sendo explorado, mas ainda há muito para ser estudado. A Caatinga, um bioma exclusivo brasileiro, é uma das regiões semiáridas mais diversificadas do mundo, abrangendo 10% do território nacional. A Caatinga é caracterizada por possuir condições climáticas únicas, conduzindo as espécies a evoluir um comportamento específico para lidar com ambientes adversos. Assim, as plantas da Caatinga constituem uma fonte de compostos que tem atraído cada vez mais atenção na tentativa de desenvolver novas drogas.

Os hidrocarbonetos monoterpênicos, diterpenos, sesquiterpenos apresentam um elevado potencial fitoterápicos. Dentre os hidrocarbonetos mais estudados destacam-se o timol e carvacrol e encontram-se entre os componentes de óleos essenciais mais estudados, sobretudo devido ao amplo espectro de atividades biológicas. Os compostos timol e carvacrol são os principais constituintes de diversos óleos essenciais extraídos de plantas aromáticas, dentre elas a espécie da Caatinga conhecida como alecrim-pimenta, *Lippia sidoides*, espécie que faz parte do grupo de plantas selecionadas pelo governo local como fitoterápico.

Outros hidrocarbonetos de elevado potencial biotecnológico como é o Caso do  $\beta$ -farneseno, encontrado no óleo essencial da espécie *Humulus lupulus*, podem ser estudados tanto para fins farmacêuticos, medicinais ou empregados na indústria em geral. Portanto, as pesquisas deste tipo se deparam ante a dificuldade em identificar os compostos responsáveis ou como obtê-los em grande quantidade. Além disso, é importante avaliar todos os aspectos necessários para a criação de um produto final. Desta forma, é de interesse estratégico, encontrar técnicas que incrementem o rendimento de bioativos, agregando valor a espécies presentes na região.

Equipe:

James Correia de Melo (Supervisão); Filipe Neimaier Bilheri – (PCI-DB).

### **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

#### **Artigos Publicados:**

- Aquino, A. S.; Silva, M. F.; Almeida, T. S.; Bilheri, F. N.; Converti, A.; Melo, J. C.. Mapping of Alternative Oilseeds from the Brazilian Caatinga and Assessment of Catalytic Pathways toward Biofuels Production. *Energies*, v. 15, p. 6531, 2022

#### **Participação Em Eventos:**

- Apresentação das técnicas usadas na Central Analítica do CETENE na 19ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia
- Realizei a palestra intitulada “O uso da Espectroscopia para a caracterização de Moléculas” visando uma capacitação institucional

### **PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022**

- Participação na construção e submissão do projeto CT-Infra Finep para ampliação da Central Analítica do CETENE onde o laboratório foi contemplado com aproximadamente R\$1,5 milhões e a instituição com um total de aproximadamente R\$ 5 milhões
- Participação na escrita e submissão de um projeto para o edital “Fronteiras da Inovação: Avanços para o conhecimento global” FACEPE onde o laboratório foi contemplado com a quantia de R\$ 500 mil

## **B MATA ATLÂNTICA**

### 1. Efeito do Fotoautotrofismo na Rustificação de Espécies Arbóreas Micropropagadas: Aspectos de Produção para Conservação da Biodiversidade

A fotoautotrofia é uma das principais tendências do cultivo in vitro de plantas, sendo considerada economicamente eficiente, por possibilitar a redução no uso de insumos químicos utilizados no meio de cultura e por melhorar significativamente a qualidade e rusticidade das mudas que serão aclimatizadas e levadas para o campo. Programas de reflorestamento e restauração ambiental envolvendo espécies arbóreas podem se beneficiar do uso adequado da micropropagação fotoautotrófica e fotomixotrófica.

As condições físicas e químicas do cultivo in vitro convencional geralmente são caracterizadas por um sistema de vedação que mantém alta umidade relativa, baixas concentrações de CO<sub>2</sub> no interior dos recipientes e o acúmulo de etileno. Ademais, sacarose é adicionada no meio de cultura para suprir a necessidade de carbono das plantas, já que a fotossíntese é defasada dentro do sistema artificial de cultivo. Todavia, a sacarose é um dos componentes mais caros usados nos meios de cultura in vitro, e quando altas concentrações são adicionadas ao meio de cultura, pode influenciar negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Outro fator muito importante no cultivo in vitro de plantas é a fonte de luz. Comumente são utilizadas lâmpadas brancas para fornecer luz para a fotossíntese dos propágulos in vitro. Entretanto, o uso de lâmpadas com diferentes comprimentos de onda pode estimular o crescimento de maneira específica em diversas espécies. Por isso, a quantidade e a qualidade de luz são fatores importantes para regular o crescimento e o desenvolvimento de plantas in vitro.

Assim, a presente pesquisa visa promover o melhor crescimento e desenvolvimento morfofisiológico de espécies arbóreas através do cultivo fotoautotrófico ou fotomixotrófico, com validação de protocolos através de avaliações anatômicas, fisiológicas e bioquímicas de mudas micropropagadas. De acordo com os resultados obtidos até o momento, os cultivos fotoautotrófico e fotomixotrófico tem se mostrado eficientes na propagação de espécies arbóreas in vitro. O uso dessas técnicas tem favorecido a produção de mudas de alta qualidade morfofisiológica além contribuir para a diminuição dos custos e de perdas durante a aclimatização.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Lindomar Maria de Souza – (PCI-DA).

### 2. Propagação in vitro de espécies arbóreas de interesse socioeconômico e ecológico da Mata Atlântica

De acordo com levantamentos realizados pela Fundação SOS Mata Atlântica, juntamente com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) grandes áreas da Mata Atlântica têm sido desmatadas. Fato preocupante, segundo a ONG (MMA, 2020; INPE, 2020). Na tentativa de amenizar este quadro, várias entidades governamentais e não governamentais têm investido esforços com a criação de programas de reflorestamento voltados para a recuperação e/ou regeneração da Mata Atlântica.

Para tanto, há uma demanda significativa de mudas para a execução de projetos pertencentes a estes programas (Oliveira, et. al., 2016). Neste sentido, espécies pioneiras apresentam como uma das principais características o rápido crescimento de coberturas vegetais. Portanto, têm representado grande potencial na recuperação de áreas impactadas da Mata Atlântica (Nunes, et al., 2015). Assim, pesquisas voltadas para

a otimização dos processos de propagação de espécies pioneiras da Mata Atlântica, vêm sendo realizadas a fim de viabilizar a produção de mudas para atender às referidas demandas.

Na propagação através da reprodução sexuada de plantas, a quebra da dormência de sementes é um dos principais limites a ser superado na propagação vegetal e varia de acordo com a espécie (Oliveira, et. al., 2016; Silva, et. al., 2016). Segundo Sena e Gariglio (2008), cerca de dois terços das espécies arbóreas possui algum tipo de dormência. As técnicas de cultura de tecidos vegetais apresentam grande empregabilidade no setor florestal. Essas técnicas podem ser empregadas na produção de mudas por germinação e multiplicação *in vitro* de espécies lenhosas.

As espécies arbóreas possuem como características, longos períodos de maturação, sobretudo quando apresentam fatores que limitam sua germinação, dificultando assim o processo de propagação convencional dessas espécies. Através dos processos de propagação *in vitro* é possível produzir mudas independentemente da estação do ano ou do clima, além da obtenção de mudas livres de doenças e em larga escala (Ulisses et al., 2010; Chandra et al. 2010).

Neste sentido, a micropropagação representa uma forte ferramenta para a produção de mudas de espécies lenhosas as quais podem ser utilizadas em ações voltadas para fins socioeconômicos e/ou ecológicos. A cultura de tecidos vegetais envolve diversas técnicas onde propágulos vegetais isolados de plantas matrizes são mantidos em condições assépticas em meios de cultivo específicos. No geral, esses meios são formados por sais minerais, sacarose como fonte de carbono, agentes gelificantes, onde o mais utilizado é o ágar, e reguladores de crescimento, sendo a sacarose e o agente gelificante os componentes utilizados em maior quantidade e os mais onerosos (Ulisses et al., 2010; Gallo et al., 2014).

Para o aumento da viabilidade das técnicas de cultura de tecidos vegetais empregadas na produção de mudas de espécies lenhosas, faz-se necessário a redução de custos através da diminuição da concentração de componentes, bem como o estabelecimento de protocolos para germinação e micropropagação para cada espécie. Neste sentido, a tentativa de redução de custos através da simplificação desses meios de cultura vem sendo reportada com sucesso em pesquisas envolvendo os processos de propagação *in vitro* de plantas como as cactáceas *Cereus jamacaru* (mandacaru) e *Pilosocereus pachycladus* (facheiro) (Santos et al. 2018), *Cattleya loddigesii* e *Schomburgkia crispa* Lindl (orquídeas) (Gallo et al., 2014; Antonietti et al., 2018), entre outras.

O que foi exposto acima mostra a importância da realização de pesquisas acerca do estabelecimento e simplificação de protocolos de meios de cultivo para a produção *in vitro* de mudas de espécies arbóreas da Mata Atlântica.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Marta Ribeiro Barbosa – (PCI-DA).

### 3. Efeito da Superação da Dormência de Diferentes Espécies da Mata Atlântica Visando a Otimização de Produção de Mudas *In Vitro* e *In Vivo*

O bioma Mata Atlântica é considerado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 e se estende por uma área atravessando 17 estados do Brasil e está presente em mais de 3 mil municípios. Na região Nordeste está presente nos brejos interioranos e encaves florestais. Já no Sudeste têm ocorrência nas limitações dos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, se estendendo pelo interior (Apremavi, 2021). Sendo local de moradia para mais de 72% do povo brasileiro e com uma concentração do PIB nacional por volta dos 70%, muitos serviços essenciais dependem dela, como abastecimento de água, agricultura, pesca, energia elétrica, regulação do clima e o turismo.

Atualmente restam 12,4% do que havia da floresta original existente (OSOMA, 2021). A composição da flora se dá por 55% de espécies arbóreas e não arbóreas 40% sendo elas endêmicas existentes apenas na Mata Atlântica. Dessa formação vegetal 70% são de bromélias endêmicas e 64% de palmeiras. Avalia-se que 8 mil espécies vegetais sejam nativas do bioma Mata Atlântica (IBF, 2020). O aniquilamento das

espécies nativas, com o desmatamento em vários estados, intimida fortemente o bioma e ressalta a necessidade de ações de restauração e preservação da Mata Atlântica (OSOMA, 2021).

O CETENE tem como uma de suas funções o desenvolvimento da região nordeste e investir nesta linha de pesquisa, cumprirá seu papel para com a sociedade. Atuando a cerca de 10 anos no estudo de protocolos de propagação de essências, o estudo de fatores que influenciam a germinação e, conseqüentemente a produção de mudas de essências florestais, é um dos principais pontos para ampliação do número de espécies produzidas pelo Programa Mata Atlântica do CETENE.

A dormência é uma estratégia para sobrevivência das espécies em longo prazo, fazendo com que as sementes venham a emergir em situações especiais. Para o silvicultor, a dormência pode ajudar no armazenamento de sementes de espécies lenhosas e, ao mesmo tempo, ser um empecilho, tornando irregular e dificultando a produção de mudas (KRAMER; KOSLOWSKI, 1972). Diversas sementes de espécies da região tropical manifestam alguma condição de dormência que dificulta o processo de germinação, ainda que esteja em situações ecossistêmicas oportunas.

A dormência é um dispositivo de defesa das espécies, essencialmente relacionadas às diferentes condições não oportunas do ambiente ao crescimento das plântulas. Assim, os processos de dormência visam conservar o vigor das sementes até que venha ocorrer uma mudança ambiental, de forma a sustentar o seu desenvolvimento. Esta linha de pesquisa visa ampliar o número de espécies com protocolos otimizados e que compõem a lista de material propagado no Programa Mata Atlântica do CETENE, aumentando a oferta de mudas que são destinadas a instituições parceiras que atuam em iniciativas de reflorestamento.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Robson Antonio de Souza – (PCI-DA).

Parcerias:

Serviço de Tecnologia Alternativa – SERTA; Secretaria de Meio Ambiente, Pesca e Aquicultura da Ilha de Itamaracá; Jardim Botânico do Recife

#### 4. Restaurar sem conhecer? A relevância das coleções botânicas na conservação e recuperação de áreas degradadas

A Mata Atlântica compreende uma das maiores florestas tropicais da América, abrangendo áreas do Brasil, Argentina (Misiones) e Leste do Paraguai, onde no Brasil abrange desde o Ceará ao Rio Grande do Sul. É considerada um dos 34 hotspots de biodiversidade do mundo, onde segundo o Brazil Flora Group-BFG (2015), a Mata Atlântica Brasileira possui 15.001 espécies de angiospermas registradas, das quais 7.432 são endêmicas. Além disso, aproximadamente 10% das espécies que ocorrem na Mata Atlântica são consideradas ameaçadas de extinção.

Nos dias presentes a área remanescente da Mata Atlântica resulta em paisagens extremamente fragmentadas, as quais as florestas são vistas como pequenas manchas irregulares, inseridas em extensos canaviais e áreas urbanas. Diante deste panorama, de perda acelerada da biodiversidade em função do avanço da degradação da Mata Atlântica, é de fundamental importância que iniciativas de recuperação e conservação sejam elaboradas e executadas.

Entretanto, pensar recuperação de áreas degradadas, remete a maneiras de viabilizar alternativas econômicas para atingir uma extensa área de restauração florestal, como o melhoramento vegetal com produção de mudas mais resistentes, por exemplo. Contudo, como restaurar sem conhecer quais espécies devem ser utilizadas? Quem são essas espécies e como elas resistem aos fatores ambientais no reflorestamento? Estas perguntas são a chave para elaborar o correto manejo de um plantio por meio de uma coleção botânica, levando a atingir o sucesso na recomposição florestal.

Desta forma, a criação do registro e catalogação das matrizes de diferentes espécies (atualmente utilizadas para coleta de sementes para produção de mudas no Programa Mata Atlântica do CETENE) assim como, o

registro de novas espécies (localização de suas matrizes), facilitará o acompanhamento dos diferentes estádios de desenvolvimento (floração e frutificação), agilizará e otimizará as coletas das sementes e propágulos que serão utilizados nas etapas de produção de mudas disponibilizadas as ações de recuperação ambiental.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Katarina Romênia Pinheiro Nascimento – (PCI-DA).

Parcerias:

Jardim Botânico do Rio de Janeiro; Jardim Botânico do Recife

## 5. Propagação *in vitro* de espécies ameaçadas de extinção do bioma Mata Atlântica

A Mata Atlântica brasileira é uma vasta região heterogênea (1.481.946 km<sup>2</sup>, aproximadamente 17,4% do território brasileiro), incluindo uma grande variedade de fisionomias e composições florestais ao longo da costa atlântica brasileira. É o bioma que possui maior número de espécies ameaçadas de extinção, cerca de 1544 espécies vegetais. Hoje, restam aproximadamente 12,4% da floresta que existia originalmente e, desses remanescentes, 80% estão em áreas privadas, sendo necessária a intensificação de estratégias e ações políticas de conservação da Mata Atlântica.

Diante desse contexto, protocolos confiáveis de propagação via germinação *in vitro* podem auxiliar a entender os mecanismos de reprodução, na produção de mudas vigorosas, saudáveis e são estratégias eficientes para preservação da variabilidade genética das plantas, importante quando o objetivo é reflorestamento, florestamento e enriquecimento de mata de espécies ameaçadas de extinção, pois permite a manutenção da diversidade genética aumentando a probabilidade de evolução e adaptação delas ao meio.

Nessa perspectiva, a propagação *in vitro* poderá permitir que se alcancem resultados satisfatórios para espécies de plantas que necessitam de condições especiais para germinação, pouca viabilidade e possui crescimento lento, além de reduzir o tempo de germinação em relação às condições naturais e manter a variabilidade genética da população. O trabalho tem como objetivo estabelecer protocolos de propagação *in vitro* de baixo custo de cinco espécies ameaçadas de extinção da mata atlântica (*Griffinia gardneriana*, *Apuleia leiocarpa*, *Handroanthus impetiginosus*, *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*), produzindo protocolos que serão incorporados aos demais da Plataforma de Propagação de mudas de essências florestais do LAPAB (Laboratório de Pesquisas Aplicadas a Biomas).

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Priscila Tavares Fonseca- (PCI-DA).

Parcerias:

Jardim Botânico do Recife

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Artigos Científicos**

- Souza, L. M.; Barbosa, M. R.; Ulisses, C.; Oliveira, M. T.; Terezinha, C. R. Type of substrate influences growth and antioxidant system? Case study in *Myracrodruon urundeuva* under water deficit. *South African Journal of Botany*. 2022
- Souza, L. M.; Palhares-Neto, L.; Barbosa, M. R.; Santos, Ana Maria M.; Conceição, E. M.; Souza, R. A.; Houllou, L. M. Effect of seed priming with NaCl on the induction of salinity tolerance in *Myracrodruon urundeuva* Allemão *in vitro*. *Ciência Florestal*. 2022

## Capítulo De Livros

- Barbosa, M. R.; Souza, L. M.; Cavalcanti, F. L. S. Uso do Rejeito do Caldo de Cana como Substrato na Germinação de Feijão: Uma Vivência de Conscientização Ambiental. Editora Realize. 2022
- Barbosa, M. R.; Souza, L. M.; Houllou, L. M.; Souza, R. A. Uso De 6-Benzilaminopurina (Bap) Na Multiplicação *In Vitro* De Duas Arbóreas Medicinais Da Mata Atlântica. A Conferência Da Terra – Fórum Internacional Do Meio Ambiente, Realizada No Período De 23 A 26 De Novembro De 2022
- Souza, L. M.; Barbosa, M. R.; Cavalcanti, F. L. S. Vivenciando O Dogma Da Biologia Molecular: Do Dna À Proteína. Um Relato De Experiência No Programa Futura Cientistas. Editora Realize. 2022
- Souza, L. M.; Barbosa, M. R.; Houllou, L. M. Plantas Alimentícias Da Mata Atlântica: A Integração Multifacetada Da Biodiversidade Nos Contextos Histórico, Social E Nutricional. A Conferência da Terra – Fórum Internacional do Meio Ambiente, realizada no período de 23 a 26 de novembro de 2022

## POPs Procedimento Operacional Padrão

- BUSSMEYER, E. C. Validação de Teste de Germinação de Sementes Florestais por meio do método com folhas GERMITEST para verificação de viabilidade de sementes de espécies arbóreas florestais
- BUSSMEYER, E. C. Validação de Teste de Condutividade Elétrica para identificação da viabilidade de sementes florestais
- BARBOSA, M. R. Validação de coleta e beneficiamento de sementes de *Tabebuia roseoalba*
- BARBOSA, M. R. Validação de coleta e beneficiamento de sementes de *Schinus terebinthifolius*
- BARBOSA, M. R. Validação de coleta e beneficiamento de sementes de *Libidibia ferrea*
- BARBOSA, M. R. Validação de desinfestação e introdução in vitro de *Tabebuia roseoalba*
- BARBOSA, M. R. Validação de desinfestação e introdução in vitro de *Schinus terebinthifolius*
- BARBOSA, M. R. Validação de desinfestação e introdução in vitro de *Libidibia ferrea*
- FONSECA, P. T. Coleta e beneficiamento de *Apuleia Leiocarpa*
- FONSECA, P. T. Estabelecimento e germinação in vitro de *Apuleia Leiocarpa*
- FONSECA, P. T. Aclimatização de *Apuleia Leiocarpa*
- FONSECA, P. T. Coleta e beneficiamento de *Melocactus violaceus*
- FONSECA, P. T. Coleta e beneficiamento de *Protium bahianum*
- SOUZA, L. M. Coleta e beneficiamento de *Tabebuia aurea*
- SOUZA, L. M. Estabelecimento e germinação in vitro de *Tabebuia aurea*
- SOUZA, L. M. Aclimatização de *Tabebuia aurea*
- SOUZA, L. M. Coleta e beneficiamento de *Handroanthus heptaphyllus*
- SOUZA, L. M. Estabelecimento e germinação in vitro de *Handroanthus heptaphyllus*
- SOUZA, L. M. Aclimatização de *Handroanthus heptaphyllus*
- SOUZA, L. M. Coleta e beneficiamento de *Schinus terebinthifolius*
- SOUZA, L. M. Estabelecimento e germinação in vitro de *Schinus terebinthifolius*
- SOUZA, L. M. Coleta e beneficiamento de *Triplaris americana*
- SOUZA, L. M. Desinfestação e quebra de dormência de *Triplaris americana*
- SOUZA, L. M. Coleta, armazenamento e conservação de amostras vegetais para análises bioquímicas

## PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022

- Depósitos Minerais ao Longo Prazo de Terras Raras e Cobalto por Árvores Nativas Brasileiras Financiamento FINEP, realização CRCN, CETENE
- Recuperação da Mata Ciliar das Nascentes do Rio Goitá, Financiamento SMA, Realização SERTA, CETENE

## C. PRO-MANGUE

### 1. Avaliação de técnicas de detecção da presença de microplástico em plantas de áreas de mangue

Nas regiões nordeste e sudeste do Brasil, os manguezais sofreram mais severamente com a urbanização desenfreada das regiões litorâneas, restando alguns poucos fragmentos, degradados ou em processo de extinção que altera sua qualidade e compromete a saúde do ecossistema, desprezando o importante papel



desenvolvido por este ecossistema em produzir bens e serviços para a sociedade, representando a principal fonte de renda e subsistência para diversas comunidades tradicionais, destacando o extrativismo de macroinvertebrados bentônicos, fonte de renda para diversas famílias.

Dentre os fatores que comprometem o desempenho do ecossistema manguezal, é importante ressaltar a poluição por material plástico do qual é atualmente um problema de grande relevância sob o ponto de vista ambiental e socioeconômico. Estes microplásticos quando descartados de maneira indevida gera danos em diversos setores, originando danos físicos, hormonais, fisiológicos ou até mesmo alterações de comportamento nos seres vivos.

As substâncias presentes nos microplásticos são bioacumulativas e ao se tratar das comunidades vegetais que compõe o ecossistema manguezal, diferentes espécies de plantas em uma comunidade podem ser afetadas em diferentes graus pela adição de microplásticos. Assim, os microplásticos têm o potencial de afetar também diversidade de plantas e a composição da comunidade.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Mariana Caroline Gomes de Lima- (PCI-DC).

Parcerias:

UPE, Secretaria de Meio Ambiente, Pesca e Aquicultura da Ilha de Itamaracá.

## 2. Sequestro de partículas plásticas em ambientes aquáticos nos manguezais

Nos ambientes aquáticos podemos encontrar uma grande quantidade de plásticos, no entanto, são os plásticos não visíveis que causam um impacto negativo não só na flora e fauna, mas também na saúde pública. No entanto, os plásticos visíveis se degradam e ficam em forma de partículas (micro e nano plástico). As partículas de plástico encontradas no meio ambiente podem variar entre 0,001 mm a 5 mm e as estimativas apontam que 60% do plástico no mundo foi descartado inadequadamente na natureza e de 2% a 5% dos plásticos produzidos no mundo são descartados nos oceanos.

Boa parte dele foi usada uma só vez: em outras palavras, usado e jogado fora, como as sacolinhas de supermercado ou os copos descartáveis. Nota-se que nos últimos anos, ocorreu uma expansão de pesquisas relacionadas aos impactos das partículas de plástico sobre os organismos vivos, pois a saúde, economia e ecologia são indireta ou diretamente afetadas pela presença destes. Estudos apontam que o plástico já se encontra em todos os lugares, inclusive em aquíferos e que uma pessoa pode consumir até 121 mil partículas de plástico ao ano. Pesquisas apontam que o plástico já foi detectado também no sangue humano, no leite materno, na placenta entre outros lugares.

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de estratégias voltadas ao sequestro de partículas plásticas em ambientes aquáticos e áreas de manguezais. Criar um mecanismo eficaz no sequestro de partículas plásticas em ambiente de manguezais, diminuindo o impacto ambiental do plástico sobre a vida em todas as suas formas, incluindo nas áreas de manguezais.

Espera-se que os resultados da pesquisa apontem um mecanismo e/ou outras alternativas para o sequestro de partículas plásticas, de baixo custo e acessível, que venha auxiliar a mitigar não somente os danos ambientais mais também ecológicos, econômicos e sociais que este vem causando ao longo dos anos e com isso contribuir com e expandir o trabalho realizado pelo CETENE que já vem se estendendo por um período de 10 anos, por meio do desenvolvimento de um protótipo de mecanismo em programa de engenharia apropriado, verificação das técnicas e testes do melhor material ou combinação deste para ser usado no sequestro das partículas de plástico, usando a química verde e a biotecnologia verde e simulações de um sistema de filtragem eficaz.

A pesquisa sobre a mitigação do plástico é de suma importância e tem que ser tratada de pro todos e não de forma isolada, pois é um problema que afeta não somente o meio ambiente, mas também a saúde pública, economia, ecologia além de ser uma maneira de preservar a existência de vida em nosso planeta.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Erik Castilho Bussmeyer – (PCI-DC).

Parcerias:

Secretaria de Meio Ambiente, Pesca e Aquicultura da Ilha de Itamaracá

### 3. Estabelecimento de estratégias biotecnológicas para recuperação de área de manguezal

Os problemas causados pelo acúmulo de resíduos sólidos plásticos descartados inadequadamente em ambientes marinhos e costeiros devido à sua incapacidade de se degradar no meio ambiente de forma eficaz é uma grande preocupação internacional. Processos físicos, químicos e biológicos reduzem a integridade estrutural dos plásticos, levando à sua fragmentação. Internacionalmente, plásticos menores que 5 mm são classificados como microplásticos. Os microplásticos já foram amplamente detectados em todos os ecossistemas da Terra, incluindo Rios, Oceanos e Manguezais. Microplásticos apresentam altas densidades em estuários, onde se tornam facilmente disponíveis para a biota.

Em decorrência da grande disponibilidade, pequena dimensão e semelhança (visual e olfativa) com organismos aquáticos, os microplásticos são altamente suscetíveis a serem ingeridos pela comunidade estuarina. Entre esses organismos estão os peixes, que possuem diferentes hábitos alimentares e usos de habitats, dependendo da espécie, fase ontogenética e influências sazonais. A ingestão de microplásticos por esses organismos pode ocorrer intencionalmente, quando as partículas são confundidas com itens alimentares, ou de forma não intencional, quando os contaminantes são ingeridos durante o processo de forrageamento.

As formas de ingestão e as taxas de contaminação são altamente influenciadas pelas características ecológicas das espécies. Além disso, esses contaminantes podem ser transferidos troficamente, quando uma presa previamente contaminada é ingerida por um predador. Bioindicadores podem ser considerados como sendo espécies sentinelas utilizadas como primeiros indicadores de efeito da contaminação de um habitat.

Entre os fatores que estimulam a ampla utilização de peixes como bioindicadores estão os mecanismos de resposta à contaminação por substâncias tóxicas, considerados muito similares aos dos grandes vertebrados. Os peixes, assim como os mamíferos, possuem mecanismos de bioconcentração, no qual o agente químico é acumulado pela biota por meio da água, e também a biomagnificação, na qual o agente químico é absorvido por intermédio da cadeia alimentar.

Poucos estudos investigaram a possível correlação entre estratégias de alimentação e/ou hábitos alimentares e ingestão de microplásticos em peixes selvagens nesse ecossistema. Desta forma, o levantamento das taxas de ingestão de microplásticos nos organismos que funcionam como importantes links na dinâmica trófica são essenciais para o entendimento do processo de contaminação na comunidade estuarina. Monitorar a ingestão de microplásticos pela biota requer um procedimento coordenado e espécies indicadoras adequadas para reduzir a variabilidade entre os cronogramas de monitoramento.

Essa necessidade urgente de padrões metodológicos foi reconhecida por comissões internacionais. No entanto, os procedimentos de monitoramento são incompletos, não são totalmente integrados, e nem padronizados. Embora os efeitos em longo prazo da contaminação por microplásticos ainda sejam desconhecidos, a comunidade científica continuamente enfatiza a importância do uso de métodos de investigação confiáveis e replicáveis.

Para progredir no campo da pesquisa, é de extrema importância, em primeiro lugar, definir claramente os microplásticos como um contaminante ambiental e, posteriormente, desenvolver métodos padronizados para coletar, processar e analisar amostras ambientais. Essa padronização tem o potencial de reduzir a ambiguidade e, assim, permitir a comparação direta entre os estudos. Estudos sobre poluição microplástica que avaliem a ecologia e o grau de exposição dessas espécies estuarinas às pressões antrópicas, são de grande urgência. Ecossistemas marinhos únicos como os manguezais ainda precisam ser investigados de

forma mais abrangente, pois o número de estudos sobre contaminação microplástica em florestas de mangue ainda é reduzido. Portanto, programas abrangentes de monitoramento de microplásticos em ecossistema de manguezal são altamente necessários e devem ser incentivados.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Cândida Juliana Albertin Santos – (PCI-DB).

Parcerias:

Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina – BIOIMPACT – da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Secretaria de Meio Ambiente, Pesca e Aquicultura da Ilha de Itamaracá.

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Artigos**

- FREIRE, PRISCILA L.L. ; ALBUQUERQUE, ALLAN J.R. ; FARIAS, ISABELA A.P. ; DA SILVA, TERESINHA GONÇALVES ; AGUIAR, JACIANA SANTOS ; GALEMBECK, ANDRÉ ; FLORES, MIGUEL A.P. ; SAMPAIO, FABIO C. ; STAMFORD, THAYZA CHRISTINA MONTENEGRO ; ROSENBLATT, ARONITA . Antimicrobial and cytotoxicity evaluation of colloidal chitosan – silver nanoparticles – fluoride nanocomposites. International Journal of Biological Macromolecules , v. 93, p. 896-903, 2016

### **Capítulos de Livros**

- MANFROI, V. Vinho branco. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. São Paulo: Blucher, 2010. v. 1, cap. 7, p. 143-163

### **POPs Procedimento Operacional Padrão**

- VIDAL, E. E; SANTANA, N. A. Validação de método para identificação e quantificação de flavonóides em extratos vegetais por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas. 2016.
- DE LIMA, M. C. G Protocolo para coleta e preparação de sedimento de mangue para análise de microplásticos. 2022

## **D. BIOSSURFACTANTE**

### **1. Otimização de processos de produção e caracterização de moléculas biossurfactantes por leveduras a partir de resíduos agroindustriais.**

A presente proposta da otimização de produção de biossurfactantes por microrganismos utilizando resíduos agroindustriais, tem como motivação o alto custo de produção dos mesmos. A busca por surfactantes naturais em substituição aos surfactantes sintéticos tem sido assunto de grande interesse para biotecnologia, em função da necessidade de preservação ambiental, por apresentam diversas vantagens em relação aos surfactantes sintéticos, podendo ser aplicados em uma variedade de processos industriais.

Entretanto, ainda não são amplamente utilizados, devido aos altos custos de produção, associados aos métodos ineficientes e substratos dispendiosos. Os principais fatores que regem o sucesso da produção de biossurfactantes são o desenvolvimento de um processo econômico que utiliza materiais de baixo custo e proporciona alto rendimento de produto e biossurfactantes selecionados para aplicações específicas. Os resíduos industriais têm despertado grande interesse da comunidade científica, como alternativa para o fornecimento de substratos de baixo custo para a produção de biossurfactantes, uma vez que a escolha do substrato possa representar uma redução de até 40% do custo total do processo de produção.

Resíduos de destilaria, soro de queijo, melão, glicerol, vinhaça, resíduos de frituras, óleos automotivos, entre outros, têm sido descritos como substratos para a produção de biossurfactantes. O uso de leveduras

para a obtenção desses compostos é uma alternativa economicamente competitiva utilizando substrato de baixo custo nesse processo. Neste sentido, resíduos agroindustriais vêm sendo estudados como potenciais substratos e a utilização dos mesmos na obtenção de produtos de alto valor comercial. Contribuindo para um processo mais econômico, e principalmente, agindo de forma significativa para a minimização do volume de material poluente a ser disposto no ambiente.

Assim a proposta do presente trabalho foi avaliar o potencial de leveduras isoladas do nordeste brasileiro e otimizar o processo de produção de biossurfactante utilizando resíduos agroindustriais como fonte de carbono. Diante do exposto, esse trabalho avaliou a produção e caracterização de biossurfactante por *Yarrowia lipolytica* utilizando o glicerol residual bruto obtendo valores promissores com atividade emulsificante. O biossurfactante produzido através de bioconservação de resíduos torna o processo de econômico e sustentável, valorizando os resíduos agroindustriais e a produção de bioemulsificantes.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Rayane Cristine Santos da Silva – (PCI-DA); Joselma Ferreira da Silva – (Bolsista DTI).

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **POPs Procedimento Operacional Padrão**

- VALE, R.S. Procedimento Operacional Padrão para caracterização de biossurfactante por espectroscopia no infravermelho. 2022.
- VALE, R.S e SILVA, J. F. Procedimento Operacional Padrão para obtenção de biossurfactante por *Yarrowia lipolytica* utilizando glicerol como fonte de carbono. 2022.
- SILVA, J. F. e VALE, R.S. Procedimento Operacional Padrão para extração por solvente de biossurfactantes de levedura.2022
- SILVA, J. F. e VALE, R.S. Procedimento Operacional Padrão de determinação do índice de emulsificação de biossurfactante produzido por levedura. 2022
- SILVA, J. F. e VALE, R.S. Procedimento para determinação da curva de potencial zeta por pH de biossurfactante. 2022

### **Participação Em Eventos**

- Workshop: “Conceitos e aplicações da Biossegurança na rotina laboratorial e laboral”. Ministrado por: Maria Paloma Barros e Thiago Almeida, nos dias 30.11.2022-01.12.2022, no auditório do CETENE

## **E. PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO**

### **1. Otimização da Produção Bacteriana de Membranas Plásticas (PHA)- Caracterização e Estudo do Potencial Antimicrobiano**

A utilização de plásticos de origem petroquímica tem crescido de forma alarmante nos últimos anos. Estima-se que em 2018 houve um descarte de aproximadamente 396 milhões de toneladas desses polímeros, com estimativa para 2050 de 810 milhões de toneladas. Quando começam a se degradar no meio ambiente, esses polímeros formam microplásticos que podem ser ingeridos por animais causando-lhes morte por desnutrição.

Diante deste cenário, a produção de materiais biodegradáveis e economicamente viáveis tem se tornado um tema cada vez mais necessário e alvo de pesquisas em todo o mundo. Os polihidroxialcanoatos (PHA) são uma classe de poliésteres biodegradáveis, constituídos por monômeros de ácidos hidroxialcanóicos, produzidos por uma grande variedade de microrganismos. A biossíntese bacteriana de PHA acontece quando o microrganismo é submetido a condições estressantes e há um acúmulo do biopolímero intracelularmente na forma de grânulos como fonte de reserva de carbono e energia.

As propriedades mecânicas dos PHAs variam de acordo com o número de átomos de carbono que constitui a unidade monomérica. Essa grande versatilidade nas propriedades dos PHAs garantem uma ampla aplicabilidade em diversos segmentos tecnológicos tais como a produção de fios de sutura e dispositivos biomédicos, materiais para a construção civil, na produção de embalagens e no setor agrícola. Esse projeto propõe a utilização de subprodutos oriundos de indústrias alimentícias (resíduos agroindustriais) como uma fonte de carbono para a produção de PHA a partir da biossíntese da bactéria *Cupriavidus necator*.

A utilização de substratos alternativos pode reduzir em até 50% o valor do produto final, causando impactos significativos no processo produtivo. A estratégia proposta neste projeto faz parte do processo de bioeconomia, utilizando materiais que seriam descartados para produção de um biopolímero com alto valor agregado apresentado-se como uma alternativa sustentável para a produção de bioplástico.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Aline de Andrade Alves – (PCI-DA).

Parcerias:

Canaã Polpas, Caruaru Polpas, UFPE e IPA (em adamento)

## 2. Produção, extração e caracterização de polihidroxialcanoatos (PHAs) a partir de micro-organismos fotossintetizantes destinados a produção de bioplásticos

No ambiente, estima-se que o acúmulo de resíduos plásticos não biodegradáveis seja entre 4,8 a 12,7 milhões de toneladas por ano, o que ocasiona grandes impactos ambientais. Isso se deve ao uso de petroquímicos como principais fontes para a produção de plástico atualmente.

A presente linha de pesquisa que visa à utilização de organismos fotossintetizantes na produção de biopolímeros, desenvolvida dentro do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, é uma ramificação de um projeto que vem sendo desenvolvido desde 2017, com o uso de micro-organismos produtores de bioplásticos, e obteve uma grande repercussão nacional, acarretando no aumento do grupo de pesquisa com a agregação de mais 04 bolsistas do Programa de Capacitação Institucional do CNPq com MCTI, acrescentando valor e potencializando as pesquisas a serem aplicadas dentro do Nordeste Brasileiro.

O bolsista vem desenvolvendo suas pesquisas com parcerias com Pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade do Estado de Santa Catarina e da Empresa Ingredion (Cabo – PE, Brasil), no tocante a produção dos organismos fotossintetizantes, produção de nanofibras e doação de matéria prima para o cultivo. Sendo assim, a produção de bioplásticos a partir de micro-organismos fotossintetizantes produtores de moléculas de polihidroxialcanoatos (PHAs) vem se tornando uma fonte alternativa na redução do acúmulo de plásticos nos ecossistemas, uma vez que os PHAs possuem propriedades mecânicas semelhantes as dos polímeros sintéticos, podem ser processados de maneira semelhante e são totalmente biodegradáveis.

Atualmente os PHAs comerciais são produzidos em fermentadores usando bactérias e leveduras, e grandes quantidades de fontes de carbono orgânico e sais nos meios de cultura, contabilizando aproximadamente 50% dos custos totais de produção. Uma larga aplicação comercial do PHA é limitada a uma diminuição do custo de produção.

Vários estudos sugerem que as microalgas são um tipo de micro-organismos que podem ser usados para obter PHAs a um custo mais baixo, porque eles têm requisitos mínimos nutricionais para o crescimento e são fotoautotróficos por natureza, ou seja, usam luz e CO<sub>2</sub> como suas principais fontes de energia, além do mais, as microalgas possuem potencial para alta produtividade, são tolerantes as mudanças das condições ambientais e podem ser cultivadas em áreas que não são adequadas para a agricultura (Costa et al., 2019), como a Região Nordeste do Brasil, não havendo competição de espaço.

Diversas empresas já tentaram instalar métodos de cultivos de organismos fotossintetizantes no Nordeste, como a empresa austríaca See Algae Technology (SAT) juntamente com o grupo brasileiro JB, que

receberam mais de R\$ 19 milhões para construção de uma fazenda destinada ao cultivo de algas em Vitória de Santo Antão – Pernambuco, a Claeff Engenharia em Paudalho – PE com soluções inovadoras no processo para produção de químicos, produtos para saneamento, agricultura, aditivos para alimentos e até mesmo fármacos, e o PP Bio também em Paudalho – PE que desenvolve pesquisas semilaboratoriais para obtenção de projeto piloto a ser desenvolvido no Sertão.

Portanto, Pernambuco mostra ser uma Região do Nordeste Brasileiro de interesse das empresas produtoras de organismos fotossintetizantes, pelo tipo de clima e pelo potencial regional que se encontra. Esses PHAs extraídos a partir de fontes microbianas, já são descritos na literatura, *Spirulina sp.*, *Phormidium sp.* TISTR 8462, *Microcystis sp.*, *Scenedesmus sp.* são utilizados em diversos setores industriais, desde o alimentício até o médico. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é produzir, extrair e caracterizar biomoléculas de polihidroxialcanoatos (PHAs) a partir de micro-organismos fotossintetizantes destinados a produção de bioplásticos, utilizando diferentes fontes de carbono, inclusive resíduo agroindustrial.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Páblo Eugênio da Costa e Silva – (PCI-DA).

Parcerias:

UFRPE, Ingredion, IPA

### 3. Melhoramento da síntese do PHA através da edição genômica dirigida pela ferramenta CRISPR/Cas9

Os materiais descartáveis e embalagens de origem petroquímica causam o maior impacto ambiental devido à dificuldade no descarte e decomposição. Existe uma demanda ambiental pela substituição desses materiais por outros mais compatíveis ao meio ambiente, principalmente por materiais biodegradáveis, também chamados de bioplásticos. Os Polihidroxialcanoatos (PHA) são uma família de diversos biopolímeros intracelulares, com biodegradabilidade e biocompatibilidade com o ambiente.

Os PHAs são termoplásticos naturais produzidos por inúmeras bactérias e com características mais viáveis para produção em médio e longo prazo. Algumas dificuldades são enfrentadas na produção, incluindo qualidade e quantidade do bioplástico produzido; como também o esgotamento bacteriano para essa produção. A compreensão da rota biossintética do PHA vindo sendo estudada desde os anos de 1920.

Avanços recentes estão direcionados em melhorias sistemáticas na rota metabólica do biopolímero, incluindo a mudança do padrão de crescimento para uma rápida proliferação, o aumento no tamanho das células para um maior acúmulo e reprogramação das vias biossintéticas do PHA, que redirecionam o fluxo metabólico. Ferramentas de edição genômica estão sendo utilizadas para essa finalidade, como é caso da tecnologia de CRISPR/Cas9. Essa edição requer apenas dois componentes: uma proteína com efeito silenciador ou ativador e um guia de reconhecimento da região alvo (fita simples de RNA), que pode ser utilizado para diferentes modulações, simultaneamente, em locais específicos e em um único evento de incorporação bacteriana.

Adaptações realizadas no sistema CRISPR/Cas9 tem permitido o uso no controle da expressão de genes, que atua na superexpressão ou repressão de um gene de interesse. Para este projeto, a ferramenta será utilizada na otimização do processo de produção do PHA, que contemplará a melhoria do produto gerado e a capacidade bacteriana em armazenamento.

Os genes envolvidos na rota metabólica serão superativados e outros serão reprimidos para que ocorra um direcionamento maior na produção do bioplástico. Será utilizado o isolado de *Cupriavidus necator* DSM 545, bactéria disponibilizada no Laboratório de Bioprocessos (LABIO) e também por ser empregadas para estudos de produção do PHA. A bactéria será submetida a diferentes condições de cultivo e, posteriormente, o RNA será extraído para servir de amostra para estudo do nível de expressão dos genes em cada ensaio envolvido.

Após esse processo, as melhores condições de cultivo serão selecionadas, baseado nos níveis de expressão dos genes de interesse. A segunda parte do projeto visa realizar as devidas modulações metabólicas através do CRISPR/Cas9. Com a confirmação do uso dessa tecnologia para o melhoramento da produção de PHA, seguiremos para uma produção em larga escala do produto, usando a *C. necator* como bactéria modelo para esse cultivo.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Maria Paloma Silva de Barros – (PCI-DA).

Parcerias:

UFPE e IAM-Fiocruz

## **PRODUÇÃO CIENTÍFICA**

### **Artigos publicados**

- Silva, P. E. C.; Houllou, L. M. Obtainment of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) from Microalgae Supplemented with Agro-Industry Residue Corn Steep Liquor. *Journal of Botany Research*, v. 5(1), p. 138-140, 2022. DOI: 10.36959/771/571
- Alves, A.A.; Siqueira, E.C.; Barros, M.P.S.; Silva, P.E.C.; Houllou, L.M. Polyhydroxyalkanoates: a review of microbial production and technology application. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04213-9>
- Siqueira, E.C.; Houllou, L.M. Co-production of polyhydroxyalkanoates and levan by *Halomonas smyrnensis* AAD6T. *Research, Society and Development*. v. 11(16), p. 1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37925>

### **POPs Procedimento Operacional Padrão**

- Silva, P.E.C. Protocolo de preparação de meio de cultivo específico para o crescimento de microalgas clorófitas. 2022
- Silva, P.E.C. Protocolo para construção de curva de calibração para acompanhamento do crescimento celular de micro-organismos fotossintetizantes em espectrofotômetro. 2022
- Silva, P.E.C. Protocolo de extração de polihidroxialcanoatos (PHA) a partir da biomassa de micro-organismos fotossintetizantes. 2022
- Silva, P.E.C. Extração de clorofila a, b e c a partir da biomassa de micro-organismos fotossintetizantes. 2023
- ALVES, A. A. Produção de extratos de cascas de frutas. 2022
- ALVES, A. A. Produção de PHA a partir de sucos de extratos de frutas. 2022
- Barros, M.P.S. Procedimento para identificação molecular de microrganismo bacteriano. 2022

### **Participação em Eventos**

- Workshop: “Conceitos e aplicações da Biossegurança na rotina laboratorial e laboral”. Ministrado por: Dra Maria Paloma Barros e Thiago Almeida, nos dias 30.11.2022-01.12.2022, no auditório do CETENE

### **PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022**

- Edital FACEPE-FAPESP 2022-Apoio a Pesquisas em Meio Ambiente- Valorização dos resíduos orgânicos do setor sucroenergético para produção de energia sustentável e produtos químicos de alto valor agregado (valora-sucro SP/SE). (<https://fapesp.br/15865/fapesp-anuncia-resultado-de-duas-chamadas-com-facepe>)
- Edital CNPQ/ Chamada CNPq/ MCTI/CT-BIOTEC N° 31/2022-Apoio a projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) voltados à Biotecnologia e aplicados aos temas atuais de saúde humana, agropecuária, meio ambiente e indústria. Valorização Química e Energética da Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos: Rotas Biotecnológicas para Obtenção de Biocombustíveis, Produtos Químicos, Fertilizantes e Energia

- Edital/FACEPE: PIBIC 2022 – 05/2022 – Projeto para obtenção de Bolsa de Iniciação Científica para alunos de Graduação ([https://www.facepe.br/wp-content/uploads/2022/08/Edital\\_FACEPE\\_05-2022\\_PIBIC-Convoca%C3%A7%C3%A3o-da-Lista-de-Espera-2022-08-12.pdf](https://www.facepe.br/wp-content/uploads/2022/08/Edital_FACEPE_05-2022_PIBIC-Convoca%C3%A7%C3%A3o-da-Lista-de-Espera-2022-08-12.pdf))

## **F. DIAGNOSE VEGETAL (LAB ON PAPER E LEIFSONIA)**

### **1. Viabilidade e estabelecimento de uma plataforma para diagnose da mancha-angular do melão utilizando a tecnologia microfluídica em papel (Lab-on-Paper)**

O cultivo do melão tem se destacado em importância nas últimas décadas, expandindo-se no nordeste brasileiro e constituindo-se em uma das mais importantes fontes de renda da região. A mancha-angular, causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, é hoje uma das doenças de cucurbitáceas, capaz de causar perdas na produção. Considerando que o relato de ocorrência dessa bacteriose no Brasil em várias culturas, torna-se necessário desenvolver técnicas de diagnóstico rápido para evitar a sua dispersão para outras áreas produtoras.

A identificação de bactérias fitopatogênicas, isoladas de hospedeiros com sintomas, é feita geralmente com base em isolamento em laboratório para observação de características tintoriais, bioquímicas, nutricionais entre outras. Nos casos de hospedeiros sem sintomas ou no início da infecção, os métodos moleculares como análise por PCR podem ser empregados, porém são caros, laboriosos e só podem ser realizados em laboratórios especializados.

Nos últimos anos, os dispositivos microfluídicos de laboratório em papel (Lab on Paper) surgiram como uma alternativa rápida e de baixo custo aos testes laboratoriais tradicionais. Essa tecnologia realiza o processo de microanálise por meio de microcanais padronizados em substratos de papel. O fluxo da amostra e das soluções tampão através do dispositivo é acionado principalmente por forças capilares e, portanto, não é necessária nenhuma fonte externa de acionamento.

Além disso, o papel é um material barato e facilmente disponível, com muitas opções e propriedades. A fabricação dos microcanais ou padrões nos substratos de dispositivos lab-on-paper é realizada principalmente pelo preenchimento dos orifícios na base do papel com materiais hidrofóbicos para formar microcanais e barreiras impermeáveis.

O processo de padronização pode ser realizado usando muitos métodos diferentes, incluindo impressão a laser, impressão a jato de tinta, plotagem, impressão a cera, impressão 3D, entre outros.

Ao contrário de fluidos biológicos humanos, amostras vegetais (folhas, frutos ou sementes) podem ser facilmente coletadas sem a necessidade de equipamentos especiais. Como resultado, tem um potencial significativo para testes in-house ou monitoramento e diagnóstico no próprio campo ou propriedade de forma rápida e assertiva. Consequentemente, as plataformas de diagnóstico lab-on-paper têm despertado grande interesse nos últimos anos.

Comparados aos sistemas tradicionais de macroescala, os dispositivos microfluídicos de laboratório em papel têm muitas vantagens, incluindo facilidade de fabricação, boa portabilidade, baixo custo, procedimento diagnóstico simples, e boa descartabilidade. Diante do exposto, o presente trabalho contribuirá para o desenvolvimento de biossensores utilizando técnicas simples e de baixo custo para diagnose de doenças fitopatogênicas, sendo necessária a seleção de proteínas-alvo e o desenvolvimento de anticorpos específicos seguidos da testagem e montagem do teste rápido em papel.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Felipe Lira de Sá Cavalcanti (DTI).

Parcerias:

IAM/Fiocruz, USP, Biogene



## 2. Produção de uma plataforma para fitodiagnose utilizando a tecnologia Lab-on- paper: Identificação de Xanthomonas sp em cultivares do Nordeste

Todos os anos, doenças de plantas causam aproximadamente 220 bilhões de dólares em perdas de colheitas em todo o mundo. A detecção precoce de fitopatógenos é uma estratégia preventiva adequada para o manejo da produtividade e qualidade das culturas. Embora haja atualmente vários testes de identificação e diagnóstico de patógenos, a ampla maioria não é econômica, de fácil utilização e requer laboratórios sofisticados e necessidade de pessoal treinado. Por outro lado, doenças de plantas se espalham rapidamente, e algumas, podem destruir plantações inteiras em poucos dias se não forem tratadas.

Nas últimas décadas, as pesquisas agrícolas se concentraram principalmente no desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico eficazes, simples e econômicas, que forneçam diagnóstico rápido sem comprometer a sensibilidade e a reprodutibilidade. O desenvolvimento de dispositivos de diagnóstico point-of-care (POC) que não requerem pessoal especializado e podem ser usados diretamente em campo é uma necessidade urgente e essencial para o manejo de doenças de plantas.

As plataformas de diagnóstico baseadas no uso de papel (lab-on-paper) têm despertado grande interesse nos últimos anos. Comparados aos sistemas tradicionais de macroescala, os dispositivos microfluídicos em papel têm muitas vantagens, incluindo facilidade de fabricação, boa portabilidade, baixo custo, procedimento diagnóstico simples e boa descartabilidade. Muitos dispositivos microfluídicos de papel utilizam a força de capilaridade para escoar os líquidos ao longo do canal e as detecções geralmente são colorimétricas por meio de biossensores.

Os biossensores são dispositivos para fins analíticos, utilizados para a quantificação e qualificação de um analito de interesse. Em sua estrutura combinam um componente biológico com um detector físico-químico. Por serem simples mais baratos que os convencionais e não requerem instrumentos complexos para análise, esses dispositivos têm se tornado atraentes para o diagnóstico de fitopatógenos em larga escala. Dentre os fitopatógenos de importância econômica estão as bactérias do gênero *Xanthomonas* que é um grupo bem estudado de bactérias Gram-negativas associadas à planta.

Estima-se que 27 espécies sejam patogênicas para aproximadamente 400 plantas, nas quais causam mancha bacteriana. Culturas importantes são severamente afetadas, incluindo a cana-de-açúcar, feijão, mandioca, repolho, banana, frutas cítricas, tomate, pimenta e arroz. Embora as espécies de *Xanthomonas* sejam bem estudadas, o gênero continua sendo responsável por muitas doenças de culturas que causam importantes perdas de rendimento econômico em todo o mundo.

Devido à sua rápida propagação, dificuldades de manejo, problemas com controle químico e gravidade das perdas nas plantações afetadas, é um obstáculo difícil para a agricultura em todo o mundo. Nesse sentido, o desenvolvimento de estratégias mais eficazes, com métodos moleculares rápidos, confiáveis e baratos por meio da construção de biossensores em papel desempenha uma função vital na agricultura moderna para proteger as safras e aumentar o rendimento agrícola para atender à crescente demanda por suprimento de alimentos.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Lidiane Vasconcelos do Nascimento Carvalho – (PCI-DB).

Parcerias:

IAM/Fiocruz, Biogene.

## 3. Produção de uma plataforma para fitodiagnose utilizando a tecnologia Lab-on-paper

A incidência de doenças vegetais, causadas por diversos microrganismos patogênicos, são um dos principais problemas enfrentados pela agricultura mundial. Agentes patogênicos e pragas reduzem o rendimento e a qualidade da produção agrícola, causam perdas econômicas substanciais e reduzem a segurança alimentar

nos níveis familiar, nacional e global. É difícil juntar e comparar informações quantitativas e padronizadas sobre as perdas de safras e entressafras, agroecossistemas e regiões.

Por isso, um dos fatores mais importantes na prevenção e tratamento de doenças é o acesso a um meio de diagnóstico simples e confiável, que possa ser utilizado de forma rápida e eficiente. A detecção colorimétrica é uma excelente alternativa para diagnose de doenças fitopatogênicas, pois permite obtenção de resultados rápidos que podem ser observados a olho nu, sem uso de equipamento adicional. Neste sentido, a tecnologia Lab-on-paper, também conhecida como lab-on-paper chips, tem como objetivo usar o papel explorando suas potencialidades para a fabricação de um biossensor.

Esse é um dispositivo integrado capaz de fornecer informação quantitativa ou semiquantitativa específica, utilizando um elemento de reconhecimento biológico. O biossensor é composto por um bioreceptor (um sistema de reconhecimento de uma substância biológica) e um transdutor (um sistema de transformação de atividade num sinal determinado). São utilizados para a monitorização nos campos da saúde, indústria de alimentos e meio ambiente. A capacidade de detectar indicadores de patologias ou estados fisiológicos da planta permite o diagnóstico na fase inicial da doença podendo reduzir de maneira relevante os custos associados.

A utilização dessa tecnologia possui diversas vantagens como: diagnóstico portátil (detecção no local); pouco volume de amostra; baixo consumo de insumos; baixo tempo de resposta; descartabilidade com baixo impacto ambiental; baixo uso de equipamentos; não demanda equipe técnica especializada. Logo, representa uma excelente técnica para a fabricação de dispositivos para ensaios multiplex de diversos analitos, permitindo determinar colorimetricamente.

Dentre os diversos materiais que podem ser utilizados em sistemas microfluídicos, o uso do papel se destaca, por funcionar como substrato microfluídico  $\mu$ PAD (microfluidic paper-based analytical device) devido suas fibras que atuam como capilares, absorvendo solução aquosa sem necessidade de forças externas. O papel é um material versátil utilizado para aplicações em cromatografia, bioquímica, ensaios colorimétricos, enzimáticos e recentemente tem emergido como sensores biológicos.

Os testes de tira de papel são os mais simples, já que são baseados no depósito da amostra numa tira de papel com reagentes pré-depositados. Um exemplo bem característico deste biossensor é o teste de medição de pH em soluções. Diante do exposto, o presente trabalho tem o objetivo do desenvolvimento de biossensores, utilizando técnicas simples de baixo custo para diagnose de doenças fitopatogênicas.

Equipe:

Laureen Houllou (Supervisão); Joselma Ferreira da Silva (DTI).

Parcerias:

Fiocruz, USP e Biogene

## **G BIOPROCESSOS E FITOSSANITÁRIOS**

### **1. Desenvolvimento de estratégias de diagnóstico molecular do raquitismo-da-soqueira e escaaldadura das folhas em cana-de-açúcar baseada em métodos proteômicos e metabolômicos**

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) pertence à família Poaceae e a tribo Andropogonaeae, é uma planta com metabolismo do tipo C4 que permite uma melhor fixação do CO<sub>2</sub> e com isso a otimização da síntese de açúcares. O Brasil é o principal produtor de cana-de-açúcar no mundo, e existe uma perspectiva que ele continue sendo, produzindo 38% de cana de açúcar mundial até 2029 (OECD-FAO, 2020). Diversos fatores bióticos afetam essa cultura e, por consequência, limitam a produtividade do setor sucroalcooleiro.

Dentre as principais doenças bacterianas destacam-se o Raquitismo-da-soqueira (RSD – Ratoon Stunting Disease), causado pela *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Lxx), e a Escaaldadura-das-folhas (LSD- Leaf Scald Disease), causada pela *Xanthomonas albilineans* (Xal) (Ashby 1929) Downson (1943). As doenças das culturas

causadas por microorganismos patogênicos representam sérias ameaças ao suprimento global de alimentos, dessa forma ferramentas de diagnóstico eficazes para a determinação oportuna de doenças de plantas tornam-se essenciais para a garantia de sustentabilidade agrícola e segurança alimentar global.

Ensaio moleculares baseados em ácidos nucleicos e anticorpos são metodologias padrão ouro para o diagnóstico de doenças vegetais, no entanto necessitam de procedimentos de análise utilizando uma estrutura complexa. Recentemente diversas pesquisas têm sido desenvolvidas utilizando a estratégia POC (point-of-care) em que o diagnóstico é realizado in situ, ou seja, no campo. Métodos modernos de aplicação desse conceito têm sido desenvolvidos dentre eles o uso de nanossensores utilizando moléculas biológicas com alto grau de especificidade que permite o desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico inovadoras e de alto desempenho para inúmeros patógenos de plantas e outros importantes biomarcadores de doenças.

Dessa forma, o presente relatório é composto por duas etapas, onde a primeira visa o isolamento de Lxx e Xal a partir do fluido xilemático de plantas de diferentes plantios de cana-de-açúcar a fim de compor um banco de isolados locais geneticamente caracterizados, tornando o CETENE independente em relação a outras instituições de pesquisa em análises posteriores.

A segunda etapa consiste no estabelecimento de método eficiente de extração de DNA genômico de plantas senescentes e levantamento de oligonucleotídeos úteis a serem utilizados na técnica de qPCR a fim de quantificar com eficiência a incidência de Lxx e Xal nos campos de coleta. Inicialmente foram realizadas diversas coletas de fluido xilemático das variedades RB021754, RB951541, RB867515, RB92579 e RB041443 na Usina Trapiche e na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC). A partir da coleta destas coletas foi possível obter 35 possíveis isolados de *Xanthomonas albilineans* os quais estão em processo de sequenciamento de DNA para confirmação da espécie.

Para *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* novos métodos deverão ser desenvolvidos uma vez que esta bactéria é altamente fastidiosa necessitando do desenvolvimento de processo específico. Foi realizado ainda o levantamento e seleção de oligonucleotídeos a serem utilizados no diagnóstico de plantas de cana-de-açúcar de campo e micropropagadas em relação à presença de Lxx e Xal, por qPCR. Os resultados obtidos compõem etapas essenciais para o desenvolvimento do projeto cuja etapa de desenvolvimento está de acordo com o cronograma proposto.

Serão realizadas novas coletas de fluido xilemático e material vegetal em plantios de cana-de-açúcar da região Nordeste alcançando as principais regiões de cultura canavieira. O processo de coleta de fluido será intensificado, especialmente nos meses de maior índice pluviométrico de forma a obter isolados viáveis e aptos a serem utilizados nas etapas posteriores.

Equipe

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Fabiana Aparecida Cavalcante Silva (PCI-DA).

## 2. Avaliação da fidelidade genética e diagnóstico molecular do raquitismo-da-soqueira e escaudadura das folhas em diferentes variedades de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é amplamente cultivada devido ao seu alto rendimento em biomassa e concentração de sacarose nos colmos, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Entretanto, a cultura canavieira tem sofrido perdas consideráveis no seu rendimento devido ao acometimento por doenças bacterianas que afetam o sistema vascular da planta, entre elas o raquitismo-da-soqueira (RSD) e a escaudadura das folhas (LSD) causadas por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* e *Xanthomonas albilineans*, respectivamente. As medidas de controle envolvem a sanitização dos equipamentos, plantio de mudas sadias e uso de cultivares tolerantes ou resistentes.

Nesse sentido, a micropropagação tem sido utilizada na produção em larga-escala de clones de alta qualidade, entretanto, podem ocorrer mudanças genéticas e epigenéticas nas plantas regeneradas. Adicionalmente, a ausência de sintomas específicos por longos períodos favorece a

disseminação destes fitopatógenos e dificulta seu controle sendo extremamente relevante o estabelecimento de um método de diagnóstico confiável, rápido e acessível.

Assim, o presente trabalho objetiva avaliar a fidelidade genética e diagnóstico molecular do raquitismo-da-soqueira e escaldadura das folhas em plântulas de cana-de-açúcar, micropropagadas de diferentes variedades cultivadas na região Nordeste. O DNA total foliar das plantas matrizes e clones de cana-de-açúcar foi extraído pelo método CTAB, quantificado em espectrofotômetro e sua integridade verificada em gel de agarose 1,2%. Em seguida, 30 primers ISSR foram testados via PCR convencional com diferentes temperaturas de anelamento.

O DNA total foliar isolado das plantas matrizes e micropropagadas de cana-de-açúcar mostrou-se satisfatório para as análises moleculares. Os resultados da PCR revelaram que dos 30 primers ISSR testados, 10 (ISSR-3, ISSR-4, ISSR-13, ISSR-15, ISSR-22, ISSR-23, ISSR-24, ISSR-25, ISSR-26 e ISSR-29) amplificaram produtos de alta qualidade nas variedades de cana-de-açúcar analisadas. Além disso, observou-se que a temperatura de anelamento ( $T_a$ ) para a maioria dos primers selecionados foi 53°C, enquanto para o ISSR-4 a  $T_a$  ótima foi 48°C. Os primers selecionados no presente estudo serão utilizados na certificação da fidelidade genética das mudas micropropagadas de cana-de-açúcar produzidas pela Biofábrica Governador Miguel Arraes do CETENE contribuindo com o setor sucroalcooleiro na região Nordeste.

Equipe:

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Rayssa Guedes Gomes da Silva (PCI-D).

### 3. Avaliação da fidelidade genética e diagnose fitossanitária de variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* sp.) propagado *in vitro*

Com um mercado de cervejas artesanais território em expansão, onde o lúpulo é responsável pelas diferentes notas de amargor/sabor da bebida, o cultivo dessa planta em território nacional permitirá reduzir o custo de produção, já que o quilo da flor nacional pode ser encontrado no mercado de R\$ 180 a R\$ 400. As técnicas de micropropagação têm sido usadas em lúpulo, especialmente para regeneração de brotos, criopreservação e erradicação de vírus. O CETENE possui a única Biofábrica pública do país e tem desenvolvido a micropropagação em larga escala.

A indústria de cultura de tecidos concentrava-se apenas na produção de mudas livres de doenças. Atualmente a avaliação da fidelidade genética das plântulas cultivadas em cultura de tecidos ganhou impulso, pois as variações somaclonais continuam sendo um grande desafio na multiplicação de plantas por meio de cultura de tecidos. Trabalhos iniciais tiveram como objetivo introduzir diferentes variedades de lúpulo *in vitro* as quais serão avaliadas utilizando marcadores moleculares padrão.

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia que diferencie com reprodutibilidade e eficiência as variedades de lúpulo e a avaliação fitossanitárias das mudas obtidas pela Biofábrica do CETENE. Do ponto de vista de fitopatologias o lúpulo possui histórico de impactos negativos a partir de viroses. Dessa forma, será utilizada a técnica de PCR em tempo real a fim de garantir a sanidade das mudas produzidas. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia que diferencie com reprodutibilidade e eficiência as variedades de lúpulo e a avaliação fitossanitárias das mudas obtidas pela Biofábrica do CETENE.

Nesse contexto trabalhos iniciais tiveram como objetivo introduzir diferentes variedades de lúpulo *in vitro* as quais serão avaliadas utilizando marcadores moleculares padrão (ISSR e SCoT) assim como a presente proposta busca o desenvolvimento de marcadores espécie-específico baseado em retrotransposons, afim de obter maior precisão e robustez às diferentes variedades de lúpulo (Chinook, Cascade, Columbus, Comet, Magnum, Bullion e Tehuelhe). As mudas já estão sendo produzidas pela Biofábrica do CETENE, e a seleção de os marcadores moleculares ISSR eficientes já está em andamento no Laboratório de diagnose fitossanitária e fidelidade genética (LADIF).

As mudas produzidas na Biofábrica serão avaliadas em campo em diferentes condições edafoclimáticas da região Nordeste para detectar possíveis focos de contaminação.

Equipe:

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Carolina Elsztein (PCI-A).

#### **4. Biossolubilização de fosfato e potássio por fungos do solo**

Os microrganismos solubilizadores de fosfato e potássio (MSPK) desempenham importante papel no suprimento de fósforo (P) e potássio (K) para as plantas, sendo que vários grupos apresentam capacidade de solubilizar P e K naturais existentes ou adicionados ao solo. Estes microrganismos podem atuar também sobre os fosfatos e potássio insolúveis, formados após a aplicação de fosfato e potássio solúveis ao solo, otimizando a eficiência da utilização destes nutrientes. A inoculação com fungos solubilizadores de fosfato e potássio (FSPK) pode aumentar a taxa de crescimento das plantas.

Este fato tem despertado a atenção para a utilização desses microrganismos como inoculante ou no manejo de suas populações como forma de promover melhor utilização do P e K existente no solo ou daquele adicionado como fertilizante. Por seu caráter intensivo, as culturas vegetais consomem, com fertilizantes, 15-35% dos custos totais de produção, sendo 5-20% destinado à adubação fosfatada e potássica, o que justifica o estudo de práticas alternativas que possibilitem diminuir os custos, sem prejuízo da produtividade e da qualidade dos produtos e do meio ambiente.

Inoculantes contendo FSPK podem representar uma opção promissora de baixo custo, aumentando a eficiência da adubação com fontes fosfatadas e potássicas e reduzindo os custos de produção e os danos ambientais. Considerando a importância dos FSPK para a agricultura e o papel que desempenham no suprimento de P e K para as plantas, tornam-se essenciais estudos sobre a eficiência desses fungos na solubilização de diferentes fontes fosfatadas e potássicas, contribuindo com programas de bio-inoculação de baixo custo e ampliando o conhecimento a respeito desses microrganismos na agricultura.

Esse estudo pode levar à produção em escala de bio-inoculantes (FSPK) que promovam a disponibilização de P e K em sistemas agrícolas. Neste contexto, a prospecção do potencial biotecnológico destes microrganismos poderá contribuir de forma relevante para auxiliar o desenvolvimento estratégico no setor agrícola nacional. O presente estudo tem como objetivo selecionar isolados de fungos solubilizadores de fosfato e potássio eficientes em disponibilizar P e K para culturas vegetais. Dos 49 isolados de FSPK armazenados no LABIO, 32 foram recuperados (03 Aspergillus, 02 Penicillium e 27 Trichoderma).

Vinte e cinco espécimes de FSPK foram isolados da rizosfera de áreas de cultivo agroflorestal, sendo 12 Trichoderma, 07 Aspergillus, 05 Penicillium e 01 Purpureocillium. Todos os fungos produziram halo de solubilização (58 a 91 mm de diâmetro) e foram analisados quantitativamente (209 a 1793  $\mu\text{g CaHPO}_4 \text{ mL}^{-1}$  de P e K solúvel). Cinco espécimes, selecionados com base nos valores de P solúvel de  $\text{CaHPO}_4$  ( $\geq 1500 \mu\text{g mL}^{-1}$ ), foram analisados quantitativamente com relação a capacidade de solubilizar in vitro outras fontes de fosfato (fosfato monoamônico e superfosfato simples). Os cinco isolados testados apresentaram potencial de solubilização das fontes fosfatadas.

Equipe:

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Flavia Paiva Coutinho (PCI-A).

#### **5. Desenvolvimento de tecnologia baseada em bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) com ação bioestimulante e biobactericida em cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é tradicionalmente cultivada no país, com produção 2022/2023 estimada em 572,9 milhões de t (Brasil) e 54.106,5 t (Nordeste), com aumento de 2,4% na área cultivada no Nordeste. Em função da importância no setor sucroenergético nacional é explorada para produção de mudas micropropagadas na Biofábrica Governador Miguel Arraes do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). Apesar do aumento do número de produtos biológicos registrados para manejo de

doenças e pragas, não existe nenhum produto biológico registrado no Brasil para bacterioses da cana-de-açúcar.

Neste contexto a presente proposta tem como objetivo a prospecção e estudo de Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), endofíticas ou rizobactérias, as quais podem favorecer o desenvolvimento das plantas, induzir resistência a doenças e aumentar a tolerância de mudas e plantas a patógenos.

O uso desta tecnologia, visando ação bioestimulante de mudas micropropagadas de cana-de-açúcar é inovador e pode favorecer ainda a biotolerância a bactérias fitopatogênicas. Dentre as principais fitobactérias da cana-de-açúcar destaca-se a *Xanthomonas albilineans*, agente causal da escaudadura das folhas da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) doença de alta importância para a cultura no Nordeste brasileiro pelas elevadas perdas econômicas causadas.

A safra 2020/2021 registrou alta de 46% do volume comercializado no mercado de bioinsumos, correspondendo a R\$ 1,2 bilhão de reais no país. Esse aumento decorre das vantagens da utilização desta tecnologia em campo: menor custo de produção, ganhos com ação indireta, segurança e saúde, equilíbrio ambiental, uso em manejo empregado e mentalidade preventiva. Estudos apontam atividade antimicrobiana in vitro de espécies bacterianas a *X. albilineans* (*Xalb*) obtidas de colmos ou folhas de cana-de-açúcar.

Neste contexto, o objetivo da presente proposta é a prospecção de BPCPs e o desenvolvimento de patentes (produtos e processos) aplicadas no biofortalecimento e biotolerância à *X. albilineans* em mudas micropropagadas de cana-de-açúcar. Foram obtidos 342 isolados de BPCP (endofíticos e rizobactérias) de 10 áreas de cultivo em duas unidades de produção do estado de Pernambuco, a partir de isolamento de colmo (n = 119), raízes (n = 106) e solo rizosférico (n = 117) de oito variedades de cana de açúcar.

Além disso, desse material também foram obtidos 25 possíveis isolados de *Xalb*, caracterizados sob os aspectos culturais, os quais estão em fase de extração de DNA genômico para identificação molecular. Todos os isolados obtidos (BPCP e “*Xalb*”) foram caracterizados quanto ao Gram (+ ou -) pelo teste de Ryu e preservados em tubos de criogenia contendo água destilada esterilizada. As etapas posteriores contemplam teste de patogenicidade de *Xalb* e pré-análise da promoção de crescimento em mudas de cana-de-açúcar micropropagadas pelos isolados de BPCP.

Equipe:

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Greecy Mirian Rodrigues Albuquerque (PCI-A).

## 6. Desenvolvimento e caracterização de compostos bionanoestruturados aplicados à agricultura

Substâncias menores que 100 nm em pelo menos uma dimensão é classificada como nanomateriais e, no âmbito da agricultura tais substâncias têm sido indicadas devido sua capacidade de fertilizar plantas de forma controlada, ao contrário do que ocorre no caso de fertilizantes tradicionais. As nanomoléculas possuem também a propriedade de rápida absorção e são necessárias em quantidades mínimas, reduzindo possíveis impactos ambientais.

Além disso, a nanotecnologia vem alavancando cada vez mais a agricultura por proporcionar uma melhor cobertura da superfície de aplicação, pois quando um insumo não é bem distribuído, o produto tem seu efeito reduzido, havendo a necessidade de mais de uma aplicação. Tal desperdício pode atingir cerca de 40% do custo de produção, nesse contexto nanobioinsumos tem sido uma abordagem inovadora no âmbito de uma agricultura mais tecnológica e precisa.

O CETENE (LABIO) possui um banco de isolados fúngicos dos quais alguns possuem potencial atividade fertilizante e pesticida (ação nematocida), no entanto estudos adicionais precisam ser realizados a fim de caracterizá-los quanto à sua ação como agente redutor na síntese de nanopartículas. A síntese microbiana de nanopartículas, em que alguns microrganismos podem ser empregados como nanofábricas, é uma abordagem recente que combina nanotecnologia e biotecnologia microbiana. Pesquisas revelam ainda que

a síntese biológica de nanopartículas geralmente produz um padrão de distribuição de tamanho mais consistente do que outros métodos devido à estabilização direta das nanopartículas por proteínas envolvidas no processo de síntese.

Considerando a importância das nanopartículas na agricultura, torna-se estratégica a síntese e a caracterização de novas nanopartículas a partir de fungos isolados de diferentes regiões edafoclimáticas do Nordeste brasileiro visando à produção de nanobioinsumos. Neste cenário a presente proposta tem como meta a implementação da área de estudo em “Desenvolvimento de nano insumos aplicados à agricultura”, de forma pioneira no Nordeste, visando a redução da dependência de fertilizantes comerciais.

Foram obtidos 41 isolados de fungos de cana de açúcar em duas unidades de produção do estado de Pernambuco, sendo 14 isolados endofíticos de folha, 13 endofíticos de colmo, sete endofíticos de raiz e sete do líquido xilemático. Além disso, foi iniciado a caracterização molecular dos fungos isolados, bem como dos fungos provenientes do banco de fungos do LABIO com a extração do DNA genômico de 12 amostras além do sequenciamento de uma amostra. Nanopartículas de prata foram obtidas através da síntese verde utilizando os fungos isolados.

Além disso, foram otimizados protocolos referentes ao processo de síntese. As etapas posteriores contemplam a caracterização das nanopartículas obtidas quanto aos aspectos físico-químicos e biológicos.

Equipe:

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Rafael José Vilela de Oliveira (PCI-A).

#### 7. Identificação de isolados de fungos nematófagos para produção de bionemática

Os nematoides são organismos microscópicos responsáveis por provocarem grandes prejuízos econômicos, causando infecções nas plantas, absorvendo nutrientes e fotoassimilados, multiplicando e formando galhas. Como consequência da presença destes nas lavouras, tem-se utilizado grande quantidade de agrotóxico para controlar parasita, resultando em maior contaminação ambiental. Desta forma, o objetivo deste projeto é identificar isolados de fungos nematófagos para produção de bionemática.

Para isto foram realizadas coletas de solos em diferentes áreas dos estados de Recife e Sergipe. Em seguida, foram realizados os isolamentos dos fungos presentes nas amostras de solo coletadas para identificação fenotípica. Após estas etapas, os isolados foram avaliados em ensaios conduzidos em casa de vegetação para pré-selecionar aqueles que apresentam capacidade de controlar os nematoides *Meloidoyne incognita*, *Meloidoyne javanica* e *Meloidoyne enterolobii* e em experimentos realizados em laboratório para verificar a capacidade destes isolados parasitarem ovos e juvenis de segundo estágio.

Os isolados que se destacarem nestas duas etapas foram avaliados em casa de vegetação para identificar e selecionar aqueles que apresentem capacidade de reduzir a infecção das plantas devido a presença de nematoides. Nesta etapa foram avaliados os sintomas da doença e características agrônomicas. Os isolados fúngicos selecionados na etapa anterior serão avaliados em condição de campo, em áreas contaminadas por nematoides, para avaliar quais possibilitam controlar os nematoides de forma mais eficiente e permite proporcionar melhor produtividade da cultura em questão.

Por fim, estes isolados selecionados em campo serão utilizados para elaboração de bionemáticas que apresentem alta capacidade de infectar os nematoides *Meloidoyne incognita*, *Meloidoyne javanica* e *Meloidoyne enterolobii*.

Equipe:

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira (Bolsista PCI-DB).

#### 8. Bionemática para o controle dos nematoides das galhas em espécies de importância agrícola

Muitos são os fatores abióticos (estresse hídrico, estresse salino, entre outros) e bióticos (pragas e doenças) limitantes a produção e produtividade de espécies vegetais de importância agrícola. Dentre as doenças que acometem as espécies cultivadas tem-se a meloidoginose, causada por espécies de nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne*. O controle do nematoide é complexo e quando presente no solo de determinada área é praticamente impossível sua erradicação sendo necessária a adoção de medidas de controle: controle varietal; plantas resistentes a fitonematoides; controle cultural; controle químico e o controle biológico.

O controle biológico, com a utilização de inimigos naturais, é muito importante no manejo dos nematoides sendo uma opção que a cada dia ganha mais destaque, com um abundante o número de organismos encontrados no solo que atuam como predadores ou parasitas de fitonematoides como fungos, bactérias, protistas, tardigrados, microartropodes e os próprios nematoides. Sendo os principais agentes de controle biológico de nematoides os fungos e bactérias.

Desta forma, a utilização de fungos nematófagos no controle dos nematoides das galhas é uma opção que deve ser adotada no manejo da doença. Logo, o objetivo do presente trabalho é realizar o isolamento de fungos, em solos de diferentes áreas de Pernambuco e Alagoas, capazes de controlar os nematoides das galhas em diferentes espécies cultivadas visando à produção de um bionemático. Para isso, serão realizadas coletas de solos com posterior isolamento de fungos nematófagos presentes nas amostras coletadas. Após os isolamentos, será realizado experimento em laboratório visando verificar a capacidade dos isolados de parasitarem ovos e juvenis de segundo estágio.

Os isolados fúngicos que apresentarem comportamento superior na etapa anterior serão identificados e posteriormente avaliados em um experimento conduzido em casa de vegetação (na condição de vaso) visando verificar a capacidade dos fungos em reduzir a infecção das plantas causada pelos nematoides; sendo avaliada nesta etapa tanto sintomas da doença quanto características agrônomicas das plantas. Os isolados fúngicos que apresentarem comportamento superior para o controle em casa de vegetação serão avaliados na condição de campo, sendo inoculados em áreas agrícolas contaminadas pelos nematoides das galhas.

Nesta etapa, serão selecionados os isolados que possibilitarem melhor controle dos nematoides, e maior produtividade da cultura em questão. Os isolados fúngicos selecionados nesta última etapa serão utilizados para elaboração de um bionemático que apresente o máximo tempo de armazenamento possível com alta capacidade de infectar os nematoides de interesse. Principais resultados obtidos:

1. Obtenção de isolados de fungos nematófagos, com possível potencial para o controle dos nematoides das galhas, das amostras de solos coletadas;
2. Identificação de isolados promissores (CTFN-18 e CTFN-37.1 do gênero *Trichoderma*; CTFN-41.2 do gênero *Gongronella*) no experimento *in vitro*;
3. Seleção de dois isolados (CTFN-41.2 e CTFN-18) que reduziram o fator de reprodução de *M. incognita* em plantas de tomateiro em experimento conduzido em casa de vegetação;
4. Identificação de isolados com possível potencial para o controle de *M. incognita* (CTFN-87, CTFN-76, CTFN-76.1, CTFN-28, CTFN-85, CTFN-89, CTFN-89.2) e *M. javanica* (CTFN-87, CTFN-76, CTFN-37.1, CTFN-91, CTFN-105, CTFN-86, CTFN-28, CTFN-85.1, CTFN-41.2) em ensaio conduzido em ambiente protegido.

Dentre os isolados obtidos, foi possível realizar a pré-seleção (primeiro ensaio) de 13 isolados promissores na redução da infecção de tomateiro por *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* e a seleção de dois isolados (CTFN-41.2 e CTFN-18) que apresentaram redução significativa do fator de reprodução do *Meloidogyne incognita* em plantas de tomateiro cultivadas em ambiente protegido.

Equipe

Bianca Galúcio Pereira Araújo (Supervisão); Ana Maria Maciel dos Santos (Bolsista PCI-DB).

**PRODUÇÃO CIENTÍFICA**



## Artigos Publicados

- SANTOS, A. M. M. ; SOUZA, L. M. ; SILVA, J. F. ; COSTA, C. S. R. ; COSTA, K. D. S. ; SILVA, F.A.C. ; ARAUJO, B. G. P. ; MELO, J. C. . Potential of fungal isolates to reduce *Meloidogyne incognita* parasitism in tomato. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, p. 13942-13957, 2022
- SANTOS, T. S.; SILVA, F. A. C. . First report worldwide of *Fusarium sororula* associated with pineapple that causes fruit rot. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, p. 13942-13957, 2022
- Ana Karolina Leite Pais, Leandro Victor Silva dos Santos, Greecy Mirian Rodrigues Albuquerque, Antonio Roberto Gomes de Farias, Wilson José Silva Junior, Valdir de Queiroz Balbino, Adriano Márcio Freire Silva, Marco Aurelio Siqueira da Gama, Elineide Barbosa de Souza. Comparative genomics and phylogenomics of the *Ralstonia solanacearum* Moko ecotype and its symptomatological variants. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 45, n. 4, e20220038, 2022. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0038>
- Influência do *Meloidogyne* sp. sobre a produção em tomateiro. *Revista Verde*
- SANTOS, A. M. M.; COSTA, K. D. S.; NASCIMENTO, D. L.; MENEZES, D.; SILVA, J. A. S.; SILVA, M. O.; CARVALHO FILHO, J. L. S. REAÇÃO DE CULTIVARES DE COENTRO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE INÓCULO DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* RAÇA 1. *REVISTA CULTURA AGRONÔMICA*. , v.30, p.24 – 38, 2021
- FREIRE, W. A.; SILVA, T. P.; CORREIA, A. A.; FERREIRA, J. T.; PEREIRA, D. F.; SILVA, R. S.; SANTOS, A. M. M.; COSTA, K. D. S.; SOUZA, E. G. F. Seleção precoce de acessos de flor-de-seda (*Calotropis procera*) coletados no sertão alagoano visando uso forrageiro e adubação verde. *Brazilian Journal of Development*. , v.7, p.67231 – 67243, 2021
- SANTOS, ANA MARIA MACIEL DOS; SILVA, MARIA AMÉLIA DE OLIVEIRA; SÁ, DANIELE ALVES DE; NEVES, LUIS PAULO FERREIRA; GOUVEIA, FERNANDA DO NASCIMENTO; COSTA, KLEYTON DANILO DA SILVA. Substratos alternativos para a produção de mudas de tomate e berinjela. *REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*. , v.16, p.206 – 212, 2021
- COSTA, K. D. S.; SANTOS, J. S.; LIMA, F. F.; SANTOS, A. M. M.; FILGUEIRA, H. T. R.; NASCIMENTO, D. L.; SILVA, M. O.; NASCIMENTO, M. R. Avaliação de genótipos de milho para produção de minimilho em Piranhas – Alagoas. *Brazilian Journal of Development*. , v.6, p.38301 – 38312, 2020
- SANTOS, A. M. M.; Souza,L.M.; SILVA, J. F.; COSTA, C. S. R.; COUTINHO, F. P.; COSTA, K. D. S.; ARAUJO, B. G. P. Parasitismo in vitro de *Meloidogyne javanica* por fungos nematófagos. *Brazilian Journal of Development*, v.6, p.100602 – 100616, 2020
- FILGUEIRA, H. T. R.; LIMA, F. F.; BIZERRA, M. M. S.; COSTA, K. D. S.; SANTOS, A. M. M.; SILVA, M. O.; PRATES, F. B. S.; COSTA, C. S. R. Reação de resistência de genótipos de quiabeiro ao *Meloidogyne incognita* raça 1. *Brazilian Journal of Development*. , v.6, p.40776 – 40785, 2020
- COSTA, K. D. S.; FILGUEIRA, H. T. R.; LIMA, F. F.; ALMEIDA, L. T. S.; SANTOS, J. S.; NASCIMENTO, D. L.; BIZERRA, M. M. S.; PRATES, F. B. S.; SILVA, M. O.; SANTOS, A. M. M.; SILVA, A. O. Yield and Precocity Features of Okra Varieties in Piranhas–Alagoas State/Brazil. *Journal of Experimental Agriculture International*. , v.42, p.36 – 43, 2020

## Artigos Submetidos

- Effect of seed priming with NaCl on the induction of salinity tolerance in *Myracrodruon urundeuva* Allemão in vitro. *Revista Ciência Florestal*
- Potencial de isolados fúngicos para a redução do parasitismo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro. *Revista Ciência Agronômica*

## Resumos Aceitos em Congressos

- Potencial de isolados fúngicos na redução da eclosão de juvenis dos nematoides das galhas – IV Simpósio Latino-Americano de Biotecnologia
- Avaliação de isolados fúngicos promissores para o controle de *Meloidogyne incognita* – IV Simpósio Latino-Americano de Biotecnologia
- Avaliação in vitro do parasitismo de *Meloidogyne incognita* por fungos nematófagos – 52º Congresso Brasileiro de Fitopatologia (2021)
- Parasitismo in vitro de *Meloidogyne javanica* por fungos nematófagos – 52º Congresso Brasileiro de Fitopatologia (2021)

- Reação de resistência de genótipos de tomateiro a *Meloidogyne enterolobii* – 52º Congresso Brasileiro de Fitopatologia (2021)
  - Avaliação da resistência de cultivares de alface a *Meloidogyne incognita* – 52º Congresso Brasileiro de Fitopatologia (2021)
  - Reação de genótipos de alface a *Meloidogyne javanica* – 52º Congresso Brasileiro de Fitopatologia (2021)
  - Aclimatização de *Tabebuia rosealba* Ridl: influência dos cultivos fotoautotrófico e fotomixotrófico em parâmetros de crescimento – 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais (2021)
- Capítulos de Livro
- Fernanda Larisse dos Santos Lima, David Ferreira Duarte, Greicy Mirian Rodrigues Albuquerque, Antonio Roberto Gomes de Farias, Elineide Barbosa de Souza, Marco Aurélio Siqueira da Gama. Produtos químicos e biológicos para o manejo de fitobacterioses. In: Silva, H. R.; Almeida, L. C.; Rios, J. A., Michereff, S. J. (Eds.). Manejo de doenças de plantas [livro eletrônico]: controle genético, químico e biológico, nas perspectivas acadêmica e empresarial. Recife, PE: Ed. dos Autores, 2023. PDF. 1. ed. p. 98-118
  - Fungos nematófagos: uma opção no manejo integrado dos nematoides das galhas
  - Nitratos e a segurança alimentar: Qual a contribuição do consumo de hortaliças no cenário atual?

### **Orientações**

- SOFIA SOARES DE FIGUEIREDO. Bolsista FACEPE com o projeto Caracterização bioquímica e fidelidade genética de cana-de-açúcar variedade RB041443 obtida por micropropagação em sistema de imersão temporária. Orientadora: Fabiana Aparecida Cavalcante Silva
- ELTON PEDRO NUNES PENA. Bolsista CNPq. Análise morfológicas, fisiológicas e proteômica de raízes de cana-de-açúcar colonizadas por FMAs em resposta ao déficit hídrico. Tese defendida no Programa de Pós-Graduação em Genética (UFPE). Orientador: Prof Dr Tercilio Calsa Junior/ Co-orientador: Fabiana Aparecida Cavalcante Silva
- BRUNA RODRIGUES DE SOUSA. Reversão da resistência fúngica a triazólicos de isolados clínicos de *Candida* a partir de derivados piridil-tiazolidinonas. Tese defendida no Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos (UFPE). Orientador: Prof Dr Reginaldo Gonçalves de Lima Neto/ Co-orientador: Fabiana Aparecida Cavalcante Silva
- Jonas Oliveira Varela da Costa. Estágio Curricular Supervisionado. 360 horas

### **Livro em Fase de Escrita**

- Estatística experimental agrícola

### **Processos e Técnicas Desenvolvidos**

- Extração de DNA de cana-de-açúcar utilizando método CTAB associado a kit comercial visando obtenção de material genético com maior índice de pureza (Área Diagnose fitossanitária)
- Desenvolvimento de método de isolamento de patógenos foliares de cana-de-açúcar a partir do fluido xilemático (Área Diagnose fitossanitária)
- Seleção e estabelecimento de marcadores ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) para avaliação da fidelidade genética em plântulas de cana-de-açúcar e lúpulo micropropagadas (Área Fidelidade genética)
- Adaptação de método de isolamento de bactérias promotoras de crescimento de plantas (endofíticas e rizosfera) de cana-de-açúcar a partir de colmo, raízes e solo rizosférico (Área Bioinsumos)
- Isolamento de fungos solubilizadores de P e K; Teste de solubilização de fosfato e potássio por fungos
- Revisão de Prodimentos operacionais padrões (POP's) elaborado por Márcio Akio Ootani

### **Participação em eventos**

- Futuras Cientistas
- Estratégias Tecnológicas para a Preservação do Meio Ambiente; Cultivo celular 2D e 3D
- 9º Congresso Brasileiro de Fertilizantes (modo remoto, Agosto 2022)
- 29º Agrinordeste

- 74<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC – Brasília
- 19<sup>a</sup> Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2022 – Campus Tecnológico MCTI NE
- 2o Simpósio Online sobre Manejo de Nematoides na Agricultura (Carga horária: 20h). Empresa Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia

#### **Participação de banca de TCC**

- Estabilidade e potencial produtivo de genótipos de milho em dois anos agrícolas na região de nossa senhora da Glória-SE
- Desempenho de cruzamentos intervarietais de milho em condição irrigada e de sequeiro
- SANTOS, A. M. M.; SOUZA FILHO, J. F.. Programa de Iniciação Científica e Tecnológica PIBIC/PIBITI 2020-2021. 2021. Instituto Federal de Alagoas
- SANTOS, A. M. M.; ALVES, G. S.. VII Encontro de Inovação Tecnológica e Iniciação Científica do IFAL – EITIC. 2020. Instituto Federal de Alagoas

#### **Curso ministrado**

- Curso de controle biológico dos nematoides das galhas e indução de resistência em plantas. IFAL – Campus Piranhas – 2021. 42 horas

#### **Participação em curso**

- Introdução à biofortificação. (Carga horária: 20h). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, Brasil – 2020
- BIOSSEGURANÇA EM FOCO. (Carga horária: 45h). Fundação Oswaldo Cruz – Unidade Fiocruz Pernambuco, FIOCRUZ, Brasil – 2020
- Segurança Química em Laboratórios de Ensino e Pesquisa. (Carga horária: 40h). Escola Nacional de Administração Pública, ENAP, Brasil – 2021
- 2o Simpósio Online sobre Manejo de Nematoides na Agricultura (Carga horária: 20h). Empresa Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia

#### **Parceria**

IFAL – Campus Piranhas. Termo enviado para o setor responsável do CETENE  
 UFS – Campus Sertão. Em fase de elaboração do termo de parceria (projeto)  
 Empresa produtora de bionematicida (estabelecimento de proposta)

#### **PROJETOS APROVADOS AO LONGO DE 2022**

- (Submissão de proposta à Chamada EMBRAPAII 02-2022) – Biotecnologia aplicada à micropropagação de culturas vegetais. Resultado: Aprovado
- Submissão de proposta à Chamada MCTI/CNPq/CT-AGRO No 32/2022 – Aplicação de ferramentas nanobiotecnológicas na agricultura: Uma abordagem sustentável para nutrição e proteção de plantas). Resultado: Não aprovado
- Submissão ao Edital FACEPE 29/2022 – Análise multiômica integrada de resposta do tomateiro à *Ralstonia pseudosolanacearum*. Resultado: Não aprovado

### **III. COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA**

#### 1. Desenvolvimento de ferramentas de Inteligência Artificial para processamento de sinais diversos e processamento de dados genéticos

No CETENE, são desenvolvidos estudos no Laboratório de Bioprocessos (LABIO) com o objetivo de identificar cepas de interesse econômico para a região Nordeste, além de pesquisas para solubilização de fosfatos na lavoura sucroalcooleira e otimização de processos biotecnológicos na produção de bioplástico,

biocombustíveis e biossurfactantes. Nesse contexto, o projeto prevê a realização do mapeamento genético destes microrganismos, com a identificação molecular e posterior preparação da biblioteca para cadastro no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen).

Na sequência, pretende-se realizar o sequenciamento dos genomas completos das cepas mais promissoras nos processos investigados, assim como o estudo proteômico associado. Para identificar variantes genéticas nos objetos de investigação, pretende-se aplicar métodos do estado da arte de bioinformática com o uso do cluster HPC do CETENE. Por fim, o projeto prevê a criação de pipelines para relacionar os dados obtidos na identificação de variantes com aqueles resultantes do estudo proteômico. As atividades do projeto foram desenvolvidas no Laboratório de Computação Científica – LACC do CETENE.

Equipe:

Paulo Roberto Moreira Maciel (Supervisão); Graciely Gomes Corrêa (Bolsista PCI-DA)

### 3. DESEMPENHO GERAL

A seguir é apresentado o quadro geral de desempenho de indicadores do TCG CETENE/MCTI referente ao ano de 2022:

Indicadores	Fórmula	Peso	Meta Contratada 2022	Executado 2022
<b>Físicos e Operacionais</b>				
01. IG PUB – Índice Geral de Publicações	NGPB/TNSE	03	0,50	0,55
02. PPCI – Programas e Projetos de Cooperação Internacional	NPPCI	01	00	00
03. PPCN – Programas, Projetos e Ações de Cooperação Nacional	NPPCN	03	25	66
04. PcTD – Índice de Processos e Técnicas Desenvolvidas	NPTD/TNSE	03	0,20	0,83
05. IAT – Índice de Atendimento Tecnológico	NRD/TNSE	03	80,00	14,22
06. IPIn – Índice de Propriedade Intelectual	NP/TNSE	03	00	0,01
<b>Administrativo-Financeiro</b>				
07. RREO – Relação entre Receitas Extraorçamentárias e Orçamentárias	$[RE / (RE+OCC)] * 100$	01	8,22%	11,87%
08. IEO – Índice de Execução Orçamentária	VOE/LEA *100	03	95%	100%
09. IEPCI – Índice de Execução dos Recursos PCI	(REXEC/RAPORT) *100	01	95%	95%
<b>Recursos Humanos</b>				
10. ICT – Índice de Capacitação e Treinamento	$(Ps/M + NH/MH + PERC) / 3$	02	96,07%	18%
11. PRB – Participação Relativa de Bolsistas	$NTB/(NTB+NTS) *100$	00	59%	75%
12. IPCI – Índice de Bolsistas PCI Relativo ao Total de Bolsistas	$Bols\ PCI / Tot\ Bols *100$	00	77%	56%
13. PRPT – Participação Relativa de Pessoal Terceirizado	$NPT/(NPT+NTS) *100$	00	62%	59%
<b>Inclusão Social</b>				
14. PIS – Projetos de Inclusão Social	NPIS	02	01	01

### Observações:

1. O IGPUB obteve desempenho afetado pela suspensão das atividades laboratoriais do CETENE, que passaram por reformas ao longo do ano de 2022, assim como pela inativação de equipamentos atingidos pelas chuvas torrenciais ocorridas em maio do referido ano. O denominador, pro sua vez, sofreu acréscimo pelo ingresso de novos bolsistas e técnicos ao longo de 2022, cujas pesquisas não tiveram tempo hábil de gerar produção científico-tecnológica;
2. Quanto ao indicador PPCI, embora zerado, encontra-se em andamento a pactuação de dois acordos de cooperação internacional entre o CETENE e as Universidades de Gênova (Itália) e Porto (Portugal);
3. Em relação ao Indicador PPCN, a notória elevação no resultado da meta executada se deve à pactuação de 46 acordos de cooperações junto a instituições nacionais para implementação do Programa Futuras Cientistas;
4. A baixa execução do indicador IAT deve-se, conforme acima relatado, à suspensão temporária das atividades laboratoriais e aos equipamentos em manutenção, assim como pelo retorno do pessoal técnico ao regime presencial de trabalho apenas em agosto de 2022;
5. Da mesma forma, o IPIIn teve seu desempenho afetado pelo afastamento de pessoal em decorrência de trabalho remoto;
6. Sobre o ICT, a baixa execução de treinamento de servidores deveu-se à crise sanitária provocada pela Covid-19, com redução de atividades presenciais e afastamentos por motivo de saúde;
7. Sobre o indicador PIS, vale salientar que o Programa Futuras Cientistas passou a ser um projeto de inclusão social com abrangência sobre em todo território nacional, ocorrendo simultaneamente nas 27 unidades da Federação.

## 4. INDICADORES DE DESEMPENHO

A seguir são apresentadas análises individuais dos indicadores do TCG referentes a 2022, conforme Quadro Geral de Desempenho exposto na seção anterior.

### FÍSICOS E OPERACIONAIS

#### 1. IGPUB – Índice Geral de Publicações

Fórmula do indicador:  $IGPUB = \frac{NGPB}{TNSE}$ .

Unidade: número de publicações por técnico, com duas casas decimais.

$NGPB = (\text{N}^\circ \text{ de artigos publicados em periódico com ISSN indexado no SCI ou em outro banco de dados}) + (\text{N}^\circ \text{ de artigos publicados em revista de divulgação científica nacional ou internacional}) + (\text{N}^\circ \text{ de artigos completos publicados em evento técnico-científico nacional ou internacional}) + (\text{N}^\circ \text{ de participações em livros}), \text{ no ano.}$

$TNSE = \Sigma \text{ dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnologistas e bolsistas), com doze ou mais meses de atuação na Unidade de Pesquisa/MCTI completados ou a completar na vigência do TCG.}$

Fonte da informação: Plataforma Lattes (CNPq).

NGPB CETENE 2022 = 38

TNSE CETENE 2022 = 69

Vínculo	Quantidade
BOLSISTAS	64
PESQUISADORES	03
TECNOLOGISTAS	02
Total	69

$IGPUB \text{ CETENE } 2022 = \frac{38}{69}$

$IGPUB \text{ CETENE } 2022 = 0,55$

## 2. PPCI – Programas e Projetos de Cooperação Internacional

Fórmula do indicador:  $PPCI = NPPCI$ .

Unidade: Nº, sem casa decimal.

NPPCI = Número de programas e projetos vigentes em parceria formal com instituições estrangeiras no período. No caso de organismos internacionais, será omitida a referência a País.

Fonte da informação: Relatório da COTEC/CETENE.

Comprovação: Tabela contendo as seguintes colunas de informações sobre cada Cooperação:

1. Programa/Temática do Acordo;
2. Descrição do Acordo;
3. Nome da Instituição Parceira Estrangeira (não basta apenas citar a sigla);
4. País (caso não seja Organismo Internacional);
5. Período de Vigência;
6. Resultados apresentados no ano;

Observações. Entendem-se como parceria formal aquelas cooperações formalmente estabelecidas, com anuência do Diretor da Unidade, ainda que presentes aspectos básicos de formalidade, onde haja sinergia e efetiva troca de experiências entre os lados brasileiro e estrangeiro. Consideram-se ofícios, memorandos de entendimentos, acordos de cooperação técnica e congêneres para computo do indicador.

No ano de 2022 não houve programa ou projeto de cooperação internacional.

PPCI CETENE 2022 = 0

## 3. PPCN – Programas, Projetos e Ações de Cooperação Nacional

Fórmula do indicador:  $PPCN = NPPCN$

Unidade: Nº, sem casa decimal.

NPPCN = Número de Programas e Projetos vigentes em parceria formal com instituições nacionais no ano.

Fonte da informação: Relatório da COTEC/CETENE.

Os projetos de cooperação institucionais nacionais firmados pelo CETENE em 2022 podem ser consultados no ANEXO deste documento onde, conforme exposto, é apresentado o seguinte resultado:

PPCN CETENE 2022 = 20 + 46 = 66

## 4. PcTD – Índice de Processos e Técnicas Desenvolvidas

Fórmula do indicador:  $PcTD = NPTD / TNSE$ .

Unidade: Nº de Processos e Técnicas Desenvolvidas por técnico, com duas casas decimais.

$NPTD = (\text{Nº de Processos Desenvolvidos no ano}) + (\text{Nº de Técnicas Desenvolvidas no ano})$ .

$TNSE = \sum$  dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnologistas e bolsistas), com doze ou mais meses de atuação na Unidade de Pesquisa/MCTI completados ou a completar na vigência do TCG.

Fonte da informação: Relatórios da COTEC/CETENE.

NPTD CETENE 2022 = 57

TNSE CETENE 2022 = 69

$PcTD \text{ CETENE } 2022 = 57/69$

$PcTD \text{ CETENE } 2022 = 0,83$

## 5. IAT – Índice de Atendimento Tecnológico

Fórmula do indicador:  $IAT = NRD / TNSE$ .

Unidade: Nº de relatórios de atendimentos por técnico, com duas casas decimais.

NRD = Número de relatórios e documentos referentes a produtos ou serviços contratados ou adquiridos da UP e atendimento multiusuário realizado.

TNSE =  $\Sigma$  dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnologistas e bolsistas), com doze ou mais meses de atuação na Unidade de Pesquisa/MCTI completados ou a completar na vigência do TCG. Fonte da informação: Relatórios da COTEC/CETENE.

De acordo com os levantamentos realizados no CETENE, foram contabilizadas 981 análises/atendimentos realizados.

NRD CETENE 2022 = 981

TNSE CETENE 2022 = 69

IAT CETENE 2022 = 981/ 69

IAT CETENE 2022 = 14,22%

No ano de 2022 foram realizadas 294 solicitações, 540 análises e 147 amostras Processada. Os atendimentos foram realizados através da Plataforma Multiusuário disponível no site do CETENE.

O CETENE realizou atendimentos tecnológicos de acordo com os quadros a seguir:

Laboratório	Equipamento	Nº de Solicitações	Nº de Amostras Analisadas	Nº de Amostras Processadas
LAMICRO	MEV	31	69	10
LAMICRO	MORGAGNI	19	31	11
LAMICRO	Óptico	02	13	12
LAMICRO	Fluorescência	01	01	00
LAMICRO	Raman	32	96	00
LACMAT	DRX	20	46	00
LACMAT	Tamanho de partículas	09	09	00
LACMAT	Potencial Zeta e DLS	28	30	00
LACMAT	BET	20	80	00
LACMAT	TG/DSC	17	50	00
LACMAT	Dicroísmo circular	01	01	00
LAFIP	EDXRF	113	113	113
LAFIP	Viscosímetro	01	01	01
<b>TOTAL</b>		<b>294</b>	<b>540</b>	<b>147</b>

As seguintes instituições foram atendidas:

1. Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE)
2. Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de Pernambuco – Campus Recife (IFPE)
3. Universidade de Pernambuco (UPE)
4. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
5. Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
6. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
7. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
8. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
9. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
10. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)
11. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
12. Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura (ITEMM)
13. Universidade Federal da Bahia (UFBA)
14. Universidade Federal do Pará (UFPA)

## 6. IPIn – Índice de Propriedade Intelectual

Fórmula do indicador:  $IPIn = NP / TNSE$ .

Unidade: Número de pedidos de privilégio de propriedade intelectual protocolados no país e no exterior acrescido do número de patentes concedidas no país e no exterior, no ano por técnico com duas casas decimais.

TNSE =  $\sum$  dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnologistas e bolsistas), com doze ou mais meses de atuação na Unidade de Pesquisa/MCTI completados ou a completar na vigência do TCG.

Fonte da informação: Sistemas de informações do INPI e Plataforma Lattes do CNPq.

Oliveira, L. A. S. C. ; Machado, G.; Tavares, F. C.; Loguercio, L. F. ; Galvão, R. A. Composição de eletrólito e método de preparação do mesmo. 2022, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10202201849, Instituição de registro: INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito PCT: 15/09/2022.

“A presente invenção se refere, em geral, a uma composição de eletrólito para aplicações em armazenadores de carga, como baterias e supercapacitores, bem como um método de preparação de referida composição. Mais especificamente, a presente invenção é capaz de fornecer uma composição a base de um biopolímero modificado como uma solução para produção de um eletrólito sustentável de alta performance elétrica.”

No ano de 2022, a Divisão de Execução Orçamentária e Financeira (DIORF) realizou uma contratação para patente de invenção (Título: Composição de eletrólito e método de preparação do mesmo).

NP CETENE 2022 = 1

TNSE CETENE 2022 = 69

IPIIn CETENE 2022 = 1/69

IPIIn CETENE 2022 = 0,01

## **ADMINISTRATIVO-FINANCEIRO**

### **7. RREO – Relação entre Receitas Extraorçamentárias e Orçamentárias**

Fórmula do indicador:  $RREO = [RE / (RE+OCC)] * 100$

Unidade: %, sem casa decimal.

RE = Receita extraorçamentária (inclusive provenientes de Convênios; Fundos Setoriais; Fontes de Apoio à Pesquisa, inclusive as que ingressem via Fundações de Apoio; Receitas diretamente arrecadadas por prestação de serviços) efetivamente ingressadas no ano de vigência do TCG.

OCC = Dotação orçamentária aprovada na LOA, compreendendo recursos em custeio e capital oriundos do Tesouro Nacional. Fonte da informação: Relatórios Gerenciais do Tesouro e da FUNDEP.

RE CETENE 2022 = R\$ 1.763.519,18

OCC CETENE 2022 = R\$ 13.087.720,00

RREO CETENE 2022 = 11,87

### **8. IEO – Índice de Execução Orçamentária**

Fórmula do indicador:  $IEO = VOE / LEA * 100$ .

Unidade: %, usar duas casas decimais.

VOE = Recursos de custeio e capital provenientes do Tesouro Nacional, efetivamente empenhados no ano de vigência do TCG. 39

LEA = Limite de empenho do orçamento autorizado para o ano de vigência do TCG.

Fonte da informação: Relatório do Tesouro Gerencial.

VOE CETENE 2022 = R\$ 13.082.438,95

LEA CETENE 2022 = R\$ 13.087.720,00

IEO CETENE 2022 = 99,96 = 100,00%

### **9. IEPCI – Índice de Execução dos Recursos PCI**



Fórmula do indicador: Valor dos recursos PCI executados no ano / valores dos recursos PCI aportados no ano.

Fonte de informação: Plataforma Carlos Chagas (CNPq).

Comprovação: Tabela contendo informações dos bolsistas (nome do bolsista, lotação, período da contratação, tipo de bolsa).

Valor dos recursos PCI executados no ano = R\$ 2.830.470,00

Valores dos recursos PCI aportados no ano = R\$ 2.965.470,00

IEPCI CETENE 2022 = 95%

IEPCI CETENE 2022 = 95%

## **RECURSOS HUMANOS**

### **10. ICT – Índice de Capacitação e Treinamento**

Fórmula do indicador:  $ICT = [(PS/M + NH/MH + PERC) / 3] * 100$ .

Unidade: Nº, com duas casas decimais.

PS = porcentagem dos recursos humanos da respectiva unidade de pesquisa que participaram, no ano de vigência do TCG, de programas e eventos de capacitação e treinamento externos ao CETENE. (Número com duas casas decimais).

M = capacitar 10% do número total de servidores da Unidade. (M = meta de porcentagem de recursos humanos do CETENE para participarem, no ano de vigência do TCG, de programas e eventos de capacitação e treinamento externos à UP).

NH = relação entre o número de "horas-capacitação" de participação dos recursos humanos da respectiva Unidade de Pesquisa em medidas de capacitação e treinamento no ano. Não arredondar.

MH = 100h (MH = meta pactuada para número de "horas-capacitação" dos recursos humanos da respectiva UP que devem participar de medidas de capacitação e treinamento).

PERC = percentual de execução dos recursos específicos para capacitação. Fonte da informação: Relatório do Serviço de Pessoal do CETENE.

Foi executado o montante R\$13.770,00 (treze mil, setecentos e setenta reais) em rubrica de capacitação e treinamento. O planejamento inicial para o exercício de 2022 previa executar R\$ 60.000,00 (sessenta mil reais) com ações de capacitação/treinamento em 40 horas-capacitação por servidor. Foram capacitados/treinados 5 (cinco) servidores em 2022, distribuídos em 6 (seis) ações de capacitação/treinamento e em 192 (cento e noventa e duas) horas de atividades acompanhadas pelo Serviço de Pessoal (SESEP/COGEA). Tendo em vista o impacto da pandemia de COVID-19 em 2022, as ações de capacitação e treinamento previstas para o período não foram executadas a contento. Assim, temos o seguinte resultado:

- 15,62% dos 32 (trinta e dois) servidores e empregados públicos do CETENE/MCTI participaram de ações de capacitação/treinamento em 2022 –  $15,62/96,07 (P_S/M) = 0,1625$  ou 16,25%;
- 15% das 1.280 horas-capacitação previstas para o período foram executadas –  $N_H/MH = 192/1.280 = 0,15$ ; e
- 22,95% dos recursos orçamentários previstos foram efetivamente executados com ações de capacitação/treinamento em 2022 –  $PERC = 13.770/60.000$ .

ICT CETENE 2022 =  $(0,16 + 0,15 + 0,23) / 3$

ICT CETENE 2022 = 0,18 ou 18%

### **11. PRB – Participação Relativa de Bolsistas**

Fórmula do indicador:  $PRB = [NTB / (NTB + NTS)] * 100$

Unidade: %, sem casa decimal.

NTB =  $\sum$  dos bolsistas (PCI, RD, etc.), no ano.

NTS = Nº total de servidores em todas as carreiras, no ano.

A Participação Relativa de Bolsistas aumentou em 2022, passou de 65% para 70%, tendo em vista a concessão de novas categorias de bolsas disponibilizadas nos diversos programas de âmbito Estadual e Federal. Vale a pena ressaltar que houve elevação no número de servidores da instituição, decorrente da cessão de empregados públicos anistiados do antigo Ministério das Comunicações, lotados em serviços administrativos, o que não reflete necessariamente um reforço no número de servidores nas carreiras de Ciência e Tecnologia.

$$\text{PRB CETENE 2022} = [94 / (94 + 32)] * 100$$

$$\text{PRB CETENE 2022} = 74,60 \% \text{ ou } 75\%$$

## 12. IPCI – Índice de Bolsistas PCI Relativo ao Total de Bolsistas

Fórmula do indicador: Somatório de bolsistas contratados via programa PCI / Número total de bolsistas \* 100.

Fonte de informação: Plataforma Carlos Chagas (CNPq) e relatório do Serviço de Pessoal do CETENE.

Dos 94 bolsistas em atividade no CETENE em dezembro de 2022, 56% estavam vinculados ao Programa de Capacitação Institucional (PCI).

$$\text{IPCI CETENE 2022} = [53/94]*100$$

$$\text{IPCI CETENE 2022} = 56,4 \text{ ou } 56\%$$

## 13. PRPT – Participação Relativa de Pessoal Terceirizado

Fórmula do indicador:  $\text{PRPT} = [ \text{NPT} / (\text{NPT} + \text{NTS}) ] * 100$

Unidade: %, sem casa decimal.

NPT =  $\Sigma$  do pessoal terceirizado, no ano.

NTS = Nº total de servidores em todas as carreiras, no ano.

Fonte de informação: Relatório do Serviço de Pessoal do CETENE.

Verificou-se uma pequena diminuição do número de funcionários terceirizados em 2022 (58,97%), se comparado ao percentual de 2021 (62,19%), conforme cálculo da Participação Relativa de Pessoal Terceirizado. O CETENE apresenta um elevado grau de terceirização de mão-de-obra e a instituição não foi contemplada com vagas em concurso público desde sua criação como Unidade de Pesquisa do MCTI em 2016. Ao final de 2022, o CETENE contava com 32 servidores e empregados públicos em seu quadro efetivo de pessoal.

$$\text{PRPT CETENE 2022} = [46/ (46+ 32)] * 100$$

$$\text{PRPT CETENE 2022} = 58,97 \text{ ou } 59\%$$

## **INCLUSÃO SOCIAL**

### 14. PIS – Projetos de Inclusão Social

Fórmula do indicador:  $\text{PIS} = \text{NPIS}$ .

Unidade: Nº de projetos sociais nas áreas de atuação do CETENE, isoladamente ou em parceria com outras organizações públicas ou privadas.

NPIS = Nº de projetos sociais nas áreas de atuação do CETENE, isoladamente ou em parceria com outras organizações públicas ou privadas, formalizadas no ano. Fonte da informação: Relatório da COTEC/CETENE.

O Programa FUTURAS CIENTISTAS visa a aumentar o interesse e a participação das mulheres nas diversas áreas de ciência e tecnologia. O programa inicialmente destinado a alunas e professoras do ensino médio de escolas públicas estaduais da Região Metropolitana do Recife recebeu incentivo financeiro e na próxima

edição 2023 será ampliando e ocorrerá em todo território nacional. Esta iniciativa representa uma ação de inclusão social do CETENE. Com isso, temos o seguinte resultado:

PIS = 1

*(assinado eletronicamente)*

**GIOVANNA MACHADO**

**Diretora da Unidade de Pesquisa**

**CENTRO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS DO NORDESTE - CETENE**

---

## APÊNDICE

Instituições em acordos de cooperação com o CETENE vigentes em 2022:

1. ESCOLA TÉCNICA PROFESSOR AGAMENON MAGALHÃES – ETEPAM
2. FACULDADE DE SAÚDE DE PAULISTA – FASUP
3. FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – FUNDEP
4. INSTITUTO AGGEU MAGALHÃES – FIOCRUZ, UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO – UPE, LABORATÓRIO FARMACÊUTICO DE PERNAMBUCO – LAFEPE E ACHÉ LABORATÓRIO FARMACÊUTICO
5. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO – IFPE
6. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE – IFRN
7. JARDIM BOTÂNICO DE RECIFE – JBR
8. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR
9. SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO SECTI/PE – CENTRO DE MANUFATURA AVANÇADA – CMA
10. SERGIPE PARQUE TECNOLÓGICO – SERGIPETEC
11. SERVIÇO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL – SERTA
12. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
13. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
14. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
15. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM
16. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES
17. UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
18. UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
19. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
20. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE



Documento assinado eletronicamente por **Giovanna Machado, Diretora do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste**, em 20/04/2023, às 17:19 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.mcti.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **11000465** e o código CRC **24D39858**.

---

**Referência:** Processo nº 01202.000068/2017-31      SEI-CETENE nº 11000465

---

Criado por nathalia.oliveira, versão 8 por nathalia.oliveira em 18/04/2023 15:54:43.