

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES – MCTI
CENTRO DE TECNOLOGIAS ESTRATÉGICAS DO NORDESTE – CETENE

TERMO DE COMPROMISSO DE GESTÃO
RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO ANUAL

ANO DE REFERÊNCIA – 2021

RECIFE/PE
MAIO DE 2022

SUMÁRIO

- I. INTRODUÇÃO

- II. RESUMO DOS RESULTADOS DE P&D

Nanotecnologia
Biotecnologia
Computação Científica

- III. DESEMPENHO GERAL

- IV. INDICADORES DE DESEMPENHO

I. INTRODUÇÃO

O ano de 2021 ainda foi marcado por um número muito alto de casos de COVID-19, consequência do atraso da vacinação da população em geral. A volta às atividades presenciais no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE, unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, ocorreu gradativamente, de acordo com a situação da pandemia. Assim como em 2020, o atendimento tecnológico e a interação com a comunidade científica ficaram comprometidos, diante da necessidade do distanciamento social para evitar maior risco sanitário. Com o avanço da vacinação e mais atividades sendo retomadas, e o CETENE deu continuidade à priorização de linhas de pesquisa associadas ao desenvolvimento da Região Nordeste. No segundo semestre, 23 novos bolsistas PCI iniciaram suas atividades na Instituição. O CETENE vem consolidando o Sistema de Atendimento Multiusuário, através de sua Plataforma de Serviços (multiusuario.cetene.gov.br/), 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. Visando a um melhor atendimento a diferentes demandas de análise, o CETENE está implantando em seus laboratórios as diretrizes de qualidade. Esta iniciativa objetiva um melhor gerenciamento da infraestrutura do CETENE para alcançar novas metas de análise prestadas a outras iniciativas de desenvolvimento tecnológico. Com relação às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), o CETENE obteve resultados nas seguintes linhas de pesquisa, abaixo listadas por áreas de atuação de desenvolvimento tecnológico:

Nanotecnologia:

1. Fabricação de contra eletrodos para células solares sensibilizadas com corante;
2. Desenvolvimento de células solares de perovskitas baseadas em carbono;
3. Desenvolvimento de um sistema híbrido de fotocatalisadores para produção de H₂ no esquema Z;
4. Síntese de Nanotubos de titânio decorados com prata e colágeno, utilizando métodos eletroquímicos e sistemas de automontagem;
5. Tratamento de efluentes têxteis empregando nanocatalisadores formados por estruturas metalorgânicas e TiO₂.

Biotecnologia:

1. Gênese de um Banco de Germoplasma in vitro para a Biofábrica do CETENE;
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 de ocorrência no bioma Caatinga: Foco na obtenção e caracterização de compostos de interesse comercial e estratégias em inovar para proteger;
4. Obtenção, identificação e caracterização de compostos de interesse biológico e comercial em óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga;
5. Determinação de técnicas de extração de óleos essenciais de plantas de ocorrência Caatinga ou no Nordeste para obtenção e caracterização de compostos de interesse comercial;
6. Desenvolvimento e otimização de métodos analíticos para purificação, caracterização, identificação, determinação e quantificação de metabólitos de interesse socioeconômicos acompanhados por GC-MS, GC-FID, HPLC, LC-MS, MALDI-TOF, UPLC;

7. Desenvolvimento de protocolos e otimização da produção de biodiesel em escala de bancada e semi-industrial: rotas catalíticas para produção de biocombustíveis no nordeste brasileiro;
8. 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: Estudos biotecnológicos e morfofisiológicos associados à produção vegetal de lúpulo, licuri, batata-doce e orquídeas;
9. Programa Mata Atlântica
 - 9.1. Plataforma de propagação de espécies arbóreas da Mata Atlântica visando dar suporte as iniciativas de recuperação ambiental;
 - 9.2. Efeito do fotoautotrofismo na rustificação de espécies arbóreas pagadas: aspectos de produção para conservação da biodiversidade;
 - 9.3. Propagação *in vitro* de espécies arbóreas de interesse socioeconômico e ecológico da Mata Atlântica;
10. Programa Bioplástico
 - 10.1. Otimização de produção bacteriana de membrana plástica (PHA): aplicação em nanossistemas carreadores de biofármacos;
 - 10.2. Melhoramento da síntese do PHA através da edição genômica dirigida pela ferramenta CRISPR/CAS9;
 - 10.3. Produção, extração e caracterização de polihidroxialcanoatos (PHAs) a partir de microrganismos fotossintetizantes destinados a produção de bioplásticos;
 - 10.4. Otimização da produção bacteriana de membranas plásticas (PHA)- caracterização e estudo do potencial antimicrobiano;
11. Programa Biossurfactante
 - 11.1. Otimização de processos de produção e caracterização de moléculas biossurfactantes por leveduras a partir de resíduos agroindustriais;
12. Programa Fitodiagnose
 - 12.1. Utilização da técnica de nanoPCR (*nanomaterial-assisted polymerase chain reaction*) para diagnose dos patógenos de cana-de-açúcar *Xanthomonas albilineans* e *Leifsonia xyli* subsp. *Xyli* em amostras puras e mistas;
 - 12.2. Produção de uma plataforma para fitodiagnose no modelo lab-on-paper.

Computação Científica:

1. IN1164 Tópicos Avançados em Inteligência Computacional 2 (Aprendizagem Profunda);
2. Análise de SNPs (*Single Nucleotide Polimorphysm*) em genes de *Aspergillus sp.* visando a caracterização de isolados com potencial aplicação biotecnológica;
3. Desenvolvimento da Plataforma Web do Sistema de Atendimento Multiusuário do CETENE;
4. Desenvolvimento de plataformas IoT (*Internet of Things*) com *Blockchain* aplicadas ao agronegócio;
5. Desenvolvimento de portal e componente de software da Plataforma Agritech.NE.

Os principais resultados para o ano de 2020 estão apresentados por núcleo de competência, a seguir.

II. RESUMO DOS RESULTADOS DE P&D

NANOTECNOLOGIA

Ao longo do ano de 2021 o CETENE atuou no desenvolvimento de cinco projetos da área de Nanotecnologia. O CETENE destaca-se por apresentar uma das mais completas infraestruturas em nanotecnologia do país. O Programa de Nanotecnologia foi concebido como instrumento para promover o desenvolvimento industrial do Nordeste utilizando a nanotecnologia como ferramenta de inovação e geradora de novos negócios. Como consequência o CETENE faz parte do SIBRATECNANO e SiSNano. Foram alcançados em 2021 os seguintes resultados:

1 – Projeto: Fabricação de contra eletrodos para células solares sensibilizadas com corante

A fonte de energia mais estável e disponível é a energia solar, que pode ser transformada em energia elétrica através de células solares, que ligadas em série são utilizadas na fabricação de painéis solares. Dentre as células solares desenvolvidas e exploradas, as células sensibilizadas por corantes (DSSCs) emergiram como uma promessa para a preparação de dispositivos inteligentes, como janelas capazes de captar energia solar e *wereables*. Porém a utilização de alguns componentes para sua fabricação, dificulta que tal tecnologia se torne cada vez mais acessível devido ao elevado custo, como por exemplo o contra eletrodo (CE) de platina (Pt). A Pt é um metal nobre que a cada dia se torna mais escarço e apresenta custo elevado. Dessa forma, um crescente interesse vem sendo dado ao desenvolvimento de CE livres de platina, que apresentem baixa resistência à transferência de carga, baixo custo e que sejam de fácil fabricação. Os materiais relatados como potenciais substitutos de Pt são compostos de polímeros condutores. Neste projeto, foi estudado pela primeira vez a síntese eletroquimicamente *in situ* de filmes de nanocompósitos de polipirrol dopado com vermelho do congo e nanopartículas de ouro. Os resultados mostram que a presença de nanopartícula de ouro à matriz do polipirrol dopado com vermelho do congo promove um aumento do grau de oxidação do polímero e aumento da atividade eletrocatalítica, com dispositivos apresentando em torno de 4,0 % de eficiência ($J_{sc} = 10 \text{ mA.cm}^{-2}$, $V_{oc} = 0,75 \text{ V}$, $FF = 60 \%$). Isso resultou em uma melhor performance dos dispositivos de DSSCs, demonstrando-se que o eletrodo desenvolvido é um promissor substituto da Pt como CE.

Artigo científico publicado:

1. SANTA-CRUZ, LARISSA A.; SOARES, THIAGO A.S.; GALVÃO, RHAUANE A.; TAVARES, FABIELE C.; ARAÚJO, INGRYD R.M.; FRIZZO, CLARISSA P.; SANTOS, MARCOS J.L.; Neto, Brenno A.D.; Machado, Giovanna. *Effect of heterocyclic nitrogen ionic liquid additives on the rate of backreaction in DSSCs: An electrochemical characterization*. Journal Of Science-Advanced Materials And Devices. Fator de Impacto(2020 JCR): 5,4690, v.6, p.483 – 487, 2021.

Artigo submetido:

1. *Electrocatalytic effect of congo red doped polypyrrole and gold nanoparticles as counter electrode in dye-sensitized solar cell*. Applied Energy, Manuscript number APEN-D-22-02390.

2 – Projeto: Desenvolvimento de células solares de perovskitas baseadas em carbono

Células solares de perovskitas são células de terceira geração e representam a mais promissora tecnologia para atuação sinérgica ou substituição das células solares de silício comercialmente vendidas, em termos de custo e eficiência. Neste projeto, o CETENE desenvolveu um grupo de pesquisa em células solares de perovskitas livres de camadas transportadoras de buracos e de contra eletrodos metálicos, como ouro e prata, sendo estes substituídos por materiais baseados em carbono. Isso permite reduzir o custo na produção dos dispositivos fotovoltaicos, que já é cerca de 50% menor que os dispositivos a base de silício. No CETENE, estão sendo desenvolvidas células solares de perovskita mesoporosas utilizando como contra eletrodos filmes de carbono. Utilizando a camada ativa o brometo de césio e chumbo (CsPbBr_3), foram obtidas células com eficiência de até 4,6 %, com densidade de corrente de $10,4 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$, V_{oc} de 1,06 V e FF de 42% empregando o método de *dip-coating* nos eletrodos de PbBr_2 em uma solução de CsBr. Outra abordagem utilizando o CsPbBr_3 como camada ativa é a sua modificação estrutural mediante a dopagem com íons lantanídeos. Nesta linha, foi observado um grande potencial de retenção temporal da eficiência das células em aproximadamente 85%, sem encapsulamento e produzidas em atmosfera ambiente (umidade: 55 – 60 %) após 1460 h de acompanhamento. Além disso, células solares de perovskitas livres de chumbo tem sido desenvolvida utilizando perovskitas de bismuto (Cs_3BiI_9) como camada ativa. As perovskitas de bismuto apresentam mudanças de fase dependentes da estequiometria aplicada, onde a estequiometria pobre em íons Cs^+ apresentam maior densidade de fotocorrente (J_{sc}) dentre as estudadas ($1,5 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$). Porém, ainda é observado baixo potencial de circuito aberto ($V_{oc} \approx 0,1 \text{ V}$). Os resultados sugerem a necessidade de melhoria na condução dos portadores de carga, através da inserção de camadas condutoras de buracos, estando essa etapa em andamento. Adicionalmente, materiais de grafeno induzidos a laser de CO_2 vem sendo estudados para aplicação como contra eletrodos no lugar de pastas aplicadas por serigrafia, sendo preparados suportados em substratos vítreos não condutores e aplicados na superfície dos eletrodos contendo as camadas ativas. Com essa abordagem, tem sido uma interface similar a apresentada pelos dispositivos preparados utilizando a pasta de carbono, devido a equiparidade dos parâmetros fotoeletroquímicos apresentados por ambos os dispositivos.

Orientação em andamento (Dra. Giovanna Machado):

Dissertação de mestrado: orientador principal

Ledjane Maria Alves Oliveira. Materiais a base de perovskitas para aplicação em sistemas fotovoltaicos. 2021. Dissertação (Ciência de Materiais) – Universidade Federal de Pernambuco.

3 – Projeto: Desenvolvimento de um sistema híbrido de fotocatalisadores para produção de H_2 no esquema Z

A busca por fontes de energias não fóssil tem atraído grande interesse pelos pesquisadores em conjunto com os esforços para reduzir as emissões de dióxido de carbono e consequentemente o efeito estufa. Entre as várias fontes de alternativas de energias, o hidrogênio obtido por fotocatalise tem sido uma opção atrativa. Neste projeto foi proposto um sistema de heteroestrutura para um esquema Z com nanotubos de $\text{TiO}_2\text{-Au-Cu}_2\text{S}$ com mediador solido de Au, para produção fotocatalítica de hidrogênio. O sistema foi preparado por fotodeposição das nanopartículas de ouro(Au) e sulfeto de cobre(Cu_2S) produzido por síntese hidrotermal sobre a superfície dos nanotubos obtidos pelo processo de anodização com diâmetros entre 75-90 nm medidas pelo MEV. A adesão de nanopartículas de ouro promoveu a produção de hidrogênio para o sistema $\text{TiO}_2\text{-Au}$. Através da análise de DRX foram

identificadas a fase anatase e a identificação das nanopartículas de Au e Cu₂S quando ancoradas sobre os nanotubos de TiO₂. A energia de banda dos sistemas variou entre 3,23 e 1,97 eV, antes e depois da adesão das nanopartículas. Através de estudos de impedância, foi observado que as amostras de TiO₂ e os compósitos de TiO₂-Au apresentam maiores resistência na transferência de cargas com relação ao sistema TiO₂-Au-Cu₂S. Esse resultado é um indicativo que a transferência de cargas entre o eletrólito e o fotocatalisador melhora com a inserção do Cu₂S. As dimensões destas nanopartículas afetam na produção de hidrogênio e são pontos cruciais na formação da heteroestrutura de TiO₂-Au-Cu₂S, sendo necessárias otimizações para melhoria da eficiência dos dispositivos na transferência de carga e de produção de hidrogênio fotoeletrocatalítico.

Artigos científicos publicados:

1. VELÁSQUEZ, DANILO A.P.; SOUSA, FELIPE L.N.; SOARES, THIAGO A.S.; CAIRES, ANDERSON J.; FREITAS, DENILSON V.; NAVARRO, MARCELO; Machado, Giovanna. *Boosting the performance of TiO₂ nanotubes with ecofriendly AgIn₅Se₈ quantum dots for photoelectrochemical hydrogen generation*. Journal of power sources. Fator de Impacto(2020 JCR): 9,1270, v.506, p.230165 – , 2021.
2. SOARES, THIAGO A.S.; GONZÁLEZ-MOYA, JOHAN R.; BYUN, YEARIN; THESING, ANDERSON; DARES, CHRISTOPHER; COSKUN, ALI; Machado, Giovanna. *One-step anodization-electrophoretic deposition of titanium nanotubes-graphene nanoribbon framework for water oxidation*. Journal of electroanalytical chemistry. Fator de Impacto(2020 JCR): 4,4640, v.01, p.115802 – 1, 2021.
3. LUCCHESI SCHIO, ALINE; FARIAS SOARES, MÁRCIO RONALDO; Machado, Giovanna; BARCELLOS, THIAGO. *Improved Mechanochemical Fabrication of Copper(II) Oxide Nanoparticles with Low E-Factor. Efficient Catalytic Activity for Nitroarene Reduction in Aqueous Medium*. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. Fator de Impacto(2020 JCR): 8,1980, v.9 (29), p. 9661–9670, 2021.
4. SALES, J.N.B.; DA SILVA, R.T.; LARA, L.R.S.; RAMOS, S.L.L.M.; SOARES, J.S.; SOARES, T.A.S.; MACHADO, G.; MANHABOSCO, S.M.; DE OLIVEIRA, A.B.; DE CARVALHO, H.B.; BATISTA, R.J.C.; STUMPF, H.O.; MANHABOSCO, T.M. *Structural, optical, and magnetic evaluation of Co-, Ni-, and Mn-modified multiferroic BiFeO₃ ceramics*. CERAMICS INTERNATIONAL. Fator de Impacto(2020 JCR): 4,5270, v.1, p.1 - , 2021.

Orientação em andamento (Dra. Giovanna Machado):

Tese de doutorado: orientador principal

Francisco de Assis Sales Ribeiro. Geração de H₂ por meio de materiais nanoestruturados utilizando nanotubos e grafeno. 2021. Tese (Ciência de Materiais) – Universidade Federal de Pernambuco. Inst. financiadora: Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco.

4 – Projeto: Síntese de Nanotubos de titânio decorados com prata e colágeno, utilizando métodos eletroquímicos e sistemas de automontagem

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_2) 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_2 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.

Artigos científicos publicados:

1. ALVES, NEYLA MARIA PEREIRA; DE MOURA, RONALD RODRIGUES; BERNARDO, LUCAS COELHO; Agreli, Almerinda; DE OLIVEIRA, ANA SOFIA LIMA ESTEVÃO; DA SILVA, NATÁLIA PEREIRA; CROVELLA, SERGIO; BRANDÃO, LUCAS ANDRÉ CAVALCANTI. *In silico analysis of molecular interactions between HIV-1 glycoprotein gp120 and TNF receptors*. Infection genetics and evolution, v. 1, p. 104837, 2021.
2. CELERINO DA SILVA, RONALDO ; PEREIRA ALVES, NEYLA MARIA; GONDIM SILVA, MARIA LEONILDA ; Agreli, Almerinda; CAMPOS COELHO, ANTONIO VICTOR ; GUIMARÃES, RAFAEL LIMA; ARRAES, LUIZ CLÁUDIO; CROVELLA, SERGIO; CAVALCANTI BRANDÃO, LUCAS ANDRÉ. *Polymorphisms in TNF- α /TNFR1 pathway genes are associated with CD4+ T cells recovery in HIV-1-infected individuals on antiretroviral therapy*. JAIDS-JOURNAL OF ACQUIRED IMMUNE DEFICIENCY SYNDROMES, v. Publish Ahead of Print, p. 1, 2021.
3. BRANDÃO, LUCAS ANDRÉ CAVALCANTI ; TRICARICO, PAOLA MAURA; GRATTON, ROSSELLA; Agreli, Almerinda; ZUPIN, LUISA; ABOU-SALEH, HAISSAM; MOURA, RONALD; CROVELLA, SERGIO . *Multomics Integration in Skin Diseases with Alterations in Notch Signaling Pathway: PlatOMICs Phase 1 Deployment*. INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES, v. 22, p. 1523, 2021.
4. SILVA, I. L. I.; FERREIRA, M. A. V.; DE ANDRADE, AUDREY N.; NASCIMENTO, P. L. A.; CARNEIRO, V. S. M.; MOTA, C. C. B. O.. Nanopartículas de prata em bases de próteses de PMMA para controle de atividade microbiana. Arquivos em Odontologia (UFMG), v. 57, p. 236-243, 2021.
5. Isabel R.S. Arruda, Marthyna P. Souza, Paulo A.G. Soares, Priscilla B.S. Albuquerque, Túlio D. Silva, Paloma L. Medeiros, Marcia V. Silva, Maria T.S. Correia, António A. Vicente, Maria G. Carneiro-da-Cunha. *Xyloglucan and Concanavalin A based dressings in the topical treatment of mice wound healing process*, Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, Volume 2, 100136, 2021.
6. SILVA, RAYANE CRISTINE SANTOS DA; DE SOUZA ARRUDA, ISABEL RENATA; MALAFAIA, CAROLINA BARBOSA; DE MORAES, MARCILIO MARTINS; BECK, THAISSA SILVA; GOMES DA CAMARA, CLAUDIO AUGUSTO; HENRIQUE DA SILVA, NICÁCIO; VANUSA DA SILVA, MÁRCIA; DOS SANTOS CORREIA, MARIA TEREZA; FRIZZO, CLARISSA PICCININ; Machado, Giovanna.

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. 01, p. 102795-01, 2021.

7. DOS ANJOS, KEICYANNE FERNANDA LESSA; DA SILVA, CYNARHA DAYSY CARDOSO; DE SOUZA, MARY ANGELA ARANDA; DE MATTOS, ALESSANDRA BATISTA; COELHO, LUANA CASSANDRA BREITENBACH BARROSO; Machado, Giovanna; DE MELO, JANAINA VIANA; DE FIGUEIREDO, REGINA CELIA BRESSAN QUEIROZ. *The Deposition of a Lectin from Oreochromis niloticus on the Surface of Titanium Dioxide Nanotubes Improved the Cell Adhesion, Proliferation, and Osteogenic Activity of Osteoblast-like Cells.* Biomolecules, v. 11, p. 1748, 2021.

Participação em congressos Internacionais:

1. AGRELLI, A.; ANDRADE, A. N.; MENDES-MARQUES, C. L.; ARRUDA, I. S.; SANTOS, L. R. L.; SILVA, R. C. S.; MACHADO, G. *In silico study of putative integrin-specific ligands for coating TiO₂ dental implants.* 2021.

Orientação em andamento (Dra. Giovanna Machado):

Supervisão de pós-doutorado

Niédjá Fittipaldi Vasconcelos. 2021. Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste. Inst. financiadora: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

5 – Projeto: Tratamento de efluentes têxteis empregando nanocatalisadores formados por estruturas metalorgânicas e TiO₂

A indústria têxtil faz parte de um setor de grande importância socioeconômica para o País e a região Nordeste se destaca entre os grandes produtores deste setor. Apesar da grande contribuição, a indústria têxtil gera consequências ambientais e de saúde adversas, caso seus efluentes não recebam tratamento adequado. Além disso, este setor utiliza elevados volumes de água em seus processos e é um dos maiores em índice de poluição hídrica no mundo. Nesse contexto, o projeto objetiva produzir nanocompósitos com propriedades fotocatalíticas, formados por nanotubos de TiO₂ e outros materiais, no intuito de promover a mineralização dos poluentes e gerar um efluente de baixa toxicidade após fotodegradação. Os nanocompósitos foram obtidos em duas etapas: (1) síntese de nanotubos de TiO₂ (anatase) via anodização eletroquímica, e (2) síntese/deposição de MOFs ou óxidos mistos na superfície dos nanotubos in situ pelo método hidrotermal, sem a necessidade de tratamento térmico posterior. O desempenho destes fotocatalisadores foi avaliado frente a degradação de um composto orgânico comumente encontrado em efluentes têxteis. Zn₂SnO₄ modificado com diferentes porcentagens de cobre foram depositados e a formação do compósito foi confirmada para todas as composições, entretanto, a amostra modificada em 1% de Cu levou a melhor resposta fotocatalítica. A análise morfológica dessa amostra evidenciou uma melhor deposição do óxido misto na superfície dos nanotubos. Este fotocatalisador alcançou 98% de remoção da cor da solução do corante em um primeiro ensaio e esse desempenho se manteve por mais dois ciclos de reuso. Os compósitos formados por MOFs, foram produzidos com os metais Cobre e Zinco, eles foram submetidos a análises morfológicas e estruturais, que comprovaram a sua deposição na superfície dos nanotubos, dentre os fotocatalisadores formados por TiO₂/MOF a melhor resposta frente a remoção de cor da solução corante foi obtida pelo compósito formado por MOF de Zinco sendo de 65,6 %.

Artigo científico publicado:

1. DA SILVA, ÉMERSON F.M.; XIMENES, ÉRIKA R.B.; DE SALES, LETÍCIA B.V.; DANTAS, ERICA J.M.; OLIVEIRA, EVELLE D.C.; SIMÕES, THIAGO B.; RIBEIRO, ANDRÉ T.S.; SANZ, OIHANE; Machado, Giovanna; ALMEIDA, LUCIANO C. *Photocatalytic degradation of RB5 textile dye using immobilized TiO₂ in brass structured systems*. CATALYSIS TODAY. Fator de Impacto(2020 JCR): 6,7660, v.01, p.01 – , 2021.

Orientação em andamento (Dra. Giovanna Machado):

Tese de doutorado: co-orientador

Brenand Anjos dos Santos Souza. Desenvolvimento de redes metalorgânicas incorporadas em nanofibras para a fotodegradação de efluentes industriais. 2021. Tese (Química) – Universidade Federal de Pernambuco. Inst. financiadora: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

BIOTECNOLOGIA

Na área de Biotecnologia do CETENE as atividades envolvem aplicações na agricultura, recomposição ambiental e atividades ligadas aos processos industriais de transformações químicas e biológicas. Para ambas, o CETENE dispõe de laboratórios de pesquisa que trabalham com cultura de tecidos vegetais, bioprocessos, fitoquímica e biocombustíveis.

O Laboratório de Fitoquímica e Integração de Processos (LAFIP) é utilizado para extração de óleos fixos e essenciais de diferentes matérias-primas, preparação de compostos e realização de análises físico-químicas. O Laboratório de Bioprocessos (LABIO) desenvolve processos e bioprodutos a partir de reações microbiológicas. O Laboratório de Biocombustíveis e Otimização (LABCOM) atua na integração com as demais áreas da instituição para fins de desenvolver e transferir para a sociedade novas tecnologias de processos na produção de biocombustíveis líquidos e gasosos, a partir de matérias primas vegetais ou residuais, além de valorizar os coprodutos dos processos com transformação em novos compostos. A Central Analítica (CEAN) permite a purificação, identificação e quantificação de compostos e funciona no Sistema Multiusuário, atendendo demandas internas e externas. No seu acervo há cromatógrafos de última geração. A Biofábrica Governador Miguel Arraes possui estrutura de propagação *in vitro* de mudas em larga escala, com fidelidade genética e qualidade fitossanitária. Conta com uma infraestrutura de ponta para micropropagação *in vitro* e aclimatização automatizada, podendo produzir 1,5 milhão de mudas ao ano de diversas culturas tais como palmeiras, espécies do bioma caatinga, do setor sucroenergético brasileiro, entre outras. Uma das principais metas é na multiplicação em larga escala de variedades adaptadas à região Nordeste, ajudando a suprir as necessidades do setor na renovação de campos de produção e reposição de culturas para conservação ambiental, através da micropropagação de plantas saudáveis, garantindo a produtividade de forma eficiente e constante.

Ao longo do ano de 2021 também foram conduzidos 10 projetos que integram o Núcleo de Ações de Preservação de Biomas, os quais são desenvolvidos em sua maior parte no Laboratório de Pesquisa Aplicada a Biomas (LAPAB), com suporte dos demais laboratórios do CETENE. As ações se concentraram na produção de mudas para o reflorestamento de Mata Atlântica, o desenvolvimento de tecnologia para produção de Bioplástico, a produção de Biossurfactante, e demais ações que visam beneficiar o Meio Ambiente.

Os resumos dos projetos e resultados alcançados estão relacionados a seguir:

1 – Projeto: Gênese de um Banco de Germoplasma *in vitro* para a Biofábrica do CETENE

A preservação de espécies de propagação sexuada e assexuada pode ser realizada por meio de bancos de germoplasma. Os bancos de germoplasma são unidades conservadoras de material genético de uso imediato ou com potencial de uso futuro. Eles são criados com a finalidade de manejar a variabilidade genética entre e dentro da espécie, com fins de utilização para a pesquisa em geral, especialmente para o melhoramento genético e a biotecnologia. Com o intuito de conservar a biodiversidade vegetal existente nos biomas brasileiros, há duas estratégias: a conservação de germoplasma *in situ* e *ex situ*. A conservação *in situ* permite que populações sejam mantidas em seu ambiente de origem, sendo o mecanismo mais comum a ser utilizado na conservação de espécies. Além disso, métodos e técnicas de manutenção dos vegetais vivos são utilizados fora de seu hábitat natural (*ex situ, in vivo*), ou através da

preservação de seu germoplasma em meios de cultivo (*ex situ*, *in vitro*). A conservação *ex situ*, *in vitro* pode ser beneficiada por modernas técnicas da biotecnologia da reprodução, como a micropropagação, a embriogênese somática, a cultura de calos, entre outros. Sob essa perspectiva, nota-se um aumento significativo no uso de técnicas de propagação mais elaboradas, visando sempre à melhoria da qualidade das mudas ofertadas, seja em meio laboratorial ou em campo. As biofábricas de produção em larga escala, que utilizam técnicas de cultivo *in vitro*, baseiam-se no aproveitamento da totipotência das células vegetais. Dentre as técnicas de cultivo, a micropropagação é vista como a de maior impacto e de resultados mais concretos. Ela utiliza pequenos fragmentos de tecido vivo, chamados explantes, isolados de um organismo vegetal, desinfetados e cultivados em um meio de cultivo apropriado, em ambiente asséptico, com condições controladas de temperatura e intensidade luminosa. Sendo assim, o Banco de Germoplasma da Biofábrica foi idealizado, visando à conservação *in vitro* de espécies adaptadas a Região Nordeste, garantindo material vegetal com excelência em qualidade. Esse tipo de conservação é atrativo por motivos práticos e econômicos, sendo importantes para a garantia de recursos genéticos, para as espécies ameaçadas de extinção ou aquelas propagadas vegetativamente.

Resultados:

- Colaboração em pesquisa para a determinação de culturas que possuem potencial para serem micropropagadas na Biofábrica;
- Participação da escrita de projetos;
- Melhorias nos procedimentos realizados nas estufas agrícolas: Elaboração dos cronogramas semanais de atividades das estufas da Biofábrica – poda, adubação, limpeza de filtros e aspersores, aplicação de defensivos, atualizações de plantio, limpeza da palhada das mudas mais antigas, entre outras atividades e acompanhamentos;
- Colaboração no levantamento, quantidade, precificação e descrição dos insumos usados nas atividades das estufas;
- Coleta em campo de variedades de cana-de-açúcar para a pesquisa da Biofábrica e desenvolvimento de experimentos;
- Plantio e acompanhamento de MPBs (mudas pré-brotadas) para posteriores introduções no laboratório de produção da Biofábrica;
- Introdução *in vitro* do material vegetal proveniente das MPBs, no laboratório de produção da Biofábrica;
- Entrega de cerca de 7500 mudas a EECAC/RIDESA;
- Ampliação do Banco de Germoplasma da Biofábrica em 50% da sua capacidade anterior;
- Testes iniciais para cultivo *in vitro* do lúpulo (*Humulus lupulus* L.);
- Plantio de lúpulo em ambiente climatizado;
- Cultivo *in vitro* da palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*).

2 – Projeto: Matrizes superiores de *Saccharum officinarum* na formação do jardim clonal com interesse para a cultura de tecidos

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é cultivada no Brasil há mais de 500 anos, possui importância econômica, no mercado do álcool e açúcar, os estados Sudeste e Nordeste lideram o ranking de produção, já o Nordeste enfrenta irregularidades climáticas que impactam o potencial produtivo do vegetal, sendo necessário um melhor planejamento

estratégico, inovações de tecnologia no cultivo para garantir alta produtividade. Mudanças de qualidade, micropropagadas, com alto padrão genético e fitossanitário podem contribuir para a produção em curto prazo de tempo e espaço, aumentando a produtividade e longevidade dos canaviais. Durante o processo de produção, há uma dificuldade na obtenção de matrizes com características desejáveis, geralmente fora dos padrões, encontrados em canaviais sem manutenção, com déficit hídrico, deficiência nutricional, infectadas por uma gama de patógenos, de péssima fidelidade genética e em tempo cronológico não propício para a produção de clones. Diante o exposto, o objetivo desse trabalho é a produção de 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. Para esta pesquisa resgatamos variedades que já se encontravam em fluxo de processo no laboratório (RB 00 2754; RB 94 3047; RB 99 2506; RB 02 1754; RB 99 2506; SP 79 1011; e SP 78 4764). Fizemos coletas na Estação Experimental de Cana de Açúcar do Carpina – EECAC, em dias previamente estabelecidos de acordo com a juvenibilidade da cultivar, onde obtivemos materiais provenientes de colmo e de bandeira das variedades RB 92 579; RB 86 7515; RB 0442 e RB 04 1443. Ambas as variedades se encontram em processo de multiplicação *in-vitro*, algumas já no nosso banco de germoplasma, aguardando apenas a finalização da casa de vegetação que irá abrigar nossas plantas (Jardim Clonal), que está em fase de conclusão. Em paralelo, foi desenvolvido outras pesquisas para a Biofábrica, como: [1] A influência de *Azospirillum brasilense* em mudas micropropagadas de cana-de-açúcar; [2] Efeito de nanopartículas metalorgânicas sob o desenvolvimento *in-vitro* de *Fusarium solani*; [3] Desempenho de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar após tratamento químico, térmico e cultural; [4] Acompanhamento biométrico de mudas micropropagadas de cana-de-açúcar em campos de produção; [5] Desenvolvimento agro-sócio-econômico do Lúpulo no Nordeste do Brasil, e [6] Influência de óleos vegetais no controle de cochonilha *Duplachionaspis divergens* em cana-de-açúcar.

3 – Projeto: Extração de óleos essenciais de plantas de ocorrência no bioma Caatinga: Foco na obtenção e caracterização de compostos de interesse comercial e estratégias em inovar para proteger

O bioma Caatinga – singular e exclusivo brasileiro – é uma das regiões semiáridas mais diversificadas do mundo abrangendo cerca de 11% do território nacional. Assim, plantas de ocorrência na Caatinga constituem-se numa fonte potencial de novos compostos valiosos, o que tem atraído, cada vez mais, a atenção da comunidade científica e da sociedade; abrindo perspectivas para o desenvolvimento de novos agentes terapêuticos seguros, mais baratos e eficazes (novas drogas ou produtos mais saudáveis), podendo promover a saúde e o bem-estar da população. Algumas espécies com ocorrência na Caatinga se destacam, como a *Lippia sidoides* (Alecrim pimenta), *Chenopodium ambrosioides* (Mastruz), *Croton zehntneri* Pax & Hoffm (Canela de cunhã), *Ocimum gratissimum* L. (Alfavaca cravo), dentre outras. Os óleos essenciais dessas espécies já exibiram diversas atividades biológicas relevantes como antioxidante, antibacteriana, analgésica, anti-inflamatória, antiparasitária, inseticida, por exemplo. Parte do potencial desses óleos é atribuído aos seus constituintes majoritários, como os monoterpenos timol e carvacrol (*L. sidoides*), ascaridol (*C. ambrosioides*), anetol (*C. Zehntneri*), eugenol (*O. gratissimum*), entre outros bioativos. Há a necessidade de utilização de estratégias inovadoras através de processos verdes e sustentáveis para a extração de compostos de interesse comercial obtidos a partir de óleos essenciais extraídos de plantas da Caatinga, com potencial para uso em aplicações de valor agregado com fins farmacêuticos e alimentícios, bem como cosméticos podendo promover a saúde e o bem-estar da população.

Em geral, é de interesse estratégico encontrar condições adequadas que incrementem o rendimento desses bioativos, usando técnicas distintas de extração sem comprometer a sua qualidade e o seu potencial biotecnológico. Portanto, dados precisos sobre este tipo de estudo ainda são limitados, e merecem mais investigações. Nesse contexto, este projeto tem como objetivo extrair óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga para obtenção, identificação e caracterização de compostos de interesse biológico e comercial, visando a preservação do Bioma, e agregando valor as espécies vegetais da Região Nordeste.

Trabalhos técnicos – Entrevistas, mesas redondas, programas e comentários na mídia:

1. SILVA, MILENA F.; ALMEIDA, THIAGO S.; TOSCANO, FREDERICO. Live 'Potencial Biotecnológico de Óleos Essenciais do (Des)conhecido – Bioma Caatinga: uma sinergia de possibilidades e estratégias proativas em inovar para proteger'. 2021. (Programa de rádio ou TV/Outra). <https://www.youtube.com/watch?v=GLRAsHyKibs>

Processos e técnicas desenvolvidas (POP):

1. ALMEIDA, THIAGO. S.; SILVA, MILENA. F.; MELO, JAMES. C. Manutenção de equipamento de cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE da Central Analítica (CEAN)/Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). 2021.

4 – Projeto: Obtenção, identificação e caracterização de compostos de interesse biológico e comercial em óleos essenciais de plantas de ocorrência na Caatinga

O bioma Caatinga, exclusivo brasileiro, é uma das regiões semiáridas mais diversificadas do mundo abrangendo 10% do território nacional. Este bioma, 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 hídrico. 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 de plantas de ocorrência na Caatinga se destacam, como a *Lippia sidoides* (alecrim pimenta), *Chenopodium ambrosioides* (mastruz), *Croton zehntneri* Pax & Hoffm (Canela de cunhã), *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca cravo), dentre outras. Os óleos essenciais dessas espécies já exibiram diversas atividades biológicas relevantes como antioxidante, antibacteriana, analgésica, anti-inflamatória, antiparasitária, inseticida, entre outras. Parte do potencial desses óleos é atribuído aos constituintes majoritários como os monoterpenos timol e carvacrol (*L. sidoides*), anetol (*C. Zehntneri*), ascaridol (*C. ambrosioides*), eugenol (*O. gratissimum*), entre outros bioativos. Nesse sentido, é de interesse estratégico encontrar condições adequadas que incrementem o rendimento desses bioativos usando técnicas distintas de extração sem comprometer a sua qualidade e o seu potencial biotecnológico. Além disso, é importante avaliar todos os aspectos necessários para a criação de um produto final; portanto. O desenvolvimento desta pesquisa trará resultados inovadores para a inserção de novas substâncias ativas e/ou novos produtos naturais bioativos de alto valor agregado obtidos a partir de óleos essenciais extraídos de plantas de ocorrência na Caatinga Brasileira, além da possibilidade de firmar parcerias científicas nacionais e internacionais. O projeto se enquadra nas áreas de Tecnologias Habilitadoras (pelo suporte a biotecnologia através da otimização dos processos de extração) e a de Tecnologias para Produção (devido aos métodos desenvolvidos nesse projeto terem o potencial de uso para obtenção e controle de qualidade de fármacos e outros compostos de interesse industrial e prestação de serviços a serem utilizados pelo CETENE como prestador).

Artigo científico publicado:

O artigo intitulado “*Caatinga plants essential oils with delectary action for Aedes aegypti: A review*” foi elaborado em parceria com pesquisadores da Universidade Federal do Ceará e foi publicado na revista South African Journal of Botany (Fator de impacto 2.315 – agosto de 2021) da editora Elsevier (<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.004>). Este trabalho está diretamente correlacionado com a temática do projeto de pesquisa sobre óleos essenciais e plantas de ocorrência na Caatinga.

Trabalhos técnicos – Entrevistas, mesas redondas, programas e comentários na mídia:

1. SILVA, MILENA F.; **ALMEIDA, THIAGO S.**; TOSCANO, FREDERICO. Live 'Potencial Biotecnológico de Óleos Essenciais do (Des)conhecido – Bioma Caatinga: uma sinergia de possibilidades e estratégias proativas em inovar para proteger'. 2021. (Programa de rádio ou TV/Outra). <https://www.youtube.com/watch?v=GLRAsHyKibs>

5 – Projeto: Determinação de técnicas de extração de óleos essenciais de plantas de ocorrência Caatinga ou no Nordeste para obtenção e caracterização de compostos de interesse comercial

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 monoterpenos, 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 β -farneceno, encontrado no óleo essencial da espécie *Humulus lupulus*, podem ser estudados tantos 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.

6 – Projeto: Desenvolvimento e otimização de métodos analíticos para purificação, caracterização, identificação, determinação e quantificação de metabólitos de interesse socioeconômicos acompanhados por GC-MS, GC-FID, HPLC, LC-MS, MALDI-TOF, UPLC

A caatinga é um dos principais hot-spots de biodiversidade no mundo e ainda muito inexplorada. Plantas endêmicas pertencentes ao bioma da caatinga são potencialmente boas fontes biomoléculas com atividade biológica por serem únicas naquele ambiente, e em uma região com condições adversas principalmente na disponibilidade de água, tendo como consequência um metabolismo diferenciado quando comparadas a plantas similares de outros biomas. O projeto envolve processos de purificação e identificação de moléculas bioativas com

a bioprospecção de biomoléculas, com a finalidade de terapias alternativas em processos fisiopatológicos, como infecção bacteriana e/ou na identificação de proteínas relacionadas ao estresse hídrico, fotoperiodismo, tolerância a altas temperaturas, para adição de uma nova cultura na região da caatinga. Para análise de proteínas envolvidas no estresse hídrico, fotoperiodismo, tolerância a altas temperaturas, primeiramente, será realizado um levantamento bibliográfico dos genes e proteínas já identificados para a espécie *Humulus lupulus*. Também será utilizada a sequência de proteínas envolvidas no estresse hídrico de outras espécies e comparar similaridade com proteínas de *Humulus lupulus*, e homologia entre genes de diferentes com a planta em estudo. O projeto almeja obter dados para obtenção, futuramente, de uma planta transgênica, a partir do estudo de proteínas envolvidas no estresse hídrico da planta, fotoperiodismo, tolerância a altas temperaturas de *Humulus lupulus*. Por fim, espera-se que o projeto consiga reforçar a literatura científica com a identificação, purificação e caracterização de novas proteínas de interesse para indústria petrolífera, agrônômica, farmacêutica e biotecnológica. Como as proteínas são produtos diretos dos genes a caracterização de sequenciamento de proteínas, poderá inferir a sequência dos genes responsáveis pela síntese da proteína, contribuindo com informações para o genoma da planta, pois nem todas as plantas estudadas possuem a sequência completa do genoma, exemplo *Humulus lupulus*.

7 – Projeto: Desenvolvimento de protocolos e otimização da produção de biodiesel em escala de bancada e semi-industrial: rotas catalíticas para produção de biocombustíveis no nordeste brasileiro

O CETENE atua em toda a cadeia produtiva de biocombustíveis, desde a prospecção de novas espécies vegetais para matéria-prima, a otimização dos processos de síntese até o uso e monitoramento de motores. Para expandir o abastecimento de biocombustíveis no Nordeste, sugere-se a diversificação das matrizes com o uso de culturas regionais, associando o desenvolvimento da agricultura no semiárido à produção de biocombustíveis. Neste trabalho é proposto utilizar matrizes oleaginosas nordestinas e sintetizar catalisadores para a produção de biocombustíveis em escala de laboratório a fim de otimizar e escalonar o processo.

Artigos científicos publicados:

1. DANTAS, ÉRICA JANAINA DE MORAES ; TSCHOEKE, ISABELLE CRISTINE PROHMANN ; SILVA, JOSIVAN PEDRO DA ; **MELO, JAMES CORREIA DE** ; SALES FILHO, ROMERO LUIZ MENDONÇA ; SOUZA, WERÔNICA MEIRA DE ; LIMA, MARILENE DA SILVA ; SOUZA, THIBÉRIO PINHO COSTA .
Uso de resíduo da fabricação da farinha de mandioca para produção otimizada de biodiesel. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, v. 12, p. 419-427, 2021.
2. DANTAS, ÉRICA JANAINA DE MORAES ; TSCHOEKE, ISABELLE CRISTINE PROHMANN ; SILVA, JOSIVAN PEDRO DA ; **MELO, JAMES CORREIA DE** ; SALES FILHO, ROMERO LUIZ MENDONÇA ; SOUZA, WERÔNICA MEIRA DE ; LIMA, MARILENE DA SILVA ; SOUZA, THIBÉRIO PINHO COSTA .
Avaliação de modelos cinéticos na produção de biodiesel a partir de óleo de algodão. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, v. 12, p. 428-437, 2021.
3. DA SILVA, BRUNO F. ; PEREIRA, IWELTON M. C. ; **DE MELO, JAMES C.** ; MARTINS, MÔNICA C. B. ; BARBOSA, MARIANA O. ; SILVA, ANDREZZA K. O. ; DE SIQUEIRA, WILLIAMS N. ; DA SILVA, NICÁCIO H. ; DE OLIVEIRA, ANTÔNIO F. M. ; VICENTE, CARLOS ; LEGAZ, MARIA E. ; PEREIRA, EUGÊNIA C. .
Cladonia verticillaris (lichen) indicates negative impacts derived from the combustion of biodiesel blends: an alert for the environmental management for biofuels use. ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT, v. 193, p. 809, 2021.

8 – Projeto: 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: Estudos biotecnológicos e morfofisiológicos associados a produção vegetal de lúpulo, licuri, batata-doce e orquídeas

O uso de técnicas biotecnológicas consagradas, como a cultura de tecidos, que é uma técnica extremamente versátil na propagação de plantas e, com bastante êxito no cenário mundial, pode ser amplamente utilizada para a produção de plantas integras como, para a produção de biocompostos. Sendo essa técnica muito importante para a produção de mudas, já que permite a obtenção de um grande número de plantas a partir de um único indivíduo, em curto período de tempo e espaço físico reduzido, também contribui para a preservação do patrimônio genético e químico da espécie (Botta et al., 2001). Neste contexto, buscando atender demandas que visam o crescimento estratégico, econômico e social da região Nordeste, desenvolveremos pesquisas com as seguintes espécies: lúpulo, licuri, batata-doce e orquídeas. 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 (Frag 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, três estados da Região Nordeste: Pernambuco, Bahia e Rio Grande do Norte, produzem o lúpulo. Sendo que, a Biofábrica do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), é Instituição pioneira no Nordeste brasileiro a trabalhar com o cultivo in vitro. As pesquisas sobre o cultivo in vitro da palmeira nativa, licuri [*Syagrus coronata* (Mart.) Beccari], espécie típica da Caatinga, são ainda incipientes, carecendo de estudos que possam promover estratégias para a sua produção em massa pois, esta palmeira produz a partir de sua amêndoa, óleo com componentes de interesse industrial, tanto para o desenvolvimento de fármacos e cosméticos, como para o desenvolvimento de biocombustível. A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] por sua vez, é boa fonte de energia, minerais, vitaminas C e do complexo B, sendo, algumas cultivares, ricas em vitamina A. Originária da América do Sul, essa espécie é considerada uma planta de ampla adaptação e fácil cultivo. É uma cultura muito popular e apreciada em todo o país, ocupando o quarto lugar entre as hortaliças mais consumidas pela população brasileira, sendo a mais cultivada no Nordeste. Dentre as cultivares de batata doce, a ‘Beauregard’ tem como principal diferencial um elevado teor de betacaroteno. As orquídeas se apresentam nesse projeto, dada a sua relevância ecológica, por ocasião do risco de extinção de algumas espécies e, como produto comercial. São plantas que atendem ao mercado de ornamentais e, muitas vezes devido ao extrativismo e pressões antrópicas, encontram-se ameaçadas de extinção. Entre as orquídeas, o gênero *Cattleya* tem sido o mais popular, cultivado e comercializado, evidenciando a sua importância econômica (DIGNART et al., 2009). Entre as espécies, destaca-se a *Cattleya labiata*, nativa do Nordeste brasileiro e uma das mais apreciadas orquídeas do mundo (RAPOSO, 1993). De acordo com Correia et al. (2012) é importante conhecer a biologia dessas espécies com ênfase em métodos eficazes de reprodução e de propagação, visando minimizar as perdas desses materiais, manter a variabilidade genética e favorecer o repovoamento. Portanto, desenvolver metodologias otimizadas que promovam a produção em larga escala dessas espécies estratégicas para a Região Nordeste, pode ser uma oportunidade para produtores, tanto para suprir o mercado nacional quanto para exportação, apoiando assim, a cadeia produtiva que essas espécies estão inseridas. Para a obtenção de

plantas em larga escala, serão testados na micropropagação (organogênese e ou embriogênese somática), diferentes reguladores vegetais, utilizando-os de forma isolada ou combinada com outros aditivos ao meio de cultura. Durante todo o processo serão realizadas análises morfofisiológicas, histológicas (ML, MEV e ou MET). Além da realização de experimentos com agentes antioxidantes e antimicrobianos, a exemplo de bioativos e nanopartículas.

9 – Programa Mata Atlântica

Subprojetos:

9.1 – Plataforma de propagação de espécies arbóreas da Mata Atlântica visando dar suporte as iniciativas de recuperação ambiental

9.2 – Efeito do fotoautotrofismo na rusticificação de espécies arbóreas pagadas: aspectos de produção para conservação da biodiversidade

9.3 – Propagação in vitro de espécies arbóreas de interesse socioeconômico e ecológico da Mata Atlântica

No ano de 2021 o projeto da plataforma de propagação de espécies de essências florestais (Mata Atlântica) iniciou ações de extensão voltadas ao suporte de ações de recuperação de áreas de Mata Ciliar no estado de Pernambuco. Com base nas parcerias já formalizadas com o CETENE, as mudas foram repassadas para o JBR e para o SERTA. Ambas instituições atuam na interface de direcionamento das mudas para as ações de recuperação da mata atlântica. Visando um melhor acompanhamento deste projeto, está sendo montado um comitê, com um membro representante de cada instituição parceira nessa proposta (CETENE, JBR, UFRPE, UPE, SERTA) que ficará responsável por monitoramento das áreas que receberam a doação de mudas e registrar o plantio do material. Atualmente, o CETENE se encontra atuando na recuperação de mata ciliar de cinco municípios do estado de PE (Pombos, Vitória de Santo Antão, Glória do Goitá, Feira Nova e Lagoa de Itaenga). Essa iniciativa conta com o suporte de um projeto aprovado pela Secretaria do Meio ambiente do Estado de Pernambuco que instalará em 2022 um telado para produção de mudas para reflorestamento com a capacidade de 30 mil mudas no Município de Glória do Goitá. Desta forma, com a crescente permeabilização das ações do LAPAB (Laboratório de Pesquisa Aplicada a Biomass), serão consolidadas as transferências tecnológicas para dar suporte a perenização de rios e nascentes. Essa iniciativa do Governo do Estado de Pernambuco visa ampliar as ações do Programa “Semeando Chuvas”. Ao longo de 2021 foram enviadas ao JBR e ao SERTA cerca de 4 mil mudas. No entanto, as iniciativas de 2021 (parcerias e projeto aprovado) poderão dar suporte no aumento do número de mudas produzidas para cerca de 20 mil. Esse acompanhamento, da ação em conjunto com as demais instituições, será feito uma vez ao ano.

Desta forma, a estruturação realizada em 2021 permitiu iniciar a capilarização do conhecimento institucional (Curso de formação de profissionais habilitados a atuar na produção de mudas e plantio em áreas de recuperação ambiental) e aumentar a disponibilização de mudas de essências florestais (Edital de viabilização do repasse de mudas para organizações governamentais e não governamentais) destinadas a reinserção ambiental em áreas de mata ciliar nos remanescentes de Mata Atlântica de forma a acelerar as iniciativas de recuperação da vegetação nativa e promover a segurança dos remanescentes hídricos.

O cultivo fotoautotrófico *in vitro* é uma das principais tendências do cultivo de plantas, por ser 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 CO₂ 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. O uso de lâmpadas com diferentes comprimentos de onda também 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. Todas as espécies estudadas apresentaram resultados satisfatórios: *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Schinus terebinthifolius*, *Handroanthus impetiginosus* Mattos, *Jacarandá brasileira*, *Apeiba tibourbou*, *Triplaris americana*, *Tabebuia roseo-alba*, *Tabebuia aurea*, *Handroanthus heptaphyllus* e *Tabebuia aurea*. Os experimentos com as três últimas espécies mencionadas foram retomados no início de 2021 devido às interrupções causadas em 2020 pela pandemia COVID-19. As espécies descritas foram escolhidas em virtude de sua importância ecológica e socioeconômica. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisas Aplicadas à Biofábrica (LAPAB), no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE). As espécies em estudo estão apresentando resultados promissores com o uso de lâmpadas LEDs no comprimento de onda na faixa do vermelho e azul, apresentando aumento nos parâmetros de crescimento, como a altura da parte aérea, número de folhas, área foliar e biomassa fresca. Esses resultados estão em concordância com as análises morfoanatômicas, que indicaram maior desenvolvimento dos tecidos do parênquima foliar, maior espessura do mesofilo e organização celular. Essas características observadas resultam em mudas com alto padrão comercial, com aspectos que refletem positivamente em uma das etapas mais críticas do cultivo *in vitro* que é a aclimatização. O cultivo de plantas *in vitro* com redução da sacarose no meio nutritivo, atrelado à maior troca gasosa e o fornecimento de luz no comprimento de onda adequado, permitiu a produção de mudas com maior comprimento da parte aérea, maior taxa de enraizamento e aumento da área foliar (importante para a fotossíntese). Na aclimatização, plantas de *Myracrodruon urundeuva* provenientes de lâmpadas LED vermelha e azul apresentaram melhor desenvolvimento e maior taxa de sobrevivência (95%). O pau de jangada apresentou excelente taxa de germinação e plântulas vigorosas independente da sacarose no meio nutritivo. A espécie de pau-formiga ainda está em fase de estabelecimento, por esse motivo ainda não serão descritos resultados para essa espécie. As análises morfoanatômicas das duas últimas espécies citadas (jacarandá e pau de jangada) ainda não foram processadas e analisadas devido o tempo em que a microscopia do CETENE ficou sem operadores para a microscopia ótica e de varredura. De modo geral, as espécies em estudo responderam de maneira positiva à redução / supressão da sacarose no meio de cultivo quando esse fator foi combinado ao cultivo em recipientes com maior troca gasosa e sob espectro de luz adequado ao crescimento e desenvolvimento das plantas. De acordo com os resultados obtidos, os cultivos fotoautotrófico e fotomixotrófico colaboram para a redução no consumo de insumos utilizados na preparação do meio nutritivo, bem como viabilizam a produção de mudas com alto padrão comercial e com redução de perdas durante a aclimatização.

Com o intuito de dar suporte a instituições envolvidas em ações que visam à recuperação da Mata Atlântica, este projeto tem como proposta o fornecimento de mudas obtidas através de técnicas de cultura de tecidos de plantas. A utilização destas técnicas na propagação de mudas de espécies lenhosas da Mata Atlântica visa mitigar limites na propagação de plantas. Um

desses limites é a quebra de dormência das sementes, fator comumente apresentado por estas espécies, além de permitir a propagação de mudas em qualquer época do ano, já que as espécies lenhosas apresentam ciclo reprodutivo em apenas uma época do ano, além de apresentarem longos períodos até atingirem maturidade suficiente para iniciar o ciclo reprodutivo. Assim, o projeto está voltado para ajustes de processos que viabilizem a propagação de mudas de espécies pioneiras da Mata Atlântica através avaliações de condições ótimas de germinação e micropropagação *in vitro* pela utilização de diferentes processos, sobretudo diferentes meios de cultivo, os quais atendam a melhor condição de cultivo na produção *in vitro* dessas mudas. Assim, o projeto tem como objetivo estabelecer protocolos de micropropagação que viabilizem a produção de mudas de espécies pioneiras da Mata Atlântica de relevância socioeconômica e ecológica, a fim atender a crescente demanda de programas de ações tanto de conservação da biodiversidade como de recuperação ou restauração de áreas degradadas do bioma. Inicialmente, foram indicadas três espécies arbóreas para a execução do projeto, aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*), cajá mirim (*Spondias moin*), angico vermelho (*Anadenanthera colubrina*). Ao decorrer da pesquisa, nove espécies foram envolvidas, ipê branco (*Tabebuia roseoalba*), ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*), aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*), pau-de-jangada (*Apeiba tibourbou*), pau-formiga (*Triplares americana* L.) e pau-de-viola (*Citharexylum myrianthum*), pata-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.), jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosifolia*) e pau ferro (*Libidibia ferrea*). Os experimentos com (*Tabebuia roseoalba*), ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*), aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*), pau-de-jangada (*Apeiba tibourbou*), pau-formiga (*Triplares americana* L.) e pau-de-viola (*Citharexylum myrianthum*), pata-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.), jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosifolia*) foram avaliados os resultados obtidos. Deles, divulgações através de publicações em revistas e livros e apresentados em eventos foram realizadas.

Produção científica:

1. SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R. Carboidratos: modulação, sinalização e tolerância de plantas sob estresses ambientais. In: Antônio de Oliveira; Junior Claudia Neu; Giovanni de Farias Seabra; Hélio Carlos Miranda de Oliveira; Leonor Franco de Araújo; Maria Izabel de Carvalho Pereira; Jean Carlos Vieira Santos. (Org.). TERRA – A Saúde Ambiental para a Vitalidade do Planeta. 1ed.Ituiutaba: Barlavento, **2021**, v. 1, p. 1184-1198. **(CETENE)**
2. BARBOSA, M. R.; SOUZA, L. M.; HOULLOU, L. M.; SOUZA, R. A. Influência de meios de cultura simplificados na produção de mudas *in vitro* de *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (Bignoniaceae). In: Antônio de Oliveira Junior; Claudia Neu; Giovanni de Farias Seabra; Hélio Carlos Miranda de Oliveira; Leonor Franco de Araújo; Maria Izabel de Carvalho Pereira; Jean Carlos Vieira Santos. (Org.). TERRA – A Saúde Ambiental para a Vitalidade do Planeta. 1ed.Ituiutaba: Barlavento, **2021**, v. 1, p. 1470-1484. **(CETENE)**
3. BARBOSA, M. R.; SOUZA, L. M.; SILVA, CLÁUDIA U. C; CAMARA, TEREZINHA R. Ajustamento osmótico durante o crescimento inicial de *Cnidocolus quercifolius* Pohl (Euphorbiaceae) com e sem tricomas submetidas à supressão e posterior retorno da rega. In: MELLO, ROGER G.; E FREITAS, PATRÍCIA G. Meio ambiente: Gestão, preservação e desenvolvimento sustentável – Rio de Janeiro: Editora e-Publicar, **2021**, v.1, p. 333-349. **(Parceria UFRPE)**.

Artigos científicos aceitos:

1. SOUZA, L. M.; OLIVEIRA, M. T.; MORAIS, M. B.; PALHARES NETO, L.; BARBOSA, M. R.; ZARATE-SALAZAR, J. R.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Type of substrate influences growth and antioxidant system? Case study in *Myracrodruon urundeuva* under water deficit. South African Journal of Botany **(2021)**. **(CETENE)**

2. HOULLOU, L. M.; BUSSMEYER, E. C.; BARBOSA, M. R.; SOUZA, R. A.; SOUZA, L. M.; MALAFAIA, C. In vitro germination of black pitanga (*Eugenia sulcata* Spreng ex Mart.) to the production of seedlings for the recomposition of Atlantic Forest áreas. Revista Ciência Agrícola (2021). (CETENE)

3. PALHARES NETO, L.; SANTOS, L. S.; SOUZA, L. M.; MORAIS, M. B.; REAL, N. M. C.; MONTE JUNIOR, I. P.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M.; ULISSES, C. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on primary and secondary metabolism responses in plants of *Lippia alba* (Verbenaceae) under different water regimes. Research, Society and Development (2021). (Parceria UFRPE)

Resumos em congresso:

1. SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; CAVALCANTI, F.; SOUZA, R. A.; HOULLOU, L. M. Respostas bioquímicas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão sob cultivo photomixotrófico *in vitro*. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e 10º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, (2021). (CETENE)

2. SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; PALHARES NETO, L.; SOUZA, R. A.; HOULLOU, L. M. efeito do seed priming sobre os parâmetros de crescimento de *Myracrodruon urundeuva* Allemão cultivadas *in vitro* sob condições salinas. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e 10º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, (2021). (CETENE)

3. CAVALCANTI, F. L. S.; SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; SOUZA, R. A.; HOULLOU, L. M. Produção *in vitro* de caruru (*Amaranthus viridis*): uma PANC de interesse para o nordeste. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e 10º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, (2021). (CETENE)

4. BARBOSA, M. R.; SOUZA, L. M.; SOUZA, R. A.; HOULLOU, L. M. Simplificação do meio de cultivo para redução dos custos da produção *in vitro* de mudas de *Bauhinia forficata* Link (FABACEAE). Anais do 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e 10º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, (2021). (CETENE)

Artigos científicos submetidos:

1. SOUZA, L. M.; CONCEIÇÃO, E. M.; BARBOSA, M. R.; PALHARES NETO, L.; SANTOS, A. M. 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*. Revista Ciência Florestal (2021). (CETENE)

2. BARBOSA, M. R.; SOUZA, L. M.; ULISSES, C.; CAMARA, T. Respostas antioxidantes de *Cnidocolus quercifolius* Pohl com e sem tricomas sob déficit hídrico e rehidratação. Revista Brasileira de Ciências Agrárias (2021). (Parceria UFRPE)

Publicação via parcerias:

MELO, G. M.; SOUZA, L. M. Confecção de papéis de filtro sustentáveis a partir de resíduos vegetais para reuso de águas cinzas com estudantes da escola Timbi em Camaragibe – PE. In: Claudio Luis de Araujo; Julio Cesar Bresolin Marinho; Weruska Brasileiro Ferreira. (Org.). Ciência se faz com pesquisa. 1ed.Campina Grande: Realize Editora, 2021, v. 1, p. 332-347. (Parceria com Escola Pública Timbi, Camaragibe, PE).

Apresentação de trabalhos em congresso:

SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; CAVALCANTI, F.; SOUZA, R. A.; HOULLOU, L. M. Respostas bioquímicas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão sob cultivo photomixotrófico *in vitro*. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e 10º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, (2021). (CETENE)

SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; PALHARES NETO, L.; SOUZA, R. A.; HOULLOU, L. M. efeito do seed priming sobre os parâmetros de crescimento de *Myracrodruon urundeuva* Allemão cultivadas *in vitro* sob condições salinas. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais e 10º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, (2021). (CETENE)

Processos e técnicas desenvolvidas (POP):

1. Coleta de frutos e sementes do ipê rosa (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos) para estabelecimento no cultivo *in vitro*
2. Estabelecimento e germinação *in vitro* de sementes de ipê rosa (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos) sob cultivo fotoautotrófico em escala laboratorial.
3. Protocolo para aclimatização do ipê rosa (*Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos) em escala laboratorial.
4. Microestaquia *in vitro* de ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mattos) sob cultivo fotoautotrófico em escala laboratorial.
5. Protocolo para aclimatização do ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*) em escala laboratorial.
6. Coleta de frutos e sementes do ipê rosa (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore) para estabelecimento no cultivo *in vitro*
7. Estabelecimento e germinação *in vitro* de sementes de ipê amarelo (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore) sob cultivo fotoautotrófico em escala laboratorial.
8. Protocolo para aclimatização do ipê amarelo (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore) em escala laboratorial.
9. Coleta de frutos e sementes do ipê branco (*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith) para estabelecimento no cultivo *in vitro*
10. Estabelecimento e germinação *in vitro* de sementes de ipê branco (*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith) sob cultivo fotoautotrófico em escala laboratorial.
11. Protocolo para aclimatização do ipê branco (*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith) em escala laboratorial.
12. Extração de PHA a partir de Biomassa Bacteriana.

10 – Programa Bioplástico

Subprojetos:

10.1 – Otimização de produção bacteriana de membrana plástica (PHA): aplicação em nanossistemas carreadores de biofármacos

10.2 – Melhoramento da síntese do PHA através da edição genômica dirigida pela ferramenta CRISPR/CAS9

10.3 – Produção, extração e caracterização de polihidroxicanoatos (PHAs) a partir de microrganismos fotossintetizantes destinados à produção de bioplásticos

10.4 – Otimização da produção bacteriana de membranas plásticas (PHA)- caracterização e estudo do potencial antimicrobiano

Atualmente, há um interesse crescente em substituir pelo menos 85% dos plásticos petroquímicos por bioplásticos. Os polihidroxicanoatos (PHA) são uma classe de bioplástico com grande potencial para substituir os plásticos convencionais; porém, o custo de sua produção é cerca de três vezes maior que os plásticos de petróleo. A fermentação sequencial de biopolímeros usando resíduos agroindustriais representa uma alternativa para otimizar a produção de PHA. Por isso, o objetivo deste trabalho foi produzir PHA e levana por *Cupriavidus*

necator e *Bacillus subtilis* (natto), respectivamente. A produção de PHA foi realizada em duas etapas: a) crescimento bacteriano, usando melão puro (MN) e hidrolisado (MH) e; b) acumulação do bioplástico, usando glicerol puro (GP) e bruto (GB) como substratos. Os resíduos MN e MH da primeira etapa foram utilizados para a produção subsequente de levana. Como resultados a combinação MH+GP, rendeu 2,39 g de biomassa seca e 0,015 g de PHA, com rendimento de 0,63 %. Por sua vez, a combinação de MH+GB gerou 2,53 g de biomassa e 0,0284 g de PHA, com um rendimento de 1,13 %. Portanto, a melhor combinação de substratos para a produção de PHA foi MH+GB. Estes rendimentos foram obtidos na fase de acumulação quando a concentração de sais foi reduzida para 10% da usada na etapa de crescimento. A produção de levana gerou frações com diferentes pesos moleculares, que foram precipitadas com etanol gelado (4 °C), variando a razão entre os volumes deste e do caldo fermentado. A combinação dos substratos MH+GB aumentou aproximadamente 2 vezes o rendimento de PHA. Além disso, a obtenção de levana como um segundo bioproduto é uma alternativa para otimizar os custos totais da produção de PHA.

Os Polihidroxialconoatos (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. A compreensão da rota biossintética do PHA vindo sendo estudada a algum tempo e avanços recentes estão direcionados em melhorias na produção do biopolímero, incluindo a reprogramação da via biossintética do PHA. Ferramentas de edição genômica estão sendo utilizadas para essa finalidade, como é caso da tecnologia de CRISPR/Cas9. Adaptações realizadas no sistema CRISPR/Cas9 tem permitido o uso no controle da expressão de genes, que atua na super-expressão 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. Os genes envolvidos na rota metabólica serão superativados e outros serão reprimidos para que ocorra um direcionamento maior na produção do bioplástico. O ano de 2021 foi iniciado com a pesquisa e seleção dos genes envolvidos na rota metabólica da síntese do PHA. No segundo semestre de 2021, os primers, direcionados para os genes alvo, foram desenhados a partir de artigos científicos focados na rota metabólica do PHA. De acordo com as pesquisas realizadas, quatro genes foram selecionados: *pyc* (enzima piruvato carboxilase, converte Piruvato em Oxalacetato); *pta2* (enzima fosfato acetiltransferase, converte AcetilCoA em Citrato); *ldh* (enzima L-Lactato desidrogenase, converte Piruvato em L-Lactato) e *phaC* (enzima PHA sintase, converte 3HidroxibutirilCoA em PHA). A justificativa desses genes é direcionar o fluxo para uma maior produção do PHA, três desses genes estão relacionados com a conversão do Piruvato e AcetilCoA em outros produtos, os quais podem reduzir a produção do produto final. O *phaC* é a enzima chave na síntese do PHA. Em paralelo a isso, as bactérias envolvidas no trabalho foram submetidas a diferentes meios de fermentação para que fosse possível analisar os diferentes níveis de expressão dos genes previamente selecionados. A extração do RNA da bactéria *Cupriavidus necator* foi realizada a partir de culturas submetidas a diferentes condições de cultivo. Também foram feitos dois teste com os equipamentos de PCR em tempo real (qPCR). Foi realizado uma otimização dos primers 16S da bactéria *Leifsonia xyli xyli*, microrganismo estudado para diagnose fitossanitário. Os próximos passos serão concentrados na otimização da obtenção do RNA, identificação de cepas bacterianas que se apresentem como melhores produtoras de PHA e síntese do DNA complementar (cDNA). A expressão dos genes serão analisados pela síntese de cDNA e PCR em tempo real. Uma segunda parte do projeto visa realizar as devidas modificações 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.

Produção científica:

1. SILVA, PÁBLO E.C.; HOULLOU, LAUREEN M. *Obtainment of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) from Microalgae Supplemented with Agro-industry Residue Corn Steep Liquor*. Journal of Botany Research, 2021.

Apresentação de trabalhos em congresso:

1. SIQUEIRA, E.S. Conferência: Polihidroxicanoatos bacterianos: aplicações biotecnológicas e farmacêuticas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS DA SAÚDE – COINTER PDVS 2021. (Conferência/Congresso). (CETENE)

11 – Programa Biossurfactante

Subprojeto:

11.1 – 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 e tensão superficial inicialmente com 5 isolados, no qual o isolado CTN-90 demonstrou ser melhor produtor de biopolímeros com atividade emulsificante acima de 50% e tensão superficial reduzida para 31.5 mN/m sugerindo. Em seguida foram realizados mais ensaios com isolado promissor CTN-90, os parâmetros investigados foram: os concentração de biomassa, pH, tensão superficial e índice de emulsificação. O crescimento e a produção de biossurfactante foram similares na faixa de pH estudada (5 a 9). Os resultados

obtidos com o isolado CTN-90 apresentou a maior densidade celular, $10,08 \pm 0,62$ mg. L⁻¹. Foi realizada a caracterização química dos biossurfactante, bem como testes quantitativos e qualitativos nos polímeros produzidos. No FTIR foram observadas bandas que sugerem um biossurfactante glicolípídios, potencia zeta e TGA para confirmação do polímero. A atuação deste biossurfactante na sua forma bruta foi estável quando submetido à temperatura de 300 °C. Os resultados obtidos nesse trabalho confirmam a produção dessas biomoléculas que dão suporte ao desenvolvimento tecnológico associado a essa produção. O biossurfactante produzido através de bioconservação de resíduos torna o processo de econômico e sustentável, valorizando os resíduos agroindustriais e a produção de bioemulsificantes.

Publicação:

1. MARINHO, Y. F. ; MALAFAIA, C. B. ; ARAUJO, K. S. ; SILVA, T. D. ; SANTOS, A. P. F. ; MORAES, L. B. ; GALVEZ, A. O. *Evaluation of the influence of different culture media on growth, life cycle, biochemical composition, and astaxanthin production in Haematococcus pluvialis*. AQUACULTURE INTERNATIONAL, v. 29, p. 757-778, 2021.

12 – Programa Fitodiagnose

Subprojeto:

12.1 – Utilização da técnica de nanoPCR (nanomaterial-assisted polymerase chain reaction) para diagnose dos patógenos de cana-de-açúcar *Xanthomonas albilineans* e *Leifsonia xyli* subsp. *Xyli* em amostras puras e mistas

O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) está sujeito ao ataque de diversos patógenos, entre eles estão: a bactéria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, que é o agente causal do raquitismo-da-soqueira (RSD – “Ratoon Stunting Disease”) e a *Xanthomonas albilineans*, causadora da escaldadura das folhas.

O RSD é considerado uma das mais importantes doenças da cultura de cana-de-açúcar por ter acarretado perdas de mais de dois bilhões de dólares nos últimos 30 anos somente no estado de São Paulo, além de estar presente em todas as regiões produtoras do país, de Pernambuco até o Paraná. Já a escaldadura das folhas acomete diversas gramíneas, tais como bambu, sorgo selvagem e, especialmente, a cana-de-açúcar que é seu principal hospedeiro. A infecção pela bactéria *X. albilineans* pode ocorrer de forma latente, de forma crônica ou aguda.

A infecção de cana-de-açúcar por *L. xyli* subsp. *xyli* e *X. albilineans* ocorre pelo uso de instrumentos de poda contaminados, ao passo que a disseminação das doenças para novas áreas ocorre exclusivamente pelo plantio de mudas infectadas pelas bactérias, já que atacam com predileção a cana-de-açúcar e não se conhece nenhum inseto vetor dos patógenos nem evidências de transmissão por sementes.

A fim de evitar a disseminação destes patógenos no campo, a detecção de *L. xyli* subsp. *xyli* e *X. albilineans* no material a ser propagado é fundamental, e dentre os métodos mais confiáveis para tanto, destaca-se o uso da técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*). A técnica de NanoPCR (*Nanomaterial-assisted Polymerase Chain Reaction*) consiste na adição de nanomateriais à reação de PCR, em especial nanopartículas metálicas, que tem o potencial de superar a ação inibitória dos contaminantes do processo de extração genômico, e configurar uma rota para obtenção de um método de alta confiabilidade e sensibilidade de diagnóstico em sistema puro e misto, superando o principal desafio que a técnica de diagnose molecular apresenta, e, por conseguinte evitando a disseminação dos patógenos no campo.

Principais resultados alcançados em 2021 foram:

- Para a síntese de nanopartículas de prata (AgNPs), com o objetivo de avaliar os seus efeitos quanto ao aumento na sensibilidade da diagnose molecular (NanoPCR), foram escolhidas 10 espécies vegetais distintas. O resultado da análise preliminar e representativa de algumas amostras por UV-vis, mostrou um pico de absorvância em torno de 420nm, caracterizando a síntese de NPs. As AgNPs apresentam pico de absorção de radiação eletromagnética no comprimento de onda entre 400-500nm devido à sua ressonância plasmônica de superfície. Com relação às análises de DRX, foram observados picos de difração relativos à prata metálica na amostra correspondente à babosa, o que condiz com a natureza esperada das nanopartículas deste mineral. Já em relação à caracterização do tamanho e da morfologia das nanopartículas que foram geradas, ensaios em MEV foram realizados, porém as imagens mostraram a presença de muitos artefatos, provavelmente devido ao excesso de componentes sólidos de material vegetal presente no extrato, que ficaram sobrepostas às nanopartículas (bem menores) e que não puderam ser visualizadas.
- *Azadirachta indica* A. Juss, conhecida popularmente como “Neem” é uma árvore indiana, pertencente à família Meliaceae. Apresenta diferentes propriedades terapêuticas, dentre elas, a atividade antibacteriana. Flavonoides, isoflavonoides, terpenos, terpenoides e fisalinas presentes nestas plantas, são compostos isolados de plantas e com atividade comprovada contra bactérias. Com base nesta informação, a solução de AgNPs de Neem foi selecionada para ser utilizada em um experimento de inibição de *Lxx* em explantes de cana-de-açúcar no cultivo *in vitro*, como possível alternativa ao uso do antimicrobiano casugamicina. O material resultante deste experimento está armazenado em freezer a -80°C e será analisado futuramente.
- Por fim, para o teste da NanoPCR visando a diagnose de *Lxx*, foram utilizadas as AgNPs de Neem que passaram pelo processo de purificação para remoção das impurezas. Os resultados mostraram uma melhoria considerável na resolução do gel na NanoPCR, com redução na formação de bandas inespecíficas quando comparado ao gel da PCR convencional, sem adição das AgNPs. Este resultado, ainda que parcial, reforça o potencial da NanoPCR de: se ligarem aos reagentes da PCR, aumentando a atividade catalítica da reação; atuarem como as proteínas SSB, prevenindo a hibridização prematura do DNA; modularem a atividade da Taq polimerase; e ainda de melhorarem a distribuição de calor dentro da reação pela transferência térmica de superfície. Todos estes fatores juntos contribuem para uma reação mais eficiente, aumentado a especificidade e com menos ciclos de amplificação necessários. Para registro, este é o primeiro relato da utilização de AgNPs obtidas por síntese verde na técnica de NanoPCR. Isso mostra o potencial quase que ilimitado das plantas como agentes biorredutores para a fabricação de nanomateriais a um custo muito baixo e de forma sustentável.

12.2 – Produção de uma plataforma para fitodiagnose no modelo lab-on-paper

Incidências de doenças vegetais, causadas por diversos microrganismos patogênicos, são um dos principais problemas enfrentados pela agricultura mundial. Agentes patogênicos que reduzem o rendimento e a qualidade da produção agrícola causando 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 fitopatógenos, pois permite obtenção de resultados rápidos que podem ser observados a olho nu, sem uso de equipamento adicional.

Buscando disponibilizar uma solução acessível aos diferentes produtores agrícolas, o CETENE tem desenvolvido um projeto voltado para a produção de plataforma para fitodiagnose. Atualmente já foram obtidos isolados bacterianos que infectam a cultura do meloeiro, e utilizando a bioinformática como ferramenta nas análises, realizou-se busca de sequências que incluíam alinhamento, proteínas específicas da bactéria em banco de dados biológicos (NCBI, Protein Data Bank, Uniprot), permitindo a identificação de genes promissores específicos, essencial para as análises das proteínas de interesse; e análises estruturais que incluem: comparação, classificação, vias metabólicas e biossíntese, previsão de proteínas e suas estruturas. Essas proteínas são cruciais para o desenvolvimento de anticorpos para projeto Lab On Paper.

Além disso, foram realizados extração, purificação e sequenciamento do DNA das bactérias; análise da especificidade dos anticorpos selecionados. Nosso objetivo é desenvolver uma tecnologia que seja capaz de detectar bactérias de grande importância agrícola, para o Nordeste e Brasil, viabilizando um diagnóstico rápido e preciso, possibilitando assim, uma tomada de decisão na lavoura de forma assertiva, o que irá impactar positivamente na produtividade.

Produção científica:

SANTOS, A. M. M.; SOUZA, L. M.; SILVA, J. F.; COSTA, K. D. S.; COSTA, C. S. R.; ARAÚJO, B. G. P.; MELO, J. C. *Potential of fungal isolates to reduce *Meloidoyne incognita* parasitism in tomato*. Revista Ciência Agronômica (2021). (CETENE)

Processos e técnicas desenvolvidas (POP):

1. SILVA, J.F. Procedimento para extração de DNA de levedura. 2021.
2. SILVA, J.F. Procedimento para determinação de potencial isoelétrico de biossurfactante microbiano. 2021.
3. SILVA, J.F. Procedimento para recuperação de genoma completo bacteriano. 2021.

COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA

O CETENE atuou no desenvolvimento de cinco projetos da área Computação Científica no ano de 2021, os quais foram desenvolvidos no Laboratório de Computação Científica (LACC). Os seguintes resultados foram alcançados:

1 – Projeto: IN1164 Tópicos Avançados em Inteligência Computacional 2 (Aprendizagem Profunda)

Os projetos listados no quadro de atividades fizeram parte da disciplina IN1164 Tópicos Avançados em Inteligência Computacional 2 (Aprendizagem Profunda) do programa de pós-graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco. Os projetos foram desenvolvidos pelos alunos durante o segundo semestre de 2021. Estes trabalhos são uma oportunidade de o aluno aplicar as técnicas de Aprendizagem Profunda (Deep Learning) que aprendeu em sala de aula e nos laboratórios na prática.

Os projetos normalmente estão relacionados com aplicações e modelos de aprendizagem profunda. No caso das aplicações, os alunos podem usar modelos aprendidos em aula e aplicá-los na resolução de um problema de seu interesse. No contexto de modelos, os alunos podem

desenvolver um novo modelo ou adaptar modelos existentes e aplicar em problemas clássicos para avaliar seu desempenho. Os projetos devem apresentar resultados mensuráveis e comparados com o estado da arte da literatura. Os projetos foram desenvolvidos no cluster Neumann II do CETENE. O acesso ao cluster foi essencial para o desenvolvimento da disciplina, visto que os experimentos na área de aprendizagem profunda são custosos computacionalmente e não é viável seu desenvolvimento usando CPUs tradicionais. Para isso é necessária a utilização de placas GPU, como as disponibilizadas no cluster, que permitem processar mais informações que os processadores tradicionais. O Centro de Informática não tem disponibilidade destas placas para os alunos.

Projetos	Período Previsto	Período Executado
<i>Convolution Optimization in Fire Classification</i>	2021.2	2021.2
<i>Identification of Microorganism Colony Odor Signature using InceptionTime</i>	2021.2	2021.2
<i>Multi-Class Mobile Money Service Financial Fraud Detection by Integrating Supervised Learning with Adversarial Autoencoders</i>	2021.2	2021.2

Resultados alcançados:

A disciplina contou com 45 alunos e foram desenvolvidos projetos com várias contribuições acadêmicas. Dentre os projetos vários foram submetidos a diferentes conferências na área de Aprendizagem de Máquina e Deep Learning como o IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (IJCNN 2021) <https://www.ijcnn.org/>, o maior evento mundial na área de Redes Neurais Artificiais e o IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2021).

Importante destacar que muitos dos alunos começaram na disciplina parte de suas dissertações de mestrado e teses de doutorado. Desta forma, o cluster também está contribuindo para estes projetos.

Produção científica obtida com o uso do cluster:

1. P. M. Vasconcelos et al., *Identification of Microorganism Colony Odor Signature using InceptionTime*, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2021, pp. 60-65, doi: 10.1109/SMC52423.2021.9658669. 2021.
2. J. C. S. Silva, D. Macêdo, C. Zanchettin, A. L. I. Oliveira and A. T. de Almeida Filho, *Multi-Class Mobile Money Service Financial Fraud Detection by Integrating Supervised Learning with Adversarial Autoencoders*, International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/IJCNN52387.2021.9533313. 2021.

2 – Projeto: Análise de SNPs (Single Nucleotide Polimorphysm) em genes de *Aspergillus sp.* visando a caracterização de isolados com potencial aplicação biotecnológica

O gênero de fungos *Aspergillus* tem despertado interesse da comunidade científica há décadas, tanto pelas características patogênicas de algumas espécies, como pelo potencial biotecnológico. Dentre as inúmeras aplicações desses microrganismos pode-se citar: produção de vários ácidos e enzimas de interesse comercial, degradação de biomassa, solubilização de compostos fosfatados, sendo a última de grande interesse para a agricultura em regiões com baixa disponibilidade de fósforo, como é o caso do Nordeste brasileiro. Tais microrganismos apresentam capacidade de solubilizar fosfatos naturais, existentes ou adicionados ao solo, e os

compostos de baixa solubilidade formados após a adição de fosfatos solúveis. Dessa forma, aumentam a disponibilidade de fósforo no meio ambiente contribuindo para a nutrição vegetal, aumentando o crescimento das plantas e a produtividade das culturas. Isto tem motivado pesquisas de incubação controlada. Identificar alterações genéticas pontuais, como Single Nucleotide Polymorphism (SNPs), que estejam correlacionadas com características específicas de cada espécie, pode vir a maximizar a potencial aplicação do fungo em bioprocessos. Neste trabalho, aplicamos métodos de bioinformática para mapear SNPs em treze genomas de referência do gênero em questão. A estes genomas, reads coletados do SRA-NCBI foram alinhados. Sob os alinhamentos resultantes, aplicamos dois diferentes métodos de identificação de SNPs: freebayes e mpileup. Aos resultados obtidos foram empregados filtros estatísticos para selecionar apenas aquelas variações com no mínimo 99% de probabilidade de estarem corretas. Utilizando os mapas genéticos dos genomas de referência, cada SNP foi anotado de acordo com seu efeito, por exemplo: ganho de códon de finalização, perda de códon de inicialização, etc. Cada efeito foi classificado como sendo de “Alto”, “Baixo”, “Modificador” ou “Moderado” impacto, por exemplo, a ocorrência de SNP não sinônimo que gera o ganho de um códon de finalização prematuro é dito ser um SNP de “Alto” impacto. Para analisar as mais de 200 milhões de anotações resultantes do pipeline previamente descrito, foi modelado um esquema de banco de dados em formato estrela (data warehouse) no SGBD PostgreSQL.

Resultados alcançados:

O modelo desenvolvido possibilitou o cruzamento do SNP com a anotação do gene em que ele ocorre, para isto foram considerados os bancos de dados de anotação: KOG, KEGG e Gene Ontology. Como interface para visualização dos dados foi empregada a plataforma OLAP Pentaho. Como resultado, montamos uma infraestrutura de software que permite identificar SNPs, anotá-los, cruzar informações de acordo com o gene que o contém, assim como consultar os resultados em uma plataforma web. O projeto consiste em armazenamento e manipulação de um grande volume de dados. Até o presente momento temos coletados e gerado 21 TB de informações, e temos processado dados continuamente durante 4 meses, o que seria absolutamente inviável se apenas houvesse estações de trabalho desktop disponíveis para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa (seja pela capacidade de armazenamento, seja pela capacidade de processamento).

Produção científica:

O pesquisador solicitou o encerramento da bolsa PCI em julho de 2021. Todos os resultados alcançados pelo projeto foram obtidos até data de desligamento, não tendo sido gerados artigos científicos em 2021.

3 – Projeto: Desenvolvimento da Plataforma Web do Sistema de Atendimento Multiusuário do CETENE

O Sistema de Atendimento Multiusuário do CETENE tem como principal objetivo fornecer aos usuários externos e internos do centro acesso aos serviços de análise em microscopia, nanotecnologia e biotecnologia. O sistema permite o acompanhamento das atividades de análise, fornecendo informações do fluxo para os usuários cadastrados. A versão em desenvolvimento é voltada para solicitação das seguintes categorias de análise:

- Prestação de Serviços Tecnológicos Especializados (PSTE): análises solicitadas por empresas e pesquisadores sem acordo de cooperação científica com o CETENE;
- Acordos de cooperação: análises previstas em Termos de Ajustes vinculados a acordos de cooperação;

- Projetos institucionais: análises previstas nos planos de trabalho de projetos do Programa de Capacitação Institucional (PCI). Também enquadram-se nessa categoria as análises dos pesquisadores e tecnólogos do quadro efetivo do CETENE.

O sistema em desenvolvimento permite o cadastro online de pesquisadores e seus respectivos projetos de pesquisa, permitindo a solicitação e agendamento de serviços. O fluxo de acompanhamento possui as funcionalidades de avaliação, agendamento, recebimento de amostras, inspeção de amostras, realização do ensaio, liberação dos resultados e retirada das amostras.

Resultados alcançados:

A versão atual da plataforma foi desenvolvida por meio do framework Web Laravel, com a linguagem PHP. As informações são armazenadas em um SGBD MySQL e o acesso ao sistema está disponível por meio da url <https://multiusuario.cetene.gov.br>.

Produção científica:

Código fonte do projeto disponível no repositório do CETENE por meio da url <https://git.cetene.gov.br>.

4 – Projeto: Desenvolvimento de plataformas IoT (Internet of Things) com Blockchain aplicadas ao agronegócio

Este projeto consiste no desenvolvimento de redes de sensores para monitorar algumas etapas do fluxo produtivo da Biofábrica do CETENE, mais especificamente a tecnologia de biorreatores de imersão temporária e o crescimento de mudas na estufa. Biorreatores são equipamentos utilizados para o cultivo de células ou tecidos em meio de cultura líquido, de modo a produzir mudas de plantas com menor manipulação das culturas e de forma automática. Já as estufas são estruturas capazes de criar um ambiente protegido e constante para o crescimento das mudas. Em ambos os casos é necessário o monitoramento das condições de cultivo.

Neste contexto, as redes de sensores captam e transmitem informações relevantes tanto do substrato da estufa, quanto do meio dos biorreatores, como temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica, dióxido de carbono e luminosidade de forma a estabelecer um monitoramento em tempo real e ajudando a ter um maior entendimento dos seus funcionamentos. Por esta razão, a geração de dados é uma etapa imprescindível: é a partir da análise de dados gerados pelas redes de sensores que é possível tomar decisões e automatizar processos.

Resultados alcançados:

A primeira etapa do projeto consistiu na criação do Laboratório de Eletrônica, a fim de viabilizar a construção de todos os hardwares do projeto. Em projetos anteriores, o CETENE adquiriu equipamentos da empresa LPKF Laser & Electronics que contemplam todo o fluxo de prototipagem de placas de circuito impresso. No entanto, os equipamentos estavam localizados na cidade de Belo Jardim, interior do estado de Pernambuco, e constituíam uma carga com peso de aproximadamente uma tonelada. Dessa forma, foram necessárias cinco viagens semanais no veículo oficial do CETENE para realizar o inventário e a transferência dos equipamentos para Recife.

Em paralelo com a reforma do laboratório, foi desenvolvida a primeira versão de um sistema de monitoramento remoto. Esse sistema consiste em um medidor de temperatura, luminosidade e pressão do ambiente; e temperatura e umidade de uma amostra de substrato. Foi utilizada uma placa de desenvolvimento baseada em ESP32 e sensores de baixo custo para

Arduino. Por serem sensores integrados, a construção do dispositivo é facilitada, sendo um ótimo primeiro passo para protótipos. O kit de desenvolvimento ESP32-WROOM-32U é baseado no módulo ESP32-WROOM-32U que incorpora um microprocessador e mais conectividade WiFi e Bluetooth BLE. O ESP32 possui o microprocessador Xtensa 32-Bits LX6 de baixo consumo de energia, que tem dois núcleos de CPU, podendo ser controlados individualmente com frequência de clock ajustável de 80 MHz a 240 MHz. Possui conexão micro USB, regulador de tensão integrado, conector UFL para antena, além de 38 pinos de simples acesso, suportando as interfaces UART, SPI, SDIO, I2C, I2S, IR, PWM. A tensão de alimentação é de 2,7 a 3,6 V e a tensão de nível lógico é de 3,3 V, não tolerando 5 V. O módulo tem temperatura de trabalho de -40 a +85 C e dimensões 25,5 mm x 18 mm x 3,1 mm, sendo compatível com a IDE do Arduino.

O módulo GY-68 incorpora um regulador de tensão, componentes passivos e tem como base o circuito integrado BMP180 que é um sensor de pressão atmosférica e temperatura digital com interface I2C. O sensor indica a pressão em uma faixa de 300 a 1100 hPa e a temperatura de -20° a 65°C com precisões de $\pm 0,12$ hPa e $\pm 0,5$ °C respectivamente. A alimentação do módulo é de 1,8 a 3,6 V e suas dimensões são 12mm x 10mm. Internamente, o BMP180 consiste de um sensor piezo-resistivo, um conversor de analógico para digital e uma unidade de controle com E2PROM.

O módulo GY-302 incorpora um regulador de tensão, componentes passivos e tem como base o circuito integrado BH1750 que é um sensor de luminosidade digital com interface I2C. O sensor indica a luminosidade em lux, com uma faixa de medição de 1 até 65535 lux e resolução de 1 lux com resposta espectral na região do visível. A tensão de alimentação do módulo é de 3 a 5 V e tem dimensões 19mm x 14mm x 3mm. Internamente, o BH1750 inclui um fotodiodo de silício, um amplificador de sinais que converte a corrente elétrica gerada no fotodiodo em um sinal analógico de tensão, um conversor analógico-digital de 16 bits de resolução para digitalização da tensão gerada pelo amplificador, e um circuito digital lógico que calcula a iluminância medida em unidades de lux e efetua a comunicação de dados.

O sensor de temperatura DS18B20 é um sensor à prova d' água digital que pode ser utilizado nos mais diversos ambientes, como o solo. A faixa de medição de temperatura é de -55°C a +125°C com precisão de +/- 0,5 °C entre -10 °C e +85 °C e resolução padrão de 0,0625°C. A alimentação do módulo é de 3 a 5,5 V. O sensor tem protocolo One-Wire, ou seja, a sua comunicação é feita através de um único fio de dados. Cada DS18B20 conta com um código ID próprio de 64 bits, sendo possível conectar até 127 sensores em um mesmo barramento.

Produção científica:

Primeira versão do sistema de monitoramento remoto construída em uma protoboard. O sistema utiliza uma placa de desenvolvimento baseada em ESP32 e captura e envia dados para a plataforma de IoT ThingSpeak através de conexão WiFi a cada 30 segundos. Além disso, foram levantados os requisitos dos dispositivos IoT que ajudarão nas pesquisas envolvendo os biorreatores e a estufa.

5 – Projeto: Desenvolvimento de portal e componente de software da Plataforma Agritech.NE

O projeto tem como principal objetivo o apoio ao setor do agronegócio no Nordeste (NE), particularmente em Pernambuco e na RIDE Petrolina-Juazeiro, a partir do desenvolvimento de startups que possam ofertar soluções tecnológicas na cadeia do agronegócio da região, incluindo o mapeamento das necessidades dos produtores, capacitação de recursos humanos em TIC e montagem e acompanhamento de plataforma online para o projeto.

O CETENE foi o responsável pelo desenvolvimento da plataforma, incluindo a construção do portal do Projeto Agritech.NE e o desenvolvimento de componente de software para armazenar informações sobre startups.

Resultados alcançados:

Ao longo de 2021 foram construídos o portal, usando os componentes do CMS Plone, e o componente de software para armazenar os dados gerados pelo projeto. Foi utilizado o mesmo framework e padrão de *design systems* do Governo Federal (Gov.br). A última etapa do projeto, a ser realizada em 2022, envolve a integração do componente desenvolvido com a Plataforma Sabiá, voltada para processos de inovação na região Nordeste.

Produção científica:

Código fonte do projeto disponível no repositório do CETENE por meio da url <https://git.cetene.gov.br>. O portal online do projeto está disponível na url <https://www.gov.br/cetene/pt-br/agritech>.

III. DESEMPENHO GERAL

A seguir é apresentado o quadro geral de desempenho de indicadores do CETENE apresentados no TCG 2021:

Indicadores	Unidade	Peso	Meta Contratada 2021	Executado 2021
Físicos e Operacionais				
01. IG PUB – Índice Geral de Publicações	NGPB/TNSE	3	0,50	0,42
02. PPCI – Programas e Projetos de Cooperação Internacional	NPPCI	1	0	0
03. PPCN – Programas, Projetos e Ações de Cooperação Nacional	NPPCN	3	25	17
04. PcTD – Índice de Processos e Técnicas Desenvolvidas	NPTD/TNSE	3	0,25	0,23
05. IAT – Índice de Atendimento Tecnológico	NRD/TNSE	3	114,86	74,64
06. IPIIn – Índice de Propriedade Intelectual	NP/TNSE	3	0	0,01
Administrativo-financeiros				
07. RREO – Relação entre Receitas Extraorçamentárias e Orçamentárias	$[(RE / (RE+OCC))] * 100$	1	8,22%	31,26
08. IEO – Índice de Execução Orçamentária	VOE/LEA *100	3	95%	100,00
09. IEPCI – Índice de Execução dos Recursos PCI	$(REXEC/RAPORT) * 100$	1	95%	97%
Recursos Humanos				
10. ICT – Índice de Capacitação e Treinamento	$(Ps/M + NH/MH + PERC) / 3$	2	96,07%	57%
11. PRB – Participação Relativa de Bolsistas	$NTB/(NTB+NTS) * 100$	0	59%	65%
12. IPCI – Índice de Bolsistas PCI Relativo ao Total de Bolsistas	$Bols\ PCI / Tot\ Bols * 100$	0	77%	93%
13. PRPT – Participação Relativa de Pessoal Terceirizado	$NPT/(NPT+NTS) * 100$	0	62%	62%
Inclusão Social				
14. PIS – Projetos de Inclusão Social	NPIS	2	1	1

IV. INDICADORES DE DESEMPENHO

A seguir são apresentadas análises individuais dos indicadores do TCG referentes a 2021, conforme Quadro Geral de Desempenho exposto na seção anterior.

FÍSICOS E OPERACIONAIS

01. IG PUB – Índice Geral de Publicações

Fórmula do indicador: $IG\ PUB = NGPB / TNSE$.

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

NGPB = (Nº de artigos publicados em periódico com ISSN indexado no SCI ou em outro banco de dados) + (Nº de artigos publicados em revista de divulgação científica nacional ou internacional) + (Nº de artigos completos publicados em evento técnico-científico nacional ou internacional) + (Nº de participações em livros), no ano.

TNSE = Σ dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnólogos 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 2021 = 29

TNSE CETENE 2021 = 69

Vínculo	Quantidade
FUNDEP	09
PCI/CETENE	55
FACEPE	01
Servidores	04
Total	69

$IG\ PUB\ CETENE\ 2021 = 29/69$

IG PUB CETENE 2021 = 0,42

02. 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; e 7. Observações.

Observação: 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 2021 não houve programa ou projeto de cooperação internacional.

PPCI CETENE 2021 = 0

03. 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 institucional nacional firmados pelo CETENE em 2021 podem ser consultados no ANEXO deste documento onde, conforme exposto, é apresentado o seguinte resultado:

PPCN CETENE 2021 = 17

04. 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 = (Nº de Processos Desenvolvidos no ano) + (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 2021 = 16

TNSE CETENE 2021 = 69

PcTD CETENE 2021 = 16/69

PcTD CETENE 2021 = 0,23

05. 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 = \sum dos Técnicos de Nível Superior vinculados diretamente à pesquisa (pesquisadores, tecnólogos 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 3.993 análises/atendimentos realizados na área de Biotecnologia e 1.157 em Nanotecnologia/Microscopia, chegando-se ao seguinte resultado:

NRD CETENE 2021 = 5.150

TNSE CETENE 2021 = 69

IAT CETENE 2021 = 5.150/69

IAT CETENE 2021 = 74,64

No ano de 2021 foram realizadas 513 análises e processadas 162 amostras na Central Analítica. Apenas o espectrômetro de massas MALDI-TOF estava em funcionamento e disponível para utilização na Plataforma Multiusuário. Os atendimentos foram realizados à UFPE e ao próprio CETENE.

No Laboratório de Bioprocessos do CETENE – LABIO (áreas laboratoriais nível de biossegurança 1 e 2), foram realizados 1931 atendimentos. Estes atendimentos foram distribuídos entre os 17 diferentes equipamentos disponíveis para utilização na Plataforma Multiusuário (cabine de segurança biológica, autoclave, incubadora bacteriológica, incubadora com agitação orbital, espectrofotômetro, macrocentrífuga refrigerada, liofilizador, estufa de secagem, banho-maria, ultrafreezer, moinho de facas, balança analítica, microscópio óptico, pHmetro, ultrapurificador de água, leitora de microplacas – ELISA e PCR em tempo real). Todos esses atendimentos foram internos.

Já no Laboratório de Fitoquímica e Integração de Processos (LAFIP), no ano de 2021 foram realizados 369 análises, em dois equipamentos disponíveis na Plataforma Multiusuário (Viscosímetro e Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva). As instituições atendidas pelo LAFIP foram: UPE, UFPE e CETENE.

No Laboratório de Diagnóstico e Fidelidade Genética (LADIF), foram realizadas 420 análises, as quais incluíram o processamento de 1.140 amostras. As instituições atendidas foram UFPE, UFRPE e Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). A Biofábrica realizou 40 atendimentos, todos internos, através do fornecimento de mudas de plantas.

Nas áreas de Nanotecnologia/Nanomateriais e Microscopia, o CETENE realizou atendimentos tecnológicos de acordo com os quadros a seguir:

Laboratório de Caracterização de Materiais

Serviço / equipamento	Usuários atendidos	Número de atendimentos
Análise por Difração de Raios X (DRX)	29	274
Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	15	63
Análise de Potencial Zeta e Tamanho de Partícula por dispersão de luz dinâmica (DLS)	12	207
Análise de Área Superficial e Porosidade	11	64
Análise Térmica – TG/DSC	9	38
Reometria	2	5
Análise de Tamanho de Partículas por Difração a Laser	2	12
Análise de Espectroscopia de Dicroísmo Circular (CD) e Absorbância no UV-visível (UV-VIS)	1	20

Laboratório de Microscopia e Microanálise

Serviço / equipamento	Usuários atendidos	Número de atendimentos
Análise por Microscópio Eletrônico de Transmissão – MET (MORGANI, 268 D, FEI Company)	11	91
Espectroscopia Raman – Análise por Microscopia Confocal Raman	11	109
Análise por Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (QUANTA, 200 F, FEI Company)	24	233
Análise de Microscopia Óptica	2	35
Preparação de Amostras e Análise por Microscopia Eletrônica de Varredura – (MEV) com Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)	3	6

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. Universidade Federal de Lavras (UFLA)
8. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
9. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
10. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
11. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

06. 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.

No ano de 2021, a Divisão de Execução Orçamentária e Financeira (DIORF) realizou uma contratação para patente de invenção (Título: Formulação terapêutica para tratamento e controle de mucosite oral).

NP CETENE 2021 = 1

TNSE CETENE 2021 = 69

IPIn CETENE 2021 = 1/69

IPIn CETENE 2021 = 0,01

Administrativo-financeiros

07. 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 2021 = R\$ 2.724.153,51

OCC CETENE 2021 = R\$ 5.991.374,00

RREO CETENE 2021 = 31,26

08. 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.

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

Fonte da informação: Relatório do Tesouro Gerencial.

VOE CETENE 2021 = R\$ 5.991.374,00

LEA CETENE 2021 = R\$ 5.991.374,00

IEO CETENE 2021 = 100,00

09. 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\$ 2.051.920

Valores dos recursos PCI aportados no ano = R\$ 2.115.920,00

IEPCI CETENE 2021 = 2.115.920,00 / 2.051.920

IEPCI CETENE 2021 = 97%

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\$ 4.114,00 (quatro mil cento e quatorze reais) em rubrica de capacitação e treinamento. O planejamento inicial para o exercício de 2021 previa executar

Curso	Quantidade de Serv.	CH	QS * CH	Participação/31 serv.	%
Congresso de Plantas Ornamentais	1	27	27	0,03	3,00%
LGPD	15	10	150	0,03	3,00%
Flora Pro	1	40	40	0,03	3,00%
Conta vinculada	1	16	16	0,03	3,00%
Lei de licitações	1	12	12	0,03	3,00%
PDU	21	44	924	0,58	58,00%
Total			1169	0,73	73,00%

R\$60.000,00 (sessenta mil reais) com ações de capacitação/treinamento em 40 horas-capacitação por servidor. Foram capacitados/treinados 23 (três) servidores em 2021, distribuídos em 6 (seis) ações de capacitação/treinamento e em 1169 (um mil cento e sessenta e nove) horas de atividades acompanhadas pelo Serviço de Pessoal (SESEP/COGEA), conforme quadro abaixo:

Assim, temos o seguinte resultado:

- 73,00% dos 31 (trinta e um) servidores e empregados públicos do CETENE/MCTI participaram de ações de capacitação/treinamento em 2021;
- 6,85% dos recursos orçamentários previstos foram efetivamente executados com ações de capacitação/treinamento em 2021; e
- 94,27% das 1.240 horas-capacitação previstas para o período foram executadas.

Ps = **0,73** = 73%

M = meta de porcentagem de recursos humanos = 96,07% = 0,09

Nh = horas-capacitação em 2021 = **1169**

Mh = **1240**

PERC = percentual de execução dos recursos em 2021 = $\frac{R\$ 4.114,00}{R\$ 60.000,00} = \mathbf{0,06} = 6\%$

$$ICT \text{ CETENE } 2021 = [(0,73 + 0,94 + 0,06) / 3] * 100$$

ICT CETENE 2021 = 0,57 ou 57%

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 2021 (65%), tendo em vista a abertura de novas vagas do Programa de Capacitação Institucional (PCI) durante o período. 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.

$$\text{PRB CETENE 2021} = [57 / (57 + 31)] * 100$$

$$\text{PRB CETENE 2021} = 64,77\% \text{ ou } 65\%$$

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 57 bolsistas em atividade no CETENE em dezembro de 2021, 93% estavam vinculados ao Programa de Capacitação Institucional (PCI), que teve a abertura de novas vagas autorizadas pelo MCTI ao longo do período analisado.

$$\text{IPCI CETENE 2021} = [53/57]*100$$

$$\text{IPCI CETENE 2021} = 92,9 \text{ ou } 93\%$$

13. PRPT – Participação Relativa de Pessoal Terceirizado

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

Unidade: %, sem casa decimal.

NPT = Σ do pessoal terceirizado, no ano.

NTS = N^o total de servidores em todas as carreiras, no ano.

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

Verificou-se uma estabilidade do número de funcionários terceirizados em 2021 (62,19%), se comparado ao percentual de 2020 (62,72%), 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 2020, o CETENE contava com 31 servidores e empregados públicos em seu quadro efetivo de pessoal.

$$\text{PRPT CETENE 2021} = [51/ (51+ 31)] * 100$$

$$\text{PRPT CETENE 2021} = 62,19 \text{ ou } 62\%$$

Inclusão Social

14. PIS – Projetos de Inclusão Social

Fórmula do indicador: $PIS = NPIS$.

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, destinado a alunas e professoras do ensino médio de escolas públicas estaduais da Região Metropolitana do Recife. Esta iniciativa representa uma ação de inclusão social do CETENE. Com isso, temos o seguinte resultado:

PIS = 1

ANEXO

Instituições em acordos de cooperação com o CETENE vigentes em 2021

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