2010-2020

UMA DÉCADA EM PERSPECTIVA

CNPEM

CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
ORGANIZAÇÃO SOCIAL DO MCTI

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES

PÁTRIA AMADA BRASIL
GOVERNO FEDERAL

UMA DÉCADA EM PERSPECTIVA

CNPEM

Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Marcos Cesar Pontes
Ministro de Estado

Julio Francisco Semeghini Neto
Secretário Executivo

Conselho de Administração

Rogério Cezar de Cerqueira Leite *(Presidente)*
Reginaldo dos Santos *(Vice-Presidente)*
Carlos Eduardo Sanches da Silva
Fernando Ferreira Costa
Helena Bonciani Nader
João Evangelista Steiner (*in memoriam)*
José Fernando Perez
Liu Lin
Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior
Marcelo Knobel
Marcia Cristina Bernardes Barbosa
Maurilio Biagi Filho
Oswaldo Luiz Alves
Paulo Roberto Gandolfi
Victor Rafael Rezende Celestino

Diretoria

Antonio José Roque da Silva
Diretor-Geral

Harry Westfahl Junior
Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS

Kleber Gomes Franchini
Diretor do Laboratório Nacional de Biociências - LNBio

Eduardo do Couto e Silva
Diretor do Laboratório Nacional de Biorrenováveis - LNBR

Adalberto Fazzio
Diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia – LNNano

Cleonice Ywamoto
Diretora de Administração

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, pessoa jurídica de Direito Privado sem fins lucrativos, é a nova denominação da Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron, qualificada como Organização Social pelo Decreto n. 2.405, de 26 de novembro de 1997. O CNPEM atua no desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação por meio de seus quatro Laboratórios Nacionais: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); Laboratório Nacional de Biociências (LNBio); Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) e Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). Todos os direitos reservados ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).

Os textos contidos nesta publicação podem ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

Apresentação 4

01 O CNPEM 6

02 Evolução da infraestrutura de pesquisa e principais competências..... 18

03 CNPEM pra quem? 24

04 Atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Apoio à Inovação 42

05 Semeando conhecimento 116

06 Divulgação 132

07 Gestão Estratégica e Administrativa 150

08 Avaliação em Perspectiva 168

O início de um novo ciclo 172

Apresentação

Ao longo dos anos de 2010 a 2020, o CNPEM passou por significativas transformações. O período foi marcado pela franca expansão da infraestrutura laboratorial do Centro, ampliação e consolidação de suas principais competências de pesquisa e crescimento de seu quadro de recursos humanos altamente especializado e multidisciplinar.

Em relação à infraestrutura de pesquisa, destaca-se a criação de dois dos quatro Laboratórios Nacionais que compõem o Centro – o Laboratório Nacional de Nanotecnologia e o então Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (atual Laboratório Nacional de Biorrenováveis) – e o nascimento e execução do projeto da maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País, o Sirius. A ampliação e modernização da infraestrutura de pesquisa permitiram disponibilizar um maior número de instalações e técnicas experimentais no estado da arte, tanto para a comunidade de pesquisa atendida pelas instalações abertas quanto para os pesquisadores internos e de empresas parceiras. Para se ter uma ideia dessa transformação, em 2010 o CNPEM contava com 22 instalações de pesquisa. Este número alcança 46 em 2018 e o total de horas de experimentos dobra no período.

Concomitantemente à evolução da infraestrutura, o período também é caracterizado pela consolidação de importantes núcleos de competências de pesquisa do CNPEM. Este processo permitiu ao Centro se consolidar como instituição singular na contínua busca da compreensão aprofundada e integrada das propriedades e dos mecanismos de interação da matéria *in situ, in vivo* e *in operando*, abrangendo desde a escala atômica aos sistemas macroscópicos. A estratégia de fortalecimento das competências de pesquisa do Centro teve como pilar central a relação sinérgica entre os quatro Laboratórios que atualmente compõem o Centro. Como resultado, o CNPEM consolidou suas atividades de pesquisa e desenvolvimento em áreas estratégicas e prioritárias para o País com aplicações em saúde, energia, indústria e materiais, meio ambiente e agricultura.

Este virtuoso processo de crescimento e consolidação é resultado de inúmeras iniciativas viabilizadas pelo fomento do Estado brasileiro, por meio da parceria e constante investimento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), e de diversos outros parceiros e do contínuo apoio da comunidade científica. Tal transformação permitiu ao CNPEM ampliar sua capacidade de resposta frente aos desafios técnico-científicos do País. A rápida resposta do Centro nas ações de combate ao COVID-19 ilustra essa capacidade.

Este documento tem como objetivo apresentar, de forma sintética, a evolução do CNPEM no período 2010-2020, destacando as principais mudanças ocorridas em suas diferentes atividades e frentes de atuação. Para tanto, o documento está dividido em nove seções, além desta introdução. O Capítulo 1 aborda o modelo dos Laboratórios Nacionais Abertos, inclusive com exemplos internacionais, de forma a contextualizar a atuação do CNPEM no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), além de detalhar sua missão e eixos estratégicos de atuação.

O Capítulo 2 detalha a evolução da infraestrutura e principais competências de pesquisa do Centro. Trata-se de um breve relato da evolução histórica da infraestrutura do CNPEM , trazendo importantes exemplos do complexo laboratorial implantado no Campus e como estas ações estão associadas a uma estratégia de fortalecimento de linhas de pesquisa multidisciplinares que foram potencializadas na última década pela relação sinérgica entre as diferentes competências que compõem o Centro.

Inspirado no modelo dos Laboratórios Nacionais, o CNPEM se destaca no cenário nacional por ser um centro de referência aberto, multiusuário e multidisciplinar. Nesse sentido, sua atuação abrange ações direcionadas para diferentes atores do SNCTI, beneficiando anualmente milhares de cientistas e jovens em formação, e organizações que executam atividades de PD&I, colaborando com instituições públicas e privadas na busca e desenvolvimento de soluções em diversas áreas. O Capítulo 3 apresenta os beneficiários do Centro em três grandes categorias: beneficiários das instalações abertas, pesquisadores capacitados e organizações beneficiadas. Este último conjunto considera de maneira ampla as diferentes instituições e empresas conectadas ao CNPEM ao longo do período.

Para ilustrar a evolução das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), o capítulo 4 apresenta tais esforços de forma a captar a diversidade das atividades e seus resultados. Para tanto, ele está dividido em três subseções: a primeira aborda a produção científica do Centro e suas linhas de pesquisa; a segunda apresenta os projetos de P&D em colaboração com empresas, destacando alguns casos selecionados, além de abordar as atividades de propriedade intelectual e transferência de tecnologia; a terceira seção, por fim, trata dos esforços de PD&I para

desenvolvimento de infraestrutura científica, exemplificados aqui pelo Projeto Sirius. Este último traz um breve relato da história do projeto, seus desafios e grandes marcos do período.

O capítulo 5 apresenta os esforços empreendidos pelo CNPEM para a realização de atividades de treinamento e educação, por meio de diversos eventos e cursos de capacitação oferecidos no período 2010-2020, com vistas a garantir a jovens em formação experiência em temas na fronteira do conhecimento e vivência em um ambiente de pesquisa e desenvolvimento. Tais atividades integram a missão estratégica do Centro e visam contribuir para o fortalecimento das competências de PD&I do País.

Além disso, o Centro tem promovido eventos científicos que operam como fóruns especializados de debate sobre temas cientificamente relevantes e técnicas experimentais avançadas. Ao mesmo tempo, há diversas ações para divulgação e popularização da ciência, tendo em vista que é cada vez mais relevante que o conhecimento científico transborde dos círculos acadêmicos para o público mais amplo e não especializado, de forma a fortalecer e legitimar os esforços investidos em pesquisa. Estas iniciativas visam estreitar as relações do CNPEM com diferentes públicos, buscando aderência de diferentes gerações e culturas às narrativas do Centro. O capítulo 6 apresenta essas iniciativas divididas em duas frentes, eventos científicos e ações de comunicação para o amplo público.

A expansão da infraestrutura de pesquisa e ampliação do leque de competências científicas e tecnológicas observadas na última década impôs desafios constantes à gestão estratégica e administrativa do Centro. A superação desses desafios foi possível graças ao suporte de diversos setores dedicados à gestão do Centro, que empreenderam significativos esforços para ampliar e amadurecer as múltiplas competências e habilidades exigidas neste processo. O capítulo 7 apresenta a evolução das competências gerenciais do Campus, do quadro de recursos humanos e da execução orçamentária no período.

Ao longo do período, o processo de avaliação realizado anualmente pelo CNPEM foi crucial para o acompanhamento de suas atividades e identificação de aspectos relevantes para sua gestão e planejamento. Além disso, a avaliação também cumpriu importante função de prestação de contas à sociedade quanto aos resultados obtidos a partir dos investimentos realizados no Centro. O Capítulo 8 aborda sucintamente os processos de avaliação do CNPEM.

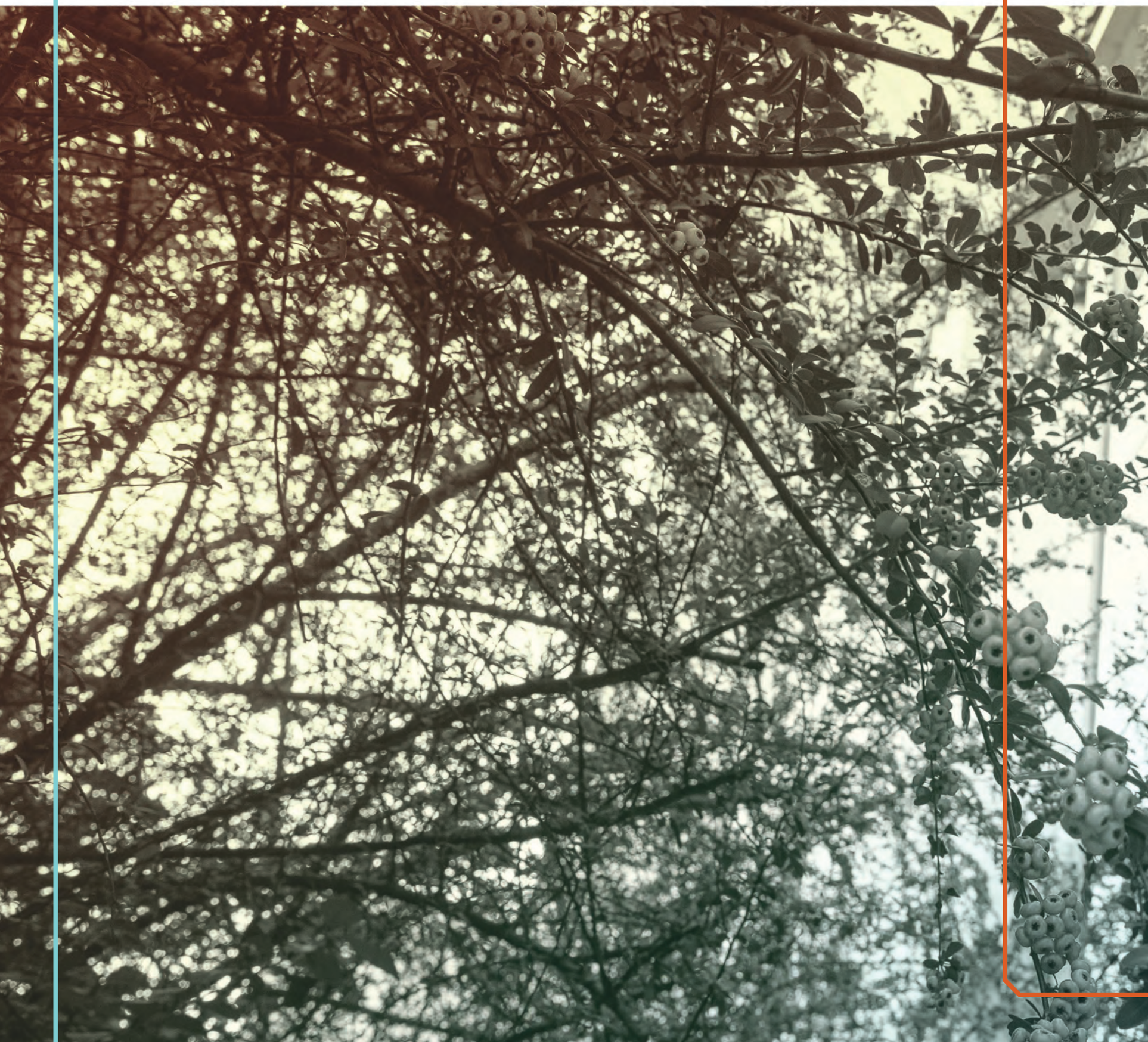
Por fim, o último capítulo aponta aspectos relevantes para o futuro CNPEM. Nessa seção são destacados os principais desafios a serem enfrentados pelo Centro a partir do início da operação do Sirius, que, em conjunto com as demais competências multidisciplinares de pesquisa, permitirá estabelecer um novo paradigma para a operação do CNPEM e abrirá uma importante janela de oportunidade para o desenvolvimento do Brasil. Frente aos desafios esperados para esse novo ciclo, contamos com o apoio e as diretrizes do Conselho de Administração, MCTI e Comissão de Avaliação.

ANTONIO JOSÉ ROQUE DA SILVA

Diretor-geral

A estratégia de fortalecimento das competências de pesquisa do Centro teve como pilar central a relação sinérgica entre os quatro Laboratórios que atualmente compõem o Centro. Como resultado, o CNPEM consolidou suas atividades de pesquisa e desenvolvimento em áreas estratégicas e prioritárias para o País com aplicações em saúde, energia, indústria e materiais, meio ambiente e agricultura.

Os resultados obtidos nesta década foram viabilizados pelo fomento do Estado brasileiro, por meio da parceria e constante investimento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), e de diversos outros parceiros e do contínuo apoio do Conselho de Administração e da comunidade científica.



O CNPEM

01

O modelo

Os primeiros Laboratórios Nacionais surgiram como instituições de pesquisa e desenvolvimento nos Estados Unidos logo após a Segunda Guerra Mundial em função dos desdobramentos do Projeto Manhattan. Os resultados científicos e tecnológicos do Projeto ajudaram a formar a percepção dos formuladores de políticas de que a superação de grandes desafios em ciência e tecnologia demanda coordenação de esforços e volume de recursos que apenas o Estado estaria disposto a empreender. Vannevar Bush, diretor do *Office of Scientific Research and Development* criado durante a guerra, foi responsável por consolidar a ideia a partir de um relatório que recomendava à presidência dos Estados Unidos a continuidade dos dispêndios em P&D nos tempos de paz, e ressaltava a importância da ciência para o progresso econômico. As ideias de Bush se disseminaram pelo mundo e as instituições de ciência e tecnologia que surgem no pós-guerra como agências de financiamento à pesquisa e grandes infraestruturas de pesquisa, similares aos Laboratórios Nacionais norte-americanos, foram criadas em outros países.

Os Laboratórios Nacionais surgiram no pós-guerra no contexto da criação de um sistema governamental de P&D, como instituições de pesquisas multidisciplinares, orientadas por objetivos estratégicos, de interesse público e que conduzem pesquisas com horizontes de longo prazo. São centros que dispõem de infraestruturas de pesquisa que envolvem alta complexidade em sua construção e funcionamento, não replicáveis facilmente em outros locais, nas quais há P&D interna e *facilities* que podem ser utilizadas por pesquisadores da academia ou do setor empresarial, quando se deparam com problemas científicos e tecnológicos de fronteira. Embora inicialmente as atividades desse sistema governamental de P&D estivessem mais voltadas a objetivos militares, especialmente nos Estados Unidos, logo os esforços se voltaram também para pesquisas de fins não militares, como energia nuclear e aeroespacial. O transbordamento de tecnologias do sistema público de pesquisa para o setor produtivo se torna um importante mecanismo para a introdução de inovações que tiveram grande impacto econômico e social, como no caso dos satélites, o sistema de posicionamento global (GPS), a internet e baterias de melhor desempenho.

Nesse contexto, um novo ambiente emergiu como uma nova forma de organizar e conduzir as pautas de pesquisa. Integrando esforços em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, estimulando relações entre o ambiente acadêmico, industrial e governamental e agregando competências singulares em diferentes disciplinas e grandes *facilities* rapidamente tornou-se ambiente fértil para o desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares.

Os **Laboratórios Nacionais** surgiram no pós-guerra no contexto da criação de um sistema governamental de P&D, como instituições de pesquisas multidisciplinares, orientadas por objetivos estratégicos, de interesse público e que conduzem pesquisas com horizontes de longo prazo.

Diversos países continuam investindo nos Laboratório Nacionais e financiando a construção de novas *facilities*, frente aos desafios impostos no Século XXI. Os grandes projetos militares deram espaço para questões como desenvolvimento sustentável, saúde, energias renováveis, inteligência artificial entre outros. Entretanto, permanece o aprendizado do pós-guerra de que grandes desafios científicos e tecnológicos exigem coordenação, mobilização de grande número de pesquisadores articulados em rede e utilização de estruturas científicas sofisticadas e de grande porte, como no caso do Projeto Genoma Humano e a Estação Espacial Internacional.

No caso brasileiro, a resolução de grandes problemas também demanda iniciativas coordenadas. Destacam-se como exemplos notórios os esforços para exploração e produção de petróleo em águas profundas liderados pela Petrobras, iniciados em meados da década de 1980 e que ganham impulso na década de 2000 com vistas à exploração do pré-sal; o protagonismo brasileiro no desenvolvimento de energias renováveis, especialmente biocombustíveis, iniciado com o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), em 1975, e que ganha novos direcionamentos nos anos 2010 com programa de financiamento à pesquisa e inovação de tecnologias relacionadas ao etanol e ao etanol celulósico (dos resíduos da cana-de-açúcar) por meio do Plano BNDES-Finep de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS); ou ainda, os esforços em pesquisa agropecuária liderados pela Embrapa que permitiram ao Brasil inverter sua condição de importador de alimentos e tornar-se protagonista em âmbito mundial no setor, por exemplo, no desenvolvimento de cultivares adaptados, como o caso da soja no Cerrado, melhoramento genético de cultivares, combate a doenças de plantas, melhoramento do solo e tropicalização de culturas agrícolas.

Outro exemplo é o da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde que visa contribuir para que o desenvolvimento nacional se faça

Campus CNPEM,2020.

de modo sustentável, estimulando a produção de novos conhecimentos direcionados às necessidades do Sistema Único de Saúde (SUS). A política abrange a pesquisa biomédica, clínica, epidemiológica, bem como ações de desenvolvimento tecnológico e inovação dirigidas ao Complexo Industrial da Saúde. Esta última decorre do fato de o País apresentar grande demanda por produtos e insumos importados – como fármacos estratégicos e equipamentos médico-hospitalares, que geram significativos déficits comerciais anuais – e de que o atendimento adequado dessas necessidades exige capacitação tecnológica. No caso específico de fármacos, áreas como biotecnologia (e.g. biofármacos), farmacologia molecular e química medicinal (pequenas moléculas) são consideradas estratégicas para o domínio da cadeia produtiva.

Além disso, mais recentemente, saltam a vista as pesquisas sobre doenças virais. Em âmbito regional, destaca-se a criação de redes de pesquisa sobre dengue, zika e chikungunya, as quais contam com objetivos estratégicos que vão da gestão dos cuidados aos pacientes até o desenvolvimento de tratamentos e vacinas. No âmbito mundial, a pandemia de Covid-19 surge como um grande desafio à humanidade, no qual a corrida pelo desenvolvimento de vacinas, testes diagnósticos, equipamentos médicos, novos fármacos ou mesmo a identificação de medicamentos existentes que possam ser eficazes para o tratamento da doença, reforçam o papel dos incentivos à pesquisa, que necessita de insumos e infraestrutura de ponta. Neste sentido, a Rede Vírus MCTI pode ser um importante instrumento de coordenação de instituições de pesquisa para o enfrentamento desta pandemia no âmbito nacional.

Uma característica geral desses problemas estratégicos, dadas as suas complexidades, é a necessidade de abordagens multidisciplinares e coordenadas na busca de soluções. Mais uma vez, Laboratórios Nacionais são locais diferenciados para esse tipo de abordagem, pois é possível construir programas *"mission oriented"*, inclusive explorando a sinergia com as *"facilities"* singulares por eles operada.

Missão, atuação e objetivos estratégicos

O CNPEM é um complexo de pesquisa integrado por quatro Laboratórios Nacionais singulares pelas suas competências e instalações experimentais e por serem centros de referência, abertos, multiusuários e multidisciplinares, nos quais um amplo conjunto de pesquisadores desenvolve seus projetos e temas de pesquisa em diversas áreas do conhecimento.

O Centro reúne hoje condições que conferem ao País rara vantagem competitiva no cenário global de ciência, tecnologia e inovação, presente em poucos polos científicos no mundo. Alguns exemplos similares são: o *Paul Scherrer Institute*, maior instituto de pesquisa em Ciências Naturais e Engenharias da Suíça; *Argonne* e *Berkeley National Laboratories*, ambos laboratórios multitemáticos apoiados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos.

Considerando sua posição singular e estratégica, totalmente transversal nas suas áreas de atuação (saúde, energia, agricultura, meio ambiente, defesa, tecnologias de produção, dentre outras) e *locus* de construção e operação de ferramentas e instalações únicas, destacam-se três importantes pilares institucionais que fundamentam sua missão: equipe de excelência formada ao longo de anos, modernas instalações científicas reunidas em um Campus único e modelo de gestão e cultura com foco em resultados.

No dia a dia, a missão do Centro é desdobrada em inúmeras atividades que são organizadas por afinidade em quatro eixos de atuação. Estes eixos são dinâmicos, interconectados e se realimentam. Nesse sentido, é a execução adequada e balanceada de atividades nesses quatro eixos que assegura o êxito da missão institucional do CNPEM.

A **missão do CNPEM** é integrar competências singulares para o desenvolvimento científico e tecnológico e o apoio à inovação em energia, materiais e biociências.

Nossa **visão** é ser um Centro Nacional de Pesquisas dotado de competências para criar conhecimento no estado da arte e desenvolver soluções criativas para os desafios da sociedade.

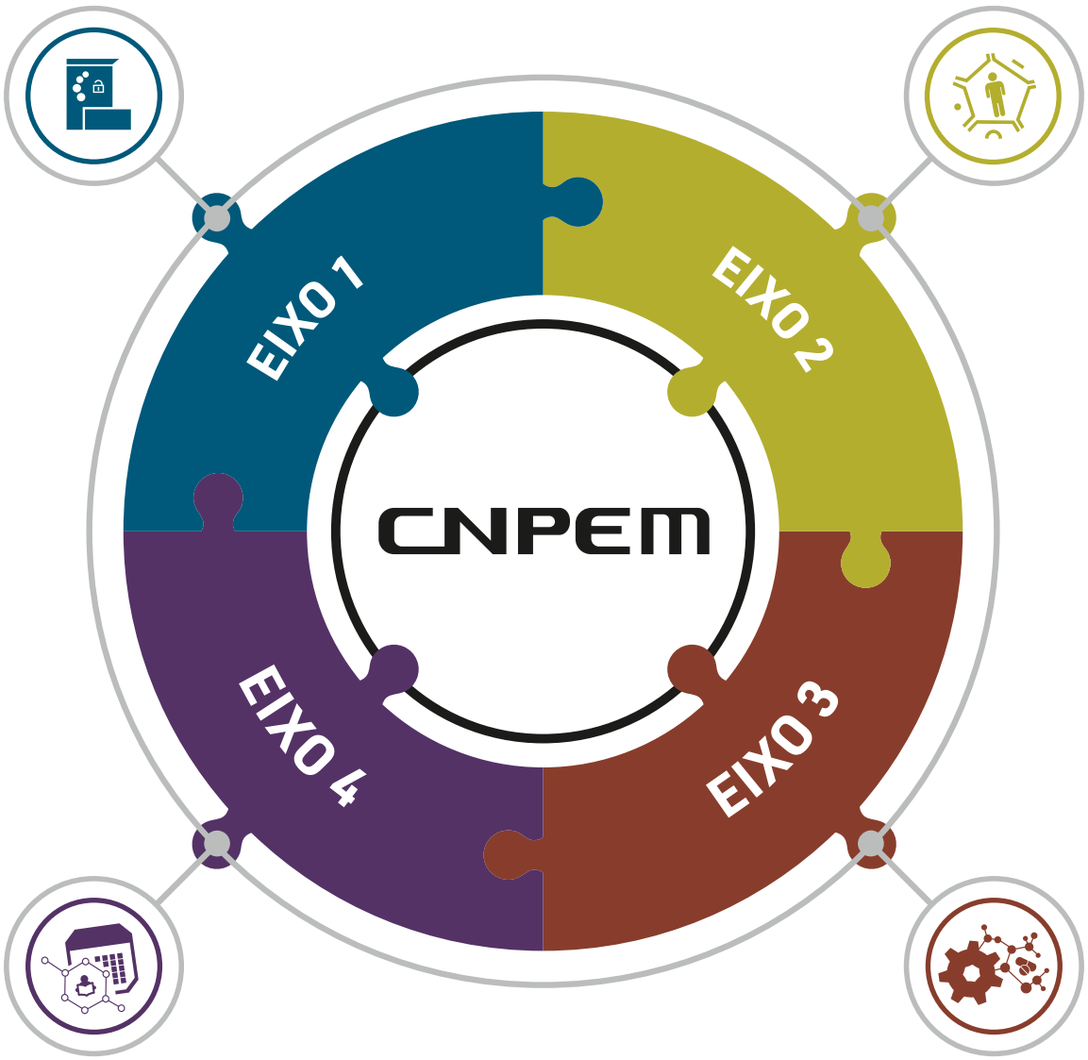
Campus CNPEM,2020.

Instalações Abertas a Usuários Externos

Capacidade de atendimento de demandas diversificadas da comunidade científica e tecnológica por meio da implantação, manutenção, operação e ampliação de instalações abertas singulares de alta complexidade tecnológica, garantindo a abrangência de questões científicas, fundamentais para a contínua irrigação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Pesquisa e Desenvolvimento *In-House*

Compreende a execução de programas estratégicos e de fronteira, de caráter multidisciplinar, alinhados às prioridades do MCTI e do Estado brasileiro e com potencial impacto econômico e social. A pauta de P&D se beneficia do moderno parque de equipamentos e competências disponíveis no CNPEM e tem caráter abrangente, envolvendo o aprimoramento e desenvolvimento de métodos e técnicas experimentais e instrumentação científica que permite impactar os demais eixos de atuação do Centro. Destacam-se, neste eixo, os programas de pesquisa desenvolvidos por pesquisadores internos com foco no desenvolvimento e aprimoramento de instrumentação científica e métodos experimentais que são aplicados tanto na execução de projetos estratégicos quanto disponibilizados para amplo acesso da comunidade externa – como é o caso do Projeto Sirius.



Treinamento, Educação e Extensão

Compreende ações voltadas para a capacitação e contínua qualificação de recursos humanos dedicados a temas na fronteira do conhecimento e de relevância industrial, abrangendo a organização de eventos científicos, cursos de capacitação, treinamentos e ações de divulgação para público amplo. Estes esforços constituem importante contribuição do CNPEM para a consolidação de um ambiente de pesquisa criativo, produtivo e sustentável. Além de contribuírem para a contínua ampliação da base de usuários externos, esses esforços permitem a difusão do conhecimento científico e técnico – por exemplo, via capacitação de pesquisadores em técnicas de pesquisa, sejam elas singulares ao CNPEM ou disponíveis em outras instituições.

Apoio à Geração de Inovação

Promove a inovação no País por meio de parcerias em PD&I, apoiando empresas no escalonamento e transferência de tecnologias e *know-how* e atendimento a demandas de empresas de alta complexidade tecnológica oriundas de diferentes setores produtivos.

O que eles dizem sobre o CNPEM

PEDRO WONGTSCHOWSKI

Presidente do Conselho de Administração da Ultrapar Participações

O conjunto de laboratórios do CNPEM representa uma oportunidade única para as universidades, as instituições de ciência e tecnologia e para as empresas realizarem trabalhos de pesquisa e desenvolvimento no Brasil.

A infraestrutura laboratorial, os equipamentos de última geração e uma equipe qualificada estão disponíveis para promover a inovação empresarial, com o desenvolvimento de novos processos, produtos e métodos de trabalho. O pleno uso do acelerador Sirius representa um grande desafio para a sua administração, e uma grande oportunidade para seus usuários.

O modelo de laboratórios nacionais é vitorioso, por permitir que um conjunto de instalações seja utilizado por pesquisadores do próprio CNPEM e pela comunidade externa interessada. Em sendo o CNPEM uma organização social - instituição privada, sem fins lucrativos - ela pode se valer exclusivamente de princípios meritocráticos na atração e retenção de talentos. Tem também a flexibilidade de adotar as melhores práticas na gestão de contratos com empresas que buscam o seu auxílio.

PROF. MARCELO KNOBEL

Reitor da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Atuei no CNPEM como diretor do LNNano, e sigo de perto os avanços do Centro por meio da participação em seu Conselho de Administração. Posso atestar a excelência das pesquisas realizadas no conjunto de seus laboratórios, e o que eles representam no contexto da ciência brasileira e internacional. **O modelo de laboratórios nacionais é fundamental para o futuro da ciência, tecnologia e inovação no país.** O sistema de governança, garantido por um contrato de gestão entre o governo federal e uma organização social representa um modelo único, que permite estabelecer um padrão de metas, qualidade, agilidade e transparência que estabeleceu um novo paradigma para a gestão pública e o desenvolvimento da ciência e tecnologia no Brasil.

PROF. OSVALDO N. OLIVEIRA JR.

do Instituto de Física de São Carlos, USP

Tenho parceiros científicos no CNPEM há mais de dez anos, sendo que mais recentemente nossa colaboração tem sido com o LNLS e LNNano. No LNLS fazemos um trabalho pioneiro no Brasil com o estudo de modelos de membrana celular na interface ar-água. A parceria no LNNano envolve pesquisa em sensores e biossensores. **Além das parcerias científicas, os laboratórios do CNPEM oferecem serviços fundamentais para nossa pesquisa, como os de microscopia de alta resolução.** O Centro é, assim, essencial para a pesquisa em materiais no Brasil.

JACK SADDLER

Co-líder da rede de biocombustíveis líquidos da IEA Bioenergy. Professor de biotecnologia na University of British Columbia

Como um dos coordenadores da agenda 39 de Bioenergia da Agência Internacional de Energia (IEA), que está envolvida em pesquisa e desenvolvimento relacionada à produção e comercialização de biocombustíveis avançados a partir de biomassa, tive a oportunidade de apoiar várias atividades lideradas pelo LNBR. No mais recente projeto de ACV liderado pelo LNBR, o grupo usou sua reconhecida experiência global em biocombustíveis, rotas e cadeias de produção para pesquisar, desenvolver e realizar avaliações de sustentabilidade. **A experiência e a excelência do LNBR aprimoraram a comparação de diferentes modelos de Análise do Ciclo de Vida (ACV) de países como EUA (GREET), Canadá (GHGenius) e Europa (BioGrace).** Através deste trabalho o aparente "desacordo" nos resultados fornecidos pelos diferentes modelos poderia ser superado através da harmonização de alguns parâmetros.

MARIA AUGUSTA ARRUDA

Pesquisadora da Universidade de Nottingham & da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

Tem sido um privilégio testemunhar de perto a trajetória ascendente do CNPEM. Desde 2014, vimos nossa colaboração alçar vôos mais altos, culminando mais recentemente em um acordo único entre o CNPEM e o Centro de Proteínas de Membrana e Receptores (COMPARE, uma iniciativa entre as Universidades de Nottingham e Birmingham). Financiado pela CAPES e o *British Council*, este acordo conjuga a excelência do CNPEM em estudos estruturais e funcionais de biomoléculas, com a tradição do COMPARE em farmacologia molecular e química medicinal.

É missão do consórcio CNPEM-COMPARE promover uma mudança radical na maneira que entendemos e interferimos em processos biológicos envolvidos em doenças, principalmente doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e câncer. Isto é um dos muitos exemplos da liderança não só nacional, mas regional e mundial que o CNPEM exerce, com sua visão que desafia incessantemente as fronteiras do conhecimento para benefício de todos. pesquisadores do próprio CNPEM e pela comunidade externa interessada.

MIRIAM HUBINGER

Engenheira de Alimentos, uma das pesquisadoras mais citadas do mundo na lista mundial: Highly Cited Researchers

O CNPEM é uma instituição de grande importância para o avanço tecnológico do País, alinhado a valores e necessidades da indústria e da sociedade. Sua parceria com as universidades fomenta a formação acadêmica e a inovação em diversas áreas de pesquisa, incluindo alimentos. A nossa experiência no LNBio é um dos exemplos de como bons resultados podem ser obtidos a partir da caracterização de estruturas moleculares de grau alimentício, e de como técnicas analíticas de ponta viabilizam a manipulação de propriedades macroscópicas de matrizes alimentares complexas, permitindo o desenvolvimento de produtos.

PROF. SUSHANTA MITRA

Diretor Executivo do Waterloo Institute for Nanotechnology (WIN) - Ontario, Canada

O Instituto Waterloo de Nanotecnologia (WIN) é afortunado por sua parceria com o CNPEM. Compartilhamos visões e objetivos similares e pesquisas em energia, novos materiais e tecnologias farmacêuticas/médicas complementares, bem alinhadas com os Laboratórios Nacionais de Luz Síncrotron (LNLS), de Nanotecnologia (LNNano) e de Biociências (LNBio). **Em 2013, a WIN e o CNPEM assinaram um acordo de facilitação de pesquisas colaborativas, visitas estudantis e compartilhamento de informações que resultaram em muitos projetos de pesquisa em parceria.** As instalações e os profissionais do CNPEM estão entre os melhores do mundo, e a WIN anseia por mais anos de colaboração.

CARLA ROSENBERG

Professora Associada ao Centro de Estudos do Genoma Humano, Instituto de Biociências, USP.

Ter o CNPEM como parceiro tem sido um privilégio! Nossa colaboração, iniciada há uns dois anos, abre ótimas perspectivas para nosso trabalho. Nós somos um grupo que estuda genética humana do Centro de Estudos do Genoma Humano e Células Tronco e, frequentemente, temos dificuldade de nos aprofundar nos mecanismos que causam o quadro clínico de nossos pacientes. Tivemos como exemplo uma família em que dois filhos apresentavam deficiência intelectual e, por anos, buscamos a causa. Com as novas técnicas de sequenciamento, detectamos uma alteração em um gene de deficiência intelectual, UBE2A. Porém, a demonstração de que essa alteração realmente causava o quadro clínico veio do CNPEM, que demonstrou que a proteína tinha conformação alterada e era ineficiente em sua função de ubiquitinação (recente trabalho publicado em *Nature Chemical Biology*. DOI: 10.1038/s41589-018-0177-2). Essa colaboração não apenas beneficia a família estudada, permitindo diagnóstico preciso e aconselhamento genético, mas amplia a gama de conhecimentos que podemos obter de uma situação. Esperamos que a parceria dure muito tempo!

LUIS ALBERTO TIEFENSEE

Diretor Superintendente da WEG Motores

"A WEG faz mais de 16 milhões de núcleos magnéticos para seus produtos, e o eletroímã do projeto Sirius não deixa de ser um núcleo magnético similar ao que a gente faz. Contudo, é claro que os eletroímãs do Sirius trazem em seu bojo desafios que não são os desafios normais de nosso dia a dia.

Acreditamos que todos nós – tanto da WEG, quanto do projeto Sirius - teremos outro corpo técnico, muito mais gabaritado, ao final deste Projeto. O Sirius nos obrigou a buscar soluções que a gente nunca havia imaginado. Quando começamos a ver as necessidades técnicas para o fornecimento de eletroímãs para o projeto, percebemos que tínhamos vantagens em relação aos fornecedores do exterior. Isto é um motivo de orgulho para a WEG e mostra o alto nível técnico da indústria nacional.

A grande maioria dos equipamentos necessários para o Sirius pôde ser fornecido pela indústria nacional. Não é algo simples, mas o desafio obriga as empresas a buscar soluções para a inovação. Assim, a indústria se desenvolve. A palavra que define o que sentimos por fazer parte do Sirius é orgulho. Quando a gente fala para um público que não está envolvido em um projeto desta magnitude, um acelerador de partículas parece uma coisa um pouco etérea. Porém, quando a gente começa a explicar como esse equipamento abrirá novas oportunidades para o desenvolvimento de novos medicamentos, para a indústria química, para o avanço da agricultura, as pessoas começam a perceber a importância de participar de um projeto desses, e sentem orgulho pelo desenvolvimento de uma tecnologia dessas no próprio País."

CRISTIANO RUCH GUIMARÃES

Diretor do Núcleo de Inovação Radical do Aché

"Produtos naturais são historicamente uma importante fonte de medicamentos. Há muitos casos emblemáticos, como ácido acetilsalicílico, morfina, pilocarpina e penicilina. Depois da era de ouro dos antibióticos, muitas farmacêuticas globais iniciaram programas de *Drug Discovery* em produtos naturais nas décadas de 60 a 80. Entretanto, nos anos 90, com o avanço da química sintética e o advento do *screening* de alto desempenho, houve um grande desinteresse da indústria farmacêutica em produtos naturais.

Com o avanço recente na tecnologia e sensibilidade da instrumentação analítica, que permite maior velocidade e assertividade na identificação de moléculas bioativas em misturas complexas como extratos e frações, juntamente com o fato da biodiversidade mundial ser altamente inexplorada, há uma grande oportunidade para um movimento "renascentista" de renovado compromisso com a pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos a partir de produtos naturais. **O Brasil tem uma grande chance de assumir a liderança desse movimento por contar com a maior biodiversidade do planeta, um marco regulatório avançado e instituições com *know-how*, complementaridade e sinergia,** como o CNPEM, que tem grande expertise no desenvolvimento e condução dos ensaios para a identificação de compostos bioativos com profissionais e equipamentos de alto nível, a Phytobios, que possui mais de dez anos de experiência na condução de expedições de bioprospecção em biomas brasileiros e o Aché, que tem experiência na otimização de moléculas e nas etapas de pesquisa e desenvolvimento de medicamentos inovadores."

DR. RUBENS MATTOS

Diretor Técnico da TecBeer Desenvolvimento Tecnológico

"A parceria do CNPEM com a indústria vem sendo fundamental para o desenvolvimento de soluções biotecnológicas para a produção de bebidas. É um exemplo de atuação eficiente do conhecimento tecnológico do País para geração de produtos, processos, empregos e negócios. **Um ciclo virtuoso que leva o Brasil a um patamar mais elevado de desenvolvimento."**

ANTÔNIO SIMÕES

Diretor Executivo de Energia da Raízen

Tem sido um privilégio participar dessa parceria com o CNPEM e testemunhar a evolução dentro do nosso próprio negócio. **Há mais de três anos, trabalhamos em conjunto com a entidade em um projeto denominado 'Sucre', cujo objetivo é estudar os impactos da palha de cana-de-açúcar como uma robusta matéria-prima para produzir bioeletricidade e bioprodutos.** No nosso caso específico, os testes são realizados *in loco* e feitos em cima do sistema de limpeza a seco, método também conhecido como 'sopragem'. O projeto analisa também a palha proveniente do enfardamento, outra técnica utilizada, e como ela pode auxiliar empresas a potencializarem a eficiência dessa matéria-prima. Com base nos resultados obtidos, pudemos identificar com mais precisão quais são os impactos positivos que a palha de cana-de-açúcar pode trazer para a Raízen e para o meio ambiente e qual a correta direção que a empresa deverá seguir para maximizar esses ganhos.

ANDREZA FERNANDA CONCHETI

Professora no Colégio Miguel de Cervantes, em São Paulo-SP

Nos últimos anos tenho acompanhado grupos de alunos do ensino médio do Colégio Miguel de Cervantes em visitas ao CNPEM, em um projeto cujo principal objetivo é conhecer e divulgar o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro para a comunidade escolar. Os alunos desenvolvem um trabalho prévio de pesquisa sobre os laboratórios com foco nas implicações ambientais, sociais e éticas da Ciência e da Tecnologia, e **ao conhecerem o Centro ficam impressionados com a qualidade e dimensão das pesquisas realizadas, com a tecnologia de ponta e pesquisadores altamente qualificados** em desenvolver soluções criativas nas áreas de energia, materiais e biociências. A experiência enriquece a formação dos estudantes!

TEDSON L. DE FREITAS AZEVEDO

Especialista em pesquisa e desenvolvimento agrícola da Zilor Energia e Alimentos

Há seis anos, a Zilor, empresa do setor sucroenergético e biotecnológico, mantém uma sólida parceria com o LNBR para o desenvolvimento do conhecimento científico sobre o manejo da palha da cana-de-açúcar no solo. Durante esse período, foi evidenciado o valor energético, nutricional e conservacionista da palha oriunda da colheita crua da cana-de-açúcar, tudo isso tem contribuído na assertividade do manejo do nosso canavial. **Atualmente, estamos desenvolvendo o projeto de P&D sobre a qualidade e a fertilidade integral do solo,** que visa otimizar o manejo e trazer ganhos de produtividade.

Contar com um parceiro como o CNPEM, composto por profissionais da mais alta qualificação e soluções inovadoras para nos apoiar é de extrema importância para que possamos ampliar o nosso conhecimento e a capacidade produtiva na Zilor.

JOSÉ E. KRIEGER

Diretor do Laboratório de Genética e Cardiologia Molecular, Instituto do Coração (InCor)

AYUMI A. MIYAKAWA

Pesquisadora do Laboratório de Genética e Cardiologia Molecular, Instituto do Coração (InCor)

Procuramos entender como variantes genéticas sensibilizam o indivíduo a desenvolver doenças cardiovasculares e como elas interferem em processos celulares que possam ser alvo de novas abordagens terapêuticas. O Bio-AFM, recentemente adquirido pelo LNNano, aplica força de baixa intensidade que não danifica amostras biológicas, trabalha em meio líquido e temperatura controlada, permitindo análise biomecânica de células cardiovasculares vivas. **Isto representa uma nova fronteira para o entendimento de problemas complexos biológicos e em breve será complementado pela nova instrumentação do Sirius.**

Evolução do campus

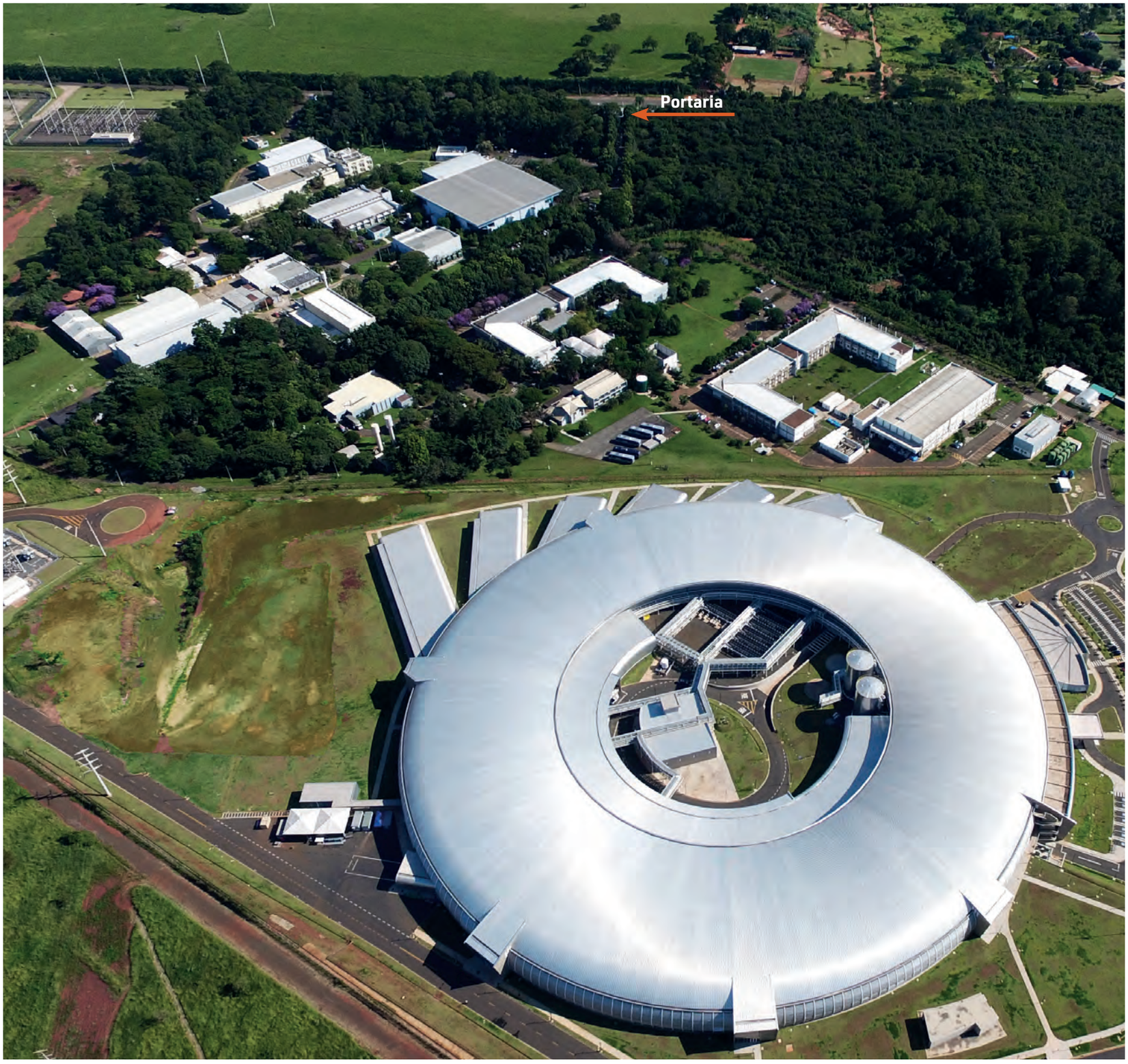
2009

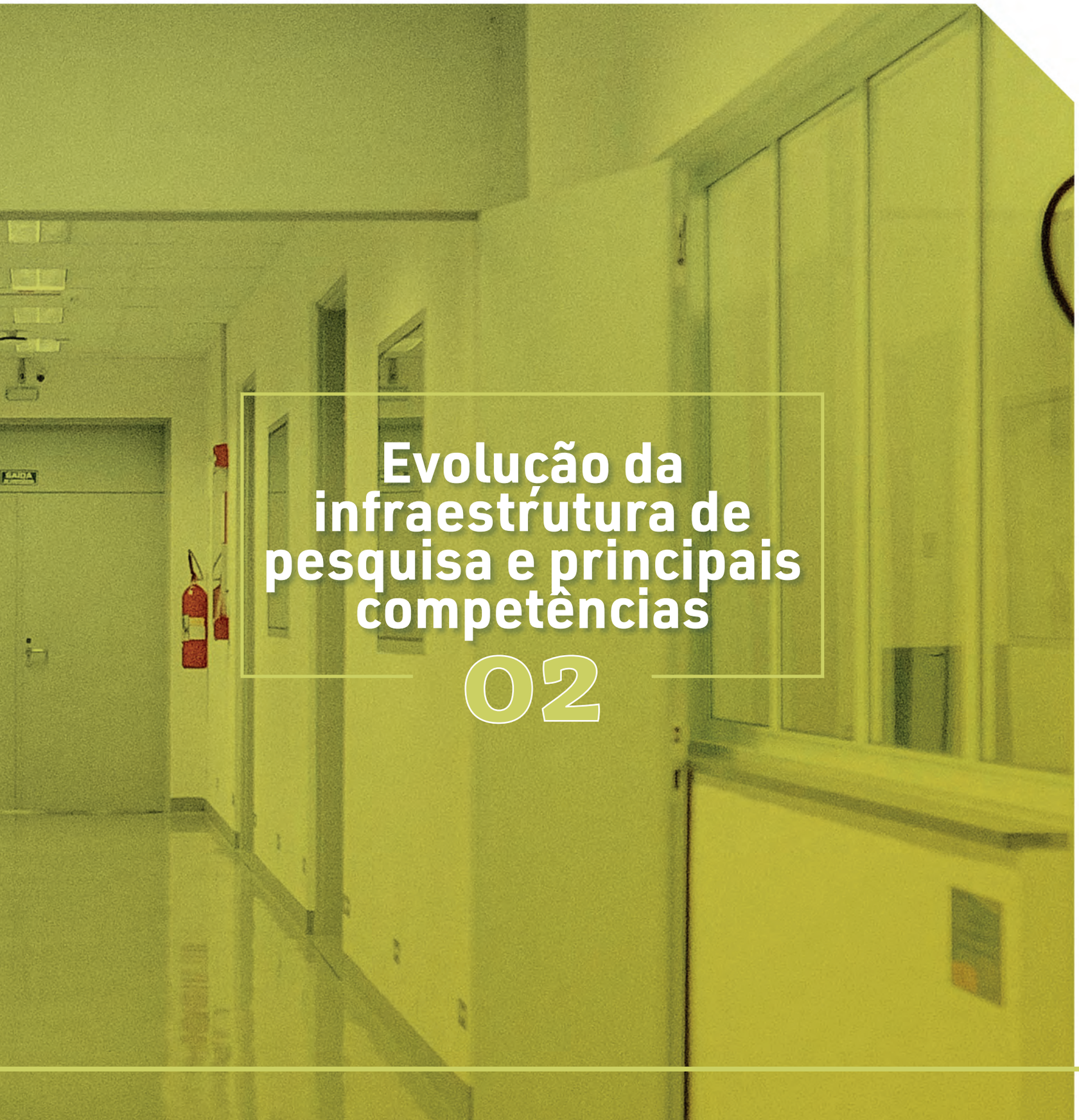
2011

2013

2016

2020





Evolução da infraestrutura de pesquisa e principais competências

02

Ao longo dos anos, o CNPEM consolidou núcleos importantes de competências, capazes de garantir singularidade na contínua busca da compreensão aprofundada e integrada das propriedades e dos mecanismos de interação da matéria *in situ*, *in vivo* e *in operando* e em diversas escalas de tamanho. Tais competências podem ser agrupadas em três grandes blocos: métodos e técnicas voltadas para a síntese e modificação da matéria; elucidação da organização e estrutura da matéria e; conversão, funcionalização e aplicação no desenvolvimento de tecnologias e produtos de valor agregado.

Esse conjunto de competências têm caráter intrinsecamente transversal às áreas do conhecimento e pode ser aplicado à matéria orgânica ou inorgânica, viabilizando pesquisa e desenvolvimento em áreas estratégicas e prioritárias para o país como saúde, energia, indústria e materiais, meio ambiente e agricultura.

Saúde

O aumento na expectativa e qualidade de vida no último século está intrinsecamente relacionado aos avanços proporcionados pela pesquisa, que possibilitou o surgimento de novos diagnósticos, medicamentos e tratamentos para doenças e outras condições debilitantes. Há ainda, inúmeros desafios a serem superados, como explicita a crise mundial ocasionada pela pandemia de Covid-19. No CNPEM, esta temática é abordada por meio de competências multidisciplinares que buscam aumentar a compreensão dos sistemas vivos, da escala atômica aos organismos.

Energia

A demanda mundial por energia (combustíveis, calor e eletricidade) tem aumentado significativamente, induzida pelo crescimento da população e da industrialização. A preocupação com o impacto ambiental das fontes de energia fóssil tem promovido o desenvolvimento de energias renováveis, no qual o Brasil é protagonista mundial pela produção de biocombustíveis, sendo o país que mais gera empregos diretos nesse setor. O CNPEM atua em programas científicos que promovem novas fontes sustentáveis de energia por meio do desenvolvimento e aprimoramento de processos de conversão de biomassa e resíduos agroindustriais. Além disso, busca soluções no estado da arte que reproduzam de maneira artificial os processos de conversão de energia da fotossíntese e que desenvolvam novos materiais tecnologicamente projetados para poupar energia e reduzir a pegada de carbono.

Indústria e Materiais

O desenvolvimento tecnológico e o crescimento econômico geram uma demanda progressiva por petroquímicos, que são precursores de inúmeros materiais, mas que possuem grande impacto ambiental. O CNPEM agrega valor a dois diferenciais brasileiros, a biomassa e a biodiversidade, por meio do desenvolvimento de processos bio e nanotecnológicos com foco na produção de materiais avançados para aplicações nos setores químico, de alimentos e bebidas, têxtil, petróleo e gás, defesa e aeroespacial. O Centro também produz tecnologias em escala semi-industrial e estimula a sua adoção ao realizar avaliações de viabilidade econômica e de ciclo de vida de produtos, incluindo seus impactos ambientais.

Agricultura

Apesar da grandeza da agricultura brasileira, solos tropicais impõem desafios à produtividade agrícola como baixos teores de matéria orgânica, alta incidência de pragas e doenças. Isto leva ao uso intensivo de fertilizantes químicos importados e altas concentrações de pesticidas. Neste campo, há uma premissa disruptiva de que o microbioma do solo, a fisiologia vegetal e os agentes microbianos devem pautar o desenvolvimento de tecnologias avançadas para o futuro da agricultura e a preservação do meio ambiente. O CNPEM investiga como aumentar o estoque de carbono no solo e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, usando uma abordagem multiescala de caracterização do solo e biologia sintética para compreender o papel das comunidades microbianas nesses processos, levando ao desenvolvimento de tecnologias, por exemplo, bioinoculantes que reduzem a utilização de químicos na agricultura.

Evolução da Infraestrutura

Hall experimental do acelerador UVX

A partir de 2010, o CNPEM apresentou franca expansão de sua infraestrutura de pesquisa e passou por um importante período de amadurecimento e ampliação do leque de competências, refletindo na constituição de uma equipe interdisciplinar de qualidade voltada à execução da agenda interna de pesquisa e desenvolvimento, envolvendo pesquisadores, especialistas, engenheiros, biólogos, físicos, químicos e técnicos de diversas áreas. A seguir, são destacados alguns exemplos dos avanços realizados na infraestrutura do Centro, que foram viabilizados devido aos talentos humanos consolidados durante décadas de contínuo investimento nas atividades centrais do CNPEM.

Em 2010, ainda sob a denominação de Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron (ABTLuS), o Campus era composto pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) – inaugurado em 1997 – e o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) – inaugurado em 2009 – e presenciava o nascimento do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Este último surge a partir do interesse do Governo Federal frente à missão de aumentar a competitividade brasileira na conversão industrial de biomassa de cana-de-açúcar em combustíveis de primeira e segunda gerações. A partir dos anos 2000, os biocombustíveis ganham importância crescente no debate público, em função das discussões relacionadas ao aquecimento global, que desencadeou a busca por fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis.

Ainda em 2010, os primeiros esforços para projetar, desenvolver e construir um novo acelerador se intensificam, e assim nasce o projeto da maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País, o Sirius. Desde o começo o projeto impôs grandes desafios aos envolvidos, seja na busca por requisitos técnicos sem precedentes em solo brasileiro, ou no estímulo do envolvimento e capacitação da indústria nacional. Os detalhes da história deste desenvolvimento são apresentados no capítulo 4 deste documento.

No ano seguinte, em 2011, inaugurava-se o Laboratório Nacional de Nanotecnologia, que herda competências já desenvolvidas no LNLS nas áreas de microscopia e microfabricação. É em 2012 que este conjunto fervilhante de competências passa a se chamar Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). A nova denominação é reflexo de suas novas competências e da consequente ampliação da atuação institucional que passa a ocorrer a partir dos anos 2010.

Este período de franca expansão do CNPEM está refletido diretamente em sua infraestrutura, em constante modernização, e em sua capacidade de atendimento às demandas. Em 2010, eram 22 instalações responsáveis por aproximadamente 60 mil horas de experimentos. Em 2018, um ano antes do período de transição do acelerador UVX para o Sirius, eram 46 diferentes instalações e mais de 120 mil horas de experimentos. Para este período, a comunidade científica apoiada anualmente pelo Centro também apresenta crescimento passando de 1.600 pesquisadores para 2.500. Números não são suficientes para demonstrar a relevância da transformação deste polo de pesquisa e desenvolvimento, mas evidenciam a disponibilização de novas técnicas experimentais, modernização da infraestrutura e ampliação da capacidade de resposta às demandas.

Detalhe de uma estação experimental do UVX.

Este virtuoso processo de crescimento e consolidação é resultado de inúmeras iniciativas viabilizadas ao longo dos anos nos diferentes Laboratórios Nacionais, a partir do constante investimento do atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, de diversos outros parceiros e do contínuo apoio da comunidade cientifica.

Neste período, a equipe do LNLS fica à frente dos desenvolvimentos do Projeto Sirius, e incorpora inúmeras melhorias na infraestrutura do acelerador em operação, o UVX, das linhas de luz e dos grupos de engenharia e instrumentação científica, com vistas a superar os desafios impostos pelo projeto e pela futura operação de um acelerador de quarta geração e de modernas linhas de luz. Todas essas melhorias permitiram capacitar a equipe interna e disponibilizar novas técnicas experimentais e funcionalidades à comunidade científica.

Entre os anos de 2011 e 2014, quatro novas linhas de luz foram construídas, comissionadas e disponibilizadas: a PGM (espectroscopia de Raios X moles), a XDS (difração e espectroscopia de raios X), a IMX (tomografia de raios X) e a IR (imagens por infravermelho). A PGM foi a primeira linha de alto brilho do LNLS, baseada em ondulador (dispositivo usado para produção de radiação em de alto brilho nos

síncrotrons de 3ª e 4ª geração); a XDS a primeira linha de alta energia, chegando a 30 keV; a IMX a primeira linha de luz dedicada a produzir imagens 3D com resolução micrométrica; e a IR a primeira a fazer imagens com resolução nanométrica. Essas linhas surgem com a finalidade de preparar tanto os pesquisadores do LNLS quanto a comunidade científica no uso de técnicas que estarão disponíveis em diversas linhas de luz do Sirius.

Além das quatro novas linhas de luz, diversas outras tiveram suas instalações ampliadas ou modernizadas. Destacam-se o início da operação da estação experimental de ensaios termomecânicos na linha XRD1 em 2013, os sistemas de micro focalização da linha XRF e XDS em 2013 e 2017, respectivamente, e a instalação de um novo detector na linha MX2 em 2014 que permitiu aumento significativo na resolução espacial e maior velocidade nos experimentos. Em 2013, o LNLS também passou a operar três linhas de luz por acesso remoto. Esta funcionalidade foi resultado do projeto Labweb, financiado pelo Cenpes/Petrobras, e permitiu que pesquisadores realizassem os experimentos sem a necessidade de estarem presentes na linha.

Os grupos de engenharia e instrumentação científica do LNLS também passaram por grandes mudanças no período em função da execução das atividades do Projeto Sirius, como a ampliação da oficina mecânica, a ampliação física e de técnicas nos laboratórios de vácuo, materiais, ímãs, eletrônica e radiofrequência. Um exemplo emblemático destes avanços foi o laboratório de metrologia, projetado e construído para operar ambientes altamente controlados de vibração, temperatura, umidade e particulados. Esta infraestrutura propiciou ao Laboratório realizar sofisticados testes de componentes óticos e opto-mecânicos com precisão nanométrica.

A evolução do LNBio remonta ao Centro de Biologia Molecular e Estrutural e acumulou fortes competências na identificação de bases moleculares de doenças, atuando na identificação e validação de novos alvos terapêuticos e moléculas farmacologicamente ativas. Ao longo deste período, o Laboratório passou a operar novas infraestruturas complementares que permitiram ampliar sua capacidade de atuação. Inúmeras ações foram realizadas com a finalidade de estruturar uma plataforma para descoberta de fármacos constituída, principalmente, por um moderno laboratório de bioensaios associado a um laboratório de química de produtos naturais e ao laboratório de biologia computacional. Estas competências permitem triar e testar *in-vitro* compostos químicos e naturais candidatos a fármacos ou cosméticos e predizer suas interações em modelos biológicos, permitindo analisar, por exemplo, o potencial de ligação de pequenas moléculas a proteínas para o desenvolvimento de novos agentes terapêuticos.

A ampliação de competências e infraestruturas singulares marca esta década do CNPEM

Laboratório de biociências.

Além desta plataforma, destacam-se ainda a consolidação de outras quatro importantes infraestruturas, o laboratório de desenvolvimento de organoides, responsável por testes toxicológicos e farmacocinéticos em biorreatores microfluídicos que cultivam simultaneamente vários tecidos humanos; o laboratório de geração de organismos modelo para geração de animais transgênicos, o laboratório de produção de anticorpos monoclonais e o laboratório de bioimagens com técnicas de super-resolução.

A possibilidade de desenvolver e validar rotas biotecnológicas da bancada à escala semi-industrial esteve presente como competência central do LNBR desde sua inauguração, quando então se denominava CTBE. Isso foi possível devido à junção de instalações laboratoriais avançadas e complementares, destacando-se, em 2012, a inauguração da planta piloto para desenvolvimento e escalonamento de processos, capaz de testar tecnologias que obtiveram sucesso na escala de bancada. A planta piloto é singular pela modularidade das suas unidades de operação, que traz flexibilidade e, além disso, oferece elevada automação de processos, o que permite atender vários setores da biotecnologia industrial. O Laboratório é equipado com uma central analítica multipropósito que conta com uma equipe especializada e infraestrutura de ponta para atuação em diversas áreas de interesse. No caso da biologia sintética, é possível separar os diferentes componentes da biomassa vegetal (celulose, hemicelulose e lignina), sequenciar DNA e RNA para avaliação da expressão gênica de sistemas biológicos diversos e elucidar a atuação de comunidades de micro-organismos, identificar e quantificar metabólitos em amostras biológicas para investigar o metabolismo de micro-organismos e analisar e selecionar macromoléculas para aplicação em bioprocessos. O Laboratório também provê uma plataforma de simulação computacional para avaliar três eixos da sustentabilidade das tecnologias: econômico, ambiental e social, bem como a avaliação de ciclo de vida e integração entre as cadeias produtivas associadas aos insumos e produtos

Visão geral da Planta Piloto para desenvolvimento de Processos.

presentes no seu desenvolvimento e operação, informações valiosas para nortear a transferência de tecnologias para empresas.

Este conjunto de técnicas experimentais e suas diferentes aplicações viabilizaram a nucleação de competências singulares voltadas para o desenvolvimento de plataformas microbianas de alto desempenho e para a descoberta, evolução molecular e desenho racional de enzimas industriais. Todas essas habilidades transformaram um centro originariamente voltado à pesquisa e desenvolvimento para a produção de etanol, num ambiente plural dinâmico voltado para a biotecnologia de ponta, desde à pesquisa fundamental até a aplicação industrial.

No LNNano, o plano de investimentos do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) tem permitido, desde 2014, a expansão e atualização da infraestrutura dedicada à nanociência e nanotecnologia. Destacam-se avanços significativos em microscopia, síntese e caracterização de materiais nanoestruturados, e a ampliação e modernização da infraestrutura dedicada à microfabricação e funcionalização de dispositivos.

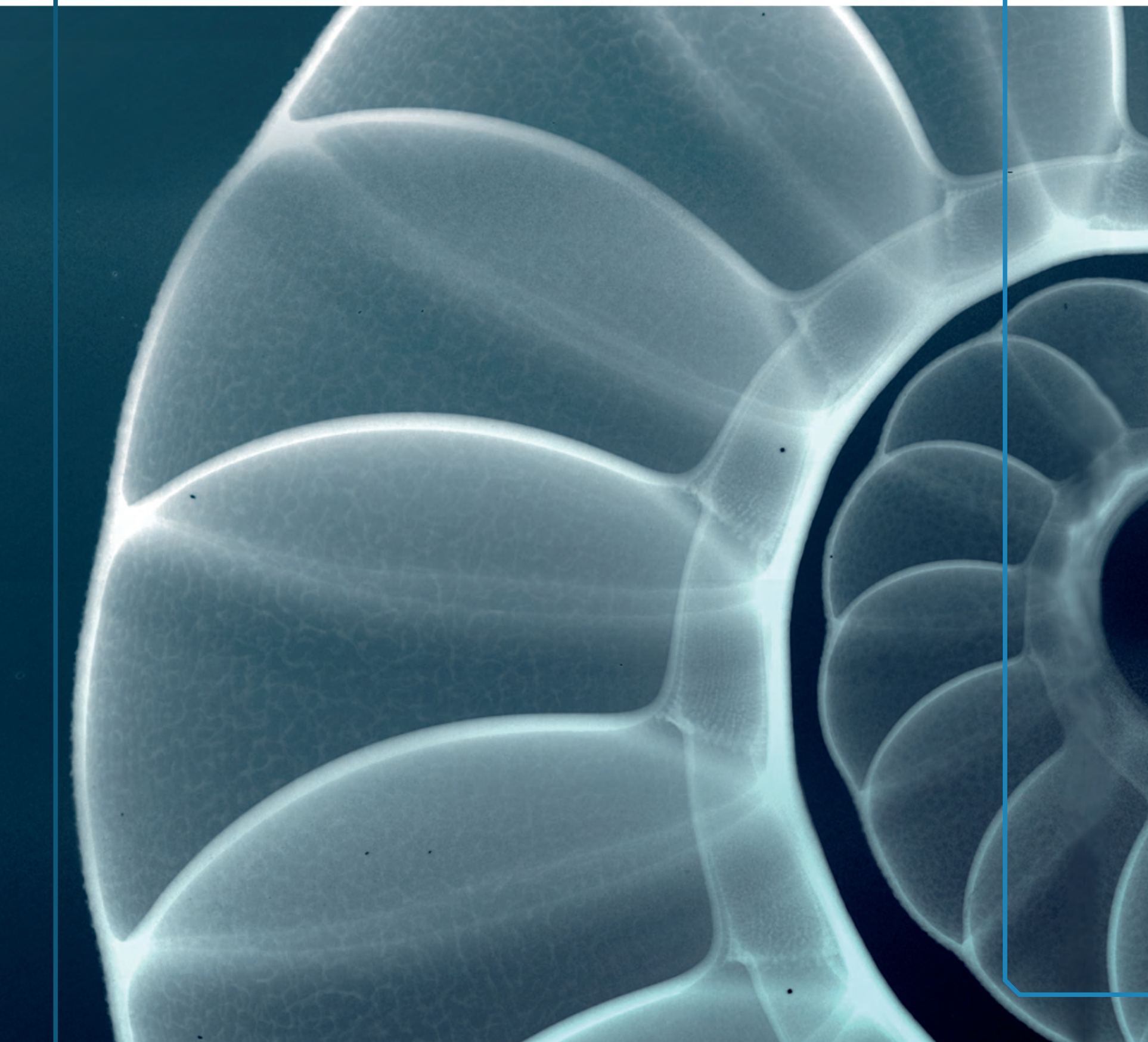
Atualmente, o Laboratório opera o mais avançado parque de microscopia da América Latina. Em 2016, foi instalado no Campus um dos mais modernos microscópios eletrônicos de transmissão, com dupla correção ótica, permitindo a obtenção de imagens com resolução de até 1 angstrom, ou seja, detalhes um milhão de vezes menor que a espessura de um fio de cabelo. No mesmo ano, o Laboratório deu um importante passo para a implantação de um núcleo de criomicroscopia eletrônica, a partir da aquisição do primeiro microscópio dedicado à técnica.

Desde então, foram realizados contínuos investimentos tanto para a aquisição de equipamentos dedicados desde a preparação de amostras até a obtenção de imagens, quanto para as análises dos dados obtidos por meio de infraestrutura computacional de alto nível. Hoje, o LNNano opera três criomicroscópios que permitem analisar desde pequenas moléculas como a proteína hemoglobina, até organelas e vírus, em seu estado natural, em solução. Trata-se de técnica experimental de fronteira para a compreensão do funcionamento de uma célula viva.

Sala limpa dedicada aos processos de microfabricação.

O **virtuoso crescimento do CNPEM** é fruto dos talentos consolidados durante décadas, do constante investimento do MCTI e de diversos outros parceiros e do contínuo apoio da comunidade cientifica

Os avanços nas pesquisas relacionadas a materiais nanoestruturados exigiram ao longo dos anos a consolidação de competências que permitissem além de sintetizar, caracterizar e funcionalizar novos materiais, avaliar de forma integrada seus possíveis impactos em organismos vivos e no meio ambiente. Assim, surge em 2017 o grupo de nanotoxicologia e nanossegurança. A expansão e consolidação do uso de materiais nanoestruturados em diversas aplicações deve estar associada aos esforços para garantir segurança ambiental, ocupacional e sanitária de toda sua cadeia de valor e o ciclo de vida. Esta é uma agenda importante e presente na estratégia de todos os países líderes mundiais na área da nanotecnologia.



CNPEM para quem?

03

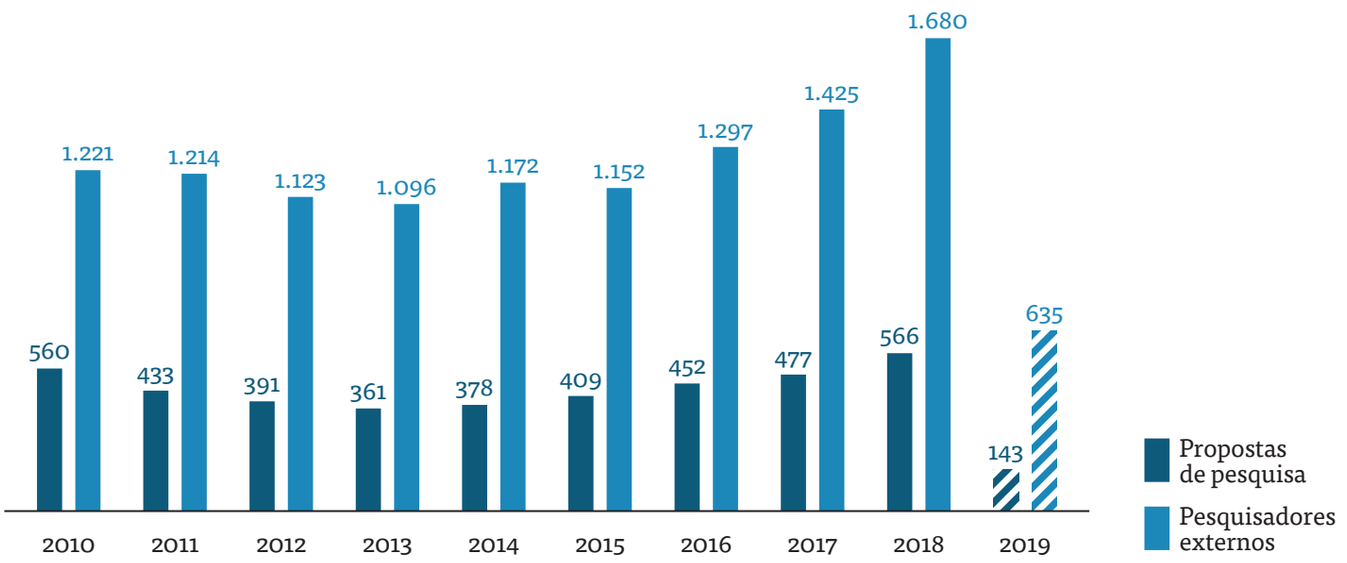
A atuação do CNPEM abrange ações direcionadas para diferentes atores do SNCTI (Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação). Sua vertente de Laboratório Nacional aberto beneficia ao ano milhares de cientistas e jovens em formação. Esta mesma comunidade também usufrui dos cursos de capacitação e treinamentos oferecidos pelos pesquisadores e especialistas do Campus, constituindo importante contribuição para a contínua formação de recursos humanos e para a ampliação do universo de pesquisadores capazes de aplicar os métodos e as técnicas experimentais disponíveis no Centro em suas pesquisas. Além disso, o CNPEM desenvolve projetos com empresas para a busca e desenvolvimento de soluções em diversas áreas, conectando a esfera científica à empresarial. Estas iniciativas são apresentadas ao longo deste documento e este capítulo apresentará os beneficiários do centro em três grandes categorias: beneficiários das instalações abertas, pesquisadores capacitados e organizações beneficiadas. Este último conjunto considera de maneira ampla todas as diferentes instituições e empresas conectadas ao CNPEM ao longo do período.

Beneficiários das Instalações Abertas

No período de 2010-2019, o CNPEM atendeu em suas instalações abertas 9.373 propostas de pesquisa e beneficiou um total de 8.675 pesquisadores externos únicos, sendo 87% afiliados às instituições brasileiras e 13% às instituições estrangeiras. A contínua melhoria e expansão das instalações laboratoriais do CNPEM está refletida na ampliação desta comunidade. Entre os anos de 2010 e 2018, o número de pesquisadores atendidos anualmente aumentou 52%. O ano de 2019 marca o descomissonamento da fonte de luz síncrotron, o UVX, e suas linhas de luz e, por isso os números para este ano apresentam diferença na tendência observada nos anos anteriores.

Evolução das propostas e pesquisadores externos do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

Com o fim da operação para usuários em 2 de agosto de 2019, o UVX encerrou um capítulo da história da ciência de síncrotron brasileira, que começou na década de 80 com o projeto e a montagem dessa máquina pioneira. Toda a infraestrutura e as competências existentes no UVX beneficiaram milhares de usuários externos, do Brasil e de vários lugares do mundo, nas mais diversas áreas do conhecimento.



Ao longo do período, o CNPEM atraiu em média 40% de novos beneficiários por ano, ou seja, pesquisadores externos que não fizeram uso das instalações do CNPEM em anos anteriores e que passam a compor as equipes de beneficiários externos das diferentes propostas realizadas[1]. A manutenção deste percentual denota importante ampliação e renovação da base de beneficiários.

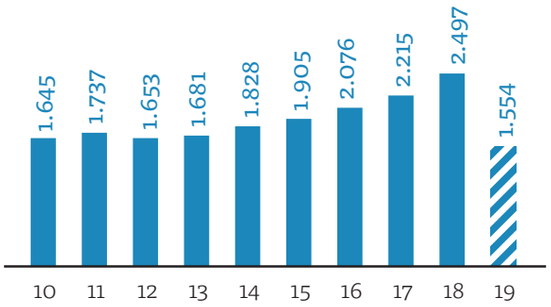
Duas outras informações importantes relacionadas ao perfil deste grupo de pesquisadores beneficiados pelo uso das instalações do Centro são a representatividade dos jovens pesquisadores[2] e o aumento da presença de mulheres nesta estatística.

Dos pesquisadores externos atendidos pelo CNPEM no período, 7.526 mantêm currículo na Plataforma Lattes, o que corresponde a 87% do total, sendo que 3.682 haviam concluído o doutorado antes do ano em que utilizaram as instalações abertas do Centro.

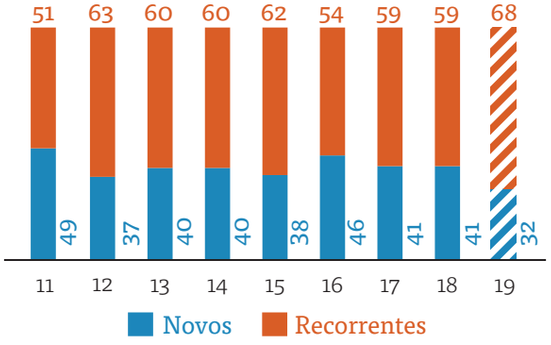
Os jovens pesquisadores representam uma parcela significativa dos doutores atendidos anualmente pelo CNPEM, em média 43%.

1. *Esta estatística utiliza como referência os dados a partir de 2010 e a base comparativa para os anos subsequentes é cumulativa.* **2.** *O tempo de doutorado é o intervalo temporal entre o ano de conclusão do doutorado, ou primeiro doutorado, e o ano em que o indivíduo teve uma proposta de pesquisa executada nas instalações abertas do CNPEM. São considerados jovens pesquisadores os indivíduos com até 6 anos de tempo de doutorado.*

Número de pesquisadores externos (2010-2019)



Participação de novos pesquisadores externos (%)



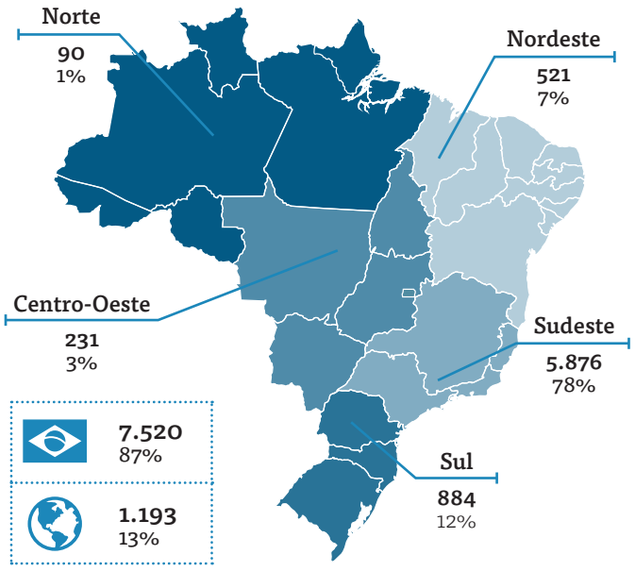
Em seus Laboratórios Nacionais, o CNPEM implementa, mantém e opera instalações abertas, onde pesquisadores de todo o País podem utilizar gratuitamente equipamentos de alta complexidade tecnológica.

Pesquisadores brasileiros e estrangeiros que desejem utilizar as instalações abertas do CNPEM devem submeter suas propostas de pesquisa por meio do sistema online, Portal de Usuários ou SAU Online. O pesquisador deverá apresentar vínculo com alguma instituição de ensino e pesquisa e divulgar os resultados obtidos. As propostas de pesquisa passam por processo de avaliação, incluindo viabilidade técnica e mérito científico.

Para saber mais sobre como utilizar as instalações abertas do CNPEM acesse o QR code, ou consulte nosso site:

http://cnpem.br/servico-de-apoio-ao-usuario-sau/

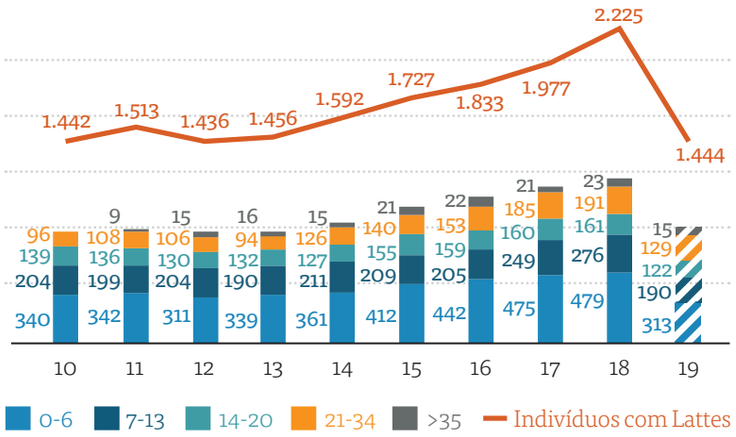
Perfil dos pesquisadores externos atendidos: 2010-2019



Top 20 países beneficiados

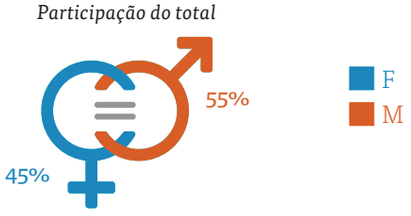
Argentina	560
Estados Unidos	78
Alemanha	65
França	61
Chile	53
Colômbia	48
México	38
Espanha	38
Uruguai	36
Grã-Bretanha	22
Portugal	20
África do Sul	20
Peru	18
Itália	18
Canadá	18
Cuba	17
Suécia	15
Noruega	12
Holanda	8
Austrália	8

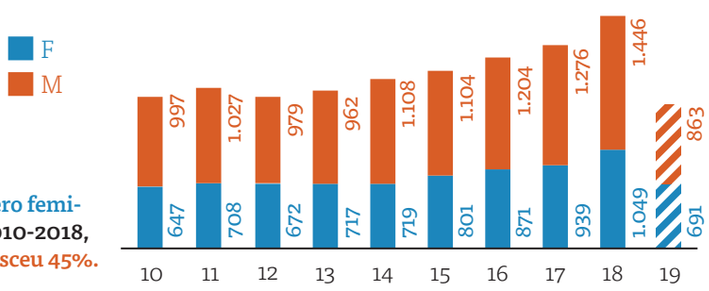
Beneficiários com Lattes por tempo de doutoramento



O número de jovens doutores (até 6 anos) beneficiários do CNPEM aumentou 41% no período de 2010-2018.

Beneficiários por gênero





O número de beneficiários do gênero feminino aumentou 62% no período 2010-2018, enquanto do gênero masculino cresceu 45%.

CNPEM e a Pós-Graduação Brasileira

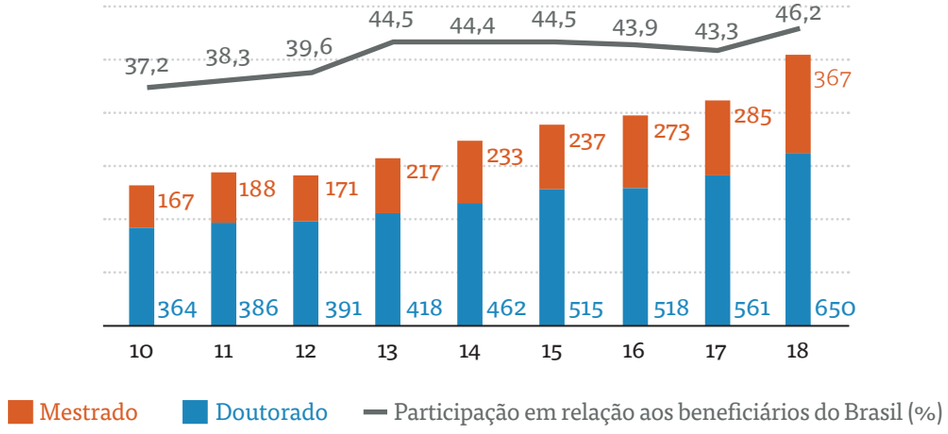
O sistema de pós-graduação brasileiro é reconhecido por sua qualidade e importância para as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) do País. Em 2018, havia 2.387 programas de pós-graduação associados às grandes áreas de atuação do CNPEM[3], o que equivale a 56% do total de programas; e foram titulados mais 15 mil doutores nessas áreas, o que corresponde a 68% do total de doutores titulados no ano. Segundos dados oficiais do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), em 2017 a pós-graduação brasileira concentrava 58% do total de dispêndio público nacional em P&D[4].

Esta seção visa apresentar a contribuição do CNPEM à Pós-Graduação brasileira por meio do apoio às atividades de pesquisa executadas por discentes e docentes.

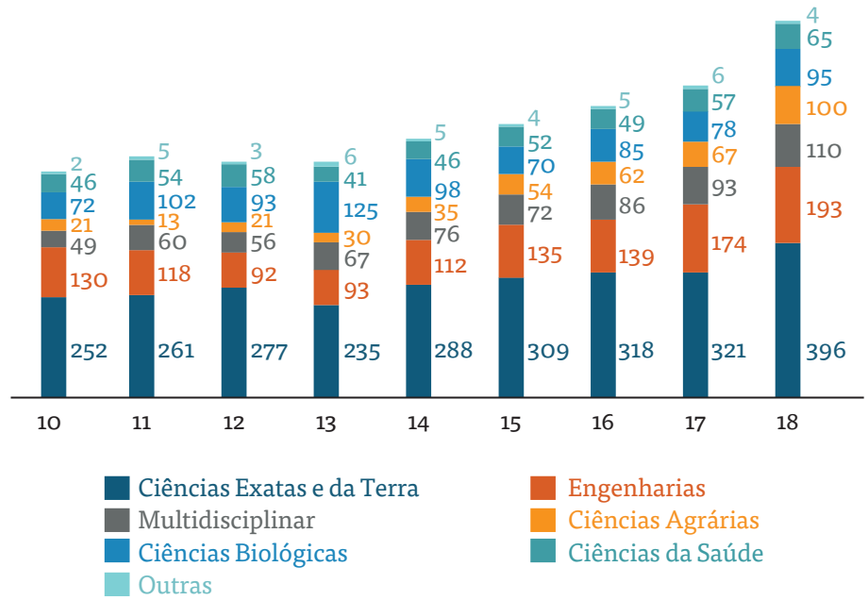
No período de 2010-2018, em média 43% dos beneficiários externos vinculados às instituições brasileiras atendidos anualmente pelo CNPEM eram discentes em programas de pós-graduação[5]. Ao todo, foram atendidos 3.945 mestrandos e doutorandos, vinculados a 546 Programas de Pós-Graduação de 135 Instituições de Ensino e Pesquisa[6]. Tais resultados indicam a contribuição do CNPEM para a execução de atividades de pesquisa associadas à pós-graduação e, consequentemente, para seu fortalecimento.

3. *Foram consideradas as grandes áreas de: Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, Ciências da Saúde, Ciências Exatas e da Terra, Engenharias e Multidisciplinar, nas modalidades Mestrado e Doutorado (exclui Mestrado/Doutorado Profissional). Dados: https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/.* **4.** *Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação - Edição 2019. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html.* **5.** *A identificação dos beneficiários discentes em programas de pós-graduação nos níveis de mestrado e doutorado utilizou informações dos Dados Abertos Capes. Disponível em: https://dadosabertos.capes.gov.br/dataset. Foram computados como discentes os indivíduos cadastrados em programas de pós-graduação, nos níveis de mestrado ou doutorado, no mesmo ano em que participaram de propostas atendidas pelo CNPEM. No caso de um indivíduo estar matriculado em dois níveis no mesmo ano, sua contagem estará duplicada contribuindo para o cômputo geral de ambos os graus.* **6.** *Os campi das universidades foram computados individualmente.*

Beneficiários discentes da pós-graduação (2010-2018)



Beneficiários discentes por área



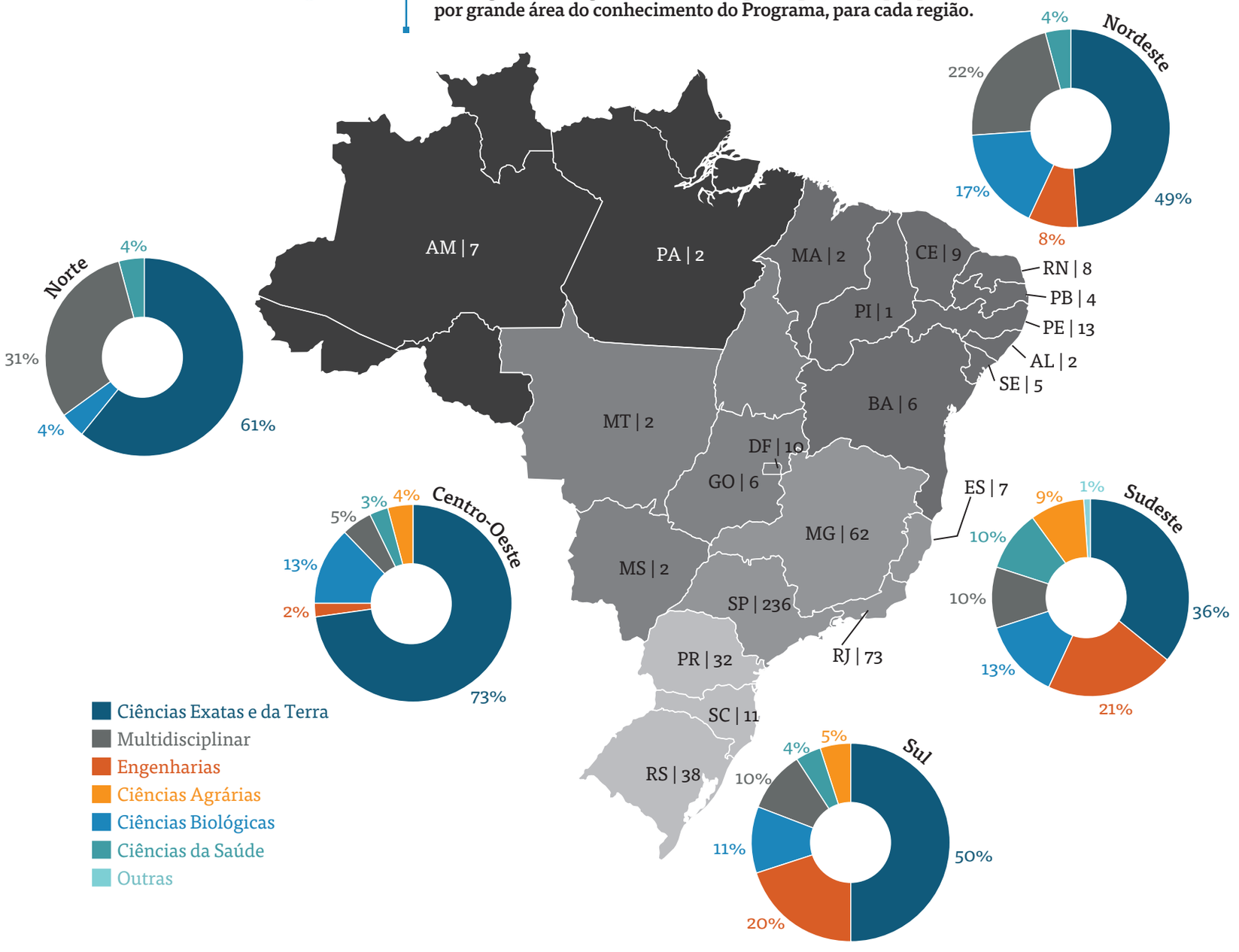
Ciências Agrárias e Multidisciplinar se destacam como as áreas com maior crescimento no número de beneficiários atendidos no período de 2010-2018.

Programas de pós-graduação dos beneficiários discentes (2010-2018)

22 Estados + DF
135 Instituições
546 Programas

No período de 2010-2018, o CNPEM atendeu em suas instalações beneficiários discentes em diversos Programas de Pós-Graduação.

A ilustração a seguir exibe a diversidade regional e das áreas do conhecimento dos programas beneficiados. O mapa apresenta o número de Programas e os gráficos indicam a participação dos pesquisadores por grande área do conhecimento do Programa, para cada região.



Beneficiários docentes em Programas de Pós-Graduação

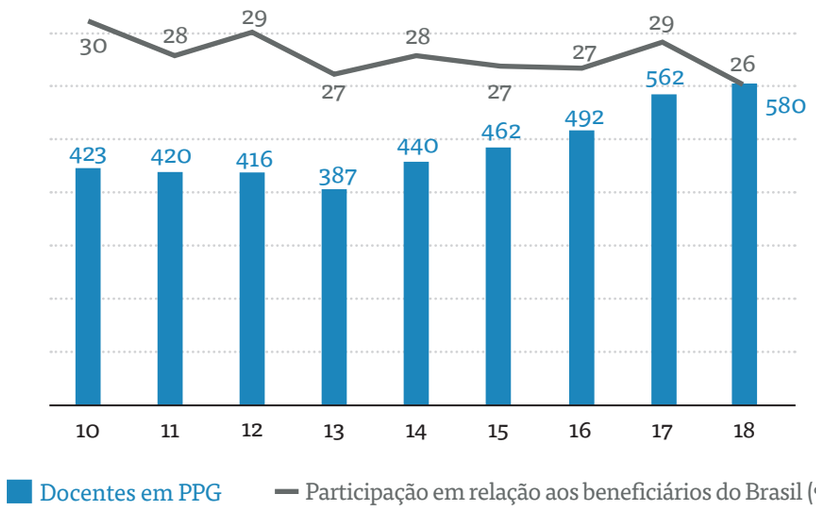
Além dos discentes, o CNPEM atendeu 1.578 docentes em Programas de Pós-Graduação[7] no período de 2010-2018. Em média, 28% dos beneficiários externos vinculados às instituições brasileiras atendidos anualmente pelo CNPEM eram docentes em programas de pós-graduação. Este grupo de pesquisadores esteve vinculado a 152 Instituições de Ensino e Pesquisa[8] e 971 Programas de Pós-Graduação distintos.

Esses docentes atuam, majoritariamente, em Programas de Pós-Graduação na área de Ciências Exatas e da Terra (35% do total), seguidos pelas áreas de Engenharia e Multidisciplinar, ambas concentrando 17% do total de pesquisadores cada.

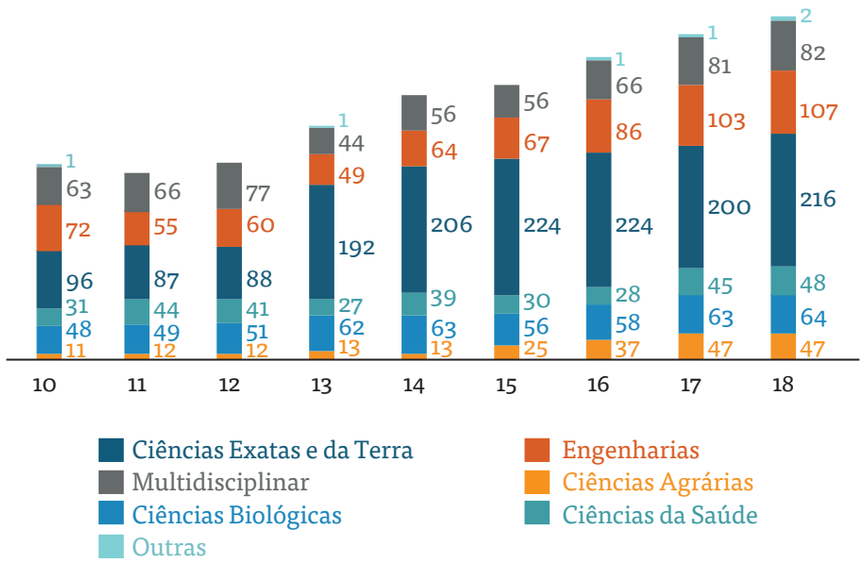
No período de 2010-2018, 93% dos beneficiários docentes possuíam vínculo permanente com Programas de Pós-Graduação, sendo que 267 deles possuía vínculo em mais de um Programa. Destaca-se também que 93,9% dos docentes atuam em Programas das esferas Federais e Estaduais.

Ainda em termos de perfil, esses docentes são, majoritariamente, do gênero masculino (68% do total) e possuem tempo de doutoramento superior a 7 anos. O grupo de docentes com 21 ou mais anos de doutoramento foi o que apresentou maior crescimento no período analisado. Este resultado é um indicativo de que as instalações laboratoriais do CNPEM também têm atraído anualmente pesquisadores com sólida experiência em pesquisa.

Beneficiários docentes da pós-graduação (2010-2018)



Beneficiários docentes da pós-graduação por área

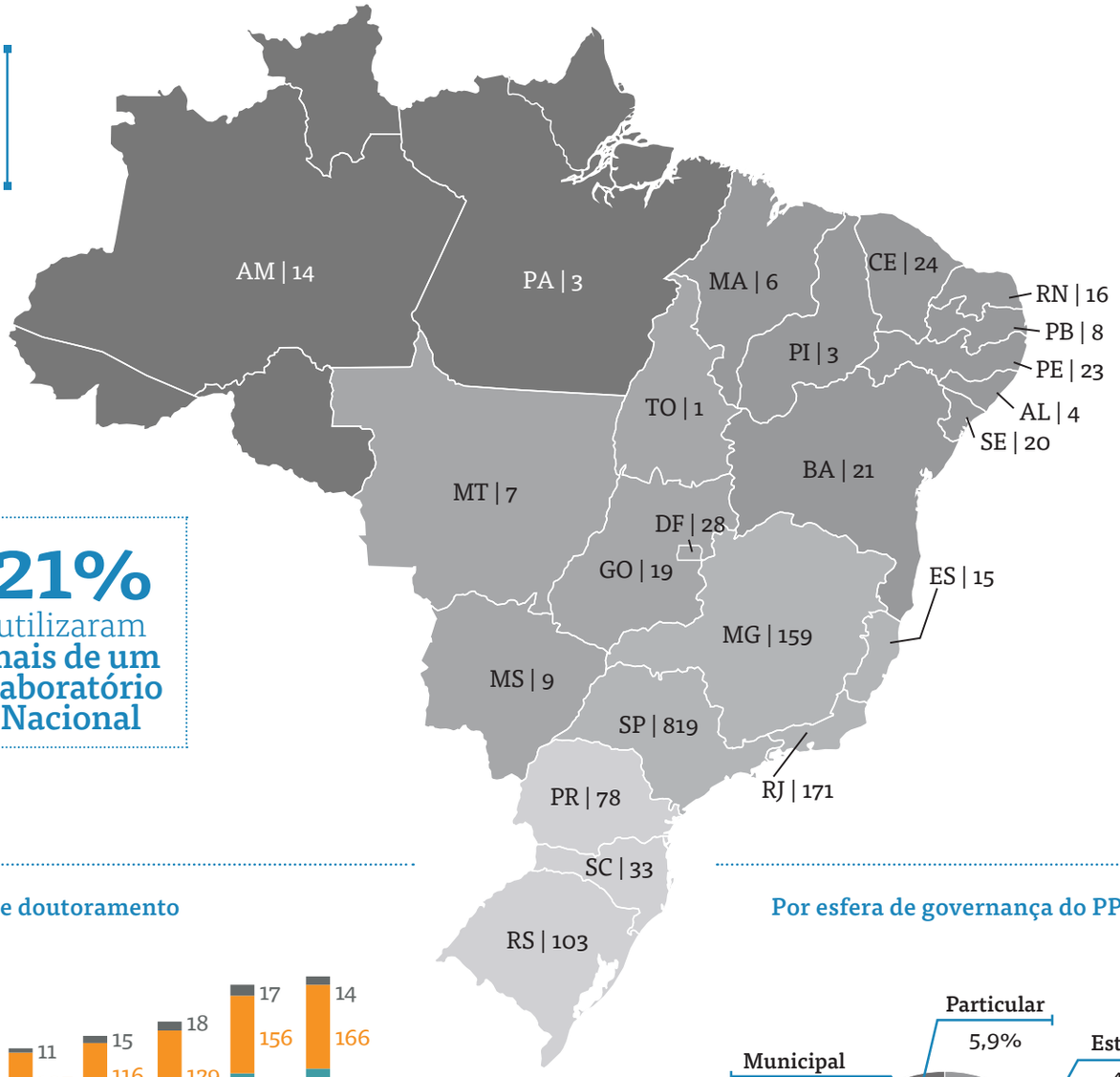


Ciências Agrárias e Ciências Exatas e da Terra se destacam como as áreas com maior crescimento no número de beneficiários docentes atendidos no período de 2010-2018.

7. *A identificação dos beneficiários docentes em programas de pós-graduação também utilizou informações dos Dados Abertos Capes. Disponível em: https://dadosabertos.capes.gov.br/dataset. Foram computados como docentes, os indivíduos associados aos programas de pós-graduação de modalidade acadêmica, nos níveis de mestrado ou doutorado, no mesmo ano em que participaram de propostas atendidas pelo CNPEM. O número total apresentado representa contagem de indivíduos únicos, entretanto, no caso de um indivíduo estar associado em mais de um programa no mesmo ano, sua contagem poderá ser duplicada nos gráficos que apresentam os programas por Grande Área ou Unidade Federativa.* **8.** *Os campi das universidades foram computados individualmente.*

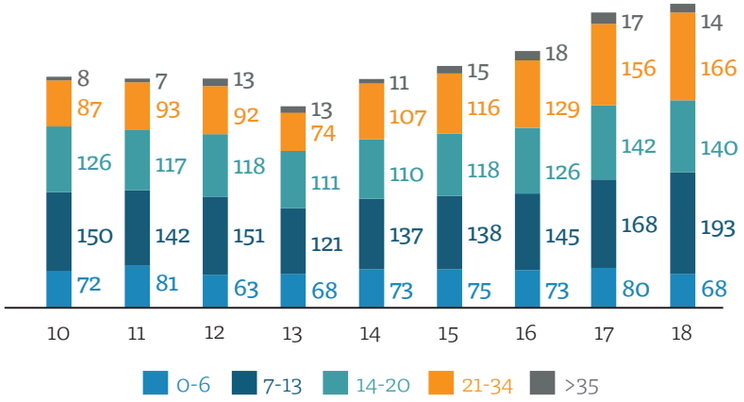
Perfil dos beneficiários docentes da pós-graduação (2010-2018)

22 Estados + DF
152 Instituições
971 Programas

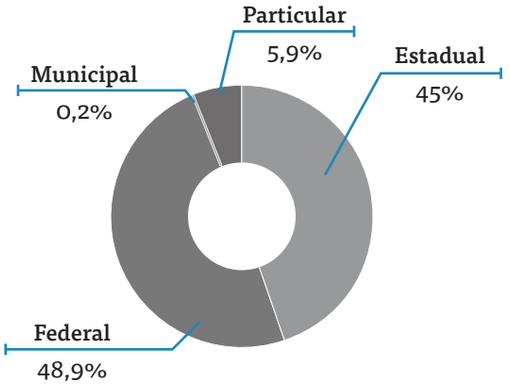


21% utilizaram **mais de um Laboratório Nacional**

Por tempo de doutoramento



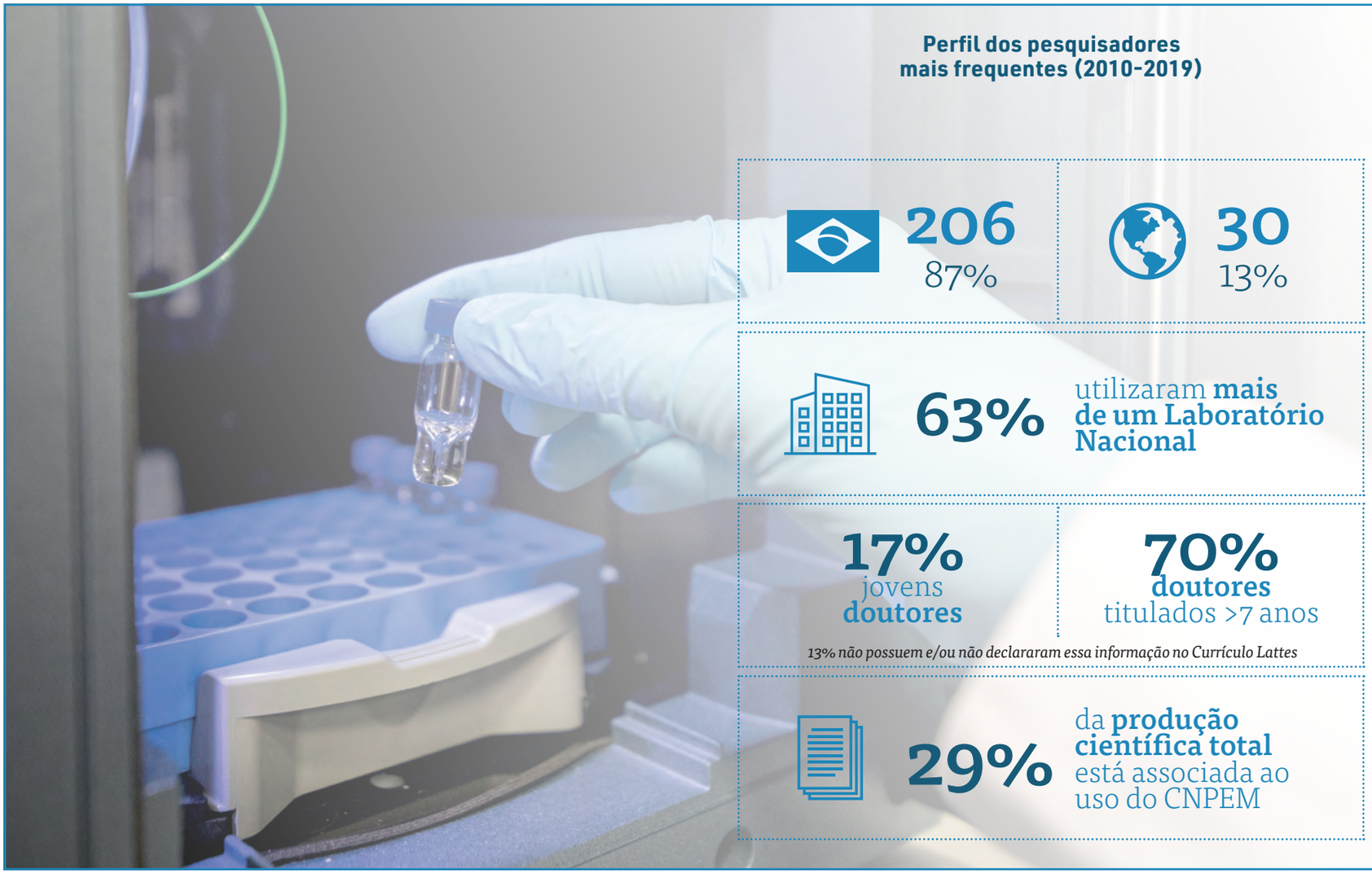
Por esfera de governança do PPG



Pesquisadores mais frequentes no CNPEM

O CNPEM tem atendido anualmente uma parcela de pesquisadores que utilizam recorrentemente as instalações do Centro. Aproximadamente 60% dos beneficiários atendidos no ano já utilizaram as instalações do CNPEM pelo menos uma vez em anos anteriores, enquanto 40% representam novos beneficiários. Ambos percentuais revelam diagnósticos importantes sobre o apoio do CNPEM à comunidade científica. A taxa de novos beneficiários reflete a ampliação e renovação da base de beneficiários como reflexo da contínua formação de novos pesquisadores no Brasil, da disponibilização de novas técnicas experimentais e dos esforços de capacitação e divulgação do Centro. Em contraponto, a taxa de pesquisadores recorrentes traz indícios sobre o apoio continuado ao desenvolvimento das pesquisas de alguns grupos. Este último item será explorado aqui.

Entre os anos de 2010 e 2019, 1.364 pesquisadores utilizaram uma ou mais instalações do Centro em quatro anos ou mais, ou seja, 16% dos pesquisadores beneficiados pelas uso das instalações do CNPEM tiveram propostas de pesquisa em execução em 4 dos 10 anos contabilizados. Há ainda um grupo de 236 pesquisadores que utilizaram as instalações do CNPEM em pelo menos 8 anos – aqui chamado *"pesquisadores mais frequentes"*. A partir de informações extraídas da Plataforma Lattes[9], o perfil desse grupo de pesquisadores foi analisado considerando duas perspectivas: produção científica com apoio explícito do CNPEM em relação à produção científica total, e uso do CNPEM por alunos da pós-graduação ou pós-doutores orientados ou supervisionados por este conjunto seleto de pesquisadores. Esta análise exemplifica a influência do Centro na condução de linhas de pesquisa de maneira mais permanente ao longo do período. Entende-se que os resultados demonstrados estão atrelados a um subconjunto altamente



Perfil dos pesquisadores mais frequentes (2010-2019)

206 87%

30 13%

63% utilizaram **mais de um Laboratório Nacional**

17% jovens **doutores**

70% **doutores** titulados >7 anos

13% não possuem e/ou não declararam essa informação no Currículo Lattes

29% da **produção científica total** está associada ao uso do CNPEM

9. *Dos 236 beneficiários mais frequentes atendidos pelo CNPEM no período de 2010-2019, foi recuperado o Currículo Lattes de 211 indivíduos, o que corresponde a uma taxa de cobertura de 89% do total. Os outros 25 pesquisadores apresentam informação de vínculo a instituições estrangeiras no sistema interno de gestão das instalações do Centro.*

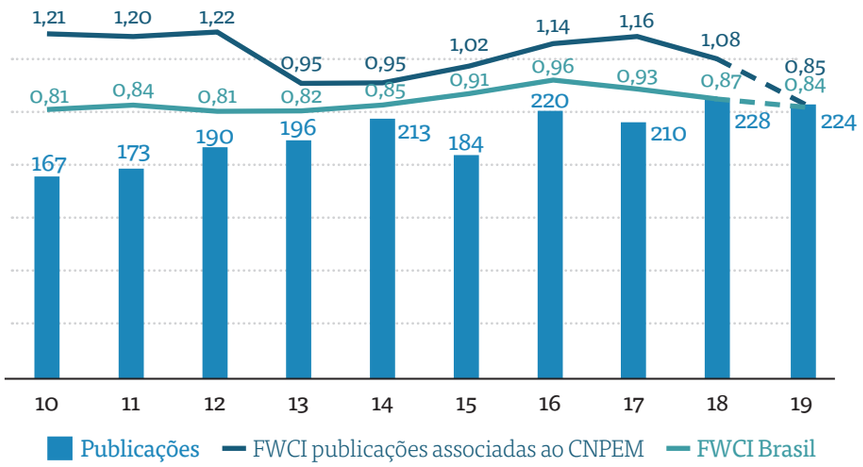
recorrente no Centro, entretanto é possível imaginar que efeitos similares podem ser encontrados em outros conjuntos de pesquisadores beneficiados.

Os beneficiários mais frequentes do CNPEM no período atuam, principalmente, nas áreas de Física, Química, Bioquímica e Engenharia de Materiais e Metalúrgica – em conjunto, essas áreas concentram 81% do total.

Produção científica: entre os anos de 2010-2019, o conjunto de 211 pesquisadores analisados foi responsável por 6.976 publicações científicas[10], das quais 2.005 (29%) pertencem ao universo de publicações com agradecimento explícito ao uso da infraestrutura laboratorial do Centro. Destaca-se que essas publicações apresentam impacto de citação ponderado por área do conhecimento (FWCI[11]) médio de 1,10 no período de 2010-2018, o que significa que foram citadas 10% a mais que a média mundial para publicações semelhantes. Este resultado é um indicativo de que esses pesquisadores produzem ciência de elevado impacto e prestígio.

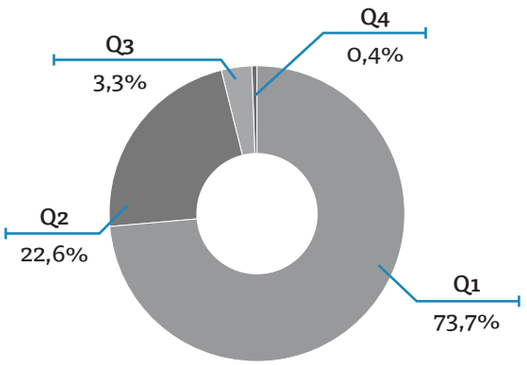
Orientação e supervisão: no mesmo período, este grupo de pesquisadores foi responsável pela orientação e supervisão de 2.414 estudantes de pós-graduação e pós-doutores. Destaca-se que 45% desses orientados e supervisionados foram beneficiários das instalações do CNPEM no período de análise. Este resultado indica o que denominamos "efeito multiplicador", em que a partir das relações de orientação de pesquisa há uma expansão da comunidade cientifica atendida pelo Centro. Estes jovens pesquisadores, por sua vez, passam a desenvolver trabalhos utilizando as instalações do Centro ao longo de sua trajetória profissional, resultando em uma maior abrangência de instituições e geográfica.

Publicações associadas ao CNPEM*



Correspondem às publicações dos 211 pesquisadores com Currículo Lattes.

Publicações por quartil**



**36 publicações não apresentaram quartil disponível.*

45%
dos **orientados e supervisionados** foram beneficiados pelo CNPEM

Efeito multiplicador

236	**pesquisadores mais frequentes**	**1.087**	**orientados e supervisionados**
46	**instituições**	**120**	**instituições**
6	**países**	**12**	**países**

10. *A identificação da produção científica dos beneficiários frequentes foi baseada em informações da Plataforma Lattes.* **11.** *Indica de que forma o número de citações recebidas por um conjunto de publicações se compara com o número médio de citações recebidas por todas as outras publicações similares. Informação extraída da Plataforma SciVal, da Elsevier. Dados cedidos ao CNPEM pelo Geopi/Unicamp.*

Uma palinha dos pesquisadores que utilizam as instalações abertas do CNPEM

SAMARA ALVES TESTONI

Engenheira Agronômica, Mestre em Ciência do Solo e Doutoranda em Ciência do Solo na Universidade Federal do Paraná. Trabalha com avaliação de vestígios de solos forenses

Pra você, o que é ser cientista?

"Ser cientista é, principalmente, ser curioso. **Enquanto há questionamentos borbulhando na mente, há ciência.** Se tivéssemos respostas pra tudo, não precisaríamos da ciência. Além disso, ser cientista é encontrar um mundo de possibilidades a cada avanço na pesquisa. Costumo sempre pensar que nada está definido, para tudo há possibilidades. E falando de solos, esta é uma verdade incontestável, pois os solos são sistemas complexos, onde há organismos, há minerais e há reações químicas interagindo simultânea e ininterruptamente no solo. É exatamente por sua natureza dinâmica que se torna tão encantador aos olhos de um cientista."

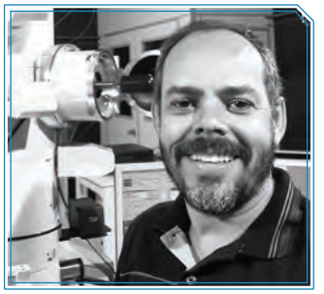
ISABELLE B. CORDEIRO

Bióloga, Doutora em Biologia Funcional e Molecular. Professora no Centro Universitário Fametro, em Manaus - AM. Trabalha com Identificação de proteínas por espectrometria de massas e vai trabalhar com Impactos climáticos e de uso da terra da integração de cadeias de produção de bioenergia e pecuária.

Por que sua pesquisa necessita das estruturas do CNPEM?

"O CNPEM tem uma elevada importância no desenvolvimento das pesquisas que estamos realizando aqui no Amazonas. A biodiversidade encontrada em nossa região nos permitiu isolar bactérias e fungos com potencial biodegradador, principalmente de petróleo e diesel, nos direcionando para desenvolvimento de produtos biotecnológicos a partir do conhecimento e entendimento das rotas metabólicas que essas bactérias possuem.

A instalação de Espectrometria de Massas do LNBio é fundamental por nos proporcionar a identificação das proteínas que isolamos dos extratos bacterianos. Graças ao laboratório multiusuários temos a oportunidade de enriquecer nossos dados, compreender mais claramente os processos que ocorrem nessas bactérias e aumentar o impacto das nossas publicações."



JULIO CESAR M. DA SILVA

Químico. Doutor em Ciência e Tecnologia em Química. Pós-doc no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN. Trabalha com a síntese e caracterização de materiais nanoestruturados para aplicação em eletrocatálise.

Qual o objetivo do seu trabalho?

"Meu objetivo é sintetizar nanomateriais para aplicação como eletrocatalisadores em células a combustível, buscando aumentar a eficiência desses dispositivos na conversão de energia química em energia elétrica. **Tais dispositivos poderão num futuro próximo substituir os motores a combustão nos automóveis.**

Para isso, utilizo o microscópio eletrônico de transmissão TEM-FEG, do LNNano. As análises de microscopia geram informações sobre o formato das nanopartículas e como os diferentes elementos químicos usados na síntese estão distribuídos nesses nanomateriais."

A estudante equatoriana Bianca utilizou a instalação DXAS pela primeira vez em 2018.

Aplicações de nanopartículas magnéticas em biomedicina

BIANCA MONSERRAT GALEANO VILLAR
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

Orientador: *Flávio Garcia*
Instalação utilizada: *LNLS/Linha de espectroscopia dispersiva de absorção de raios X (DXAS)*

O pesquisador Flávio Garcia faz parte do Centro Brasileiros de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro, e submete projetos com frequência para utilizar a luz síncrotron no estudo de aplicações de propriedades magnéticas de materiais.

Em 2018, Flávio orientou a estudante Bianca Monserrat no estudo de cinética de redução de nanotubos de óxido de ferro para aplicação em materiais biológicos.

"A gente procura reduzir, ou seja, transformar óxido de ferro em ferro metálico, objetivando, no final, ter algumas propriedades dessa nanopartícula que sejam adequadas para determinadas aplicações biomédicas, por exemplo. Existem vários tipos de aplicações possíveis. Uma delas é a hipertermia magnética aplicada em pacientes acometido por câncer ou alguma doença grave. Você pega uma nanopartícula com essas propriedades, direciona ela à região afetada pela doença e, aplicando campo magnético, aquece essa região, levando as células tumorais à morte.

Outra aplicação biomédica é a separação magnética. Eu posso pegar uma nanopartícula que responde ao campo magnético, e funcionalizar a superfície dela de forma que se ligue a essa proteína expressa na superfície celular, e depois, com um imã, por exemplo, eu separo essas células.

Nosso enfoque é mais físico, do entendimento das propriedades, sobretudo no magnetismo. A gente procura entender e interpretar as propriedades magnéticas desses materiais para adequá-los a determinadas aplicações", explica o orientador Flávio.

Técnicas permitem ampliar conhecimento sobre megafauna brasileira

Carolina Santa Isabel Nascimento é estudante de doutorado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Um dos objetivos da pesquisa de Carolina é descobrir hábitos e comportamentos alimentares de animais da megafauna brasileira, através da identificação direta ou indireta de restos de vegetais, ossos, pelos ou parasitas. Para isso, ela estuda micro-inclusões em fezes fossilizadas de animais (coprólitos), utilizando amostras de diferentes sítios arqueológicos e paleontológicos brasileiros. Segundo a pesquisadora, as técnicas clássicas de análise desse tipo de material são destrutivas e contraindicadas para trabalhos com amostras tão raras quanto fósseis. O uso da microtomografia de raios X permite recuperar informações detalhadas sem danificar as amostras.

Ao longo de seus estudos, Carolina descobriu o potencial do uso de técnicas de luz síncrotron em sua área de pesquisa, e durante uma visita da Universidade ao Centro pôde conhecer melhor as instalações laboratoriais do CNPEM e suas potencialidades.

"**Muitas vezes, em um sítio paleontológico, não encontramos o esqueleto do animal, mas temos evidências de sua passagem por aquele território.** O coprólito é uma dessas evidências."

Carolina utilizou a linha de luz IMX para realizar microtomografias de raios X de amostras de fezes fósseis.

CAROLINA SANTA ISABEL NASCIMENTO
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Orientador: *Marcelo Adorna Fernandes*
Instalação utilizada: *LNLS/microtomografia por raios X (IMX)*

A estudante Michelle no LNBio.

As causas da esquizofrenia

MICHELLE S. CARVALHO
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Orientador: *Acioly Luiz Tavares Lacerda*
Instalação utilizada: *LNBio/ Ressonância Magnética Nuclear*

Esquizofrenia é uma doença mental severa com múltiplas causas, mas processos bioquímicos específicos causadores da doença ainda são desconhecidos.

O objetivo do trabalho de Michelle Carvalho, orientada por Acioly Luiz Lacerda, é identificar moléculas úteis para diagnóstico, monitoramento e caracterização deste transtorno psiquiátrico. Os usuários, pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), utilizaram a Ressonância Magnética Nuclear para analisar e comparar aminoácidos importantes nas sínteses proteicas de indivíduos saudáveis e esquizofrênicos.

"**O reconhecimento destas moléculas poderá contribuir para o desenvolvimento futuro de um exame de sangue** capaz de orientar o médico na tomada de decisão pelo tratamento mais apropriado para o paciente conforme o estágio de evolução da doença."

Etanol e a diversificação da matriz energética no México

Mónica Guadalupe López Ortega é estudante de doutorado do Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), localizado no México.

Mónica explica que o México busca diversificar sua matriz energética e, nesse contexto, considera introduzir o uso de etanol. Seu projeto dedica-se a avaliação da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar para o contexto específico do México.

"Com a ajuda de um computador equipado com softwares específicos é possível simular uma usina de processamento de cana-de-açúcar e avaliar seus impactos econômicos, sociais e ambientais"

Mónica ficou no Brasil por aproximadamente seis meses e conheceu o CNPEM por meio de artigos científicos específicos da área.

"Aqui estou rodeada de especialistas no tema que estou trabalhando. Posso sair do escritório, dar alguns passos e conversar com alguém com muita experiência no tema"

"Ser cientista é um processo de aprendizagem que nunca termina."

MÓNICA GUADALUPE LÓPEZ ORTEGA
Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)

Instalação utilizada: *LNBR/ Biorrefinaria virtual de cana-de-açúcar*

Mónica no LNBR.

Daniele no LNNano.

A evolução das aranhas

DANIELE POLOTOW
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

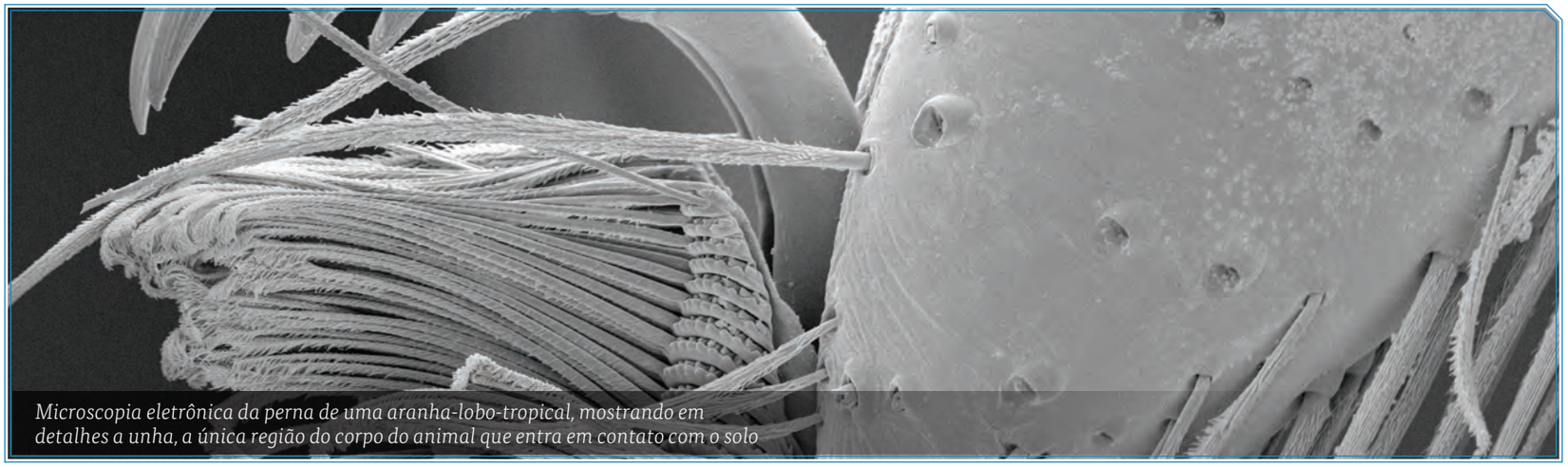
Instalação utilizada: *Laboratório de materiais nanoestruturados*

Em busca de um equipamento que pudesse fazer tomografias em 3D de partes milimétricas de seu objeto de estudos, as aranhas, Daniele Polotow viajou até a Alemanha antes de saber que o CNPEM possui a mesma tecnologia, o chamado *CT Scan* ou *X-ray Microtomograph Skyscan 1272*.

Daniele trabalha com taxonomia de aranhas neotropicais da família Ctenidae, popularmente conhecida como Aranha-Lobo-Tropical. Seu atual foco consiste em analisar uma característica evolutiva peculiar em machos adultos de várias espécies: a quarta perna em forma de S.

O objetivo é descobrir quais condições permitiram a perpetuação dessa característica nestes grupos de aranhas e o que mais esse atributo pode representar.

"São análises minuciosas de espécies de plantas e animais que formam a base de pesquisas complexas."



Microscopia eletrônica da perna de uma aranha-lobo-tropical, mostrando em detalhes a unha, a única região do corpo do animal que entra em contato com o solo

Professor Antônio Vargas e sua equipe.

A Vassoura de Bruxa desmistificada

ANTONIO V. DE OLIVEIRA FIGUEIRA
Universidade de São Paulo - USP

Instalação utilizada:
LNBR/ Metabolômica

Antonio Vargas de Oliveira Figueira é professor no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP).

Antônio e sua equipe investigam as alterações bioquímicas e fisiológicas induzidas pela infecção do tomateiro pelo fungo *Moniliophthora perniciosa*, causador da vassoura de bruxa do cacaueiro. Eles empregam o tomateiro como modelo genético por ser uma planta de porte reduzido e com isso podem analisar todo o impacto da infecção na produtividade e fisiologia das plantas afetadas.

"O trabalho demonstrou que a infecção pelo fungo induz a formação de um dreno metabólico na região afetada que reduz drasticamente a produção de frutos e afeta negativamente a formação de raízes, o que pode justificar o grande impacto da doença na produção de cacau do sul da Bahia."

Investigando as propriedades de nanopartículas metálicas

Nas nanopartículas, o confinamento espacial altera a estrutura eletrônica, e seu tamanho diminuto viabiliza formações geométricas variadas, distorcidas e simetrias proibidas em sistemas macroscópicos. Essa complexidade é ainda maior em sistemas multimetálicos, permitindo diferentes tipos de arranjo atômico e estrutura eletrônica. A quantificação da composição química dessas nanopartículas é uma questão fundamental para o entendimento de novos fenômenos.

"Ao utilizar o microscópio eletrônico de transmissão em varredura combinado com espectroscopia por fluorescência de raio X, foi possível investigar nanopartículas bimetálicas individualmente, o que permite responder às perguntas propostas em nosso projeto.", diz o supervisor da pesquisa, Varlei Rodrigues.

"Decidimos utilizar as instalações do CNPEM devido à sua infraestrutura, que possui microscópios eletrônicos de transmissão com características técnicas necessárias para realizar medidas em nanoescala.", explica o pesquisador Murilo Moreira.

MURILO HENRIQUE MARTINEZ MOREIRA
Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW-Unicamp)

Orientador:
Varlei Rodrigues
Instalação utilizada:
LNNano/LMF, LME – Titan Themis e TEM-FEG 2100F

Murilo Moreira e Varlei Rodrigues no LNNano.

Rejane no LNBio.

A busca pelo fim da malária

REJANE DE CASTRO SIMÕES
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instalação utilizada:
LNBio/Laboratório de Espectrometria de Massas

Para saber mais acesse o QR code:

O foco da pesquisa de Rejane está na identificação de proteínas presentes no estômago do mosquito transmissor da malária, o *Anopheles darlingi*. Estudos realizados com mosquitos de espécie próxima demonstram a existência de uma proteína em seu estômago capaz de bloquear o parasita causador da malária, *Plasmodium vivax*. Segundo Rejane, a partir desta proteína seria possível desenvolver em laboratório inseticidas e larvicidas capazes de bloquear o desenvolvimento do parasita dentro do hospedeiro, alcançando o maior enfoque da Organização Mundial da Saúde, que é desenvolver produtos que eliminem o parasita do mosquito sem agredir o homem ou a natureza.

Rejane de Castro Simões utilizou a espectrometria de massas para identificar e caracterizar peptídeos encontrados em estômagos de mosquitos adultos alimentados com sangue de voluntários infectados pela malária.

"Eu sempre quis desenvolver algo que pudesse retornar para a comunidade. É como se eu estivesse devendo para a comunidade aquilo que eles estão investindo em mim. É mais do que justo dar o retorno. É através de seus impostos que estamos aqui."

Pesquisadores capacitados

A capacitação e contínua qualificação de recursos humanos dedicados a temas na fronteira do conhecimento contribui para a consolidação de um ambiente de pesquisa criativo, produtivo e sustentável. Por meio da promoção de atividades de capacitação e treinamento, o CNPEM atua na formação complementar e contínua qualificação de recursos humanos. Esse processo visa habilitar pesquisadores externos no uso de diferentes técnicas experimentais e difundir o conhecimento em temas de competência singulares do Centro. Nesse sentido, os esforços de capacitação do CNPEM contribuem tanto para a contínua ampliação de sua base de usuários externos, quanto para capacitar os pesquisadores na operação de técnicas de pesquisa disponíveis, sejam elas singulares ao Centro ou disponíveis em suas instituições de vínculo.

No período de 2010-2019, o CNPEM promoveu 94 eventos de capacitação que reuniram mais de 3.000 participantes afiliados à 601 instituições oriundas do Brasil e outros 52 países. Em média, o Centro promoveu a capacitação 328 pesquisadores ao ano.

Participantes de eventos de capacitação (2010-2019)

3.085 pesquisadores capacitados

27% também fizeram uso das **instalações abertas do CNPEM**

226 **indivíduos participaram** de mais de um evento

95 indivíduos participaram de **eventos promovidos por mais de um Laboratório Nacional do Centro**

Abrangência geográfica

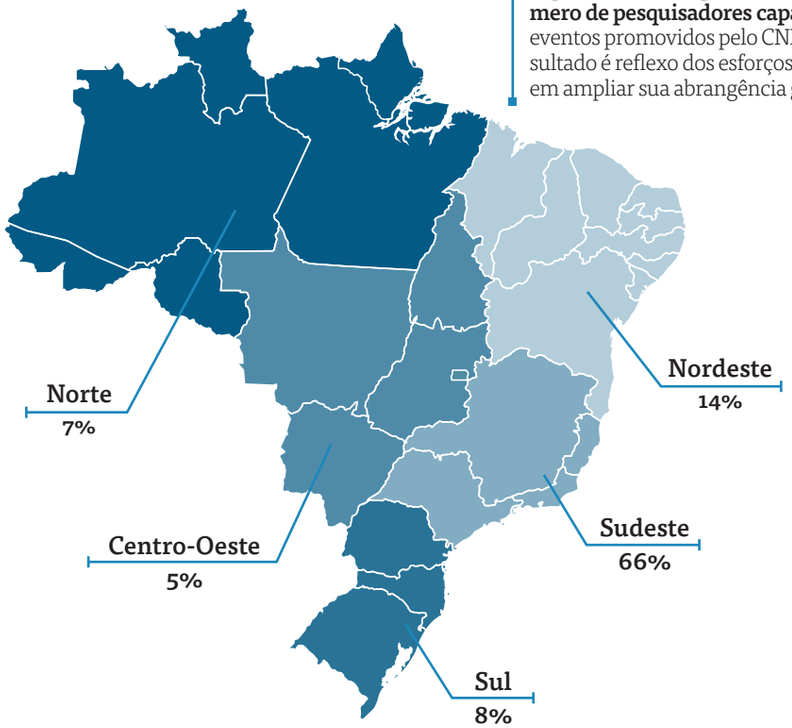
2.446 82%

547 18%

Considera-se a localização da instituição de vínculo do pesquisador informada na inscrição do evento. Portanto, é possível haver contagem duplicada entre países e estados brasileiros para pesquisadores que participaram de mais de um evento. Há 121 pesquisadores com informações indisponíveis.

Capacitados por região

A **região nordeste ocupa o segundo lugar dentre as regiões com maior número de pesquisadores capacitados** em eventos promovidos pelo CNPEM. Este resultado é reflexo dos esforços do CNPEM em ampliar sua abrangência geográfica.



Ranking de capacitação por país de afiliação

Argentina	96
Estados Unidos	60
Alemanha	38
Uruguai	35
França	33
Colômbia	30
Reino Unido	28
Canadá	18
Portugal	16
Chile	15
Suíça	12
México	12
Índia	11
Espanha	10
China	10
Cuba	9
África do Sul	9
Itália	8
Peru	7
Japão	7
Holanda	7
Austrália	7
República Tcheca	6
Irã	6
Bélgica	6

Um pouco sobre os pesquisadores e professores capacitados

*Para mais informações sobre eventos de capacitação ver **Capítulo 5, Semeando Conhecimento.***

1ª Escola de Síncrotron para Professores de Ensino Médio (ESPEM)

A 1ª ESPEM, organizada em janeiro de 2019 pelo LNLS, em conjunto com a Sociedade Brasileira de Física (SBF), trouxe 20 professores de ensino médio da rede pública de 16 estados e do DF ao campus do CNPEM. Por uma semana, os docentes tiveram uma experiência de imersão nas atividades de pesquisa e desenvolvimento do Centro, com o objetivo de levar ideias da física moderna às salas de aula em que atuam.

"É um grande incentivador para que os professores continuem na luta pela educação."
Dulce de Oliveira, de Boa Vista (RR)

"Servirá para explicar que há um mundo a ser explorado."
Frantchesco de Alencar, de Chapada dos Guimarães (MT)

A primeira ESPEM contou com professores da rede pública de 16 estados brasileiros e Distrito Federal.

1ª Conferência em Materiais com Aplicações Multidisciplinares

A 1ª Conferência em Materiais com Aplicações Multidisciplinares aconteceu em março de 2018, na cidade de Manaus - AM, e tem como objetivos a divulgação de pesquisas locais e nacionais, motivar a colaboração e a troca de conhecimentos entre os participantes, e inserir a abordagem das ciências dos materiais em outros ramos da pesquisa. O evento contou com a colaboração do LNNano, que ofereceu palestras e dois minicursos na área de nanotecnologia, além de oportunidades para colaborações científicas com a comunidade acadêmica da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

"Para a UFAM, esse evento foi ímpar, possibilitou que muitos alunos tivessem contato com temas avançados de pesquisa. Nossos alunos são muito carentes de eventos de alto nível e o CNPEM veio preencher este vazio."
Içamira Costa Nogueira, professora adjunta do Departamento de Física – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

III Curso de Introdução à Nanotecnologia & Nanotoxicologia

No mês de outubro de 2018, o LNNano recebeu 100 participantes de diversas áreas, selecionados dentre mais de 500 inscritos, para a terceira edição do curso gratuito de Introdução à Nanotecnologia e Nanotoxicologia.

Foram abordados temas relacionados à modelagem, caracterização, aplicações industriais de nanomateriais; toxicologia e nanossegurança; além de aspectos envolvendo legislação e marco regulatório da nanotecnologia no Brasil.

Ivandick Cruzelles cursa Doutorado em Direito do Trabalho na Universidade de São Paulo

"O desafio da minha área de estudo está no desenvolvimento de uma regulação da nanotecnologia que garanta o equilíbrio entre os benefícios e riscos por ela criados."

Métodos de avaliação do potencial de irritação e corrosão ocular que utilizam modelos in vitro de córnea

Iniciativa da Plataforma Regional de Métodos Alternativos ao Uso de Animais de Experimentação – PReMASUL, o objetivo do curso é capacitar os participantes para a realização de ensaios de identificação de substâncias que causam danos oculares severos, e substâncias que não produzem dano. O curso também abordou o ensaio baseado em córnea humana reconstituída e as novas metodologias envolvidas para emular a resposta humana.

Helena Campos Rolla da NSF BIOENSAIOS, Porto Alegre (RS)

O que te levou a se inscrever?

"Buscar treinamento/capacitação para implantar o estudo de irritação ocular *in vitro*. Este curso é muito importante para laboratórios/pesquisadores que buscam reduzir ou substituir a utilização de animais."

Luis Paulo Fava da Merieux NutriScience, Piracicaba (SP)

Em que este curso pode te ajudar?

"Em um futuro bem promissor, as informações adquiridas nesse curso me ajudarão na implementação dessas metodologias na empresa em que trabalho, contribuindo para reduzir o uso, dor e estresses dos animais e para o avanço da ciência e tecnologia."

Thays da Silva Mandu mestranda em Ciências, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP)

As pesquisas de Thays focam em estudos que avaliam a interação e os aspectos comportamentais de nanopartículas aplicadas em matrizes ambientais.

"Neste contexto, o curso torna-se útil por permitir melhor compreensão sobre as propriedades destes materiais, assim como sua dinâmica de interação, que muito se difere da dinâmica molecular."

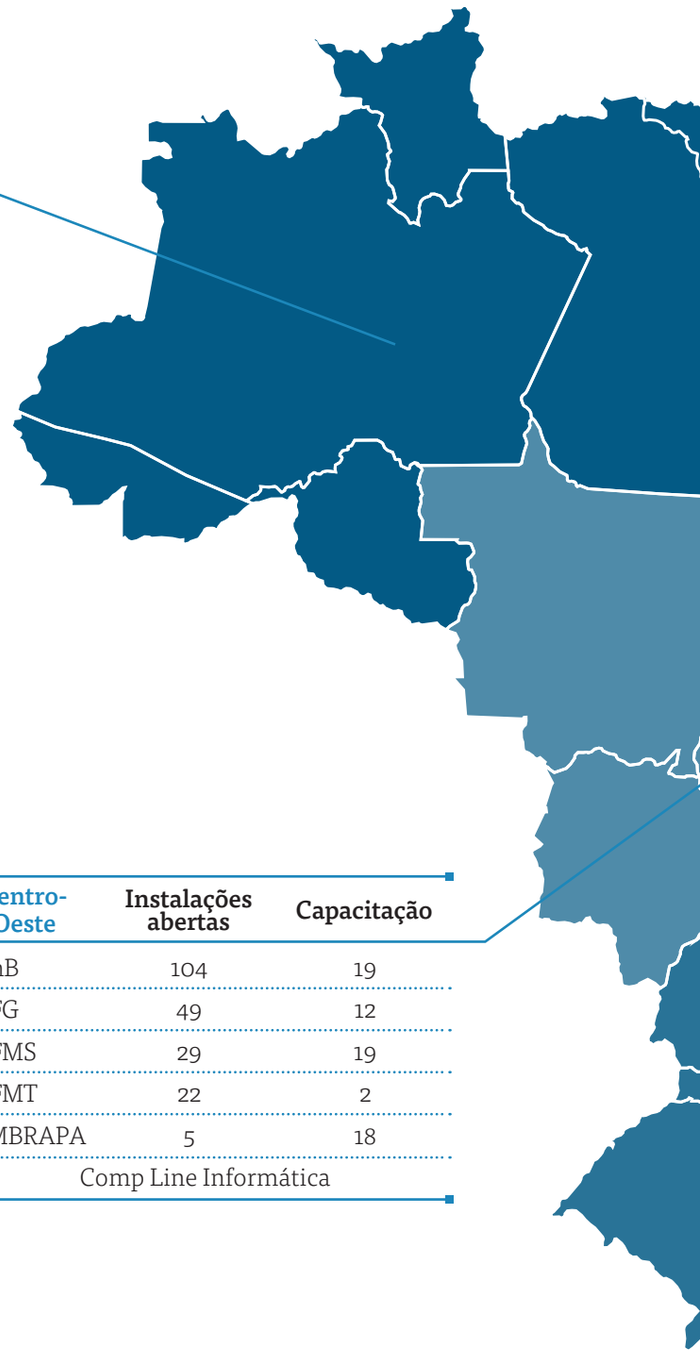
Organizações beneficiadas

Além da perspectiva individualizada da contribuição do CNPEM para pesquisadores beneficiados pelo uso das instalações e pelas ações de capacitação, há ainda a possibilidade de contabilizar as diferentes organizações impactadas pelas ações promovidas pelo Centro, seja por meio atividades de qualificação e treinamento de seus recursos humanos, pelo uso das instalações abertas, pelo desenvolvimento de projetos de pesquisa em colaboração com o Centro, ou ainda pelos serviços tecnológicos de alta complexidade prestados pelo CNPEM. Esse conjunto de organizações é composto por instituições de ensino e pesquisa, instituições de ciência e tecnologia, hospitais e empresas situadas no Brasil e exterior.

Foram 601 organizações beneficiadas no âmbito das atividades de capacitação de recursos humanos; 508 beneficiadas pelo uso das instalações abertas; 61 empresas envolvidas em projetos de P&D em colaboração com o CNPEM[12] e 51 empresas beneficiadas pelos serviços tecnológicos de alta complexidade prestados pelo Centro no período.

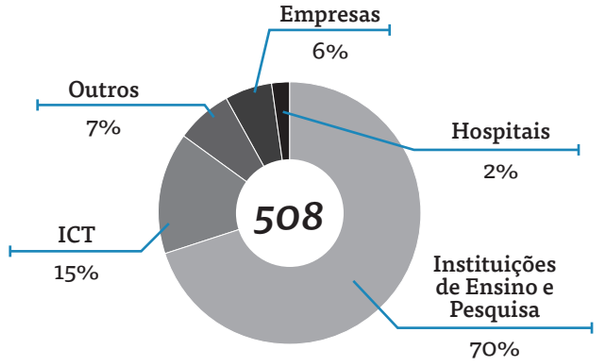
O CNPEM e as diferentes organizações (2010-2019)

Norte	Instalações abertas	Capacitação
UFAM	29	107
UFPA	27	34
INPA	6	-
UFT	6	-
UNIR	5	-



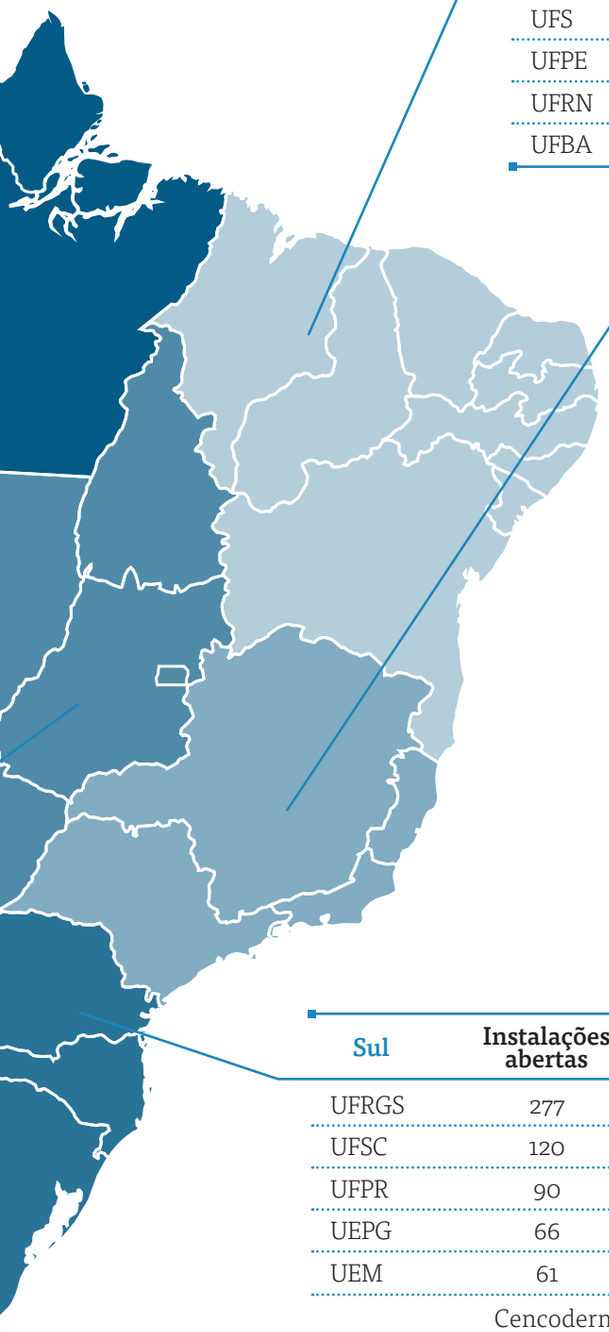
Centro-Oeste	Instalações abertas	Capacitação
UnB	104	19
UFG	49	12
UFMS	29	19
UFMT	22	2
EMBRAPA	5	18
Comp Line Informática		

Instalações abertas à pesquisa



Foram classificadas como outros associações civis, museus, agências de fomento e órgãos governamentais.

12. *Este número não inclui as empresas envolvidas no Projeto Sirius.*



Nordeste	Instalações abertas	Capacitação
UFC	93	92
UFS	83	13
UFPE	72	15
UFRN	69	74
UFBA	46	41

Sudeste	Instalações abertas	Capacitação
USP	1.402	368
UNICAMP	1.387	435
UNESP	533	92
UFRJ	341	65
UFSCAR	308	81
Petrobras		
Aché Laboratórios		
Mahle		
Brasil Kirin		
Embraer		
Votorantim		
A. C. Camargo		
Centro Infantil Boldrini		
Incor - Instituto do Coração		
Hospital Israelita Albert Einstein		
Hospital Sírio-Libanês		

Sul	Instalações abertas	Capacitação
UFRGS	277	47
UFSC	120	29
UFPR	90	27
UEPG	66	7
UEM	61	10
Cencoderma		
Tecnodrill		

Pesquisadores Capacitados

601 instituições

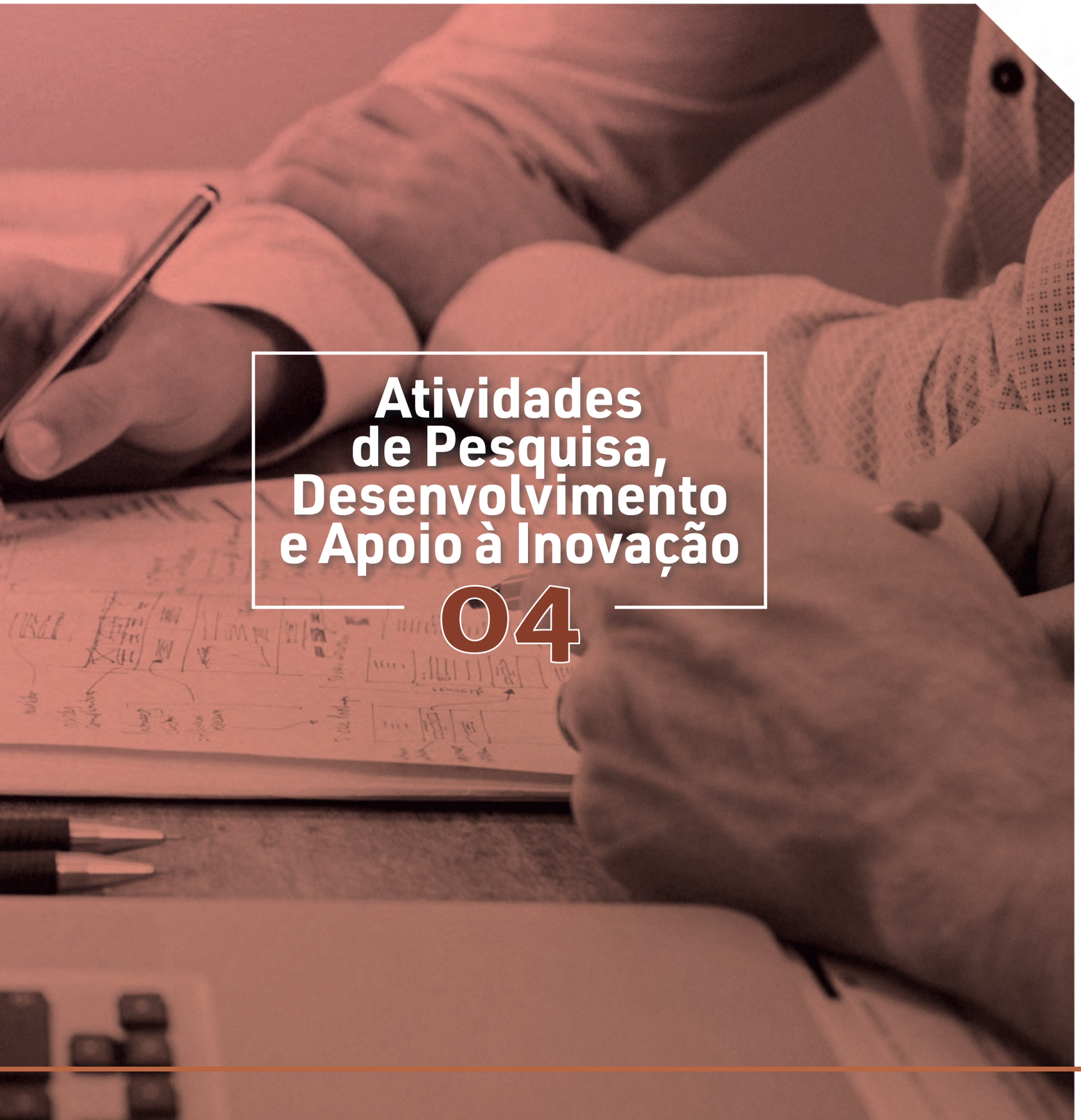
287 | **314**

Projetos colaborativos e serviços tecnológicos de alta complexidade

61 **empresas envolvidas em projetos** em colaboração com o CNPEM

51 **empresas contratantes** de serviços tecnológicos de alta complexidade

- Petróleo e Gás
- Energias Renováveis
- Fármacos e Medicamentos
- Agricultura e Agropecuária
- Automobilística
- Química
- Alimentos e Bebidas
- Cosméticos
- Aeronáutica
- Siderurgia e Metalurgia
- Máquinas e Equipamentos



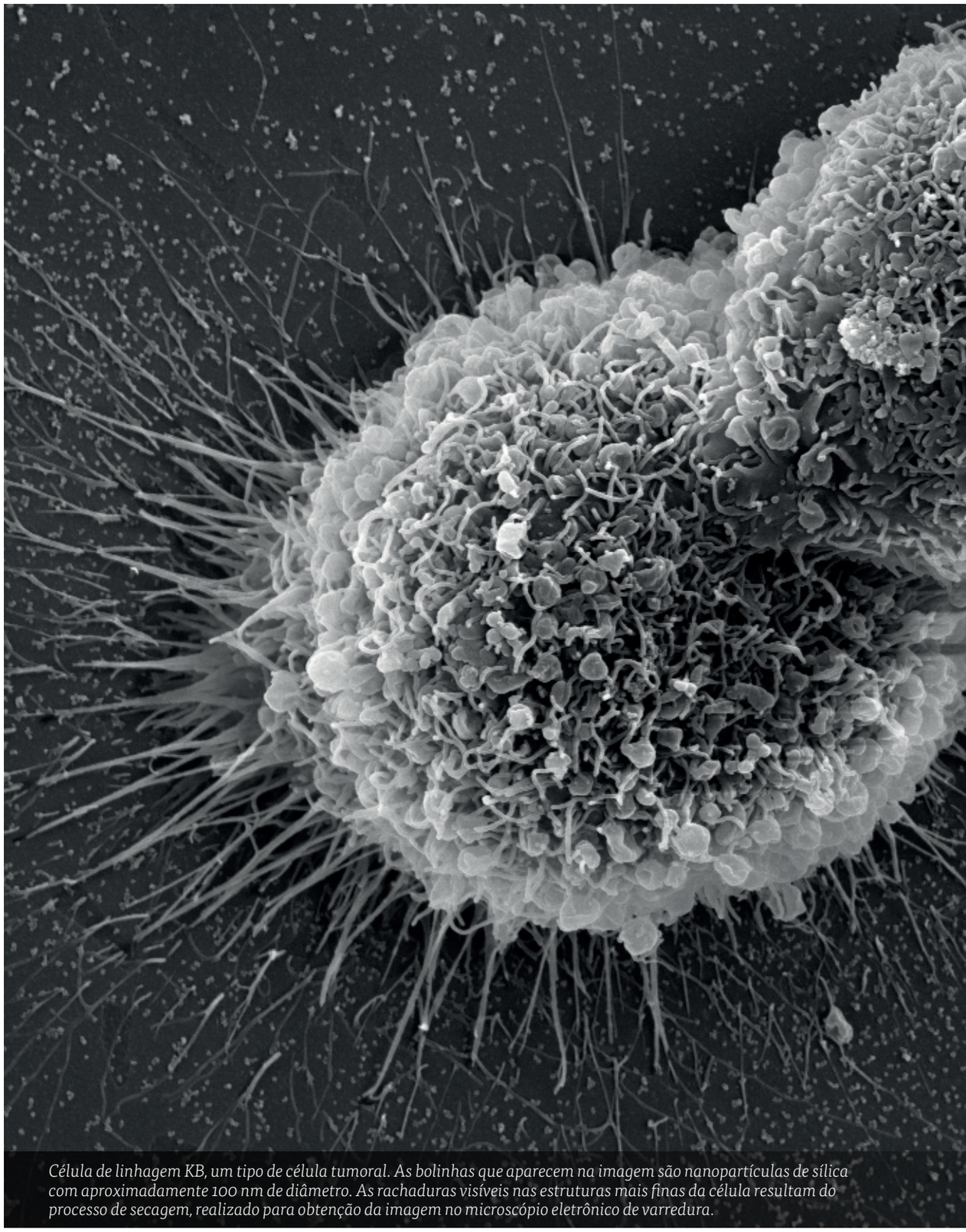
Atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Apoio à Inovação

04

São consideradas atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) os esforços, criativos e sistemáticos, realizados com vistas a aumentar o estoque de conhecimento e desenvolver novas aplicações para o conhecimento disponível[13]. Tais atividades são marcadas por um elevado grau de incerteza – seja em relação ao resultado ou à quantidade de tempo e recursos necessários para alcançá-lo – e podem gerar diferentes tipos de produtos/*output*. Os diferentes resultados estão relacionados à natureza das atividades de P&D, prazos e objetivos estratégicos associados.

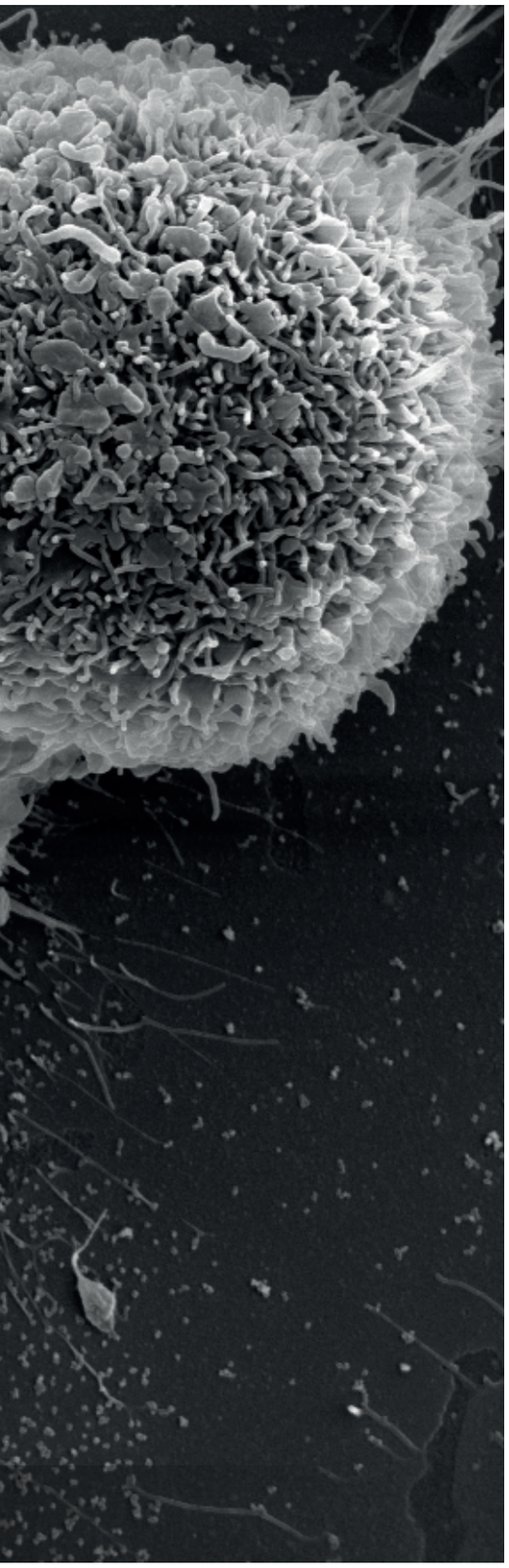
Os esforços de pesquisa básica e aplicada, por exemplo, são majoritariamente realizados por instituições de ciência e tecnologia e, geralmente, resultam em publicações em revistas científicas ou são comunicados por outros meios aos pares da área. Em alguns casos, a divulgação dos resultados pode ser restrita por razões estratégicas – por exemplo, quando dão origem a pedidos de propriedade intelectual. Esse tipo de atividade e forma de comunicação dos resultados é a base do funcionamento da ciência e o estoque de conhecimento gerado é fundamental para avançar a fronteira do conhecimento, além de servir de insumo na resolução de problemas e busca por novas aplicações. Já as atividades em colaboração com atores empresariais, em geral, têm foco em pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico, possuem objetivos e prazos bem delimitados e a divulgação dos resultados é condicionada à estratégia da empresa. Em todos os cenários, a execução e êxito das atividades de P&D dependem da existência de um quadro de recursos humanos altamente qualificado e da disponibilidade de infraestrutura de pesquisa e insumos necessários.

Ao longo do período 2010-2020, as atividades de P&D realizadas pelo CNPEM evoluíram concomitantemente à expansão da infraestrutura de pesquisa e consolidação de seus núcleos de competências. Este capítulo apresenta os esforços de P&D do CNPEM de forma a captar a diversidade das atividades e seus resultados. Para tanto, ele está dividido em três seções: a primeira aborda a produção científica do Centro e suas linhas de pesquisa; a segunda apresenta os projetos de P&D em colaboração com empresas, destacando alguns casos selecionados, além de abordar as atividades de propriedade intelectual e transferência de tecnologia; a terceira seção, por fim, trata dos esforços de P&D para desenvolvimento de infraestrutura científica, exemplificados aqui pelo Projeto Sirius.



Célula de linhagem KB, um tipo de célula tumoral. As bolinhas que aparecem na imagem são nanopartículas de sílica com aproximadamente 100 nm de diâmetro. As rachaduras visíveis nas estruturas mais finas da célula resultam do processo de secagem, realizado para obtenção da imagem no microscópio eletrônico de varredura.

13. *OCDE (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development.*



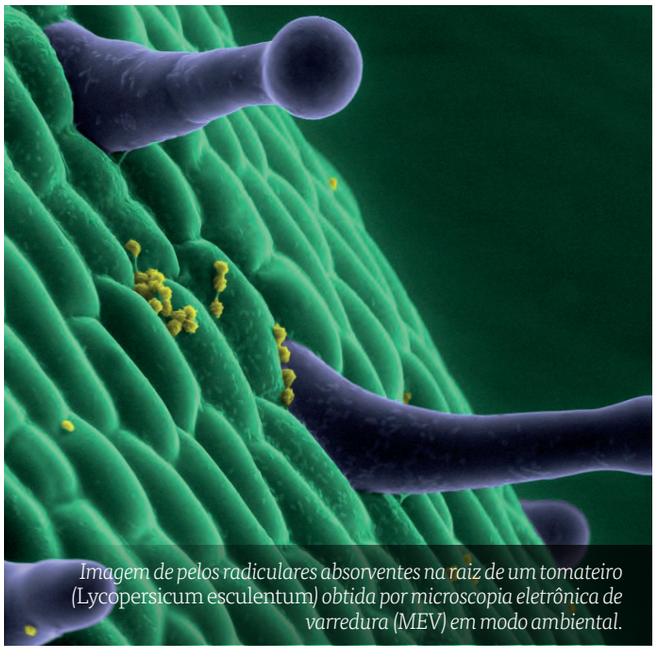


Imagem de pelos radiculares absorventes na raiz de um tomateiro (Lycopersicum esculentum) obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em modo ambiental.

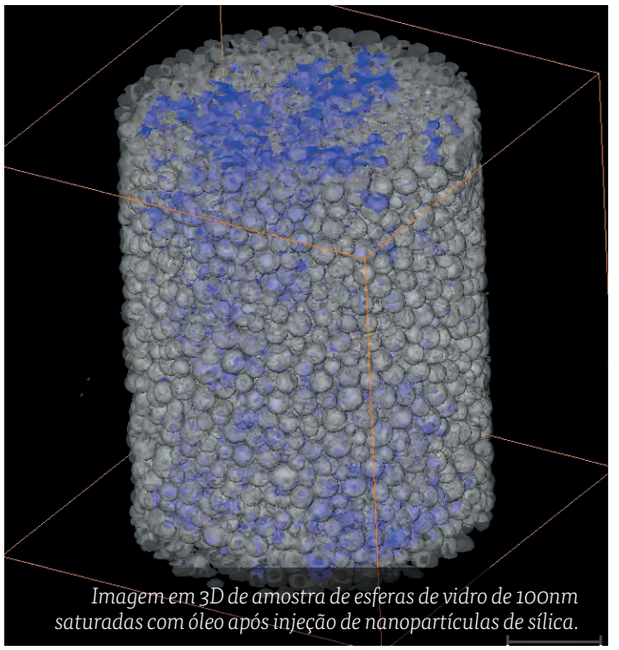
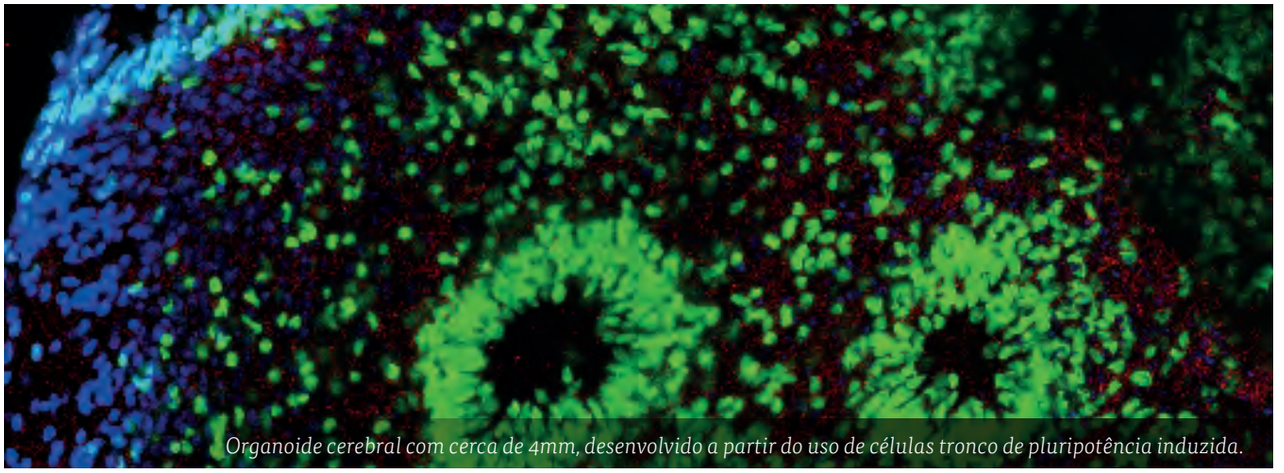


Imagem em 3D de amostra de esferas de vidro de 100nm saturadas com óleo após injeção de nanopartículas de sílica.



Organoide cerebral com cerca de 4mm, desenvolvido a partir do uso de células tronco de pluripotência induzida.

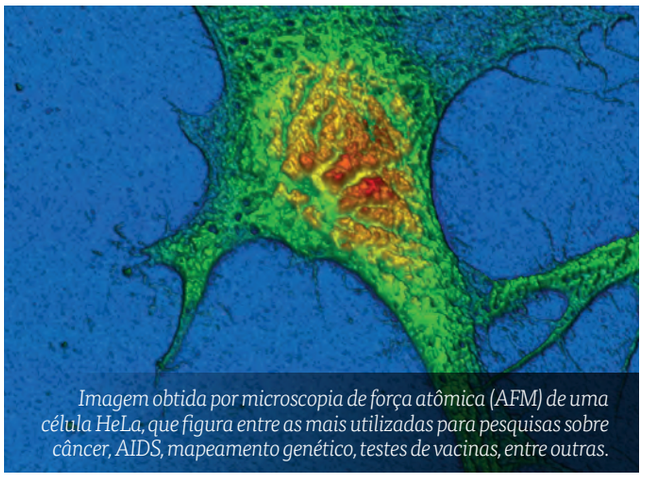
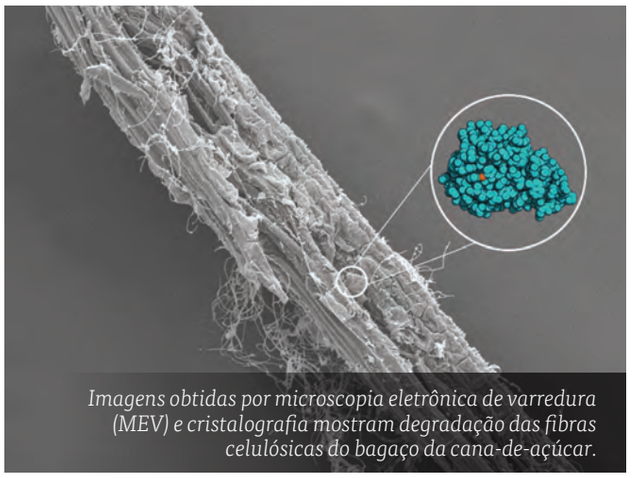


Imagem obtida por microscopia de força atômica (AFM) de uma célula HeLa, que figura entre as mais utilizadas para pesquisas sobre câncer, AIDS, mapeamento genético, testes de vacinas, entre outras.



Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e cristalografia mostram degradação das fibras celulósicas do bagaço da cana-de-açúcar.

Produção Científica e Linhas de Atuação

Publicações científicas são amplamente usadas para medir os resultados obtidos por pesquisadores individuais, instituições ou países na realização de atividades de pesquisa. Além de refletirem os esforços para a geração de conhecimentos, as publicações constituem a principal forma de divulgação e comunicação do conhecimento para outros atores que compõe o sistema de inovação e para a sociedade em geral. Nesse sentido, as publicações científicas são tanto produto dos esforços de pesquisa, quanto insumo para a expansão da fronteira do conhecimento.

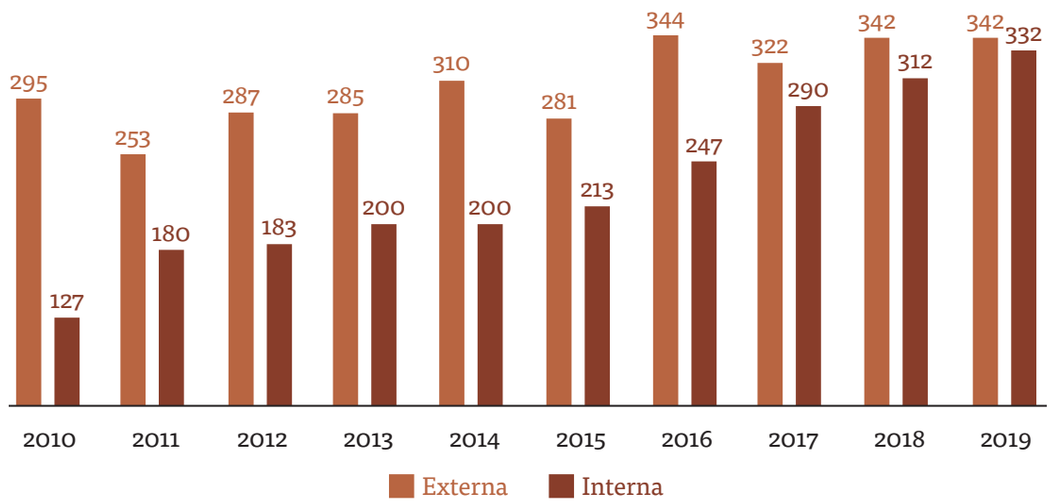
Além da produtividade das instituições, a produção científica também permite analisar o impacto científico por meio de índices de análise de citações ou outras métricas, monitorar a evolução dos temas/domínios científicos e as redes de colaboração em pesquisa.

Esta seção apresenta uma análise da produção científica associada ao CNPEM observando diferentes aspectos: i) a evolução no número e do impacto científico das publicações; ii) rede de colaboração dos pesquisadores por área de atuação; iii) participação em temas de alta proeminência; e, iv) rede de colaboração científica com empresas. Por fim, uma seção descritiva aborda a evolução histórica dos principais temas pesquisados pelo Centro.

No caso do CNPEM, a produção científica é classificada entre interna e externa de acordo com a afiliação de todos os autores envolvidos em cada publicação. Assim, são consideradas publicações internas todas aquelas que possuem ao menos um dos autores afiliado ao CNPEM, abrangendo, portanto, as publicações em colaboração do CNPEM e outras instituições. Por sua vez, as publicações externas são aquelas cujos autores não possuem vínculo institucional com o CNPEM, mas que agradecem ao uso das instalações do Centro. Obviamente, as publicações externas também podem envolver colaboração entre diferentes instituições, mas sempre sem autoria do CNPEM.

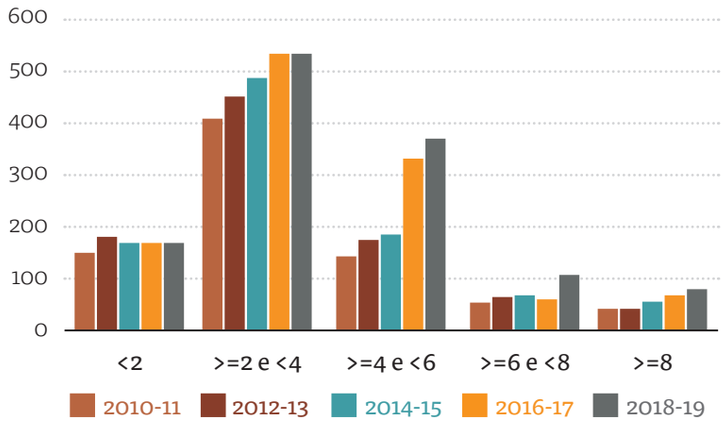
No período de 2010-2019, o CNPEM esteve envolvido na publicação de 5.345 trabalhos indexados na base de dados *Web of Science*. Destaca-se o expressivo aumento da produção científica associada ao CNPEM (internas e externas), que passou de 422 publicações em 2010, para 674 publicações em 2019 – o que corresponde a um aumento de 60% no período. Este crescimento foi impulsionado principalmente pelo aumento no número anual de publicações internas, que apresentou taxa de crescimento média de 12% ao ano, ao passo que as publicações externas cresceram 2% ao ano. O aumento das publicações internas do CNPEM é reflexo da expansão da infraestrutura de pesquisa, consolidação dos núcleos de competências (ver Capítulo 2) e aumento no quadro de pesquisadores (ver Capítulo 7), e ilustra o fortalecimento da capacidade de pesquisa do Centro no período.

Número de publicações associadas ao CNPEM: internas e externas

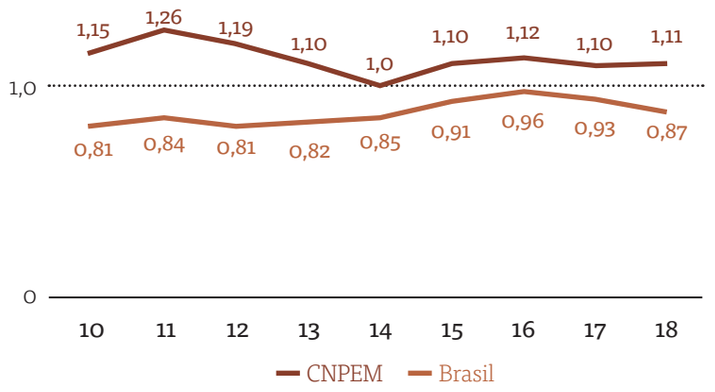


Impacto científico das publicações

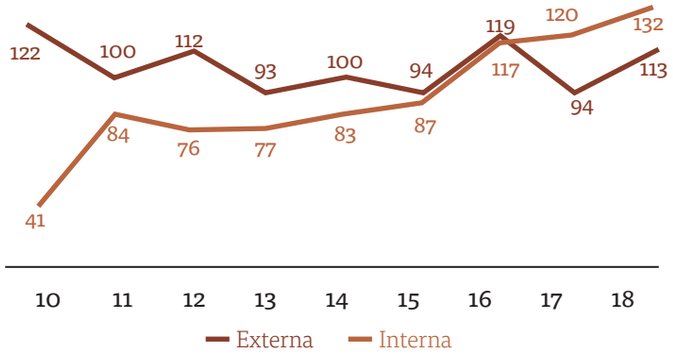
Distribuição das publicações por faixa de Fator de Impacto



Evolução do FWCI médio (2010 a 2018)



Evolução das publicações com FWCI acima da média mundial (2010 a 2018)



Além do aumento no número de publicações, destaca-se a evolução no impacto científico visto por duas métricas distintas[14]: fator de impacto dos periódicos e impacto de citação ponderado por área do conhecimento (FWCI).

O Fator de Impacto (FI) avalia o impacto dos periódicos científicos, para tanto mensura o número médio de citações recebidas pelos artigos de um determinado periódico nos dois anos anteriores à avaliação. O número de publicações associadas ao CNPEM em periódicos com FI menor que 2 praticamente se manteve no período 2010-2019, enquanto as outras faixas apresentaram crescimento médio de 92% no período – acima da taxa de crescimento geral das publicações. Cabe destacar, que o maior aumento ocorreu nas faixas de FI de 4-6 e 6-8, como apresentado na figura.

O impacto de citação ponderado por área do conhecimento (FWCI) indica de que forma o número de citações recebidas por um conjunto de publicações se compara com o número médio de citações recebidas por todas as outras publicações similares, ou seja, de uma mesma área ou especialidade. Um FWCI maior que 1,00 indica que as publicações foram citadas acima da média mundial para publicações semelhantes; o inverso ocorre com o FWCI menor que 1,00. No período 2010-2019, as publicações associadas ao CNPEM apresentaram FWCI médio de 1,11, o que significa que foram citadas 11% mais vezes que a média mundial. Ademais, ressalta-se que este universo de publicações apresentou desempenho superior ao observado a média das publicações do País.

Por fim, cumpre notar evolução anual no número de publicações com FWCI igual ou maior que 1, ou seja, com impacto igual ou acima da média mundial. As publicações externas oscilaram, mas mantiveram um patamar praticamente constante no período, com uma média de 105 trabalhos por ano. Por sua vez, as publicações internas passaram de 41 publicações em 2010 para 132 em 2018. Em comparação com a evolução do total de artigos publicados no período, estes resultados apontam para a manutenção deste padrão de qualidade ao longo dos anos, ou seja, em média 38% das publicações associadas ao CNPEM apresentam FWCI maior ou igual 1.

14. *As informações referentes ao Fator de Impacto foram extraídas do InCites (Clarivate Analytics) e as informações do FWCI foram extraídas do SciVal (Elsevier). Tais dados foram cedidos ao CNPEM pelo Geopi/Unicamp.*

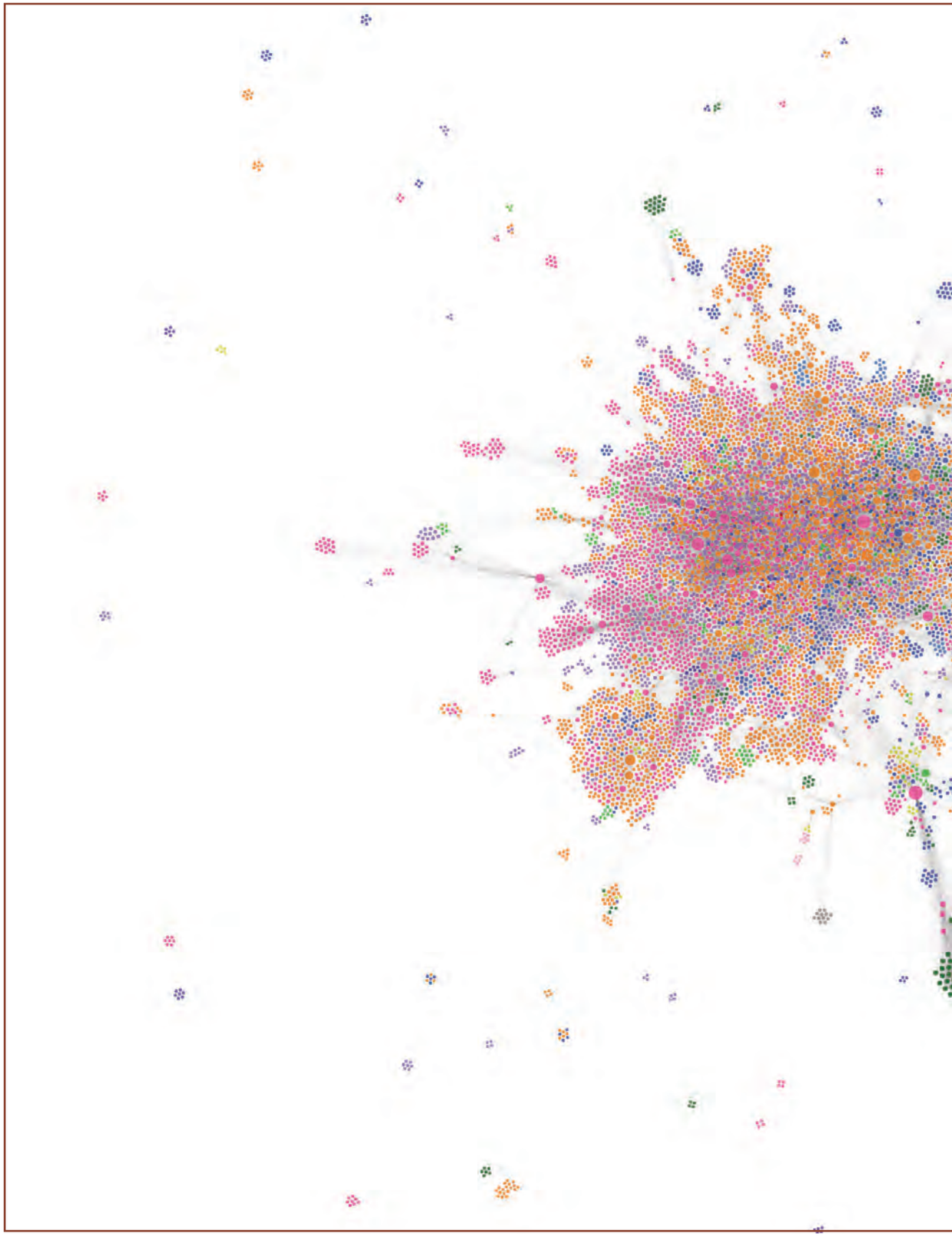
Pesquisadores por área de atuação

A partir do conjunto publicações científicas associadas ao CNPEM (internas e externas), indexadas na base de dados *Web of Science*, no período de 2010-2019, foi possível mapear a rede de colaborações dos pesquisadores por meio das relações de coautoria[15]. Para tanto, foram utilizados todos os autores envolvidos nas publicações e realizados procedimentos de desambiguação e, em seguida, atribuído um código de identificação único para cada autor[16]. Este procedimento visa garantir a unicidade dos pesquisadores – aqui representados pelos nós da rede. Esta análise abrange 98% da produção científica do CNPEM no período.

No total, a rede é composta por 14.694 pesquisadores. Dentre eles, 291 são ou foram pesquisadores internos do CNPEM, 1.972 são beneficiários externos, ou seja, fizeram uso das instalações abertas do Centro no período, e 12.431 são coautores beneficiados indiretamente – pesquisadores externos que não fizeram uso das instalações abertas do Centro no período. Os pesquisadores beneficiados indiretamente representam 84,6% do total de pesquisadores inseridos na rede de produção científica do CNPEM, indicando um efeito de *transbordamento do conhecimento* gerado a partir da infraestrutura laboratorial do Centro. Nesse sentido, pode-se dizer que o CNPEM beneficia um conjunto maior de pesquisadores do que aqueles computados no atendimento de propostas externas.

A rede apresenta os pesquisadores por área de atuação. A partir da classificação de periódicos por área[17], os pesquisadores foram classificados pela área mais recorrente de suas publicações e, em seguida, essas áreas foram agrupadas adaptando a classificação de áreas do conhecimento utilizada pelo CNPq. Este agrupamento visa refletir com maior acurácia a área de atuação de cada pesquisador.

A figura ilustra o caráter multidisciplinar da rede de produção científica associada ao CNPEM no período 2010-2019. Além dos grupos isolados, a rede é composta majoritariamente por dois grandes clusters de pesquisadores, um deles com elevada interação entre pesquisadores atuantes nas Áreas de Química, Física e Engenharias, e outro em que prevalecem as áreas de Ciências Biológicas, Ciências da Saúde, Multidisciplinar e Ciências Agrárias.



15. *O CNPEM agradece ao Prof. Dr. Luciano Digiampietri da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP) pelo apoio no desenvolvimento de metodologia para uso de redes.* ***16.*** *Foi utilizada identificação ORCID iD, quando disponível.* ***17.*** *Foi utilizada a informação do All Science Journal Classification (ASJC), uma classificação da Scopus, disponível no SciVal, que confere uma ou mais área do conhecimento para cada publicação com base no periódico. Os dados do SciVal foram cedidos ao CNPEM pelo Geopi/Unicamp.*

Rede de colaboração científica do CNPEM: 2010-2019
Pesquisadores por área de Atuação

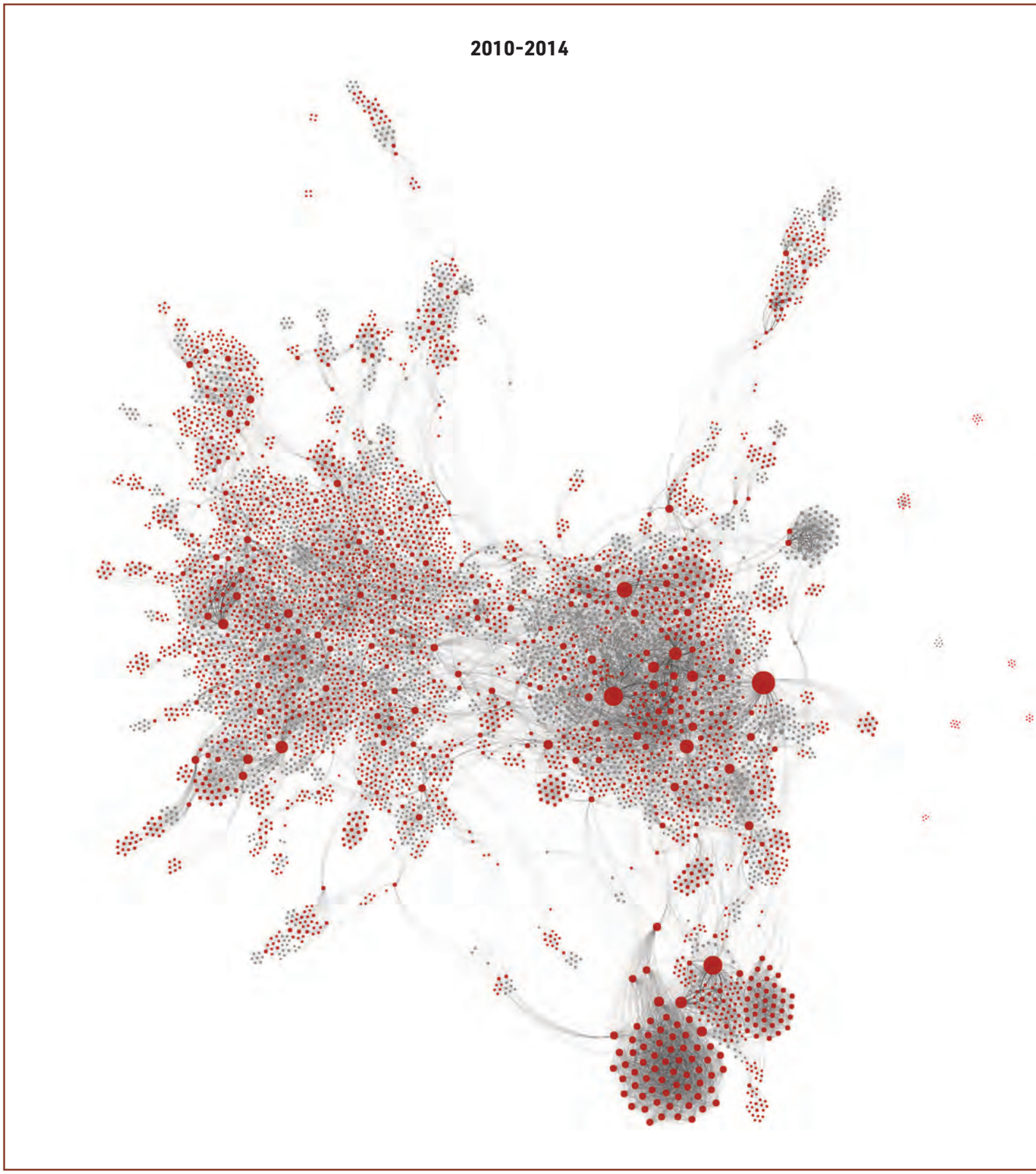
Ciências Biológicas	27,62%
Química	24,75%
Engenharias	15,5%
Física	15,31%
Ciências Agrárias	5,34%
Multidisciplinar	5,01%
Ciências da Saúde	4,5%
Geociências	0,99%
Ciências Sociais Aplicadas	0,44%
Computação e IA	0,34%
Ciências Humanas	0,12%
Matemática	0,1%

Pesquisadores atuando em temas de alta proeminência

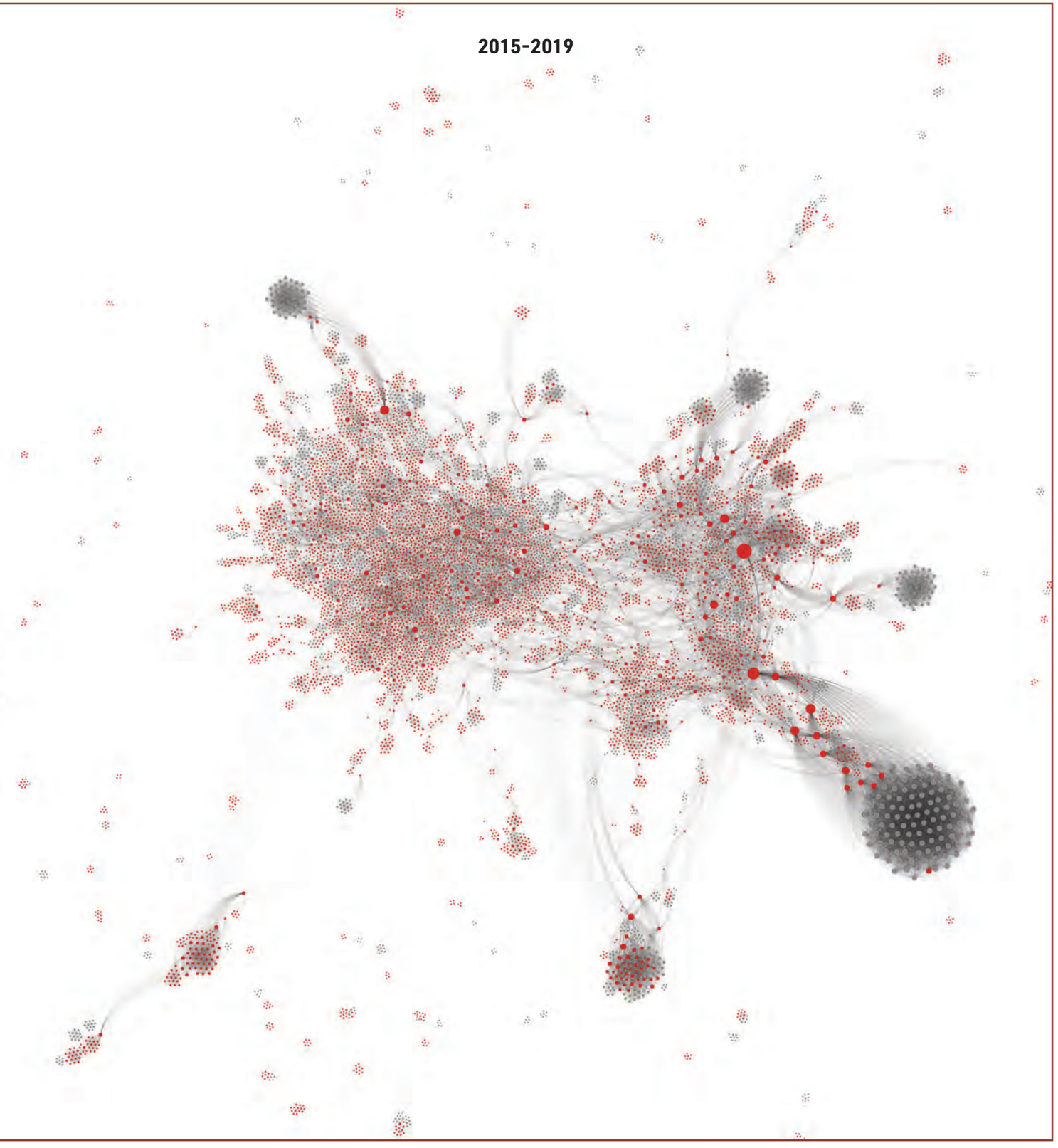
Também em relação a rede de colaborações dos pesquisadores por meio das relações de coautoria das publicações associadas ao CNPEM (internas e externas) no período de 2010-2019, foi mapeada a evolução da atuação dos pesquisadores em temas de elevada proeminência em nível mundial.

A plataforma SciVal, da Elsevier, classifica as publicações por tópicos e *clusters* de tópicos de proeminência[18] com base em uma análise de citação direta. A proeminência mensura o *momentum* de um determinado tema de pesquisa, ou seja, é uma indicação de quais temas estão atraindo maior atenção dos pesquisadores e instituições em nível global. O índice de proeminência varia de 0 a 100, em sentido crescente de proeminência[19]. A rede destaca os pesquisadores com atuação em temas de elevada proeminência. Foram considerados pesquisadores com atuação em temas de elevada proeminência aqueles que apresentaram pelo menos uma publicação em *clusters* com índice de proeminência acima de 80 no período analisado.

Foram elaboradas duas redes, a primeira corresponde ao período de 2010-2014, e a segunda ao período de 2015-2019. Essa separação visa permitir avaliar mudanças na estrutura da rede e na atuação dos pesquisadores em temas de elevada proeminência entre esses dois períodos. Com relação à estrutura, no período de 2010-2014 a rede



18. *A prominência é calculada por meio da combinação de três métricas: i) a contagem de citações de uma publicação do ano "n" para artigos publicados neste mesmo ano e no ano anterior; ii) a contagem de visualizações de uma publicação do ano "n" para artigos publicados neste mesmo ano e no ano anterior; e, iii) CiteScore médio para o ano n – métrica do periódico que reflete o número médio anual de citações de artigos recentes publicados no periódico. Para mais detalhes consultar: https://www.elsevier.com/solutions/scival/releases/topic-prominence-in-science.*
19. *Das 5.345 publicações científicas associadas ao CNPEM, 5.244 possuem classificação de proeminência no SciVal, o que corresponde a 98% do total.*



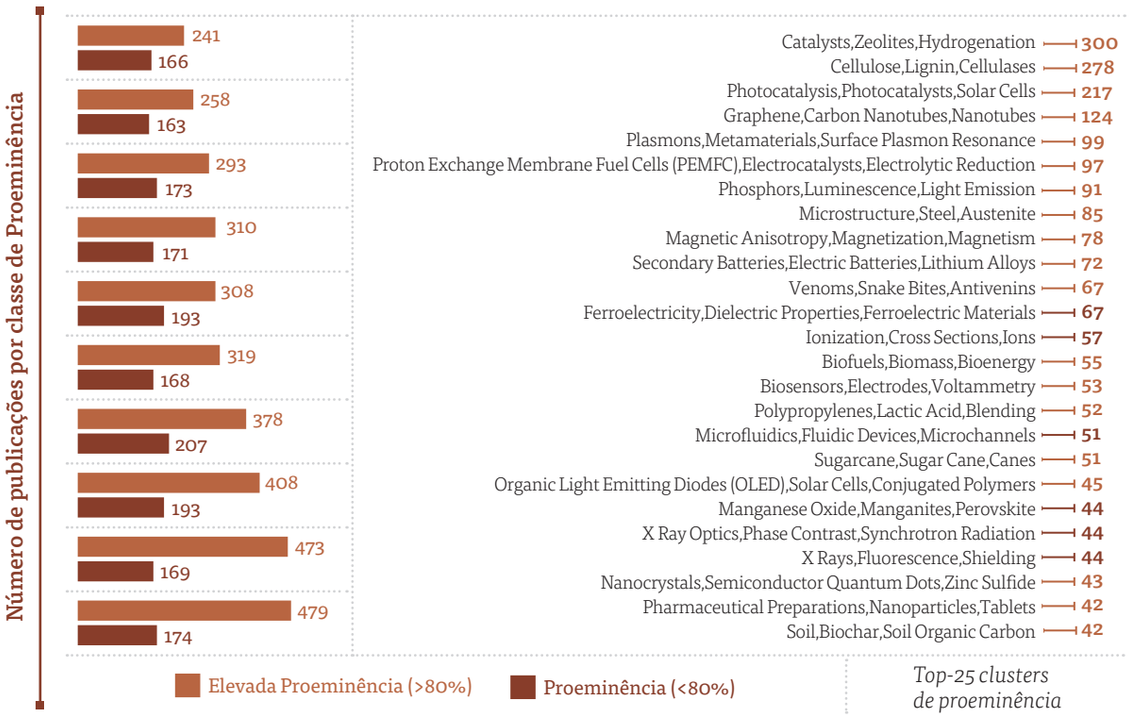
era composta por 6.801 pesquisadores (nós) e 38.368 relações de coautorias (arestas) e apresentava um grau médio de 11,28 – isso, significa que cada pesquisador tinha em média 11 relações de coautoria. No período de 2015-2019, a rede era composta por 10.298 pesquisadores (nós) e 69.406 relações de coautorias (arestas) e apresentava um grau médio de 13,48. Estes resultados demonstram não apenas a expansão da rede de pesquisadores – visto pelo número de nós – mas também um adensamento dessa rede – visto pelo aumento no grau médio. Além disso, houve um aumento na participação dos pesquisadores afiliados à instituições estrangeiras: este grupo de pesquisadores representava 30,82% do total no período de 2010-2014, e passou para 32,44% do total no período de 2015-2019. Em resumo, a rede da produção científica associada ao CNPEM cresceu e tornou-se mais conectada e internacionalizada no período.

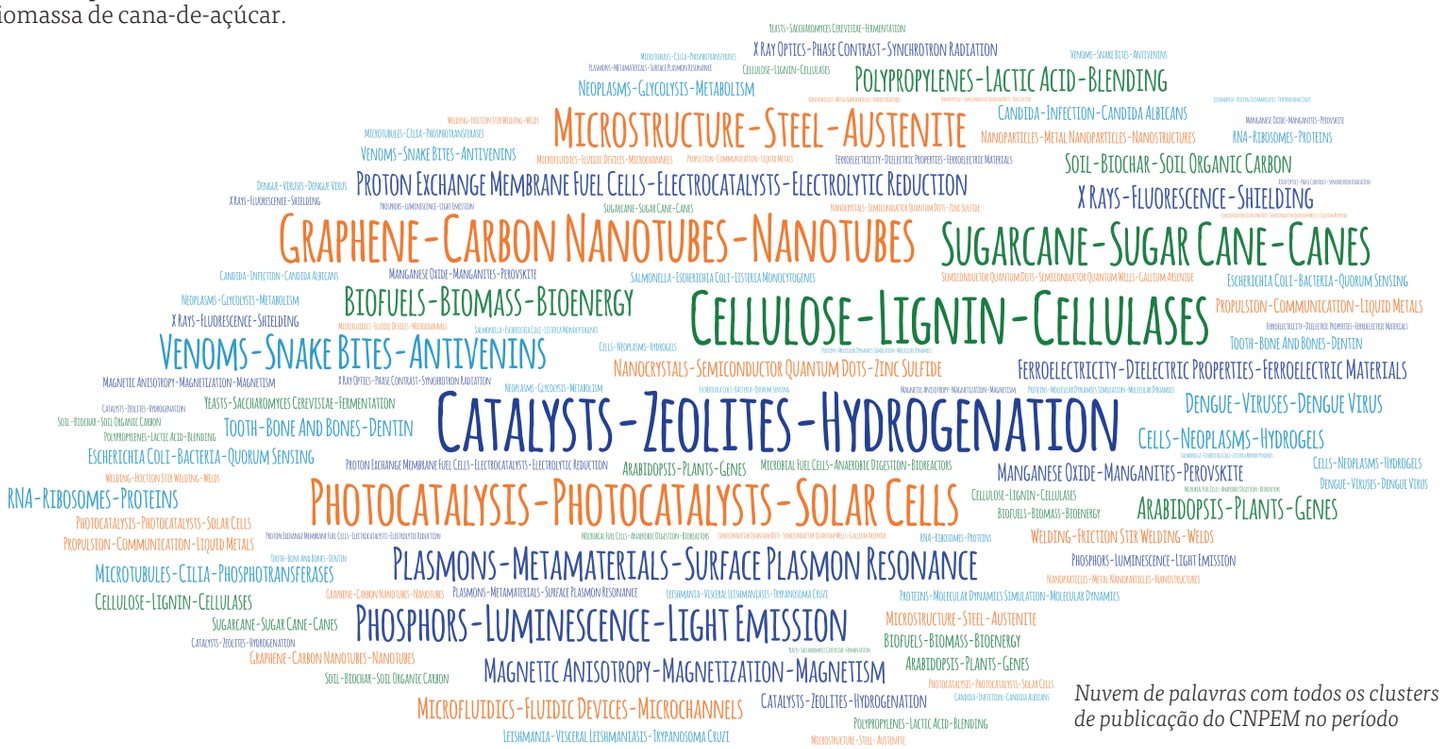
A rede também demonstra a mudança na atuação dos pesquisadores em temas de elevada proeminência. No período de 2010-2014, 65% dos pesquisadores atuavam em temas de elevada proeminência, este percentual cresce para 71% do total de pesquisadores no período de 2015-2019. Este resultado é um indicativo que o CNPEM tem tido êxito em sua missão de acompanhar o estado da arte global.

O CNPEM tem em sua missão atuar no estado da arte do conhecimento, porém sem deixar de pensar nos problemas locais pertinentes à realidade em que está inserido. No período 2010-2019, o número de publicações em clusters de alta proeminência cresceu 98%, passando de 241 publicações em 2010, para 479 em 2019. Por sua vez, o número de publicações em clusters de menor proeminência se manteve praticamente constante, apresentando crescimento de 4% no mesmo período.

Dentre os 25 clusters que concentram maior número de publicações associadas ao CNPEM no período, aproximadamente um quarto deles corresponde a temas de menor proeminência em nível mundial, entretanto representam temas importantes no cenário nacional e no contexto institucional. Estes clusters estão relacionados às técnicas experimentais e instrumentação disponíveis no CNPEM e às pautas de pesquisa de caráter mais regional, como por exemplo, estudo relacionados à biomassa de cana-de-açúcar.

Clusters de proeminências das publicações



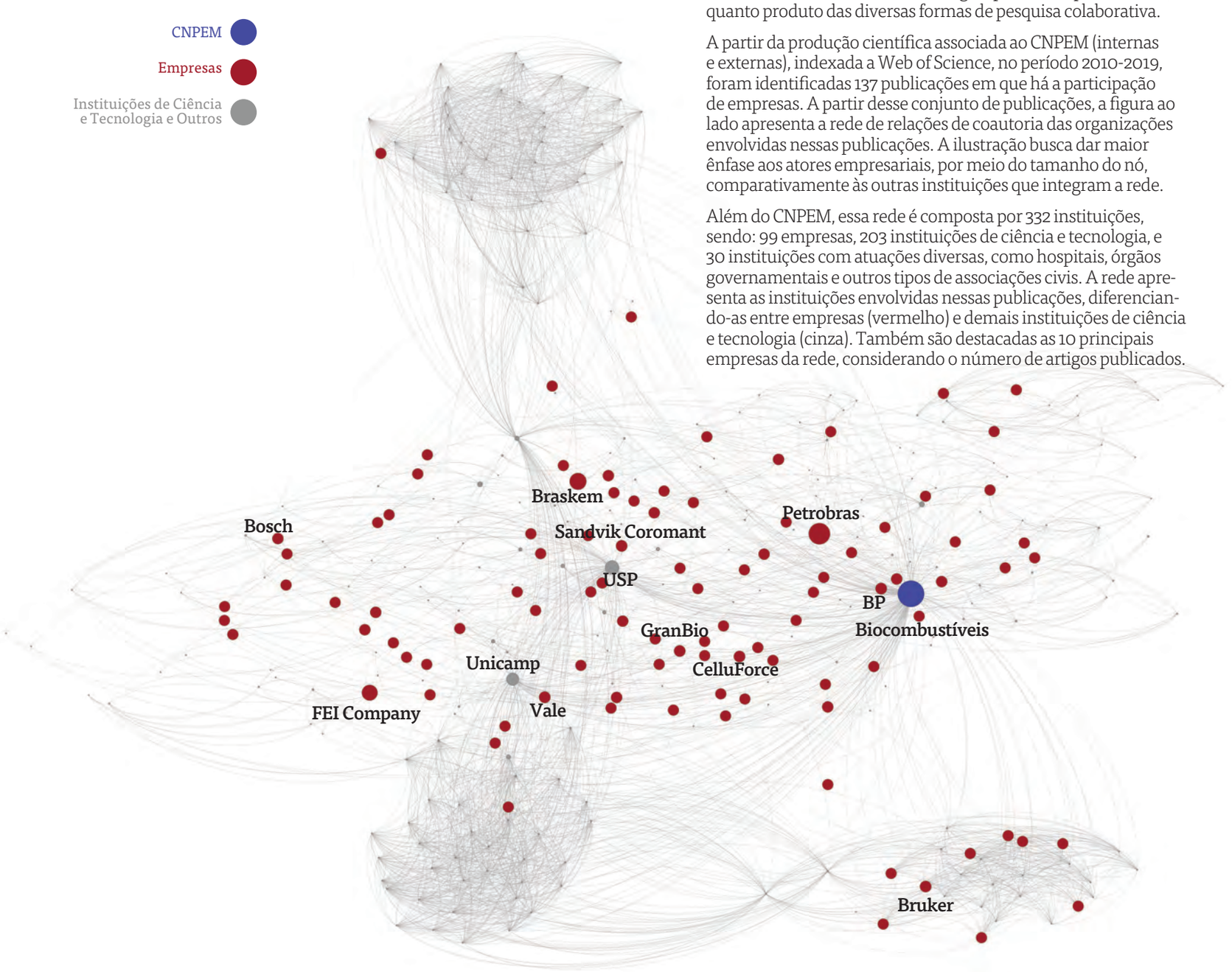


Participação de empresas nas publicações científicas: 2010-2019

Publicações, além de serem formas pelas quais as empresas acessam os conhecimentos produzidos na esfera científica, também podem ser o resultado dos esforços de P&D envolvendo cooperação de instituições de ciência e tecnologia com empresas. Nesse sentido, para as empresas, publicações são tanto insumo do conhecimento científico e tecnológico produzido pelo CNPEM, quanto produto das diversas formas de pesquisa colaborativa.

A partir da produção científica associada ao CNPEM (internas e externas), indexada a Web of Science, no período 2010-2019, foram identificadas 137 publicações em que há a participação de empresas. A partir desse conjunto de publicações, a figura ao lado apresenta a rede de relações de coautoria das organizações envolvidas nessas publicações. A ilustração busca dar maior ênfase aos atores empresariais, por meio do tamanho do nó, comparativamente às outras instituições que integram a rede.

Além do CNPEM, essa rede é composta por 332 instituições, sendo: 99 empresas, 203 instituições de ciência e tecnologia, e 30 instituições com atuações diversas, como hospitais, órgãos governamentais e outros tipos de associações civis. A rede apresenta as instituições envolvidas nessas publicações, diferenciando-as entre empresas (vermelho) e demais instituições de ciência e tecnologia (cinza). Também são destacadas as 10 principais empresas da rede, considerando o número de artigos publicados.



Linhas de atuação

O breve relato da evolução histórica da infraestrutura do CNPEM entre os anos de 2010 e 2019, realizado no Capítulo 2, traz importantes exemplos do complexo laboratorial implantado no Campus e como estas ações estão associadas a uma estratégia de fortalecimento de linhas de pesquisa multidisciplinares que foram potencializadas ao longo da última década pela relação sinérgica entre os quatro Laboratórios que atualmente compõem o Centro. O amadurecimento do CNPEM, aqui vislumbrado, resultou na consolidação de importantes núcleos de competências impactando diretamente sua agenda de pesquisa e desenvolvimento. No texto a seguir, abordaremos exemplos relevantes da trajetória do CNPEM em seis linhas de atuação: Biotecnologia Industrial; Mecanismos Moleculares de Doenças; Plataforma de Descoberta e Desenvolvimento de Fármacos e Biofármacos; Dispositivos e Sensores; Síntese e Caracterização de Materiais e Processos Avançados; e Engenharia e Instrumentação Científica. Neste último item serão apresentados os esforços no campo do desenvolvimento de tecnologias necessárias para operar e aperfeiçoar as estruturas complexas geridas pelo CNPEM. Todas as referências de estudos desenvolvidos por pesquisadores do Centro citadas ao longo desse texto estão em notas, por ordem de citação, no final do capítulo. Ressalta-se que estes esforços contaram com a colaboração de diversos pesquisadores e instituições que estão representadas nas coautorias dos trabalhos aqui citados.

Biotecnologia Industrial

O desenvolvimento econômico sustentável representa um desafio global que agrega e integra diferentes vertentes com impactos em setores como energia, transporte, indústria e agricultura. Faz-se necessário estabelecer um novo modelo de produção industrial com foco na eficiência e na redução dos impactos ao meio ambiente. Uma das alternativas está no uso da biomassa, que por ser diversificada e abundante no Brasil, nos posiciona em destaque no cenário internacional.

Entretanto, para que o uso dos recursos naturais viabilize soluções competitivas é necessário identificar e atuar intensamente nas lacunas científicas e tecnológicas que impactam os diferentes processos industriais. Por exemplo, no cenário nacional, a transformação da biomassa em produtos comercializáveis e de alto valor agregado é impactada pela alta dependência do uso de biocatalisadores importados, tais como as enzimas.

As enzimas são proteínas que apresentam propriedades que têm o poder de acelerar em milhares de vezes certas reações bioquímicas presentes no processamento ou formulação de uma vasta gama de produtos. Entretanto, o Brasil depende da importação dessas enzimas para várias aplicações, apesar do grande potencial da biodiversidade de seus biomas como da Amazônia, Cerrado e Mata atlântica.

Este é um desafio transversal em que a busca por soluções poderá impactar positivamente setores associados à produção de biocombustíveis, químicos, insumos farmacêuticos e cosméticos, alimentos e bebidas e consumíveis em geral.

A recalcitrância da biomassa, isto é, sua resistência a tratamentos físico-químicos e biológicos, tem sido um grande desafio científico para viabilizar o seu amplo uso como alternativa ao petróleo. Ao longo de uma década o CNPEM investiu na descoberta de novas enzimas e na compreensão de seus respectivos mecanismos de ação, incluindo a criação e consolidação de instalações e *know-how* no estado da arte, como sequenciamento genético de última geração, enzimologia estrutural baseada em síncrotron e biologia computacional.

As ações do CNPEM em biotecnologia industrial buscam o desenvolvimento e customização de biocatalisadores e plataformas biológicas de alto desempenho em escala semi-industrial para diferentes aplicações. Os fungos filamentosos destacam-se nas pesquisas do CNPEM, pois são conhecidos como exímios produtores de enzimas e são as principais plataformas biológicas hoje utilizada pela indústria no ramo da biotecnologia.

Ferramentas e modelos computacionais são aplicados com foco na avaliação de impactos econômicos e ambientais para viabilizar a implementação destas tecnologias em escala comercial, resultado importante para orientar o licenciamento de tecnologias para empresas.

Nos últimos anos, quatro tecnologias foram desenvolvidas e licenciadas para aplicação em processos industriais em empresas de biocombustíveis e alimentos e bebidas e, recentemente, foi engenheirado um microrganismo capaz de expressar enzimas, comercialmente competitivas, para a produção de etanol celulósico e potencial aplicação em outros produtos biotecnológicos como por exemplo hidrocarbonetos renováveis.

O desenvolvimento e customização de biocatalisadores e plataformas biológicas de alto desempenho é um **desafio transversal com impacto positivo em diferentes setores econômicos**

Biocatalisadores (Enzimas)

Enzimas em formas de cristais podem ser utilizados em aceleradores de luz síncrotron com o Sirius para determinar sua estrutura tridimensional e correlacionar com as funções.

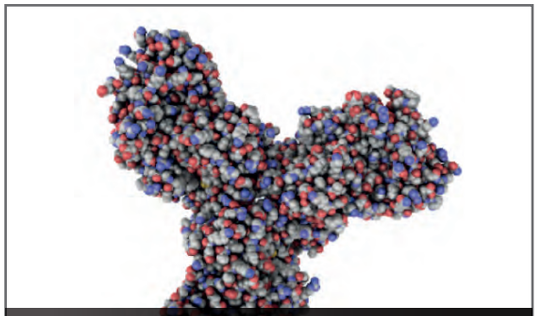
Nos últimos anos o CNPEM descobriu e caracterizou um grupo de enzimas com grande potencial de acelerar a desconstrução da biomassa lignocelulósica, como o bagaço e a palha de cana-de-açúcar. A busca por novas enzimas contou com prospecções na biodiversidade brasileira e em microrganismos extremófilos, que vivem em ambientes de condições ambientais extremas. Estudos indicaram que enzimas termoestáveis (resistentes a altas temperaturas), do tipo xilanase, aumentam a eficiência de sacarificação (conversão de lignocelulose em açúcares) de coquetéis enzimáticos[i,ii]. Também foram prospectadas enzimas que atuam em regiões da parede celular da biomassa tipicamente inacessíveis para a maioria, como arabinofuranosidases ativas em arabinoxilanos[iii]. Outros trabalhos envolveram enzimas com atividades raras como exo-xilanases[iv] e exo-mananases[v] que são capazes de liberar os monossacarídeos sem assistência de enzimas acessórias, o que diminuiu a quantidade de enzimas necessárias no processo.

O CNPEM também focou sua pesquisa no uso da celulose, principal componente da biomassa lignocelulósica, sendo também o polímero mais abundante da terra, por meio de estudos de sistemas enzimáticos de fungos e insetos. Enzimas ativas tanto na celulose como em suas formas oligossacarídicas tiveram seus mecanismos elucidados e novas enzimas descobertas com propriedades extremamente atrativas para fins industriais[vi vii viii ix x xi xii xiii xiv]. Em 2014 foram desvendadas as bases moleculares de enzimas beta-glucosidases altamente tolerantes à inibição pela glicose[xv] sendo usada como base para dezenas de outros trabalhos. Com visão no conceito de zero resíduos, o CNPEM desenvolveu também estudos para modificação de ligninas, componente da biomassa e resíduo da produção de etanol celulósico e papel. Os estudos envolveram uso de bibliotecas ômicas de consórcios microbianos crescidos em lignina[xvi] e análises bioquímicas de enzimas isoladas do intestino de cupins[xvii xviii].

Outra área ascendente na desconstrução da biomassa lignocelulósica e com enorme potencial biotecnológico tem sido as enzimas oxidativas. Elas demonstram ter um sinergismo com enzimas clássicas, aumentando a eficiência do processo de sacarificação. O CNPEM tem tratado essas enzimas como plataformas multipropósito, pois além de atuarem na desconstrução da lignocelulose também podem ser componentes fundamentais na modificação de ligninas e na obtenção de combustíveis *drop-in*[20]. Em um dos estudos iniciais neste campo, foi revelado que enzimas oxidativas do tipo lacases aumentam a atividade das enzimas conhecidas como *lytic polysaccharide monooxygenase* - LPMOs[xix], consideradas uma das descobertas mais disruptivas nesta área. O primeiro trabalho de correlação estrutura e função de LPMOs feito no Brasil demonstrou que essas enzimas se ligam a mais substratos diferentes do que era imaginado, atuando inclusive em componente não celulósicos, o que explicaria o surpreendente efeito na eficiência de sacarificação[xx].

O CNPEM é hoje referência nacional no desenho racional de enzimas devido ao conhecimento gerado sobre seus mecanismos de ação, chave para a desconstrução vegetal. Esses conhecimentos vão desde detalhes funcionais da enzima, como padrões de clivagem (corte da molécula em pontos específicos), até a elucidação de sua estrutura atômica. O pioneirismo pode ser exemplificado pelos estudos de conversão de modos de ação do tipo "exo" para "endo" das enzimas arabinanases[xxi] e xilanases[xxii], fornecendo novas estratégias para degradação dos açúcares. Utilizando engenharia do sítio ativo o CNPEM criou uma atividade em uma enzima a partir de uma proteína naturalmente inativa[xxiii]. Tal feito, na natureza, por meio da evolução natural poderia levar milhões de anos até que a "solução" fosse obtida. Ainda por meio de desenho racional de enzimas, uma enzima beta-glucosidase, com alta tolerância à inibição pela glicose, foi desenvolvida. A enzima engenheirada, descoberta de um microrganismo amazônico, serviu como plataforma, devido à sua superior atividade catalítica, gerando uma enzima otimizada para fins de sacarificação da lignocelulose[xxiv].

Mais recentemente, o CNPEM chancela seu pregresso de pesquisas na enzimologia fundamental e aplicada, desenvolvendo abordagens inéditas para exploração da biodiversidade e que traz avanços sem precedentes sobre enzimas ativas em polissacarídeos, mais especificamente, beta-glucanos. Neste trabalho, publicado na revista *Nature Chemical Biology*[xxv], a complexidade de milhares de microrganismos associados à degradação deste polissacarídeo de interesse industrial pode ser simplificada utilizando técnica de redes de similaridade e permitindo sistematicamente acessar a diversidade estrutural e funcional de uma família de enzimas. Este estudo seminal gerou um conjunto de informações estruturais e funcionais mais completo, até o momento, sobre uma família de enzimas ativas sobre polissacarídeos do tipo β-1,3-glucanos, abrindo novas oportunidades de aplicações como na produção de combustíveis, agentes antifúngicos, nutrição animal e prebióticos. Essa pesquisa demonstra o aprofundamento científico e singularidade da pesquisa realizada e fornece ricas informações para trabalhos futuros.



A arabinofuranosidase, é uma enzima que auxilia na desconstrução de polissacarídeos da parede celular vegetal conhecidos como arabinoxilana e arabinana.

Vale citar que todos esses avanços não apenas habilitaram, mas aceleraram a transferência tecnológica de soluções de enzimas customizadas para o setor produtivo, como será apresentado em outro trecho deste documento.

O CNPEM tem realizado, nos últimos dez anos, constantes esforços no aprofundamento científico do entendimento de estrutura e funções de enzimas, assim como no apoio à transferência de tecnologias se tornando importante instituição no estudo das enzimas ativas em carboidratos.

20. *Combustíveis que podem ser misturados com combustível de aviação convencional.*

Plataformas fúngicas

Floresta de fungos filamentosos do gênero Aspergillus *crescidos sobre biomassa lignocelulósica da cana-de-açúcar.*

No que tange a biodiversidade brasileira, que abrange não só plantas e animais, mas também uma infinidade de microrganismos, os fungos ainda são pouco estudados. A busca por formas alternativas e mais baratas de produção de enzimas requer desenvolvimento de fungos filamentosos, principalmente quando se almeja alto desempenho em condições industrialmente relevantes.

Ao longo de uma década, o CNPEM vem estudando três plataformas fúngicas, dos gêneros *Aspergillus, Penicillium e Trichoderma*, para a produção de enzimas e outras biomoléculas de interesse biotecnológico. As pesquisas com Aspergillus envolveram uma abordagem multidisciplinar incluindo genômica, transcriptômica, vias de sinalização e glicosilação como publicado na *Genome Biology*[xxvi]. Na participação do CNPEM em estudo internacional liderado pelo *Fungal Biodiversity Centre* (Holanda), dez novos genomas foram revelados e comparados com espécies conhecidas aprofundando o entendimento sobre os metabolismos primário e secundário, mecanismos de reposta ao estresse abiótico e vias de degradação de biomassa lignocelulósica. A robustez dessa plataforma foi testada em diversas condições industrialmente relevantes como, por exemplo, na presença de moléculas de interesse biotecnológico como o farnesol[xxvii] ou na presença de celulose[xxviii] e bagaço de cana-de-açúcar[xxix]. Esses trabalhos mostraram quais genes estavam associados a estas condições, fornecendo dados para a edição genética e obtenção de fungos mais adaptados aos processos industriais. O potencial do conjunto de genes associados ao processamento de carboidratos do fungo *Aspergillus niger* na presença de bagaço de cana-de-açúcar foi demonstrado por um estudo do secretoma, superando inclusive outras plataformas de ampla utilização biotecnológico. O conhecimento dos mecanismos de atuação desse fungo permite engenheirar outros microrganismos ou mesmo servir como base para o melhoramento deste.

O CNPEM também investiu no gênero *Penicillium*, fungos notoriamente conhecidos pela alta eficiência de sacarificação. Uma versão evoluída do *Penicillium echinulatum* foi dissecada com estudos de secretoma para entender sua capacidade celulolítica[xxx], seguido de desenvolvimento de bioprocessos e avaliação desta plataforma para produção local de enzimas[xxxi].

Finalmente, nos estudos realizados o *Trichoderma* tem demonstrado ser a plataforma mais eficiente para a produção de enzimas. Redes de co-expressão gênica com *Trichoderma reesei* RUT-C30 na presença de bagaço de cana-de-açúcar revelaram potenciais novos genes associados a degradação da lignocelulose[xxxii]. Uma espécie isolada da Amazônia, o *Trichoderma harzianum*, demonstrou uma capacidade hiper-celulolítica similar ao já conhecido *Trichoderma reesei* (RUTC30) indicando o potencial uso daquele fungo na produção de coquetéis enzimáticos para etanol celulósico[xxxiii]. Estudos do sistema celulolítico de *Trichoderma harzianum* combinado com a suplementação de enzimas heterólogas, isto é, provenientes de outros microrganismos, mostrou ainda um aumento expressivo na eficiência de sacarificação[xxxiv].

Nos primeiros anos de atuação com plataformas fúngicas o CNPEM concentrou esforços no melhoramento genético clássico e estudos do processo de obtenção *on-site* de coquetéis. A partir de 2017, com a consolidação de novas ferramentas de edição genética, leia-se CRISPR/Cas9, passou-se a investir na capacitação de equipe para a engenharia molecular dessas plataformas fúngicas – acelerando de forma sem precedentes os desenvolvimentos nessa área. Esses esforços de desenho racional e engenharia molecular possibilitaram o desenvolvimento da primeira plataforma fúngica customizada com relevância industrial para a produção de etanol celulósico.

O coquetel enzimático desenvolvido utilizou desenho racional e desenvolvimento de bioprocessos. Uma ferramenta desenvolvida *in-house*, baseada na tecnologia de edição de genomas - CRISPR/Cas9, foi utilizada para inserir seis modificações genéticas no fungo *Trichoderma reesei* (RUTC30) melhorando seu desempenho[xxxv]. O resultado gerou depósitos de patentes[21] dado seu potencial comercial. Esta plataforma fúngica, juntamente com bioprocessos de baixo custo, produziu 80,6 g L^{-1} de proteína extracelular, o maior valor experimental já reportado em literatura para *Trichoderma* reesei.

O CNPEM entrega com o desenvolvimento desta plataforma fúngica para produção do coquetel enzimático uma solução nacional de relevância industrial para produção de etanol celulósico. Lembrando que um dos gargalos da viabilidade do etanol celulósico é justamente o alto custo das enzimas utilizadas, hoje totalmente importadas. As competências adquiridas em etanol celulósico podem e devem ser direcionadas ao desenvolvimento de outras plataformas biológicas customizadas para setores de relevância nacional.

21. *PCT/BR2019/050274. Método de produção de coquetel enzimático. PCT/BR2019/050275. Linhagem de fungo Trichoderma modificado para a produção de coquetel enzimático.*

Modelagem e Avaliação Tecnológica

Propor a transformação de um modelo de produção baseado em fontes fósseis para fontes renováveis requer meios para promover sua competitividade no âmbito de uma economia circular. Este novo modelo deve minimizar os impactos no meio ambiente e otimizar a utilização de recursos naturais. Nesse sentido, o CNPEM, por meio de técnicas avançadas de modelagem e avaliação tecnológica de processos industriais, avalia os impactos econômicos, ambientais e sociais de novas tecnologias a fim de estimular a sua adoção pelo setor produtivo e apoiar estratégias de licenciamento, bem como atuar nas sugestões de políticas públicas quando solicitado.

As primeiras pesquisas nesta área iniciaram com o uso de ferramenta internacional[22] para a avaliação de ciclo de vida (ACV) de produtos derivados da cana-de-açúcar. Paralelamente, o CNPEM aprimorava sua própria metodologia de avaliação, a Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar (BVC), compatível com a realidade nacional. Os primeiros estudos buscavam responder questões conceituais e, até então, sem respostas, como uma eventual competição entre geração de eletricidade e produção de etanol celulósico a partir da biomassa da cana-de-açúcar. Naquele momento, temas hoje bastante relevantes, como o uso integral da biomassa da cana-de-açúcar, através do recolhimento da palha, e o alto custo das enzimas para produção de etanol celulósico, já mereciam papéis de destaque[xxxvi]. Os primeiros modelos de avaliação desenvolvidos foram importantes para confirmar os benefícios da integração dos processos de produção de etanol (1G) e etanol celulósico (2G) quando tecnologias avançadas nas etapas de hidrólise enzimática (teores de sólidos maiores que 15 %) e fermentação (leveduras que consomem pentose) são implementadas[xxxvii]. Os resultados obtidos envolvendo as etapas de hidrólise enzimática e fermentação ajudaram a direcionar os esforços nas pesquisas realizadas no CNPEM. A flexibilização no uso de bagaço e/ou palha para geração da eletricidade e/ou etanol celulósico, tanto em termos econômicos quanto ambientais, também foi abordada.

Com o passar dos anos, as competências do CNPEM em relação à modelagem e avaliação tecnológica envolvendo a produção de biocombustíveis se aperfeiçoaram. Essa evolução foi consequência da atuação em trabalhos internos de pesquisa científica e parcerias com empresas, suprindo informações importantes sobre os processos de produção agrícola e industrial. Este amadurecimento consolidou o papel de destaque do CNPEM na realização de avaliações de cenários dentro de uma perspectiva técnico-econômica e ambiental de curto e médio prazos[xxxviii] e no apoio a sugestões de políticas públicas[xxxix xl].

A necessidade de alinhamento às tendências de futuro fez com que o CNPEM sempre estivesse aberto à adoção de novas tecnologias para produção de biocombustíveis a partir de fontes renováveis. Assim, foram realizados estudos de avaliação nas áreas de combustíveis avançados como a produção de butanol a partir dos açúcares da cana-de-açúcar[xli], a integração das rotas aprovadas pela ASTM[23] as usinas de cana-de-açúcar para produção de biocombustíveis de aviação[xlii] e produção de biogás a partir da vinhaça, principal resíduo da indústria sucroalcooleira[xliii].

As competências em modelagem e avaliação tecnológica do CNPEM **viabilizam analisar a sustentabilidade econômica, ambiental e social das tecnologias desenvolvidas e a preservação de recursos naturais**

A biodiversidade brasileira em biomassas esteve presente nas avaliações realizadas, como pode ser observado nos estudos sobre produção de biocombustíveis utilizando milho[xliv], antecipando e apontado como tendência a crescente participação do milho na produção nacional de etanol e sua integração com a cadeia da cana-de-açúcar, e uso de microalgas para produção de biocombustíveis[xlv]. No entanto, a cana-de-açúcar representa o maior potencial brasileiro em biorrenováveis e sua produção e uso desperta interesse internacional. Como consequência, destaca-se a participação do CNPEM em um importante trabalho liderado pela *International Energy Agency* – IEA e em colaboração com outras instituições internacionais de renome. O trabalho teve como foco a grande discrepância nas ACV para produção de etanol a partir de cana-de-açúcar, milho e trigo. Estas diferenças desafiam a credibilidade das avaliações individuais e, como resultado, o progresso em direção ao cumprimento das metas de mitigação de gases de efeito estufa (GEE). Neste contexto, o estudo forneceu recomendações para promover a transparência nos cálculos e premissas de ACV de forma a harmonizar os resultados obtidos com as principais ferramentas GHGenius (Canadá), GREET (EUA) e BioGrace (Europa), utilizadas em pesquisa e desenvolvimento no mundo ou para ferramentas regulatórias relacionadas aos biocombustíveis[xlvi]. O reconhecimento internacional da plataforma de avaliação do CNPEM também foi destaque em 2016 com a publicação de um livro pela editora Springer[xlvii], sobre otimização estratégica das tecnologias industriais.

No âmbito de apoio a políticas públicas destaca-se também a disponibilização[24] oficial, em 2019, de uma ferramenta desenvolvida sob coordenação da Embrapa Meio Ambiente, a "RenovaCalc", imprescindível para o cálculo do desempenho ambiental da produção de biocombustíveis adotada pela Política Nacional de Biocombustíveis, o RenovaBio[25].

As competências em modelagem e avaliação tecnológica de processos industriais desenvolvidas ao longo da última década no CNPEM deram suporte a políticas públicas para biocombustíveis e atuaram na transferência de tecnologia ao setor produtivo. Atualmente, essas competências estão direcionadas à construção de plataformas biológicas com relevância industrial, possibilitando avaliar a sustentabilidade das tecnologias em seus três eixos: econômico, ambiental e social, bem como a integração entre as cadeias produtivas associadas aos insumos e produtos presentes no seu desenvolvimento e operação. Mostra-se assim, ser ferramenta essencial para nortear a transferência de tecnologias para a indústria, para assegurar licenciamento tecnológico futuro e apoiar sugestões de políticas públicas.

22. *GREET: The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation Model do Argonne National Laboratory.* **23.** *ASTM: ASTM International – originalmente American Society for Testing and Materials.* **24.** *Disponível em: http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio/renovacalc.* **25.***Renovabio: http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio.*

Utilização sustentável da biomassa

A viabilidade econômica da produção do etanol e de novos biorrenováveis de cana-de-açúcar está associada ao aumento da produtividade e obtenção de maior valor agregado, utilizando melhor o potencial da biomassa. Novas tecnologias agrícolas também impactam o meio ambiente reduzindo emissões de GEE, perdas na qualidade de solo, estimulando uso adequado de recursos hídricos e fertilizantes.

O desafio do aumento da produtividade da cana foi foco no CNPEM por meio de parcerias com empresas do setor agrícola que resultaram em pedidos de proteção de tecnologias[26]. Os desafios tecnológicos estavam associados a redução do tráfego de máquinas no solo e o plantio de precisão, questões relevantes para diminuir o custo de produção e aumentar a produtividade da biomassa [xlviii]. Na área molecular, o CNPEM dedicou-se a compreender a atuação da proteína TOR (Target Of Rapamycin), que promove o aumento da produtividade de biomassa abrindo perspectivas para a manipulação de rotas de conversão e manipulação dos carboidratos para desenvolver uma agricultura mais eficiente. Também com foco no aumento de produtividade foram realizados estudos orientando a fertilização nitrogenada[xlix] e a produção e uso de um fertilizante organomineral fosfatado feito de resíduos da cana-de-açúcar[l].

Foto área de experimentos de erosão de solo, realizada no âmbito do projeto SUCRE.

Na última década, em virtude de protocolos ambientais, a questão ambiental relacionada à produção e uso de biorrenováveis à base de cana-de-açúcar foi objeto de vários esforços no CNPEM. Estudos avaliaram as emissões de GEE associados à queima da cana durante a colheita do canavial[li], adoção de práticas conservacionistas[lii] e ainda a demanda de terra para expansão da cana-de-açúcar no país[liii]. Para enriquecer o debate sobre as variações nos estoques de carbono no solo devido ao processo de mudança de uso da terra, o CNPEM realizou importantes estudos com parcerias internacionais e os principais resultados foram publicados nas revistas *Nature Climate Change*[liv] e *Global Change Biology Bioenergy*[lv]. Estudo recente avaliou a mudança de uso da terra no Brasil relacionada à expansão da cana-de-açúcar em área de lavoura e urbana e os efeitos associados à disponibilidade de recursos hídricos[lvi]. Esses, e outros estudos realizados, forneceram informações importantes sobre impactos ambientas da cana-de-açúcar, sanando dúvidas mundiais sobre o potencial da cana-de-açúcar no Brasil.

Nas últimas décadas a eliminação da queima da cana gerou um desafio no setor sucroenergético e o uso da palha se tornou uma necessidade, requerendo soluções econômica e ambientalmente viáveis para recolhimento, transporte e utilização. O antagonismo da necessidade de preservação da qualidade do solo, não recolhendo a palha, e seu uso na produção de bioenergia foi objeto de intensa discussão e o CNPEM contribuiu com possíveis soluções para esse desafio[lvii lviii]. Esse e outros trabalhos do CNPEM, envolvendo manejo de resíduos, modelagem e simulação agroindustrial e análise de ciclo de vida, o chancelaram a coordenar um projeto de longo prazo com envolvimento de cerca de 20 parceiros industriais. O projeto *Sugarcane Renewable Electricity* - SUCRE (PNUD, GEF, 2015-2020)[27] recebeu destaque internacional[28] e teve como objetivo central mitigar as emissões de gases do efeito estufa provenientes da utilização sustentável da biomassa para geração de eletricidade no Brasil.

Mecanismos Moleculares de Doenças

Avanços na compreensão da natureza e dos processos que governam o comportamento dos sistemas vivos têm o potencial de contribuírem para a solução de grandes desafios da atualidade. Há um entendimento comum de que este conhecimento fundamental inspira a possibilidade de manipulação, controle e criação de funções em sistemas vivos, com claras conexões de aplicação no desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente aquelas pertinentes à saúde humana. Neste sentido, a ampliação das fronteiras do conhecimento biológico e biomédico tem se beneficiado do desenvolvimento e uso de novas tecnologias e instrumentos, acoplados à prática de abordagens transdisciplinares, amparada no uso crescente de ferramentas computacionais. Alinhado a esta percepção e a uma decisão estratégica de atuar no desenvolvimento de novas tecnologias para a saúde humana, o CNPEM se comprometeu com a estruturação de competências e infraestrutura de pesquisa em favor de um modelo de exploração científica que aborda sistemas vivos de forma ampla, da escala atômica aos organismos. Esta organização se dedica a apoiar pesquisas transdisciplinares de aspectos fundamentais de sistemas vivos, principalmente aqueles pertinentes aos mecanismos de doenças, com destaque para as infecciosas, as do neurodesenvolvimento, as cardiovasculares e o câncer. Assim, se estruturaram no CNPEM competências e infraestrutura de pesquisa com abrangência em biofísica molecular e estrutural, biologia molecular, biologia celular, bioensaios em alto desempenho, bioimagens em multiescala, sistemas microfisiológicos, organismos geneticamente modificados e biologia computacional. Este arranjo se complementa com uma organização operacional em plataformas, que busca garantir a exploração do potencial da aplicação do conhecimento fundamental em novas tecnologias em saúde humana.

Ao longo da última década, destacam-se ações que se dedicaram a explorar mecanismos fundamentais de alguns problemas médicos mais desafiadores, como autismo, doenças virais emergentes, insuficiência cardíaca e alguns tipos comuns de câncer, como o de mama e o bucal. De maneira geral, os resultados de pesquisas em destaque consistiram em explorar os vínculos entre os mecanismos moleculares e o fenótipo em nível de sistemas e organismos, coletando conhecimento sobre o papel das macromoléculas na sinalização, regulação e ativação de processos metabólicos e celulares, incluindo aqui a descoberta e validação de novos alvos farmacológicos.

26. *BR 10 2017 014282-5. Módulo de plantio para desagregação, ordenamento e dosagem de rebolos. BR 20 2017 0025743-1. Cultivo mínimo de solo com sulcador, subsolador e enxada rotativa.* **27.** *Viabilizado com financiamento internacional do Global Environment Facility e implementado no Brasil pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, em coordenação com o Ministério de Ciência Tecnologia e Inovações. Para saber mais detalhes sobre o Projeto SUCRE, ver os destaques de projetos de cooperação com empresas neste mesmo capítulo.* **28.** *Destaque no relatório da Conferência das Partes (COP-25) das Nações Unidas. Em 2020 foi escolhido pelo PNUD Brasil para representar o País em estudo global sobre inovação do Global Environment Facility.*

Doenças Infecciosas

As doenças infeciosas compreendem um amplo espectro que abrange doenças causadas por vírus, bactérias e protozoários. Estudos realizados no CNPEM, na última década, contribuíram para avanços no conhecimento que têm embasado estratégias de desenvolvimento de fármacos contra estes três diferentes agentes. As abordagens compartilham estratégia que inclui o entendimento de mecanismos básicos dos patógenos e sua relação com o hospedeiro e definição de alvos terapêuticos que propiciem a realização de campanhas de triagens para novos fármacos. Nestas ações o CNPEM conta com colaborações do Instituto de Biologia Estrutural do CNRS de Grenoble e das indústrias farmacêuticas GSK e Novartis.

No campo das doenças virais, destacaram-se os esforços para a compreensão da patogênese das graves alterações do neurodesenvolvimento causadas pela infecção por Zika vírus. Em 2014, o Brasil foi palco de uma epidemia de infecção por Zika vírus que causou grandes impactos na saúde da população e na nossa economia. Apesar de ser relativamente benigna em adultos, idoso e crianças, a infecção por Zika vírus mostrou-se extremamente danosa para fetos, causando sérios problemas no neurodesenvolvimento e deixando um rastro de problemas de saúde em um número relativamente grande de crianças afetadas, e também um número ainda desconhecido de abortos espontâneos. O CNPEM respondeu à pandemia de Zika por meio de uma força-tarefa e de colaborações com pesquisadores de outros centros de pesquisa. Os esforços se concentraram no entendimento da patogênese das alterações do neurodesenvolvimento, desenvolvimento de modelos da doença em animais de experimentação e também em tecnologias de triagem de compostos antivirais e de testes sorológicos. Parte dos resultados desse esforço foi consolidada em publicações nas revistas PLos *Neglected Tropical Diseases*[lix] e *Nature Communications*[lx]. Legados da experiência e dos esforços dedicados ao enfrentamento da epidemia de infecção por Zika vírus foram agora mobilizados pela força-tarefa do CNPEM para enfrentamento da pandemia COVID-19. Nesse caso, as ações estão concentradas na procura por medicamentos antivirais, desenvolvimento de testes diagnósticos e compreensão de mecanismos patogênicos do SARS-CoV-2 para o ser humano e modos de prevenir a doença na população. No momento em que escrevemos este relatório, os esforços da força-tarefa resultaram em: i) um teste clínico de eficácia antiviral da Nitazoxanida em andamento; ii) avaliação para estudos de eficácia de 25 outras moléculas, inéditas ou não, selecionadas por meio de triagens de coleções de compostos; iii) estudos clínicos de validação de teste sorológico em profissionais da saúde e em população de crianças e jovens em idade escolar; iv) estudos de biologia estrutural da partícula viral e seus componentes em complexo com potenciais inibidores farmacológicos; e v) estudos sobre impacto de luz UV em estratégias de higienização ambiental em empresas.

No contexto das bactérias patogênicas e suas doenças, uma das áreas de fronteira científica estabelecidas no CNPEM são os estudos em resistência de bactérias patogênica aos antibióticos. Uma das principais preocupações atuais em relação às infecções bacterianas humanas é o crescente desenvolvimento da resistência antimicrobiana (RAM), que resulta principalmente do uso indiscriminado de antibióticos, tanto na clínica quanto na agricultura. Apesar de todos os avanços da medicina desde a descoberta da penicilina, a RAM se tornou um dos problemas de saúde pública mais graves do mundo. Estudos realizados no CNPEM buscam elucidar a função de proteínas que desempenham papéis críticos na formação da parede celular em bactérias patogênicas Gram-negativas, como as proteínas de ligação à penicilina e as enzimas de síntese da mureína. Como essas proteínas são essenciais para a síntese e montagem da camada de peptidoglicano, elas são consideradas bons alvos para fármacos. A busca por novos inibidores para essas enzimas envolve principalmente o entendimento da estrutura dos complexos nos quais elas se arranjam e a triagem de produtos naturais da biodiversidade brasileira, um enorme recurso de antimicrobianos que ainda não foi adequadamente explorado. Alguns dos resultados mais expressivos dos estudos nessa área foram consolidados nas revistas *PLoS Pathogenes*[lxi], *Biochemistry*[lxii], *Nature Communications*[lxiii]; *Nature Microbiology*[lxiv]; *e Journal of Biological Chemistry*[lxv].

A doença de Chagas é causada pela infecção pelo parasita protozoário *Trypanosoma cruzi*. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que há 8 milhões de pessoas em todo o mundo infectadas com T. cruzi, sendo 1,2 milhão no Brasil. Benznidazol e Nifurtimox são os únicos medicamentos disponíveis contra a doença de Chagas. No entanto, ambos os medicamentos requerem longos períodos de tratamento, causam efeitos adversos graves e mostram eficácia reduzida no estágio crônico da doença. Portanto, melhores medicamentos para a doença de Chagas são urgentemente necessários e poucas empresas farmacêuticas estão realmente comprometidas em pesquisar e desenvolver novos medicamentos para esta doença. No CNPEM os esforços são para a identificação e validação de novos alvos terapêuticos, além de colaboração com entidades internacionais para triagens de alto desempenho. A Fundação Tres Cantos Open Lab (TCOLF), apoiada pela GSK e pelo Instituto de Genômica da Novartis Research Foundation, são exemplos recentes de organizações privadas que participam de esforços globais para a descoberta de medicamentos para a doença de Chagas. Em 2015, o TCOLF tornou público o ChagasBox, um conjunto de aproximadamente 220 compotos com atividade anti-T. cruzi, mas que ainda necessitam maior entendimento do mecanismo de ação, o que tem impedido seu pleno desenvolvimento para tratamento de pacientes infectados. O acesso de grupos especializados a estes compostos é franqueado com o objetivo de acelerar a identificação de novos alvos e contribuir para o desenvolvimento de moléculas potencialmente eficientes contra a doença de Chagas para uso clínico. O CNPEM estabeleceu parcerias com a GSK e com a Novartis para testar seus compostos, tendo identificado alvos que são envolvidos no metabolismo energético do parasita. Os estudos seguem em desenvolvimento pre-clínico. Parte dos resultados foram publicados em *SLAS Discovery*[lxvi], *Journal Biomolecular Screening*[lxvii], *FEBS Letters*[lxviii], *Bioorganic & Medical Chemestry Letters*[lxix].

Imagem em negativo do vírus Mayaro, causador de uma doença negligenciada que afeta brasileiros e outras pessoas da América Latina. Cada esfera na imagem é um vírus, cujo tamanho é de 60 nanometros em média.

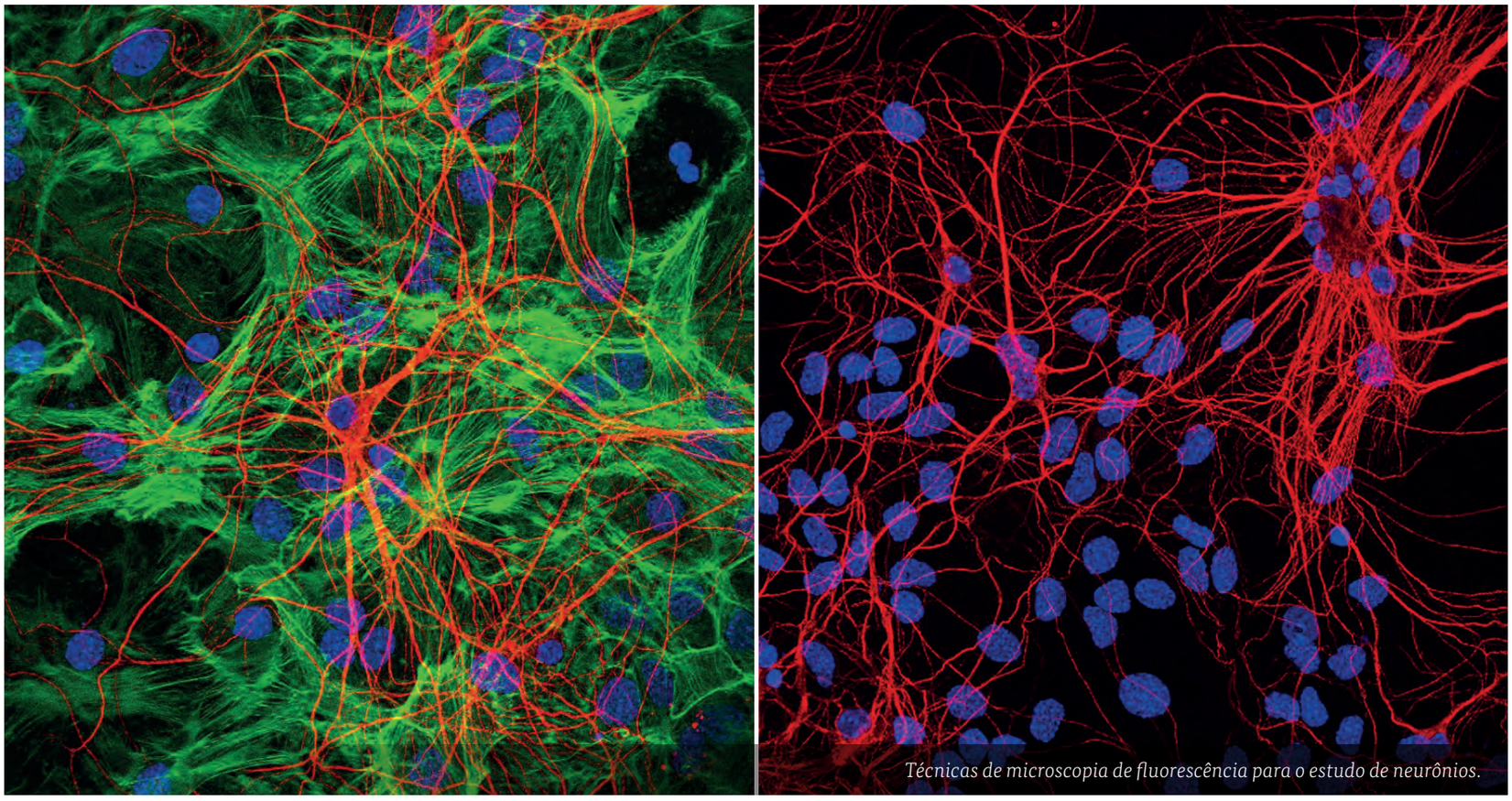
Distúrbios do Neurodesenvolvimento

Distúrbios do neurodesenvolvimento são condições relativamente frequentes na população e resultam em síndromes clínicas como autismo e deficiência intelectual, que se apresentam muitas vezes associadas à epilepsia e aos distúrbios do desenvolvimento levando a quadros incapacitantes. Uma característica comum destas condições é o pouco conhecimento sobre os mecanismos responsáveis pela sua patogênese e evolução clínica, o que tem impedido o desenvolvimento de medicamentos. Os esforços do CNPEM nesse tema se desenvolvem em três frentes.

Em uma das frentes o objetivo é estudar os impactos moleculares e no organismo de mutações gênicas que provocam deficiência intelectual. Um dos objetivos é identificar e validar novos alvos terapêuticos potencialmente relevantes para o tratamento de distúrbios do neurodesenvolvimento e suas complicações. Em estudos realizados, até o momento, foram exploradas mutações em diversos genes, causadoras de distúrbios monogênicos do neurodesenvolvimento dentre os quais a UBE2A, DDX3X, Adenosina Kinase e MAO-A, com resultados relevantes publicados em *Nature Chemical Biology*[lxx], *Scientific Reports*[lxxi].

Em outra frente são realizados esforços para desenvolvimento de imagens da conectividade neuronal por meio de técnicas de tomografia por luz síncrotron, bem como desenvolvimentos de sistemas microfisiológicos de conectividade in vitro de neurônios. Um aspecto crítico para se entender o funcionamento do cérebro é ampliar a compreensão sobre como as diferentes áreas do cérebro trocam informações. No entanto, as técnicas de imageamento do cérebro ainda não garantem resolução adequada para a identificação de conexões entre neurônios individuais no seu arranjo natural. Técnicas de tomografia baseadas em imageamento por meio de luz síncrotron são potencialmente úteis para este fim. Desta forma, um conjunto de esforços tem sido realizados no CNPEM para o desenvolvimento de técnicas de imageamento do cérebro de camundongos por meio de luz síncrotron, associados aos desenvolvimentos relacionados ao preparo de amostras e análise computacional para a identificação de conexões neuronais entre áreas do cérebro. Resultados relevantes obtidos até o momento foram publicados em *Scientific Reports*[lxxii].

Na terceira frente são realizados esforços para o desenvolvimento de técnicas de farmacologia molecular e modelos para a exploração de alvos farmacológicos com potencial para interferir na patogênese e evolução clínica dos distúrbios neurodegenerativos. Resultados relevantes obtidos nesta frente foram publicados em *Pharmacogenomics Journal*[lxxiii].



Técnicas de microscopia de fluorescência para o estudo de neurônios.

Doenças Cardiovasculares

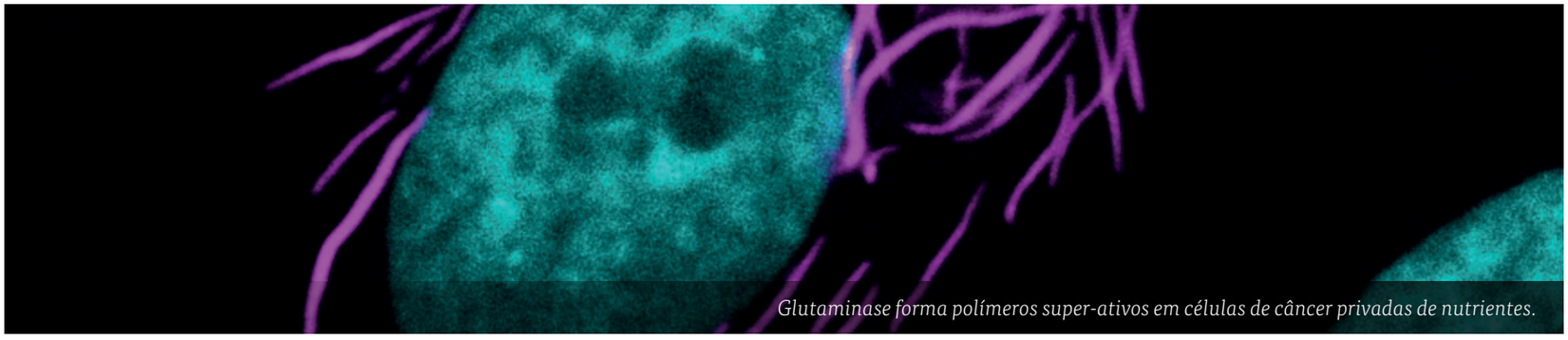
Doenças cardiovasculares são as principais causas de morte no mundo. Apesar dos avanços no entendimento dessas doenças, algumas condições como a insuficiência cardíaca, continuam a desafiar nosso entendimento e a capacidade de interferir na evolução clínica. Os medicamentos e estratégias terapêuticas existentes são incapazes de reverter as alterações estruturais e funcionais dos cardiomiócitos que aparecem em um espectro de doenças comuns, como infarto do miocárdio, hipertensão e diabetes. Assim, a compreensão dos processos biológicos fundamentais é crítica para o estabelecimento de estratégias terapêuticas necessárias para prevenir e reverter as alterações do coração na insuficiência cardíaca. No CNPEM, os esforços de pesquisa em insuficiência cardíaca têm como objetivo principal entender quais e como mecanismos de sinalização a estímulos deletérios ao coração provocam as alterações estruturais e funcionais dos cardiomiócitos. A identificação desses mecanismos é um passo importante não só para o entendimento da insuficiência cardíaca, mas também para a identificação de alvos terapêuticos para seu tratamento. Alguns alvos potenciais têm sido objeto de estudos no CNPEM e foram alocados para triagens para o desenvolvimento de fármacos. Estes esforços se desdobraram mais recentemente em outras duas frentes. Uma com objetivo principal de esclarecer os mecanismos envolvidos na regeneração potencial de cardiomiócitos e outra que explora a microestrutura do miocárdio, procurando identificar, por meio de tomografia de luz síncrotron, o arranjo dos cardiomiócitos no coração de camundongos e o impacto da insuficiência cardíaca neste arranjo. De fato, estas frentes são complementares, já que a identificação do arranjo microarquitetônico das células no miocárdio é um dos pontos críticos para o entendimento da plausibilidade de regeneração cardíaca plena, o que não é possível definir com as técnicas de imagem do coração hoje disponíveis. Resultados relevantes obtidos nesta frente, até o momento, foram publicados em *Nature Chemical Biology*[lxxiv], *Nature Communications*[lxxv], *Nature Metabolism*[lxxvi], *Circulation*[lxxvii], *Structure*[lxxviii] e *EBioMedicine*[lxxix].

Câncer

Os vários tipos de câncer que acometem os seres humanos representam doenças complexas, pouco conhecidas e, em muitos casos, incuráveis. No CNPEM, os estudos em câncer contemplam duas frentes principais de trabalho que têm em comum o foco no esclarecimento de mecanismos de oncogênese, a identificação e validação de novos alvos terapêuticos e as triagens de coleções para a identificação de compostos potencialmente antioncogênicos.

Em uma das frentes, os esforços se concentram no entendimento do metabolismo tumoral, que difere daquele dos tecidos normais. Os tumores crescem como uma massa de células em parte significativa devido à desregulação do processo de proliferação, que depende do consumo excessivo de glicose e glutamina. O metabolismo da glutamina é executado pela glutaminase mitocondrial (GLS), uma enzima que é crítica para a proliferação e sobrevivência dos diferentes tipos de tumores, incluindo o câncer de mama. Resultados relevantes desta frente foram publicados em *The Journal of Biological Chemistry*[lxxx], *Oncogene*[lxxxi], *Scientific Reports*[lxxxii], *Biochemistry*[lxxxiii], *The Journal of Biological Chemistry*[lxxxiv], *Journal of Biological Chemistry*[lxxxv], *Proceedings of the National Academy of Sciences*[lxxxvi].

Em outra frente, o foco é o uso intensivo de técnicas de proteômica para a identificação e validação de novos marcadores e alvos terapêuticos em câncer. Um dos exemplos é a identificação, quantificação e compreensão da relação entre proteínas e a progressão do carcinoma oral de células escamosas, chamado de câncer oral, o tipo mais comum de tumor maligno de cabeça e pescoço. A doença tem cerca de 300 mil novos casos diagnosticados por ano em todo o mundo. Os resultados dos estudos realizados no CNPEM identificaram uma assinatura prognóstica robusta no câncer de boca, o que pode melhorar as decisões prognósticas e orientar melhor o tratamento com vistas à redução da recorrência do tumor ou da metástase linfonodal. Resultados relevantes desta frente de trabalho foram publicados em *Oral Oncology*[lxxxvii], *Nature Communications*[lxxxviii], *British Journal of Cancer*[lxxxix], *Journal of Proteomics*[xc], *Proteomics*[xci], *Journal of Biological Chemistry*[xcii].



Glutaminase forma polímeros super-ativos em células de câncer privadas de nutrientes.

Plataforma de Descoberta de Fármacos e Biofármacos

A indústria de fármacos configura um importante componente para os setores social e econômico de um país e desafia continuamente as instituições dedicadas à Ciência, Tecnologia e Inovação na ampliação de conhecimentos e tecnologias que viabilizem soluções para os diferentes problemas de saúde e confiram sustentabilidade para a cadeia produtiva.

Ao longo da última década o CNPEM envidou esforços na consolidação de diferentes competências e técnicas experimentais dedicadas ao estabelecimento de uma plataforma para a descoberta de novos fármacos. Este processo inclui desde etapas de bioprospecção e descoberta da ação biológica, passando pelo planejamento e síntese de moléculas, até testes em modelos animais.

Os conhecimentos acumulados no estudo dos mecanismos moleculares de doenças (câncer, doenças metabólicas, cardiovasculares, infecciosas e transtornos do neurodesenvolvimento) são elementos cruciais para a identificação de novas proteínas diretamente associadas aos processos das doenças, denominadas "alvos terapêuticos". Tais pesquisas se beneficiam de uma infraestrutura única para pesquisa biológica, que investiga as doenças da molécula ao organismo, usando novas abordagens nas áreas da biologia química, ômicas, imagens biológicas, engenharia genética e computação integrativa.

Além das pesquisas relacionadas aos fármacos tradicionais, os esforços do CNPEM na direção dos biofármacos estão cada vez mais presentes. Tais medicamentos são desenvolvidos por meio da biossíntese em células vivas, por isso também são chamados de medicamentos biológicos. Um exemplo dessa classe de medicamentos são os anticorpos monoclonais, um novo paradigma para o tratamento do câncer e que está na agenda de pesquisa do Centro.

A plataforma de descoberta de fármacos e biofármacos inclui desde etapas de bioprospecção e descoberta da ação biológica, passando pelo planejamento e síntese de moléculas, até testes em modelos animais

Fármacos

A partir de um determinado alvo terapêutico é possível estabelecer uma série de procedimentos na busca de moléculas bioativas capazes de inibir a evolução da doença. Este processo é complexo, iterativo e altamente dependente de modernas infraestruturas, métodos avançados e equipes interdisciplinares, disponíveis em poucos centros de pesquisa no mundo.

Atualmente, o CNPEM dispõe de bibliotecas com mais de 80 mil compostos sintéticos e naturais – incluindo extratos provenientes dos quatro biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica) – que, quando associadas às modernas técnicas de *screening* e biologia estrutural, viabilizam a proposição de moléculas candidatas a fármacos. Após a identificação de uma molécula potencialmente ativa para ação no alvo pesquisado inicia-se o processo de planejamento e melhoria da molécula, etapa que visa otimizar sua afinidade e seletividade pelo alvo terapêutico, além das suas propriedades farmacocinéticas, elementos indispensáveis para um fármaco. Um conjunto de ferramentas voltadas as análises de ADME-Tox (administração, distribuição, metabolização, excreção e toxicidade) e eficácia *in vitro* e *in vivo* são utilizadas, abrangendo modelos *in-silico*, testes *in-vitro*, em organoides e em modelos animais. Esta análise conjunta culmina no planejamento e síntese das substâncias químicas, visando a identificação de moléculas com propriedades farmacocinéticas e farmacodinâmicas otimizadas, o candidato a fármaco, ou *lead*.

Nos últimos anos, abordagens de biologia computacional e computação científica avançada têm permitido acelerar o processo de descoberta e desenvolvimento de novos fármacos, aumentando a capacidade preditiva da interação entre a molécula, o alvo e o organismo. Esta etapa, anterior aos ensaios em células, está baseada no desenvolvimento de algoritmos computacionais customizados e utilização de inteligência artificial, formando um conjunto de ferramentas inovadoras que modernizam a plataforma de descoberta de fármacos do CNPEM.

Outra área que exige métodos avançados é o desenvolvimento de sistemas *in vitro* mais complexos que culturas de células 2D. Estes sistemas, formados por células humanas, se aproximam do organismo permitindo a realização de estudos e testes em um sistema *in vitro* miniaturizado. Os chamados "modelos de cultura de células 3D" ou organoides, se aproximam dos órgãos humanos e podem ser conectados a outros organoides em chips micro fluídicos emulando o corpo humano ou alguns sistemas integrados específicos, como por exemplo, o de absorção, metabolização e excreção.

A plataforma de descoberta de fármacos do CNPEM é fruto de sucessivos investimentos em modernas infraestruturas laboratoriais, desenvolvimento de metodologias inovadoras e capacitação contínua dos recursos humanos, essencial para qualquer atividade de pesquisa e desenvolvimento. O fortalecimento da infraestrutura e das competências multidisciplinares e transversais a todo o processo pré-clínico de descoberta e desenvolvimento de fármacos – dos mecanismos da doença à proposta de novas moléculas líderes – torna possível a execução de inúmeros projetos. Destacam-se, por exemplo, esforços para o desenvolvimento de inibidores associados à doença de Chagas, a busca por moléculas bioativas para doenças do neurodesenvolvimento e neurodegeneração e desenvolvimento de novos fármacos oncológicos a partir de produtos da biodiversidade brasileira. O portfólio de projetos inclui esforços desenvolvidos internamente e em parceria com importantes atores do setor.

A experiência em desenvolver e operar esta plataforma de pesquisa também capacita o CNPEM para atuar em outras importantes frentes associadas aos desafios da saúde humana. O mundo enfrenta hoje a pandemia do COVID-19, desafiando os cientistas na rápida busca de alternativas que possam facilitar seu diagnóstico e mitigar seus impactos. O CNPEM, assim como diversas outras instituições brasileiras, tem buscado contribuir com seus conhecimentos e atua no reposicionamento de fármacos já disponíveis no mercado nacional.

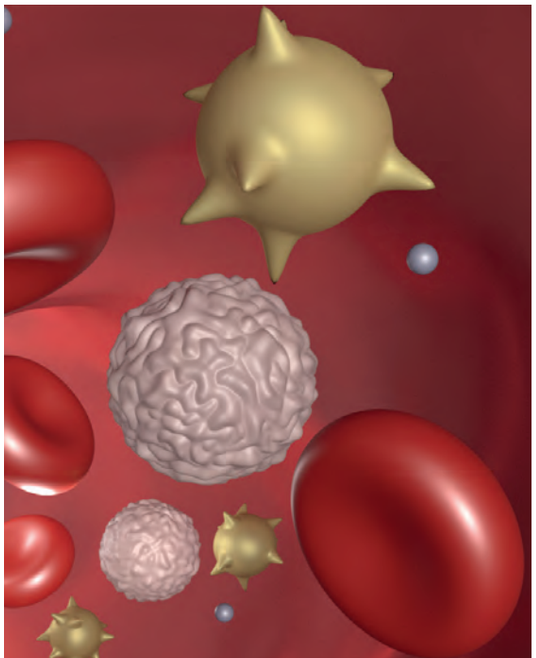
Além da descoberta de novas moléculas com efeitos terapêuticos, outro enfoque nesta temática são as pesquisas relacionadas aos sistemas de entrega direcionada de fármacos (*Targeted drug-delivery*), nos quais nanopartículas são utilizadas para carregar o medicamento diretamente até seu alvo, minimizando o efeito colateral em células saudáveis. Essa abordagem pode ser utilizada para enfrentar bactérias resistentes a antibióticos, como demonstrado em estudo que desenvolveu nanopartículas de sílica revestidas com carboidratos que apresentaram maior capacidade de ligação à membrana bacteriana, permitindo a entrega controlada de medicamentos na parede do patógeno[xciii]. As nanopartículas de sílica também foram o enfoque de um estudo para entrega direcionada de curcumina, uma substância extraída da cúrcuma que demonstra ter propriedades anticâncer, mas que devido à baixa solubilidade e rápida degradação, necessita de um sistema de entrega direcionada para que tenha uso em tratamentos anticâncer. Os resultados foram apresentados em publicação na *Lagmuir*[xciv].

Identificação de moléculas potencialmente ativa a partir de extratos provenientes dos quatro biomas brasileiros.

Biofármacos

O uso de anticorpos monoclonais (Mabs) tem transformado o tratamento do câncer, além de ser uma opção de primeira linha para o tratamento de doenças inflamatórias crônicas e autoimunes. Mabs terapêuticos são imunoglobulinas derivadas de um único clone de linhagem celular adaptada para a expressão de imunoglobulina (Ig) específica em larga escala. A eficácia terapêutica dos Mabs depende de vários fatores, mas, em grande parte, da natureza altamente seletiva e estável da interação com proteínas alvo que em geral localizam-se na superfície celular. Estas características conferem vantagens de eficácia e seletividade, quando comparados com outras modalidades terapêuticas, o que tem estimulado a ampliação do seu espaço terapêutico. Entretanto, Mabs terapêuticos são produtos de alta densidade tecnológica, cujas complexidades inerentes ao tamanho e estrutura proteica das Igs, bem como outras decorrentes do processo de produção em células impõem grandes dificuldades técnicas, que se traduzem em incertezas e riscos para seu desenvolvimento e produção. De maneira geral, as complexidades ocorrem em todas as fases, da pesquisa à produção industrial. A combinação de uso crescente e altos custos dos Mabs terapêuticos representa um grande desafio para os sistemas de saúde dos países. Essa questão é ainda mais evidente nos casos de países com sistema público universal de saúde.

A percepção de que o CNPEM dispõe de competências e infraestrutura científica apropriadas para contribuir para o desenvolvimento da cadeia de produção de biofármacos no Brasil, estimulou a execução de um plano de ação para estruturar uma plataforma de produção de células produtoras de anticorpos monoclonais. A sequência de tarefas para a produção de um anticorpo monoclonal na Plataforma do CNPEM se inicia com a identificação do alvo, prossegue até a produção do anticorpo por transfecção transiente em bancada e termina com a execução de testes para avaliar sua estrutura e funcionalidade. Se o anticorpo se mostrar viável, a próxima etapa será a geração de linhagens monoclonais e a criação do Banco de Células de Pesquisa (*Research Cell Bank*). Com isso, será possível produzir o anticorpo para testes pré-clínicos em instituições brasileiras que operam biorreatores de média escala (10L a 50L). No momento, a plataforma trabalha na geração de um anticorpo biossimilar, apoiada com recursos provenientes do Programa Nacional de Apoio à Atenção Oncológica (PRONON).



Modelagem artística em 3D de coexistência de nanopartículas, glóbulos brancos, glóbulos vermelhos e plaquetas (douradas) em um vaso sanguíneo.

Dispositivos e sensores

O desenvolvimento de dispositivos e sensores é uma importante linha de atuação do CNPEM, com potencial aplicação em diferentes setores, como saúde, energia, meio ambiente e indústria. A junção de instalações e competências associadas à sintetização, manipulação e funcionalização de dispositivos em materiais variados garantem ao Centro condições singulares para o avanço desta temática. Os esforços do CNPEM abrangem desde as etapas de projeto e simulação até a construção de protótipos e testes.

Atualmente, as ações do CNPEM têm focado no desenvolvimento de dispositivos microeletrônicos e microfluídicos baseados em diferentes plataformas, como papel, vidro, polímeros condutores, papel pirolisado e PDMS (polidimetilsiloxano). Nesse sentido ressalta-se o desenvolvimento de novas arquiteturas utilizando substratos flexíveis, cujos resultados foram publicados nas revistas *ACS Applied Materials & Interfaces*[xcv] e *Nano Letters*[xcvi].

Sensores inteligentes podem diagnosticar doenças e apoiar profissionais da saúde na indicação de tratamentos mais precisos, personalizados e eficientes. Os dispositivos são desenvolvidos para serem portáteis, de fácil operação, baixo custo e com confiabilidade comparável a de equipamentos sofisticados. A tecnologia pode ser aplicada, por exemplo, para detecção precoce do câncer de mama, ampliando as chances de sucesso de tratamento. O conceito pode ser estendido também a dispositivos vestíveis para monitorar tratamentos ou controlar a liberação de drogas. Projetos para o desenvolvimento de plataformas analíticas microfluídicas de baixo custo, portáteis, com compatibilidade de produção em massa, simplicidade operacional e desempenho analítico elevado também têm sido implementados ao longo dos anos.

Um exemplo de destaque é um dispositivo eletrônico simples, desenvolvido no CNPEM, para a detecção de biomoléculas relacionadas a diversos tipos de câncer e a doenças neurodegenerativas. Trata-se de um dispositivo eletrônico manufaturado em plataforma de vidro. Nele, um transistor é formado por uma camada orgânica em escala nanométrica, contendo o peptídeo glutationa reduzida (GSH), que reage de maneira específica quando em contato com a enzima glutationa S-transferase (GST), relacionada a doenças como Parkinson, Alzheimer e câncer de mama, entre outras. Utilizando plataformas como esta, doenças complexas poderão ser diagnosticadas de forma rápida, segura e relativamente barata, uma vez que a tecnologia utiliza sistemas em escala nanométrica para identificar as moléculas de interesse no material analisado.

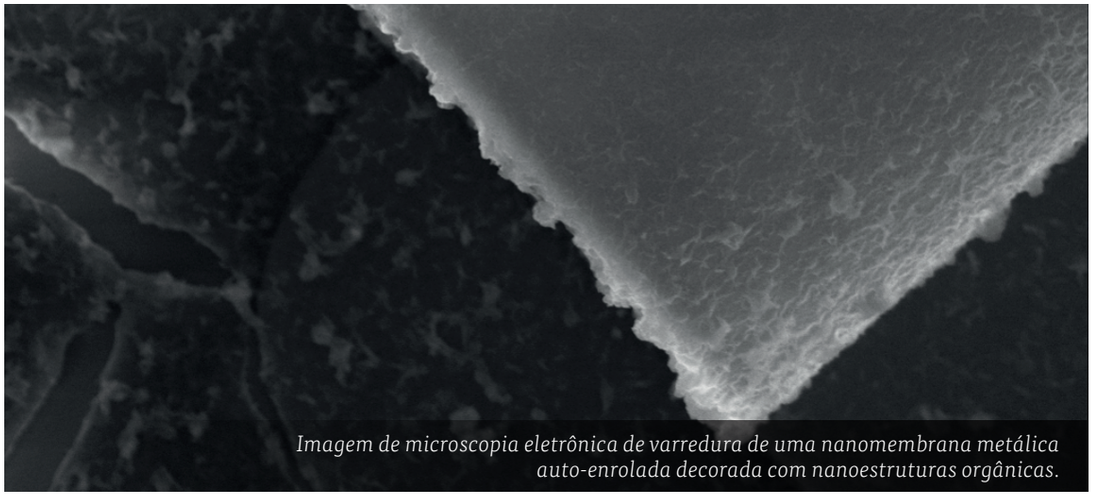


Imagem de microscopia eletrônica de varredura de uma nanomembrana metálica auto-enrolada decorada com nanoestruturas orgânicas.

A construção de dispositivos e sensores para controle de qualidade de processos e produtos na indústria é outra importante aplicação desses sistemas. No caso da indústria de combustíveis, o desenvolvimento de sensores para avaliação de qualidade de maneira simples e rápida é fundamental. Um dispositivo desenvolvido no CNPEM, por exemplo, tem a capacidade de atestar em segundos se o etanol avaliado tem a concentração exigida pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). O dispositivo conta um sensor com dois eletrodos metálicos, acoplados frente a frente e imersos no etanol. A avaliação da resposta elétrica do sensor permite determinar o teor alcóolico do combustível e informar, de imediato, se o etanol está dentro dos padrões de consumo. A tecnologia tem potencial para substituir o densímetro, comumente encontrado nas bombas de combustível, e tem funcionamento mais simples, rápido e prático que métodos laboratoriais de análise. Por ser pequeno e ter um custo baixo quando produzido em escala, o dispositivo poderá ser instalado em todos os elos produtivos da cadeia, como usinas, caminhões de transporte ou mesmo nos carros dos consumidores finais. A tecnologia está patenteada e pronta para ser adotada pela indústria. Além de avaliar o etanol combustível, o sensor também pode ser utilizado para medir o nível de álcool em produtos de limpeza e bebidas alcóolicas.

Sensores inteligentes podem ser aplicados no diagnóstico doenças, no controle de qualidade de processos industriais e até mesmo no monitoramento ambiental

A miniaturização de dispositivos eletrônicos pode beneficiar diferentes tipos de controle e monitoramento ambientais. Sensores funcionais nanofabricados permitem, por exemplo, monitorar contaminantes da água, quantificar a concentração de CO_2 em florestas tropicais, avaliar a propagação de doenças na agricultura, classificar e mensurar microrganismos no solo e elencar efeitos decorrentes do uso de defensivos agrícolas.

Um dos principais empecilhos para o uso de plataformas de análise miniaturizadas é o alto custo dos processos. Isso vale para o meio industrial, de saúde ou para as pesquisas acadêmicas. O desenvolvimento de novos métodos para a fabricação simples e rápida de dispositivos microfluídicos de vidro é um passo importante para ampliação de seu uso em diagnósticos clínicos, monitoramento ambiental e controle de qualidade em linhas de produção de fábricas, por exemplo. Um novo método de fabricação desses dispositivos foi desenvolvido no CNPEM e permite a fabricação de chips de vidro mediante um protocolo simplificado e compatível com larga escala. A técnica demanda menos tempo e utiliza condições de temperatura e pressão mais baixas do que os métodos convencionais, o que representa uma alternativa promissora para a construção de plataformas microfluídicas de alto desempenho.

Engenharia e Instrumentação Científica

Uma característica comum entre todos os centros de pesquisa que desenvolvem e operam grandes facilities é a capacidade de engenharia e tecnologia de ponta formada ao longo os anos. Destaca-se, como exemplo, o *Paul Scherrer Institute* (PSI), na Suíça, que iniciou os trabalhos de construção de um Síncrotron (SLS) em 2001 e hoje também opera um *Free Electron Laser* (SwissFEL), uma fonte de nêutrons (SINQ) e uma fonte de múons (SμS), além de um laboratório de terapia de prótons específico para tratamentos de cânceres malignos específicos.

Em toda a história da ciência, o avanço tecnológico associado aos instrumentos mostrou-se essencial para garantir o progresso científico, permitindo a identificação e compreensão de inúmeros fenômenos. Nesse sentido, a experiência do usuário neste processo de desenvolvimento é crucial e reconhecida há décadas[29].

Durante sua história, o CNPEM desenvolveu capacidade para projetar e produzir instrumentos científicos, competência associada ao conhecimento acumulado desde a construção da primeira fonte de luz síncrotron no Brasil.

Na década de 80, quando o Brasil decidiu construir uma fonte de luz síncrotron, sem nenhuma experiência anterior, investiu fortemente na formação de uma equipe de técnicos, engenheiros e cientistas capaz de aprender com a cooperação internacional e desenvolver soluções internas adaptadas à realidade nacional. Após anos de manutenção e operação do primeiro acelerador, a equipe de engenharia internamente formada já havia acumulado experiência suficiente para projetar uma das fontes de luz síncrotron mais avançadas do mundo.

A complexidade e os elevados requisitos técnicos do Projeto Sirius exigiram desta equipe a busca por novas soluções e incorporação de competências, tanto do ponto de vista de infraestrutura quanto da qualificação de pessoal dos diferentes grupos de engenharia e instrumentação científica. Esta experiência tornou o CNPEM referência nacional e internacional em diversas especialidades.

Hoje, o CNPEM opera uma das mais avançadas infraestruturas de vácuo do país, com capacidade de fabricação de câmaras em diferentes materiais (aço inox, cobre, alumínio e cerâmica) e utilizando diversas possibilidades de soldas (TIG, MIG, brasagem ou fricção) para aplicações que exigem pressões tipicamente encontradas no espaço (abaixo de 10^{-11} Bar) e que são fundamentais para operação de síncrotrons, fabricação de magnetos supercondutores e sistemas criogênicos. Ainda sobre dispositivos de ultra alto vácuo, o CNPEM é um dos poucos centros do mundo a dominar a tecnologia para aplicação de filmes de NEG voltado para o desenvolvimento de sistemas de vácuo mais eficientes.

O aprendizado e desenvolvimento de técnicas complexas de soldagem e com amplas possibilidades de aplicação fazem parte do leque de competências adquiridas pelo CNPEM, sendo um atrativo para empresas que buscam soluções desse tipo. A soldagem por difusão, dominada pelo CNPEM é uma técnica pouco disseminada no Brasil e pode ser usada em diversas aplicações industriais. Um exemplo é a produção de telas utilizadas como elemento filtrante na extração de petróleo, desenvolvidas em projeto de cooperação entre o CNPEM e a uma empresa do ramo. Ainda nesta mesma área, processos de soldagem por atrito com pino não-consumível (*Friction Stir Welding – FSW*) também é exemplo de conhecimento técnico desenvolvido no Centro, que viabilizou projetos em cooperação com empresas interessadas[30].

Na área de eletrônica digital o CNPEM é capaz de projetar e desenvolver diferentes componentes capazes de operar em sistemas complexos de diagnóstico e controle, incluindo o projeto, fabricação e programação de placas com sistemas FPGA e o desenvolvimento de fontes de corrente de até 1000 amperes de altíssima estabilidade (30 partes/milhão).

Desde a década de 80, quando decidiu construir uma fonte de luz síncrotron, o CNPEM investiu fortemente na formação de equipe multidisciplinar capaz de projetar e produzir inúmeros instrumentos científicos

Instalação das câmaras de vácuo do Sirius.

29. *Essa percepção foi evidenciada em trabalho seminal de Eric von Hippel: The dominant role of users in the scientific instrument innovation process, Research Policy, 1976.* **30.** *Projeto realizado com a Petrobrás na área de FSW foi descrito nos destaques de projetos de cooperação com empresas, neste mesmo capítulo.*

Outro importante exemplo é o desenvolvimento de máquinas de precisão, compostas por sistemas mecatrônicos avançados. A construção de equipamentos de alto nível de estabilidade e precisão, como o monocromador e os detectores utilizados nas linhas de luz do Sirius, exigiram um sofisticado conhecimento de engenharia para projetar soluções exigidas pelo projeto que não estavam disponíveis no mercado[31].

Uma outra série de desenvolvimentos visam adequar a aplicação das diferentes técnicas de pesquisa disponíveis aos inúmeros tipos de amostras e condições exigidas nos experimentos. Um exemplo destas ações é o desenvolvimento de sistema de microfoco e de micromanipulação automatizado que permite atuar em amostras micrométricas dentro de células de pressão. Trata-se de aparato que permite utilizar técnicas de luz síncrotron para estudar materiais em condições de altas pressões, temperaturas e campo magnético e que encontram aplicação na investigação de materiais magnéticos, supercondutores e semicondutores. É possível com esse sistema, por exemplo, analisar em três dimensões e com resolução micrométrica o que acontece dentro de uma rocha durante a extração do petróleo, ou até mesmo como a água escoa pelos poros de uma amostra de um solo.

Outro exemplo são os dispositivos desenvolvidos para garantir o alinhamento dos espelhos que integram as linhas de luz do Sirius. No caso da linha Mogno foi desenvolvido internamente no CNPEM um arranjo de trilhas (nano-fios) metálicas de ouro e platina, depositados sob um substrato de silício, o dispositivo irá fornecer, em tempo real, um *feedback* das características do feixe de raios X na região de sua focalização, mapeando os sinais de microfluorescência gerados pelos dois metais. Esta informação será utilizada para corrigir possíveis desalinhamentos do sistema óptico da linha de luz, que podem causar aberrações no feixe e diminuir a qualidade do dado obtido no experimento. Para viabilizar o alinhamento necessário dos subsistemas nas linhas de luz e estações experimentais do Sirius, foi realizada uma importante etapa de alinhamento de milhares de elementos dos aceleradores com precisão projetada de aproximadamente 30 micrometros ao longo dos 520m de circunferência do acelerador. Para atingir tal precisão o CNPEM contou com equipe especializada em alinhamento de grandes volumes, dispositivos de alta acurácia como *laser trackers* e calibres de precisão, além de um criterioso processo de fiducialização.

Diversos desenvolvimentos visam adequar a aplicação das diferentes técnicas de pesquisa aos inúmeros tipos de amostra e condições exigidas nos experimentos. **Neste sentido, a multidisciplinaridade encontrada no CNPEM é um diferencial**

Sistema de movimentação do monocromador é o mais estável do mundo.

Na temática de catálise e energia, destaca-se o desenvolvimento de um simulador de reator catalítico com fluxo controlado de reagentes. Este instrumento, acoplado à linha de luz, permite reproduzir em laboratório processos encontrados na indústria química e petroquímica.

A produção de imagens bi- e tridimensionais com resolução nanométrica utilizando nanoscopia de raios X é considerada fronteira no desenvolvimento de técnicas para síncrotron. Nesse âmbito, foi construído e comissionado protótipo de microscópio de raios X moles. Este sistema será utilizado no Sirius e permitirá o mapeamento químico de elementos leves em diversos tipos de amostra, com especial ênfase para materiais biológicos e solos.

Outro importante exemplo é a aplicação de técnicas de luz síncrotron em biologia estrutural, que busca novas soluções para a resolução de estruturas de proteínas e melhor compreensão de suas funções. Nesse sentido, esforços internos para o desenvolvimento de um arranjo experimental composto por detector e sistema de posicionamento de alta precisão permitiram coletar dados e determinar a estrutura de uma importante proteína do vírus Zika, a Polimerase de RNA NS5[32].

No âmbito das técnicas de microscopia, o Centro também desenvolveu diferentes acessórios para viabilizar experimentos. Como exemplo, podemos citar um estágio de aquecimento e tração de amostras metálicas que permitiram analisar a deformação da amostra durante a medida e um substrato com deposição de filme fino específico para viabilizar análise de amostras que contenham carbono e porta amostra com possibilidade de inclinação para medidas de tomografia.

Os destaques acima são apenas alguns casos ilustrativos dos esforços do CNPEM para o desenvolvimento de ferramentas e instrumentação científica relacionadas a operação de grandes e complexas infraestruturas de pesquisa. Ao reunir Laboratórios Nacionais com atuações distintas, mas complementares, o Centro constitui ambiente propício para estas atividades, uma vez que agrupa recursos humanos capazes de desenvolver tais ferramentais e também aplicá-las aos desafios científicos configurando, assim, um ciclo de oferta e demanda que se retroalimenta à medida que as atividades de pesquisa avançam. Esta interação assume enorme importância, pois facilita que a instrumentação de pesquisa disponível, inclusive para o público externo, permaneça competitiva e permita avançar no estado da arte da técnica/instrumentação.

A consolidação de fortes competências nestas áreas garante ao CNPEM independência e agilidade para atuar em novos projetos, da concepção à execução. Neste contexto, dois exemplos merecem destaque.

31. *O monocromador e detectores que estão sendo desenvolvidos serão apresentados com mais detalhes na seção deste capítulo que trata exclusivamente do Projeto Sirius.* **32.** *Depositada no Protein Data Bank (rscb.org) sob o número 5U04.pdb.*

O primeiro está associado ao desenvolvimento de capacidades em física das radiações. Aceleradores síncrotron são fontes controladas de radiação ionizante, e para garantir a segurança radiológica da instalação é necessário conhecer os processos de produção e interação das radiações produzidas com os diferentes materiais. Este conhecimento diretamente associado ao projeto de blindagens e sistemas de segurança radiológica de um síncrotron capacita o CNPEM para executar projetos que visam potencializar a produção nacional de radioisótopos a partir de aceleradores[33]. Iniciativas nesta área de pesquisa podem trazer ao país autonomia para a pesquisa, desenvolvimento e produção de radioisótopos para finalidades médicas. Destaca-se que este é um esforço fundamental para garantir novas possibilidades de diagnósticos e tratamentos de doenças em áreas como cardiologia, oncologia, hematologia, neurologia, entre tantas outras. Este é um avanço imprescindível uma vez que a logística associada à importação de alguns radioisótopos é influenciada pelo tempo de decaimento do material, inviabilizando seu transporte.

O segundo exemplo está associado à aplicação do estoque de conhecimento acumulado em engenharia para projetos vinculados ao combate da Pandemia do Covid-19. Este cenário explicitou a necessidade de prover infraestrutura capaz de garantir uma agenda permanente de pesquisa associada ao combate de viroses emergentes. Neste sentido, o CNPEM viabilizará a implantação de um laboratório de segurança biológica NB3, além de projetar os requisitos iniciais para futura implantação de um laboratório NB4. Destaca-se que instalações desta natureza, associadas aos laboratórios já instalados no Centro alavancam as possibilidades de pesquisa, além de possibilitarem seu uso pela comunidade científica como uma instalação aberta.

Em suma, a concepção, desenvolvimento e operação de infraestruturas e equipamentos complexos é um indicativo da capacidade tecnológica de um país. Dessa forma, a atuação do CNPEM nesta área tem contribuído para que o Brasil não seja apenas um importador de equipamentos, mas que também acumule competências técnicas desenvolvendo tecnologias com potencial de exportação. Este é um marco significativo para o país e parte da missão dos polos de tecnologia.

Este conjunto robusto de capacidades envolvendo engenharia e instrumentação avançada é **um importante ativo na busca de soluções para os mais diversos desafios de interesse do país**

Síntese e Caracterização de Materiais e Métodos Avançados

O progresso científico e tecnológico está intrinsecamente ligado à maior compreensão das características da matéria, seja ela orgânica ou inorgânica, e de seus mecanismos de interação em diferentes ambientes. Neste sentido, o CNPEM desenvolve estudos que buscam aplicar os conhecimentos multidisciplinares disponíveis no Campus no desenvolvimento de métodos avançados e na busca de materiais com propriedades ótimas para as inúmeras aplicações.

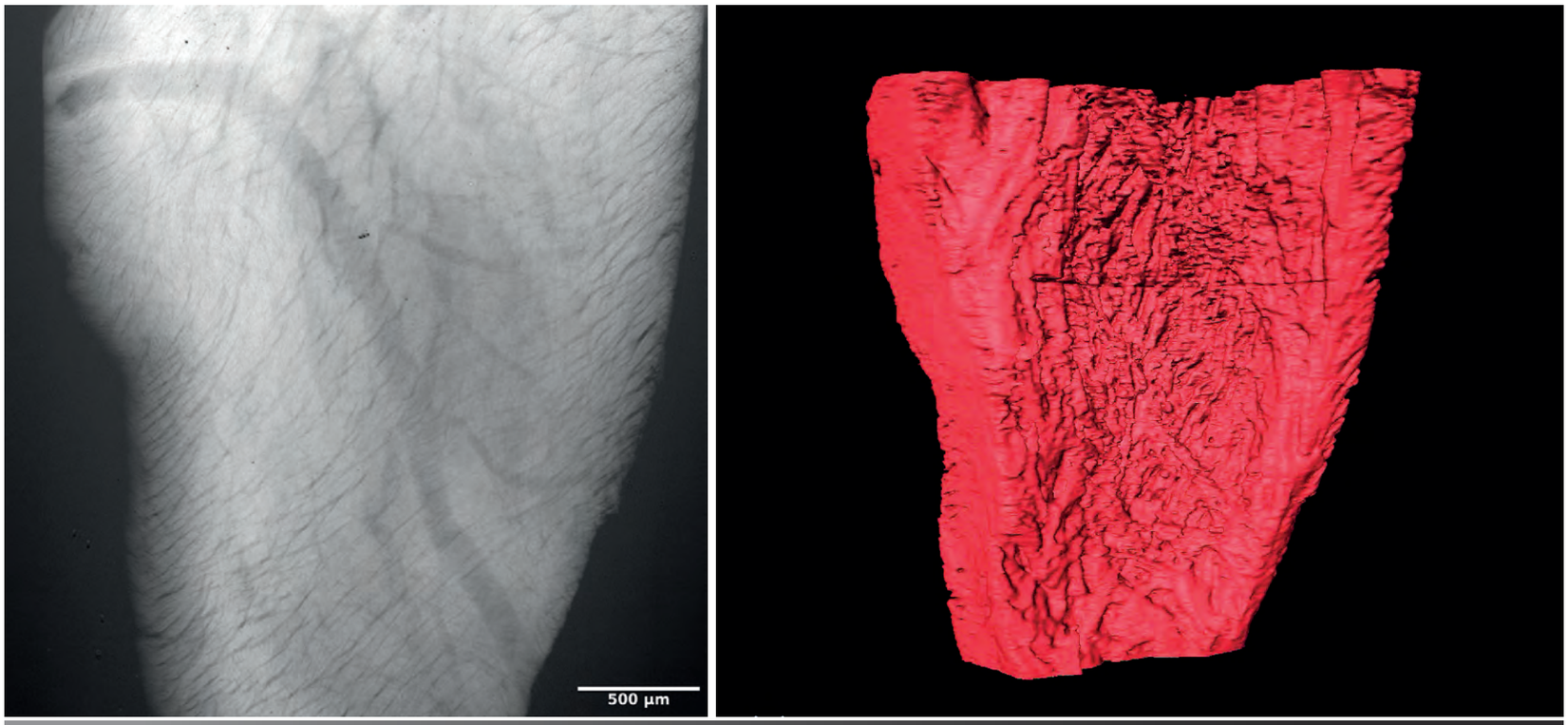
Na temática de métodos avançados merece destaque as iniciativas do Centro voltadas para imagens biológicas, área essencialmente transversal que reúne competências múltiplas e muito singulares. As abordagens utilizadas envolvem não somente o desenvolvimento de instrumentação, mas também pesquisas com foco na adequação dos métodos aos problemas científicos que abrangem desde a elucidação de estruturas mais simples como vírus e complexos macromoleculares por meio de criomicroscopia eletrônica[xcvii], ressonância magnética e cristalografia de raios X até imagens tridimensionais de um órgão íntegro com precisão para identificar célula por célula do tecido utilizando tomografia por absorção de raios X. Neste último caso o processo de obtenção das imagens é seguido por estratégias de processamento de dados, visualização e segmentação. Estes avanços se beneficiam não somente da infraestrutura diretamente associada a obtenção das imagens, mas também de avançadas técnicas de modelagem matemática e aprendizado de máquina (inteligência artificial).

A operação das novas linhas de luz do Sirius trará avanços significativos para estas pesquisas. Na linha Mogno, por exemplo, será disponibilizada uma estação experimental voltada para estudos de pequenos animais *in vivo*, de modo análogo a exames médicos, porém com resolução de até milhares de vezes acima dos tomógrafos hospitalares e com baixa dose de radiação. Espera-se também revelar detalhes fisiológicos com to-

A associação dos conhecimentos acumulados na investigação de mecanismos associados à diferentes doenças com as poderosas ferramentas de imagens permitem que o CNPEM avance na investigação de grandes desafios da medicina moderna.

Em neurociências, por exemplo, é possível aplicar técnicas de bioimagens para estudar a distribuição espacial e morfologia de neurônios in situ. Em cardiologia, é possível avaliar a composição tridimensional do músculo cardíaco com resolução espacial de micrometros (escala de células).

33. *Recentemente o Centro firmou acordo de cooperação técnico-científica com o Instituto Nacional de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, para o desenvolvimento de pesquisas nesta área.*



Reconstrução tridimensional (à direita) e projeção (à esquerda) do corte de ventrículo esquerdo de um coração de camundongo. Imagens estão entre as primeiras produzidas a partir de microtomografias de raios X no Sirius, ainda em fase de testes.

mografia 4D (resolvidas no tempo). Para tanto, diversos avanços estão sendo feitos, desde instrumentação eletrônica para medição e utilização do eletrocardiograma (ECG) no controle e regulação da experimentação (atuando no obturador), passando por estudos e desenvolvimento de métodos de radiometria em tempo real até impactos biológicos de doses de radiação ionizante. Desse modo, os resultados poderão ser rapidamente transportados de pequenos animais para casos clínicos aumentando as áreas de aplicação de nossa contribuição técnica e científica.

Técnicas de imagens também podem ser aplicadas em estudos relacionados ao meio ambiente. No âmbito da preservação e recuperação de água, técnicas de tomografia de raios-X foram utilizadas para simular o processo de tratamento de aquíferos contaminados por hidrocarbonetos clorados utilizando nanopartículas. A aplicação desta técnica permitiu compreender a interação entre a nanopartícula e os contaminantes em poros das rochas do aquífero. Os resultados permitem aperfeiçoar a técnica de nanorremediação de aquíferos contaminados, no sentido de otimizar a velocidade de aplicação das nanopartículas para que a descontaminação seja efetiva[xcviii].

Os desenvolvimentos na área de materiais avançados envolvem pesquisas que buscam conferir melhores propriedades aos materiais de acordo com as aplicações desejadas ou até mesmo reduzir seus custos de produção ou impactos ambientais. Uma pauta bastante presente na atualidade envolve o desenvolvimento de novos materiais a partir de diferentes resíduos. O bagaço da cana-de-açúcar é a base para a produção de materiais "verdes", uma vez que são ricos em "tijolos básicos" como a nanocelulose e a lignina. O CNPEM vem explorando estes materiais desde 2013, desenvolvendo pesquisa que vai da extração da lignina e nanocelulose (nanofibrila e nanocristais)[34], à purificação e aplicação destes materiais manométricos no desenvolvimento de diferentes compósitos avançados. Como destaque poderíamos citar espumas para descontaminação de ambientes poluídos[35], compósitos poliméricos mais leves e resistentes mecanicamente para aplicação na indústria automobilística, e colas e adesivos de elevado desempenho. Por exemplo, a combinação de nanocelulose, lignina e látex de borracha natural permitiram gerar uma cola atóxica a base de água, com elevado potencial de aplicação e sem adição de solventes e/ou compostos prejudiciais à saúde. Esta cola mostrou um desempenho superior para diferentes materiais, inclusive junções de materiais dissimilares tais como metal/polímero[36]. A nanocelulose, associada ao grafeno, subsidia o desenvolvimento de materiais avançados mais leves e resistentes mecanicamente, sendo um excelente material para embalagens especiais.

Nanomateriais em desenvolvimento no CNPEM tem potencial para melhorar a eficiência dos processos de geração de energia alternativa. Com foco em energia, materiais nanoestruturados podem ser "engenheirados" para promover "fotossíntese artificial" – geração de hidrogênio (H_2) a partir da eletrólise da água induzida pela luz solar. O CNPEM desenvolveu um processo de fabricação e dopagem de hematita (óxido de ferro) que permitiu o aumento significativo da eficiência dos fotoanodos com relação a produção de hidrogênio[xcix c], usando água como fonte

34. *INPI 10 2020 003684 0.* **35.** *INPI BR 10 2019 022589 0.* **36.** *INPI BR PI 10 2018 009673-7 e WO 2019/213730A1.*

pura de H_2. Técnicas de machine learning também foram aplicadas na identificação da composição química e estrutura cristalina de um novo material, baseado em estanho, selênio e telúrio (Sn_2SeTe), com propriedades eletrônicas promissoras para esta mesma aplicação[ci].

Ainda na área de energia, a busca por materiais mais eficientes para a conversão da luz em eletricidade em células fotovoltaicas tem se intensificado nos últimos anos. Materiais chamados perovskitas híbridas orgânico-inorgânicas (OIHP) mudaram profundamente o cenário para o futuro da energia solar, atingindo eficiências superiores a 20% em poucos anos de pesquisa e se equiparando às células fotovoltaicas à base de silício, o material mais comumente utilizado. Porém, as perovskitas apresentam diversos problemas de estabilidade que impedem sua aplicação comercial. Dessa forma, pesquisadores do CNPEM em colaboração com outras instituições utilizaram as instalações da linha de luz de nanoespectroscopia de infravermelho (nano-FTIR) para mapear quimicamente grãos nanométricos individuais nos filmes de OIHP[cii]. Os pesquisadores verificaram que grãos específicos do filme perovskitas apresentaram atividade vibracional mais forte, que está associada a grãos degradados, isto é, em um estado químico inativo para a atividade fotovoltaica. Este resultado abre margem para se investigar a influência das diferentes fases estruturais no desempenho das células solares de perovskitas.

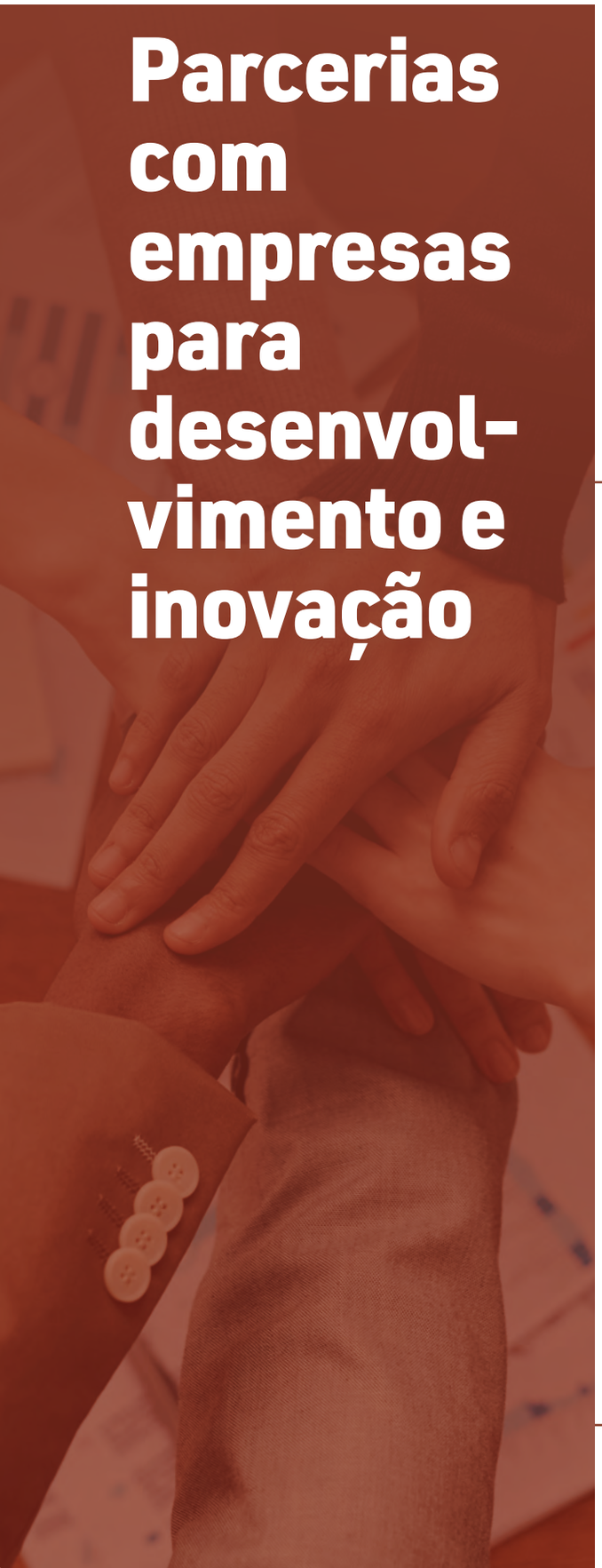
Sabe-se que as propriedades de partículas em escala nanométrica podem ser completamente diferentes das encontradas em sua versão macroscópica. Ainda, nanopartículas de diferentes tamanhos e formas podem ter características completamente distintas, mesmo sendo formadas por um mesmo material. Essa possiblidade de regular as propriedades ópticas e elétricas das nanopartículas através do controle de sua composição, forma e tamanho abre as portas para uma imensa variedade de aplicações. Nesse contexto, pesquisadores do CNPEM e colaboradores utilizaram as instalações do Centro para elucidar o efeito da troca de ligante em nanocristais de ZrO_2 e as consequentes mudanças na desordem estrutural[ciii]. Os pesquisadores utilizaram diferentes técnicas avançadas de caracterização para revelar a natureza da estrutura dos nanocristais. Os resultados têm impacto direto no desenvolvimento de nanomateriais, especialmente para funcionalidades onde a desordem estrutural localizada na superfície desempenha um papel importante nas propriedades físico-químicas, como propriedades mecânicas, de fotoluminescência, de transporte eletrônico e catalíticas.

Outro exemplo da escala nanométrica está relacionado às aplicações em saúde. Nanopartículas de prata têm ação antibacteriana, entretanto, considerando que este efeito é dependente de sua dimensão e do microorganismo, o desafio de pesquisas nesta temática consiste em realizar o fracionamento seletivo para identificar nanopartículas mais eficazes para a aplicação desejada. Pesquisadores do CNPEM foram capazes de selecionar nanopartículas de prata de tamanhos diferentes e avaliar seus efeitos em diferentes cepas bacterianas: *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermis* e *Micrococcus lysodeikticus*. Os resultados fizeram que a pesquisa fosse aplicada também ao vírus HIV, verificando-se que as nanopartículas de prata com tamanho entre 5 e 15 nm (nanômetros) têm poder de bloquear a replicação do vírus, e que quando associadas a antibióticos comerciais demonstraram ter grande poder bactericida[civ]. Nanopartículas também podem ser empregadas no tratamento de tumores, infecções e inflamações, entretanto, inúmeros desafios devem ser superados para que sua administração clínica seja possível. Estudos realizados no CNPEM também buscam compreender e otimizar a ação de nanoestruturas em fluídos como o plasma sanguíneo[cv].

A pauta de materiais avançados busca melhorias de suas propriedades, ou redução dos custos de produção e impactos ambientais. **Assim, o desenvolvimento de novos materiais a partir de diferentes resíduos constitui importante oportunidade para o País**

Nanocristais de celulose extraídos do bagaço da cana sem o uso de ácidos.

Parcerias com empresas para desenvolvimento e inovação



Um dos pilares da missão do CNPEM está na aplicação de suas competências e técnicas experimentais em projetos que busquem soluções para os desafios científicos e tecnológicos de empresas que procuram inovar em seus produtos, processos ou serviços. Em geral, as empresas recorrem a instituições de ciência e tecnologia (ICTs), como atores que podem apoiar a geração de inovações por meio do acesso à fronteira científica e a recursos específicos, além de constituir importante alternativa para reduzir ou compartilhar os riscos inerentes da P&D.

Essa interação tem papel fundamental no desenvolvimento do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), e beneficia as empresas ao possibilitar o fortalecimento de suas capacidades inovativas.

O acesso ao conhecimento científico de fronteira e a interação com pesquisadores e especialistas permitem que a empresa amplie sua compreensão sobre as áreas de P&D em que atuam, identifique novas vias de pesquisa, resolva gargalos tecnológicos, além de possibilitar a exploração de outras janelas de oportunidades pela ampliação de seus conhecimentos e capacidades. Por sua vez, o acesso a recursos específicos como equipamentos e infraestrutura laboratorial, pode resultar na redução dos custos operacionais e de desenvolvimento associados a essas infraestruturas, além dos custos relacionados a manutenção de capital humano dedicado.

As complexas e singulares infraestruturas laboratoriais e o quadro de recursos humanos altamente qualificado do CNPEM se destacam como

O apoio à inovação em grandes números

No período de 2010 a 2019, os esforços do CNPEM em institucionalizar sua política de inovação e se relacionar com atores do setor empresarial resultaram em expressivo aumento no número de projetos em parceria e de pedidos de proteção de propriedade intelectual.

Os projetos de P&D em parceria com empresas vigentes saltaram de 12 em 2010 para 42 em 2019 – o que corresponde a aumento superior a 300% no número de projetos em andamento no período analisado. Ao todo, foram executados 105 projetos únicos em parcerias com empresas entre os anos de 2010-2019, excluindo-se aqueles relacionados ao Sirius. Cabe destacar que nos últimos seis anos, os novos projetos contratados captaram em conjunto mais de R$100 milhões, investidos na execução das atividades previstas na cooperação[37].

Este conjunto de projetos envolveu empresas de diversos setores e abordou diferentes áreas de aplicação. No período 2010-2019, os setores de aplicação que concentraram maior número de projetos foram energias renováveis, petróleo e gás, fármacos e medicamentos, e agricultura e agropecuária. Essa diversidade é reflexo das múltiplas capacidades e temáticas desenvolvidas pelo CNPEM.

A proteção das novas tecnologias criadas no CNPEM também obteve resultados relevantes no período. Entre os anos de 2010 e 2019, o CNPEM contabilizou 83 novos pedidos de proteção de propriedade intelectual[38], incluindo depósitos de pedidos de patentes, modelos de utilidade, registro de software, e registro de topografia de circuitos integrados. Além disso, houve um aumento de depósitos de pedidos de patentes, tanto depósitos em países, quanto extensão da proteção via *Patent Cooperation Treaty* (PCT), totalizando 48 pedidos internacionais no período. O ano de 2019 marca o recorde no número de novos depósitos no período, com 16 pedidos. A maior internacionalização nos registros de propriedade intelectual do CNPEM é um importante indicativo de sua capacidade de criar tecnologias pioneiras em âmbito internacional. Além disso, a proteção de suas descobertas, no Brasil e em outros países, é fundamental para a potencial exploração comercial dessas tecnologias.

O CNPEM também tem avançado em seus esforços de transferência de tecnologias – processo que permite que o conhecimento gerado internamente seja convertido em produtos e serviços que beneficiem a sociedade. Essa transferência de tecnologia é formalizada por meio de contratos de licenciamento, que concedem a uma ou mais empresas o direito de uso e de comercialização de uma tecnologia desenvolvida pelo CNPEM.

No período 2010-2019, o Centro licenciou seis tecnologias para empresas, sendo duas em 2018 e três em 2019. Os contratos de licenciamento vigentes abrangem diversas áreas de aplicação, refletindo também a diversidade de técnicas e competências reunidas no CNPEM que habilitam o Centro a realizar tais desenvolvimentos.

importantes fatores de atração para empresas de diferentes áreas de atuação. As atividades de apoio à inovação desenvolvidas pelo CNPEM incluem, além das parcerias em P&D, transferência de tecnologias e know-how e prestação de serviços tecnológicos altamente especializados. Tais atividades podem ser financiadas por recursos da própria empresa e/ou por instituições de fomento e fundos de apoio.

Este capítulo aborda o papel desempenhado pelo CNPEM no apoio à inovação em grandes números – abrangendo projetos em parcerias e propriedade intelectual. Além disso, serão apresentados alguns exemplos que ilustram a interação do CNPEM com empresas no período de 2010-2019.

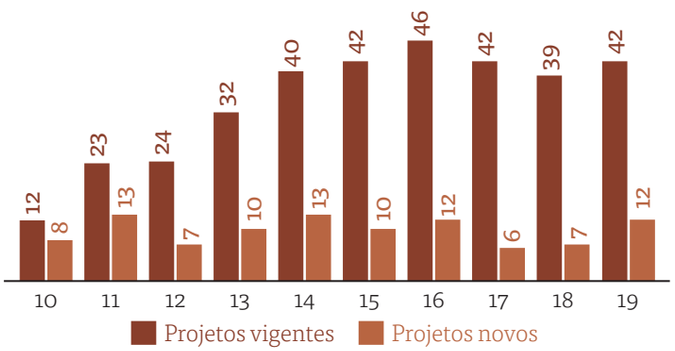
As diretrizes institucionais que norteiam a participação do CNPEM no processo de inovação de base científica e tecnológica foram documentadas e oficializadas em 2013 por meio da Política de Inovação e Regulamento de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia do CNPEM, ambos documentos aprovados pelo Conselho de Administração. Estes esforços tiveram o objetivo de direcionar e fortalecer a interação do Centro com diferentes atores dos setores produtivos com foco em cooperação em PD&I, transferência de tecnologia e know-how e prestação de serviços de alta complexidade tecnológica.

Até 2018 as atividades internas associadas ao apoio à inovação eram executadas por gestores especializados, presentes em cada um dos Laboratórios do Centro e apoiados por um Comitê de Inovação de caráter consultivo.

A intensificação e o amadurecimento institucional nas interações com o setor produtivo leva o CNPEM a criar, em 2019, a Assessoria de Apoio à Inovação. Com estrutura própria e vinculada à Diretoria Geral, a assessoria nasce com a missão de coordenar de maneira integrada as ações de estímulo à inovação e ao empreendedorismo, incluindo a proteção do resultados de pesquisa interna, busca de fontes de financiamento, prospecção de oportunidades e interlocução entre as empresas e os pesquisadores internos.

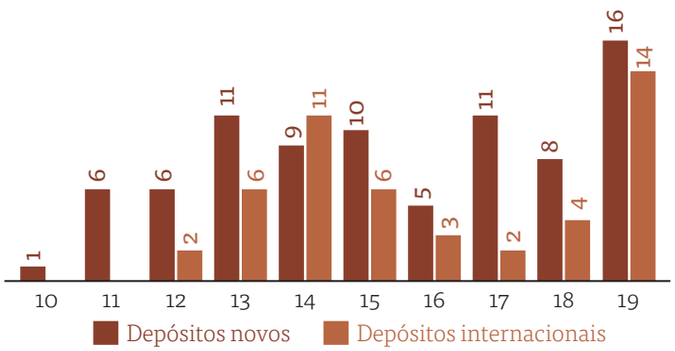
Número de projetos em parceria com empresas (2010 a 2019)

Vigentes e contratados



Proteção e licenciamento de tecnologias (2010 a 2019)

Pedidos de propriedade intelectual



105 projetos

2010-2019

Setores de aplicação dos projetos de cooperação com empresas

Energias renováveis	24
Petróleo e gás	23
Fármacos e medicamentos	18
Agricultura e agropecuária	13
Químico	9
Alimentos	5
Dispositivos eletrônicos	5
Materiais avançados (multi-propósito)	3
Automobílistico	2
Cosméticos	2
Educação	1

Tecnologias licenciadas

A startup **Biolinker** licenciou duas enzimas para produção de etanol celulósico;

O Instituto de pesquisa alemão GSI ***(Facility for Antiproton and Ion Research – FAIR)*** licenciou uma tecnologia para aquisição de dados, compreendendo tanto *hardware* quanto *software*, para pesquisa em antiprótons e íons. A tecnologia foi desenvolvida por pesquisadores do CNPEM para as linhas do Sirius;

A startup **TecBeer** licenciou duas tecnologias relacionadas a produção de cerveja e extrato de guaraná que poderá beneficiar as indústrias de bebidas e alimentos;

A empresa **Braskem** licenciou uma tecnologia para produção de fios poliméricos de poliolefinas e fio com ultra alta tenacidade.

37. *Ressalta-se que o volume de recursos uma vez contratado é executado ao longo de vários anos, em função do tempo de duração do projeto.* ***38.*** *Considera-se apenas a primeira solicitação de proteção da tecnologia, não havendo duplicidade na contagem para solicitação de proteção internacional de tecnologias já protegidas no país.*

EMBRAPII

A atuação do CNPEM na valorização de insumos da biodiversidade, biomassas e seus resíduos para o desenvolvimento de soluções técnico-científicas sustentáveis levou ao credenciamento do CNPEM, em 2014, como uma das primeiras Unidades Embrapii. Hoje a Embrapii consiste em uma rede de 41 instituições e polos de excelência em todo o país. Durante os quatro primeiros anos de credenciamento, o Centro desenvolveu projetos em parceria com empresas de diversos setores e portes, com foco no aproveitamento e processamento de biomassas para diversas finalidades. Neste período, foram contratados 9 projetos voltados para busca de soluções nas áreas de energia, saúde, materiais avançados e alimentos.

Os projetos executados pela Unidade Embrapii Biomassa envolveram majoritariamente competências de biotecnologia. A maioria dos projetos foram voltados para setores relevantes para a biotecnologia industrial como energia, alimentos e bebidas, incluindo desenvolvimento de processos e plataformas biotecnológicas. Na área de saúde, destaca-se a aplicação e validação da plataforma de descoberta de fármacos a partir de insumos provenientes da biodiversidade brasileira. O sucesso desses resultados levou a ampliação do escopo da Unidade Embrapii do CNPEM, que passou se denominar Unidade EMBRAPII Biotecnologia. Ao final de 2019, a Unidade passou a incorporar o desenvolvimento de drogas e anticorpos monoclonais, dispositivos e métodos farmacológicos, inúmeros materiais avançados e plataformas microbianas industriais. Esse redirecionamento visa permitir a plena utilização das múltiplas competências do Centro. Neste mesmo ano, foram formalizados 5 novos projetos, contribuindo para que a Unidade totalizasse ao longo de sua existência, 14 parcerias equivalente ao montante de R$ 34,7 milhões investidos no desenvolvimento de novas tecnologias. Esses resultados consolidam o CNPEM como referência também em sua Unidade EMBRAPII, auxiliando empresas de todo país na busca de respostas para desafios que demandem não somente conhecimento científico e infraestrutura de ponta, mas também maturidade no relacionamento com a indústria.

A Embrapii é uma Organização Social qualificada pelo poder público federal e que apoia instituições de pesquisa tecnológica fomentando a inovação na indústria brasileira.

Sibratec NANO

Em função de sua reconhecida competência na área, o CNPEM passou a integrar a rede SibratecNano a partir de 2015, importante instrumento de articulação e financiamento de projetos cooperativos entre empresas de diversos portes e os laboratórios do SisNANO.

O programa SibratecNano permitiu, até o momento, a execução de 6 projetos cooperativos distribuídos nas duas redes de abrangência do programa, Nanomateriais & Nanocompósitos; e Nanodispositivos & Nanosensores. Em 2019, o CNPEM assumiu a coordenação geral do SibratecNano, atuando junto ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações no acompanhamento, avaliação e definição de diretrizes para o programa.

Em 2020, durante a fase de recredenciamento das instituições vinculadas ao programa, o CNPEM obteve avaliação positiva em todos os critérios avaliados que abrangem a qualidade das instalações e da equipe, experiência no relacionamento com o setor produtivo e maturidade na condução dos processos internos relacionados à inovação.

Inovação em Saúde
PRONON e PRONAS

PRONON
Programa Nacional de Apoio à Atenção Oncológica

PRONAS
Programa Nacional de Apoio à Atenção da Saúde da Pessoa com Deficiência

Em 2019, o CNPEM teve três projetos selecionados pelo Ministério da Saúde para captação de recursos provenientes de incentivos fiscais concedidos no âmbito do Programa Nacional de Apoio à Atenção Oncológica (PRONON) e do Programa Nacional de Apoio à Atenção da Saúde da Pessoa com Deficiência (PRONAS/PCD). Os projetos visam: (i) identificar compostos que sejam o ponto de partida para o desenvolvimento de novos fármacos para Deficiência Intelectual e Transtornos do Espectro Autista, inclusive a partir de compostos naturais extraídos de plantas da biodiversidade brasileira (PRONAS); (ii) validar proteínas presentes na saliva que indiquem a progressão do câncer de boca e, assim, auxiliem os oncologistas na prescrição de tratamentos mais personalizados e efetivos (PRONON) e (iii) gerar linhagem celular monoclonal produtora do anticorpo anti-PD1, medicamento empregado em casos de câncer de pulmão, melanoma e bexiga, atualmente, produzido apenas no exterior.

Foram captados cerca de R$ 19,6 milhões por meio de doações realizadas por pessoas físicas e mais de 150 empresas em todo o Brasil, o que demostra o reconhecimento do CNPEM quanto à sua capacidade em realizar projetos desafiadores, de relevância nacional e diretamente relacionados ao desenvolvimento científico do país na área da saúde.

O volume de recursos captados permitiram expandir o escopo dos projetos, uma vez que excederam em 20% o montante previsto. A ampliação do escopo está em fase de análise pelo Ministério da Saúde. Estima-se que até o final de 2020 os recursos já estejam disponíveis para que se inicie o desenvolvimento dos projetos ao longo de 36 meses.

Empresas Mais Inovadoras

Publicado pelo Jornal Valor Econômico e a Strategy& - consultoria estratégica da PwC, o Prêmio Valor de Inovação 2019 apresentou o ranking das 150 empresas mais inovadoras do Brasil. Nesta lista encontram-se 16 empresas que mantiveram projetos de cooperação com o CNPEM nos últimos dez anos. Dentre as 20 empresas mais inovadoras do Brasil segundo o Prêmio Valor, as parcerias com o CNPEM foram:

Embraer (1º lugar no ranking): Tecnologias relacionadas a processamento por atrito;

Natura (2º lugar no ranking): Desenvolvimento de método alternativo ao uso de animais para avaliação de toxicologia de cosméticos; cooperação criação, treinamento e cessão de plataforma de bioensaios;

WEG (5º lugar no ranking): Desenvolvimento de magnetos para o Sirius;

Petrobras (6º lugar no ranking): Instrumentação avançada em sensores e microfluídica, biocombustíveis e soldagem;

Aché (14º lugar no ranking): Desenvolvimento de insumo farmacêutico a partir da biomassa vegetal;

Mahle (17º lugar no ranking): Desenvolvimento de cilindro com resistência a corrosão para motores à diesel; novo processo de fermentação para produção de etanol de milho e cana.

A seguir são apresentados alguns casos que ilustram a interação do CNPEM com empresas no período entre 2010 e 2019. Esta seleção abrange colaborações de sucesso em diversas áreas e setores econômicos e evidenciam como a moderna e complexa infraestrutura de pesquisa do CNPEM associada às competências multidisciplinares consolidadas ao longo dos anos permitiram atrair parceiros na busca de soluções para diferentes desafios científicos e tecnológicos.

Desenvolvimento de Tecnologia para sensores distribuídos de poço
(2010 a 2014)

Essa parceria da Petrobras com o CNPEM teve como objetivo o desenvolvimento de sensores microfabricados (MEMS) para o monitoramento de temperatura e pressão de poços de petróleo em tempo real. Circuitos osciladores foram projetados e prototipados utilizando a tecnologia de Surface Acoustic Waves (SAW) como elemento sensor. Os resultados alcançados neste projeto podem ser aplicados em processos similares de monitoramento em todas as etapas da cadeia de produção de óleo e gás. Destaca-se que esta iniciativa resultou na consolidação de importantes competências na área de desenvolvimento de sensores e dispositivos, possibilitando a atuação do CNPEM em outros projetos na área, inclusive parcerias com a própria empresa Petrobrás.

Desenvolvimento e otimização de micro estrutura de fibras de UTEC® (Ultra--High Molecular Weight Polyethylene)
(2011 a 2014)

A colaboração com a empresa Braskem, realizada entre 2011 e 2014, envolveu o desenvolvimento e testes de fibras UTEC de alta densidade para aplicação em ancoragem de plataformas de petróleo na camada do pré-sal. O projeto incluiu a otimização dos processos de fabricação e a confirmação da micro estrutura ótima para tenacidade desejada, utilizando medidas de espalhamento de raio-x a baixo ângulo na linha SAXS, do antigo acelerador UVX. Os resultados alcançados geraram fibras com níveis de qualidade superior ao disponível no mercado para aplicações em balística.

Desenvolvimento de plataforma tecnológica multifuncional para nutrição animal
(2013 a 2019)

Com apoio da Finep, a Eli Lilly, por meio de sua subsidiária voltada para nutrição animal, Elanco, e o CNPEM realizaram um projeto que buscou identificar enzimas e/ou micro-organismos capazes de proporcionar aumento na disponibilidade de nutrientes extraídos de biomassa fibrosa para nutrição animal. Como resultado do projeto foi possível desenvolver uma plataforma multifuncional para nutrição de ruminantes a partir de biomassa, além da construção e instrumentação do laboratório de sequenciamento de alta escala no CNPEM. A tecnologia foi validada em rebanho, consolidando o desenvolvimento concluído em 2019.

"Isto ultrapassa os limites deste projeto. Esta infraestrutura traz uma capacitação científica inestimável, colocando o Brasil no patamar de igualdade com outros países, líderes neste tipo de tecnologia, e poderá beneficiar muitos outros projetos no futuro. A parceria entre Elanco Saúde Animal e o CNPEM é considerada como um caso de sucesso dentro da nossa empresa", diz Leane Oliveira, *Principal Research Scientist*, da Elanco.

Desenvolvimento do processo de conversão de biomassa proveniente de cana-de-açúcar em bioetanol
(2014 a 2017)

A parceria entre o CNPEM, DOW e DSM teve como objetivo o desenvolvimento de uma rota tecnológica para produção de etanol de segunda geração (etanol 2G) – o qual requer enzimas específicas e leveduras capazes de fermentar açucares de cinco e seis carbonos. O projeto envolveu a DOW, que opera uma planta de etanol de primeira geração (1G) na cidade de Santa Vitoria em MG, e a DSM, fornecedora de coquetéis enzimáticos para realização de hidrólise enzimática e leveduras geneticamente modificadas capazes de consumir açúcares celulósicos.

A processo foi inicialmente desenvolvido em escala laboratorial, seguida de escalonamento na planta piloto para desenvolvimento de processos e avaliação econômica utilizando a ferramenta da Biorrefinaria Virtual. Foram compilados resultados globais de balanços de massa e energia compreendendo as etapas de pré-tratamento, hidrólise enzimática e fermentação alcoólica para o processo 2G integrado ao processo tradicional de etanol 1G e finalização do projeto conceitual para a implantação de uma usina 2G integrada à planta de etanol 1G da Dow em Santa Vitória, Minas Gerais.

Produção de enzimas para o tratamento de biomassa em aplicações do setor alimentício
(2014 a 2017)

A Brasil Kirin – atualmente parte da cervejaria Heineken – em parceria com o CNPEM desenvolveu três projetos com vistas a utilização de tecnologias enzimáticas no setor alimentício, que contaram com cofinanciamento da Embrapii.

O primeiro projeto teve como objetivo desenvolver soluções biotecnológicas para a produção de bebidas. Os resultados permitiram reduções de tempo nos processos de produção e um ganho de 30% no processo de extração, utilizando a biomassa do guaraná. Além disso, no processo de produção de alcoólicos foi obtido um ganho de produtividade de cerca de 4%, que é bastante expressivo pela escala de produção. Em continuidade a este desenvolvimento, o segundo projeto visava a produção de enzimas do primeiro projeto, mas utilizando organismos considerados seguros para adição em alimentos, GRAS. Os avanços na pesquisa permitiram a transferência da formulação do coquetel enzimático para uma nova plataforma de expressão GRAS escalonável. Por fim, o último projeto levou à produção escalonável de enzimas hidrolíticas para otimização do processo de desconstrução de biomassas vegetais. Destaca-se que o êxito desses três projetos resultou no depósito de dois pedidos de patente no Instituto Nacional de Propriedade Industrial em 2017: Composição e Método para Mosturação de Malte (BR 10 2017 026595-1) e Processo de Preparo de Extrato de Guaraná (BR 10 2017 026594-3).

> Uma das patentes geradas nesse projeto foi licenciada para a startup Tecbeer.

FSW4 - Soldagem por Atrito com Pino não Consumível (FSW) - Consolidação do Processo Visando sua Aplicação em Campo
(2014 a 2019)

O desenvolvimento deste projeto é um importante marco para a implantação da tecnologia de Soldagem por Atrito com Pino Não Consumível – SAPNC nas operações de construção e montagem de equipamentos usados na indústria de petróleo e gás.

Durante o projeto foram realizados ensaios de tenacidade à fratura em solução salina comparável à água do mar e deu-se início a redação de uma norma brasileira de SAPNC, o que demonstra a grande relevância do projeto para o setor. Além disso, foram realizadas avaliações comparativas dos custos relacionados ao processo de soldagem SAPNC versus solda a arco no que tange à substituição das ferramentas de soldagem que sofrem desgaste. Concluiu-se, portanto, que o processo poderá ser competitivo no mercado ainda que seu custo seja elevado, pois o tempo de execução é muito menor.

Os ganhos de produtividade e qualidade representam importante diferencial para a Petrobras, além de trazer novas oportunidades para a empresa, uma vez que o processo desenvolvido viabiliza a união de materiais não soldáveis.

Sugarcane Renewable Electricity - SUCRE
(2015 a 2019)

O Projeto SUCRE (*Sugarcane Renewable Electricity*), iniciado em 2015, teve como objetivo principal aumentar significativamente a produção de eletricidade com baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) na indústria de cana-de-açúcar, por meio do uso da palha produzida durante a colheita. O projeto envolveu mais de 20 usinas e diversas instituições de pesquisa, com o objetivo de fomentar um mercado para fornecimento de eletricidade à base de cana para a rede brasileira. O projeto foi financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (*Global Environment Facility – GEF*) e gerido em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

O SUCRE conduziu experimentos de campo, testes na indústria e usou imagens de satélite e dados georreferenciados para demonstrar que é possível aumentar o recolhimento e uso da palha para produzir eletricidade. Como as caldeiras em operação atualmente nas usinas foram projetadas para queimar bagaço, foi desenvolvida uma metodologia de processamento da palha para que os resíduos possam ser queimados nestes equipamentos para geração de vapor e produção de eletricidade. Além disso, a disponibilidade e as recomendações de quantidade de palha a serem retiradas foram mapeadas para todo Centro-Sul do país. Se atingir seu potencial, essa fonte de energia é capaz de suprir 80% da demanda de eletricidade das famílias no Brasil, gerando cerca de meio milhão de empregos a mais do que se a mesma quantidade de eletricidade fosse gerada pelas usinas termelétricas a gás natural.

O projeto evidênciou vantagens da utilização da biomassa na geração de eletricidade: (i) período de safra complementar ao hidrológico, com pico de produção de biomassa e de possível geração na época de estiagem; (ii) menor variabilidade de geração no curto prazo: sazonal, mas não intermitente; (iii) geração próxima aos centros de consumo: menores custos e perdas de transmissão; (iv) projetos de menor porte: diversificação dos riscos e (v) redução das emissões de CO_2.

Por fim, destaca-se que estes esforços foram reconhecidos pelo Escritório das Nações Unidas para Cooperação Sul-Sul (UNOSSC) e pelo Centro de Estudos e Gestão Estratégicos (CGEE) como um dos nove casos de sucesso do hemisfério sul na busca de soluções que contribuam para a redução da emissão dos gases de efeito estufa. O relatório produzido também destaca a importância do compartilhamento de conhecimento sobre tecnologias, práticas e experiências para promover o uso de soluções baseadas na bioeconomia nos países em desenvolvimento.

Novas tecnologias para processo fermentativo de primeira e segunda geração de etanol
(2016 a 2019)

A parceria entre CNPEM e a Mahle, com cofinanciamento da EMBRAPII, teve como objetivo analisar os efeitos de uma tecnologia de fermentação, com foco no aumento do rendimento fermentativo para produção de etanol. Pretendia-se comprovar a funcionalidade desse processo utilizando os recursos disponíveis na planta piloto para desenvolvimento de processos, por meio de ensaios de fermentação alcoólica em diferentes condições. Inicialmente, as condições de operação e os parâmetros de escalonamento focaram em identificar os efeitos da tecnologia em processo fermentativo de milho e cana-de-açúcar. Em 2019, foram concluídos os experimentos (em escala de laboratório e piloto) e avaliados os potenciais ganhos obtidos com a aplicação da tecnologia em substratos de milho. Ainda no mesmo ano, a Mahle firmou um segundo acordo de cooperação com o CNPEM e apoio da Embrapii, com vistas à otimização do novo processo de fermentação para produção de etanol a partir de biomassa de cana e de milho.

Tintas Condutivas para impressão a jato de tinta
(2016-atual)

Com o apoio da rede SibratecNano, a empresa Ticon buscou o CNPEM para o desenvolvimento de um processo produtivo de nanopartículas metálicas de prata e prata/cobre com especificações adequadas para processos de impressão a jato de tinta.

As tintas condutivas baseadas em prata e seus derivados têm aplicações importantes em diversos setores como, por exemplo, na fabricação de circuitos impressos, etiquetas RFID (identificação por radiofrequência), transistores de filmes finos, LEDs, sensores, células solares, eletrodos transparentes, telas de toque e displays flexíveis. A fabricação de dispositivos eletrônicos pelo método de impressão é mais rápida e barata que os métodos convencionais, além de possibilitar a aplicação da tinta sobre substratos flexíveis. As tintas condutivas produzidas para esse fim devem ter a capacidade de formar linhas com espessura micrométrica, com alta razão de aspecto (altura/espessura) e baixa resistência elétrica. A aplicação utiliza impressoras a jato de tinta, permitindo a obtenção de estruturas/padrões elaborados projetados com auxílio de softwares de desenho auxiliado por computador.

Em 2019, após a realização de diversos testes, foi possível estabelecer o melhor sistema de nanopartículas que viabilizaram as formulações a base de água. Assim, obteve-se um protocolo reprodutível e com possibilidade de escalonamento e uma formulação de tinta aquosa, foi testada em diferentes tipos de substratos flexíveis. Também foram realizadas medidas elétricas para determinação da resistência de folha das linhas impressas em papel fotográfico, que comprovaram a obtenção de excelente condutividade – comparável a valores de literatura, que geralmente só são obtidos após tratamento térmico das amostras. Diante do êxito da estratégia adotada para a obtenção das tintas, o projeto foi renovado por mais dois anos e o desenvolvimento, ao longo de 2020, incluirá a aplicação em outras superfícies de interesse da empresa e a obtenção dos primeiros protótipos de dispositivos de aquecimento.

Desenvolvimento de insumo farmacêutico ativo com ação terapêutica anticâncer, a partir de biomassa vegetal
(2017 a 2022)

O CNPEM firmou uma parceria com o ACHÉ Laboratórios, com cofinanciamento da Embrapii, para realização de dois projetos voltados para o desenvolvimento de insumos farmacêuticos ativos (IFAs), com ação terapêutica. A empresa pretende desenvolver novos medicamentos nas áreas de oncologia e dermatologia, baseados em moléculas encontradas em plantas de diferentes biomas brasileiros.

No âmbito do primeiro projeto, destacam-se os avanços na realização do isolamento e seleção de produtos naturais inibidores da proteína alvo para ensaios celulares de eficácia, toxicidade e metabolização in vitro; a desreplicação dos extratos/frações hits validados por espectrometria de massas e cristalografia de proteínas; o isolamento dos produtos naturais; o planejamento racional de moléculas; e a análise da atividade biológica de análogos semissintéticos fornecidos pelo Aché. Com isso, a empresa pretende chegar em moléculas com ação terapêutica anticâncer em 2022.

No projeto associado a produtos dermatológicos e dermocosméticos, foram finalizados os estudos confirmatórios e realizada a busca de possíveis marcadores de atividade nos extratos. Foram realizados ensaios para testar as mudanças fenotípicas em células frente ao tratamento com as frações de extratos selecionados. Os extratos otimizados, produzidos pela parceira Phytobios, visando otimizar as classes de compostos ativos, foram processados por espectrometria de massas para realização dos testes de atividade. Outro marco importante neste projeto foi o início do cultivo de modelo de pele com conclusão prevista para 2020.

Escalonamento e aprimoramento de enzimas para tratamento de biomassa vegetal em aplicações do setor alimentício
(2018 a 2019)

Em 2018, a startup Tecbeer iniciou uma colaboração com o CNPEM com o objetivo de licenciar patentes do Centro, e otimizar e aumentar a escala de produção de coquetel enzimático mediante a utilização de micro-organismos seguros para o consumo humano (GRAS) em meios de cultura de baixo custo. Essa parceria se iniciou com o licenciamento de uma patente do CNPEM, resultante do projeto com a Brasil Kirin, e avançou para o desenvolvimento complementar e escalonamento da tecnologia licenciada, com cofinanciamento Embrapii.

Foi possível determinar as condições ótimas para o cultivo e expressão das enzimas em biorreator de bancada de 3 litros utilizando meio de cultura de baixo custo e posterior validação em escala piloto (biorreatores de 300 L). Também foram realizados testes de aplicação das enzimas para produção de um lote de cerveja e a análise de viabilidade técnico-econômica do processo desenvolvido para obtenção das enzimas.

Desenvolvimento de etapas críticas do processo de produção de etanol de segunda geração
(2018 a 2021)

A Petrobras em parceria com o CNPEM e cofinanciamento da Embrapii, iniciou em 2018 o projeto que busca o desenvolvimento e a avaliação técnico-econômica de um processo produtivo de etanol de segunda geração (etanol 2G). O projeto visa tornar o etanol 2G economicamente viável, com foco na solução de gargalos nas etapas críticas da produção. Até o momento, foram feitos estudos em escala laboratorial e planta piloto para desenvolvimento de processos, testando diferentes biomassas do setor sucroenergético. Foi realizado um estudo aprofundado da hidrólise enzimática de bagaço de cana-de-açúcar em reator de escala laboratorial, sendo que as condições selecionadas de hidrólise foram escalonadas para reator piloto de 300 litros. Além disso, na fermentação alcoólica, foram iniciados os ensaios com reator em escala laboratorial.

Biodefensivos para aumento sustentável da Biomassa no campo
(2019 a 2020)

A parceria do CNPEM com a empresa Agrivalle e cofinanciamento da Embrapii, visa aprimorar o processo produtivo de biodefensivos, contribuindo diretamente para a agenda de sustentabilidade por meio da minimização de impactos ambientais. O processo desenvolvido possibilitou o aumento do rendimento na operação industrial.

Os resultados obtidos geraram ganhos importantes para a empresa, conforme pontua Iron Amoreli, Engenheiro de Pesquisa e Desenvolvimento da Agrivalle: **"O processo otimizado ultrapassou o target proposto incialmente, indicando um grande potencial de ganhos em termos de rendimento industrial. Os avanços alcançados refletiram uma expectativa importante também para a rentabilidade e qualidade técnica do processo".**

O sucesso deste projeto motivou discussões para o estabelecimento de uma nova parceria, com foco em dois produtos que serão desenvolvidos da escala laboratorial até a aplicação agronômica em campo, no qual serão estudados tanto a ação dos produtos no sistema solo-planta, quanto os targets de desempenho que viabilizam a sua inserção competitiva no mercado.

Desenvolvimento de métodos de preparo de amostra e sensores na área de petróleo e gás
(2019 a 2024)

O projeto iniciado em 2019, em parceria com a Petrobras, teve objetivo de desenvolver e aplicar uma plataforma microfluídica para o monitoramento de insumos químicos utilizados pela indústria de petróleo, bem como de seus resíduos e derivados presentes na água de processamento e no óleo bruto. A tecnologia, aplicada na fase de processamento do petróleo, permitirá aumentar o controle sobre as dosagens, os resíduos dos insumos e o monitoramento da qualidade de produtos usados na cadeia, contribuindo para uma maior economia de insumos e para o melhoramento nos níveis de dosagem e eficiência de processos.

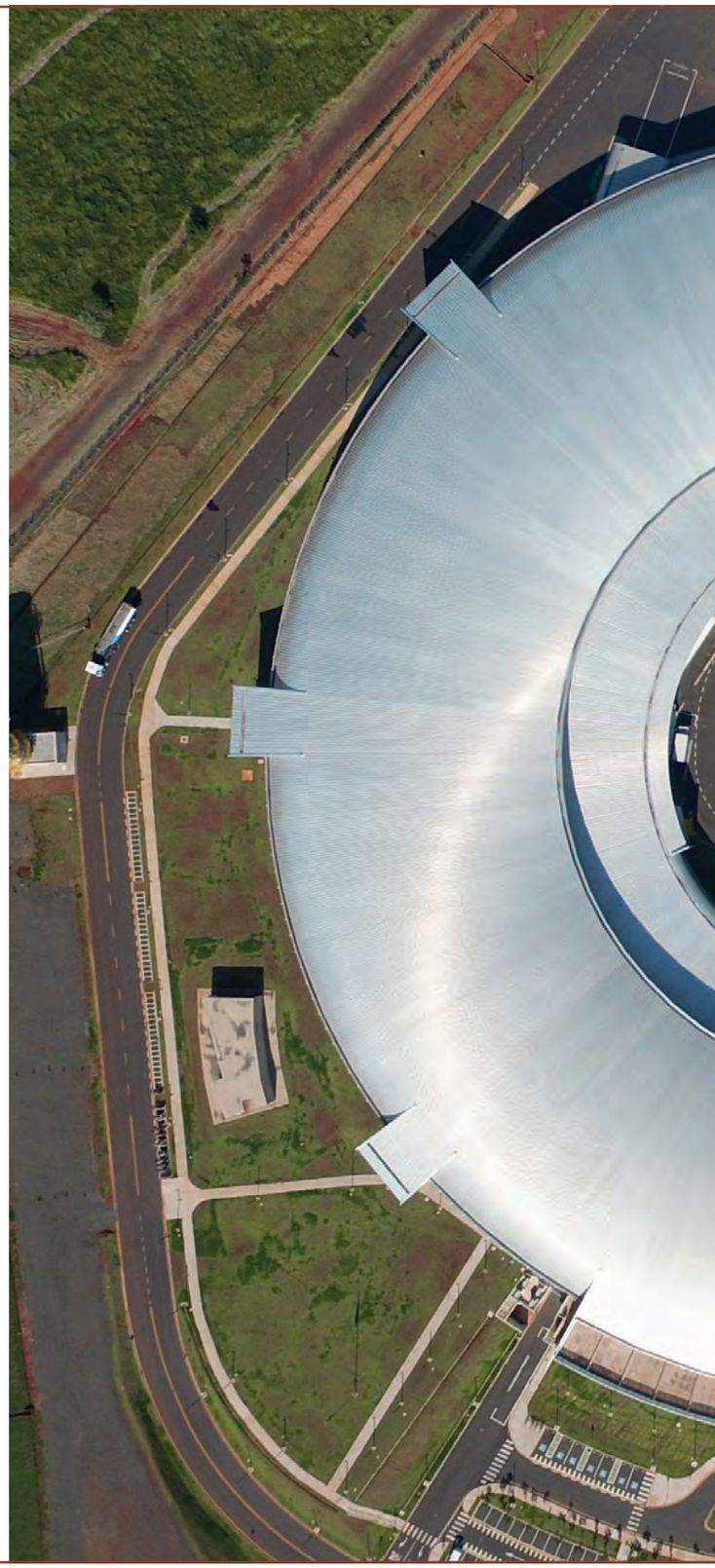
Desenvolvimento de Autopeça a partir de Materiais Nanoestruturados de Cana-de-Açúcar
(2019 a 2021)

A Bosch e o CNPEM iniciaram o desenvolvimento tecnológico de um componente aplicado em motores de veículos buscando o aumento da performance da combustão e utilizando materiais ativos nanoestruturados de origem renovável. Foram desenvolvidos processos para converter subprodutos do processamento da cana-de-açúcar em materiais ativos nanoestruturados. Estes materiais apresentaram propriedades superiores ao material comercial adotado como padrão de comparação. Adicionalmente, foi finalizado o projeto e a construção do primeiro sistema, dentre os três previstos.

Projeto Sirius | A luz mais brilhante

Depois de anos de funcionamento e milhares de experimentos realizados, o UVX, primeira fonte de luz síncrotron da América Latina, deixa de atender plenamente às demandas da comunidade científica brasileira. O número de estações de pesquisa instaladas atinge seu limite e os parâmetros técnicos da máquina não permitem a realização de diversos experimentos avançados.

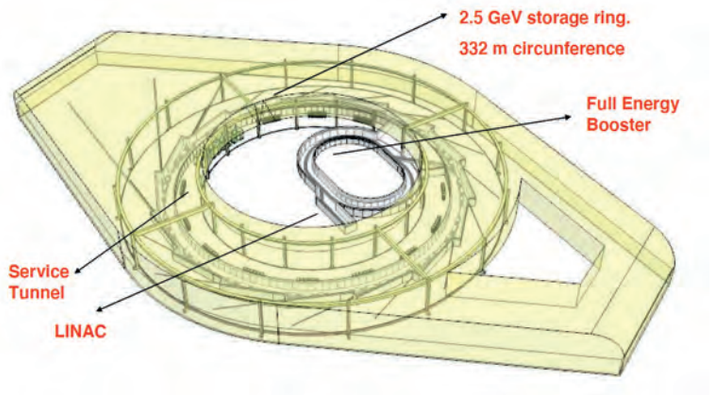
Uma vez que o progresso da ciência anda em conjunto com o aperfeiçoamento dos equipamentos utilizados na pesquisa, as discussões a respeito da construção de uma nova fonte de luz síncrotron para o Brasil, mais competitiva, resultaram numa primeira proposta elaborada pelo LNLS já no ano de 2008, a qual foi apresentada para o então Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).



O que é a luz síncrotron?

A luz síncrotron é radiação eletromagnética, assim como a luz visível. A radiação síncrotron é emitida por partículas carregadas e aceleradas por um campo magnético em velocidade próxima à da luz, e se estende por uma faixa ampla do espectro eletromagnético, cobrindo desde a luz infravermelha, passando pela radiação ultravioleta até os raios X.

A produção de luz síncrotron em um acelerador de elétrons possibilita o emprego de diferentes técnicas de estudo e observação da matéria. Pelo fato de se estender por uma ampla faixa do espectro eletromagnético, a luz síncrotron permite aos pesquisadores utilizar os comprimentos de onda mais adequados para suas observações. Como se fosse um microscópio gigante e ultra potente, o síncrotron é uma ferramenta extremamente versátil, que permite o estudo da matéria nas suas mais variadas formas e aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento.



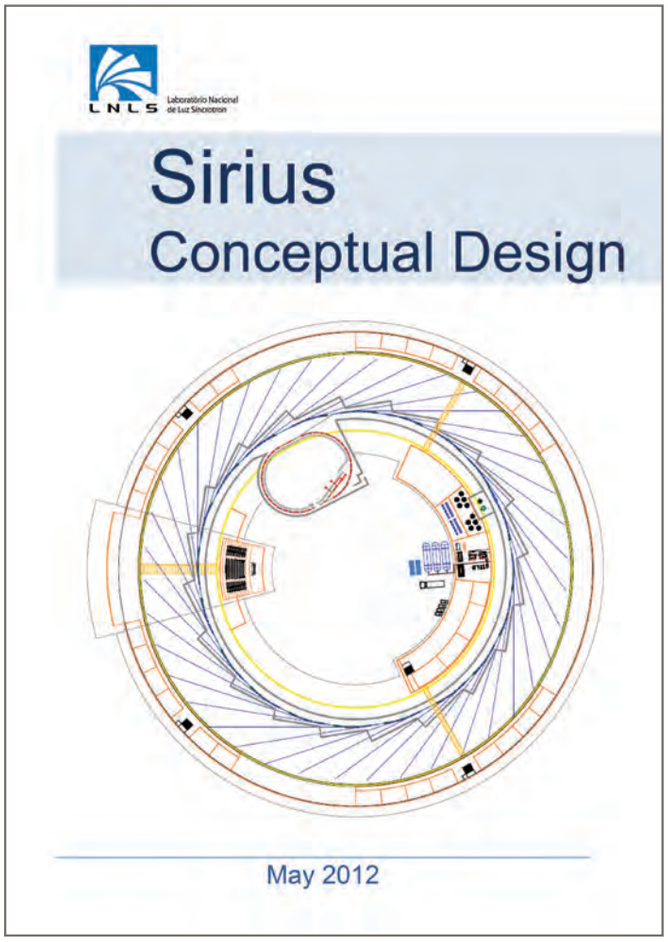
Proposta apresentada ao MCT em 2008, para um síncrotron de terceira geração com 2,5 GeV de energia dos elétrons, 330 m de circunferência e 16 setores com 3 dipolos *(triple bend achromat)* de baixo campo. A foto mostra a proposta de localização no campus e a figura a estrutura do prédio.

Em 2010, o novo síncrotron brasileiro é batizado de Sirius, nome da estrela mais brilhante do céu noturno, referência a uma máquina de alto brilho

Essa proposta previa a execução de um projeto conceitual detalhado, bem como o desenvolvimento de alguns protótipos e adequação da infraestrutura. Entre 2009 e 2012 foram realizados debates e workshops internos e com os usuários, visitas técnicas da equipe do LNLS a vários outros síncrotrons, bem como de especialistas desses síncrotrons ao LNLS. Em 2010, o novo síncrotron brasileiro é batizado de Sirius, nome da estrela mais brilhante do céu noturno, referência a uma máquina de alto brilho. O projeto foi se consolidando como um síncrotron de 3ª geração – que era o estado da arte no mundo nesse período – com energia de 3 GeV (a energia do UVX era de 1,37 GeV) e com rede magnética competitiva, mas dentro do padrão conhecido como *triple bend achromats* (TBA), ou seja, 3 dipolos por setor. Sirius teria 20 setores, um comprimento do anel de armazenamento de 480 m e uma emitância em torno de 2 nm.rad.

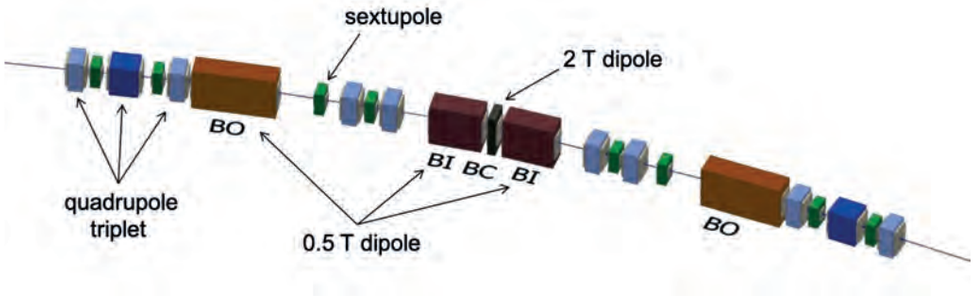
Vários protótipos de ímãs permanentes, eletroímãs, câmaras de vácuo, sistema de controle, potência e diagnóstico, dentre outros, foram desenvolvidos nesse período. É realizado um projeto básico da estrutura civil e o detalhamento da rede magnética, incluindo diversas simulações. Como resultado desses avanços, em 2012 é redigido o *Conceptual Design Report* (CDR) do projeto Sirius.

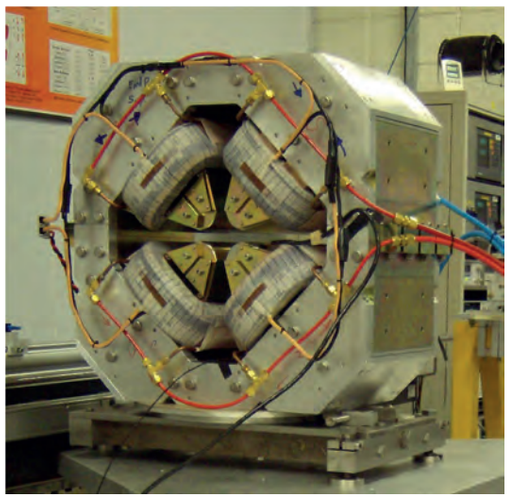
Como é prática mundial em projetos dessa natureza, há uma avaliação e acompanhamento por um comitê de especialistas, conhecido como Comitê de Máquina (*Machine Advisory Committee* - MAC). O Sirius seguiu esse mesmo padrão e, em junho de 2012, é realizada a primeira reunião do MAC no LNLS.

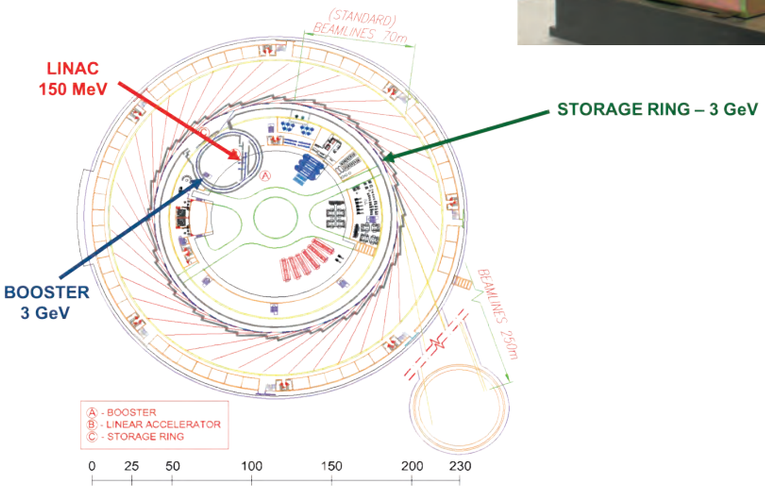


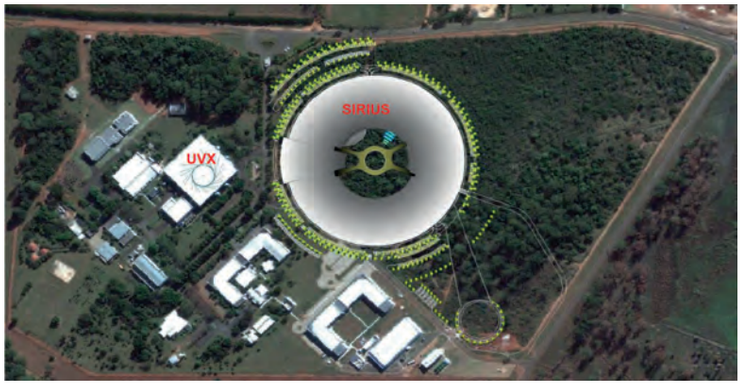
Capa do Conceptual Design Report do Sirius, que é apresentado ao Comitê de Máquina em 2012.

Conjunto de imagens e fotos de alguns aspectos do projeto Sirius como apresentado ao MAC em 2012. À direita: um setor do Sirius, mostrando os três dipolos, sendo que no dipolo central há a inserção de um dipolo de alto campo. Abaixo, fotos de protótipos de imãs (dipolares baseados em magnetos permanentes e um eletroímã de quadrupolo), foto do protótipo de uma câmara de vácuo e detalhe do prédio e sua localização no Campus.









Nessa reunião o CDR é analisado e apresentações sobre os diversos aspectos do projeto são realizadas, juntamente com visitas às instalações. Dentre as diversas recomendações e sugestões do MAC, a mais relevante para o futuro do projeto foi a seguinte:

> *"The present lattice design is excellent by today's standards,* ***but the committee urges LNLS to push for tomorrow's brightness standard.***"

Por *"tomorrow's brightness standard"*, o MAC aludiu à construção do novo síncrotron sueco, denominado MAX-IV, cuja construção estava em andamento naquele momento e utilizava configuração de rede magnética, chamada de Multiple Bend Achromat – MBA, proposta teoricamente em 1996 por D. Einfeld et al[39].

39. *Einfeld, D., Schaper, J., & Plesko, M. (1996). Design of a Diffraction Limited Light Source (DIFL). 10th ICFA Beam Dynamics Panel Workshop on 4th Generation Light Sources, Grenoble. http://doi.org/10.5281/zenodo.2671721*

A busca pela emitância perfeita

Um ingrediente chave para aumentar a qualidade de uma fonte de luz síncrotron é a emitância do feixe de elétrons, que é, de maneira simplificada, uma medida do tamanho e da divergência angular deste feixe. Quanto menor a emitância, maior será o brilho da fonte de luz. É como comparar uma lanterna a uma ponteira a laser. O feixe de luz da lanterna se espalha por uma grande área, enquanto a ponteira a laser tem o feixe de luz mais concentrado, com brilho muito maior, sendo mais eficiente para observar objetos pequenos.

Para aumentar o brilho do Sirius era necessário diminuir sua emitância. Uma estratégia possível seria aumentar o número total de dipolos do acelerador. Entretanto, com o conceito de três dipolos por setor (TBA), o Sirius teria algo em torno de 47 setores para alcançar configuração similar ao MAX-IV. Neste cenário, a dimensão do novo acelerador seria de aproximadamente 940 m, aproximadamente duas vezes maior do que o projeto inicial, com impacto direto no custo do projeto. Era fundamental buscar uma melhor estratégia para diminuir a emitância. No caso do MAX-IV, o projeto considerava 7 dipolos por setor. Junto com o maior número de dipolos era necessário acrescentar outros magnetos – quadrupolos e sextupolos.

Torna-se um enorme desafio de engenharia acomodar um maior número ímãs sem aumentar significativamente o tamanho do setor.

A sugestão do MAC para a equipe do LNLS era a adoção de rede magnética com conceito MBA. Essa mudança exigiria um completo redesenho de todos os sistemas do Sirius, que se tornariam mais complexos. Outro fator relevante que impunha desafios para a equipe técnica do projeto era o desconhecimento de detalhes da operação desse tipo de máquina, uma vez que não havia nenhum outro síncrotron no mundo operando com configuração similar.

> "Poderíamos, se mantivéssemos o projeto original de terceira geração, concluir após muito esforço, um síncrotron que estaria ultrapassado, por assim dizer, no seu nascimento. Por outro lado, os potenciais ganhos ao alterar o projeto, seriam igualmente significativos. O Brasil poderia ter um equipamento no estado-da-arte mundial, um dos primeiros síncrotrons dessa nova geração tecnológica. **Isso permitiria que a comunidade científica brasileira tivesse uma ferramenta altamente competitiva, com impacto em basicamente todas as áreas do conhecimento.**"
>
> *José Roque, Diretor Geral do CNPEM e do Projeto Sirius.*

A equipe de física de aceleradores do LNLS trabalhou incansavelmente por aproximadamente dois meses para checar a viabilidade de uma nova rede magnética. Em 19 de julho de 2012 foi apresentada à equipe do projeto Sirius a nova rede magnética com tamanho total de 518m e composta por 20 setores com 5 dipolos cada. Isso representava um aumento de aproximadamente 8% do tamanho total do acelerador principal em relação ao projeto de um síncrotron de 3ª geração, mas com uma redução de um fator de 10 na emitância, o que traria um enorme ganho. A partir desse momento, todas as equipes passaram a revisar seus respectivos subprojetos, sendo que em muitos casos as soluções técnicas obtidas foram inovadoras.

Logotipo do Projeto e apresentação do novo projeto do Sirius para a comunidade do CNPEM.

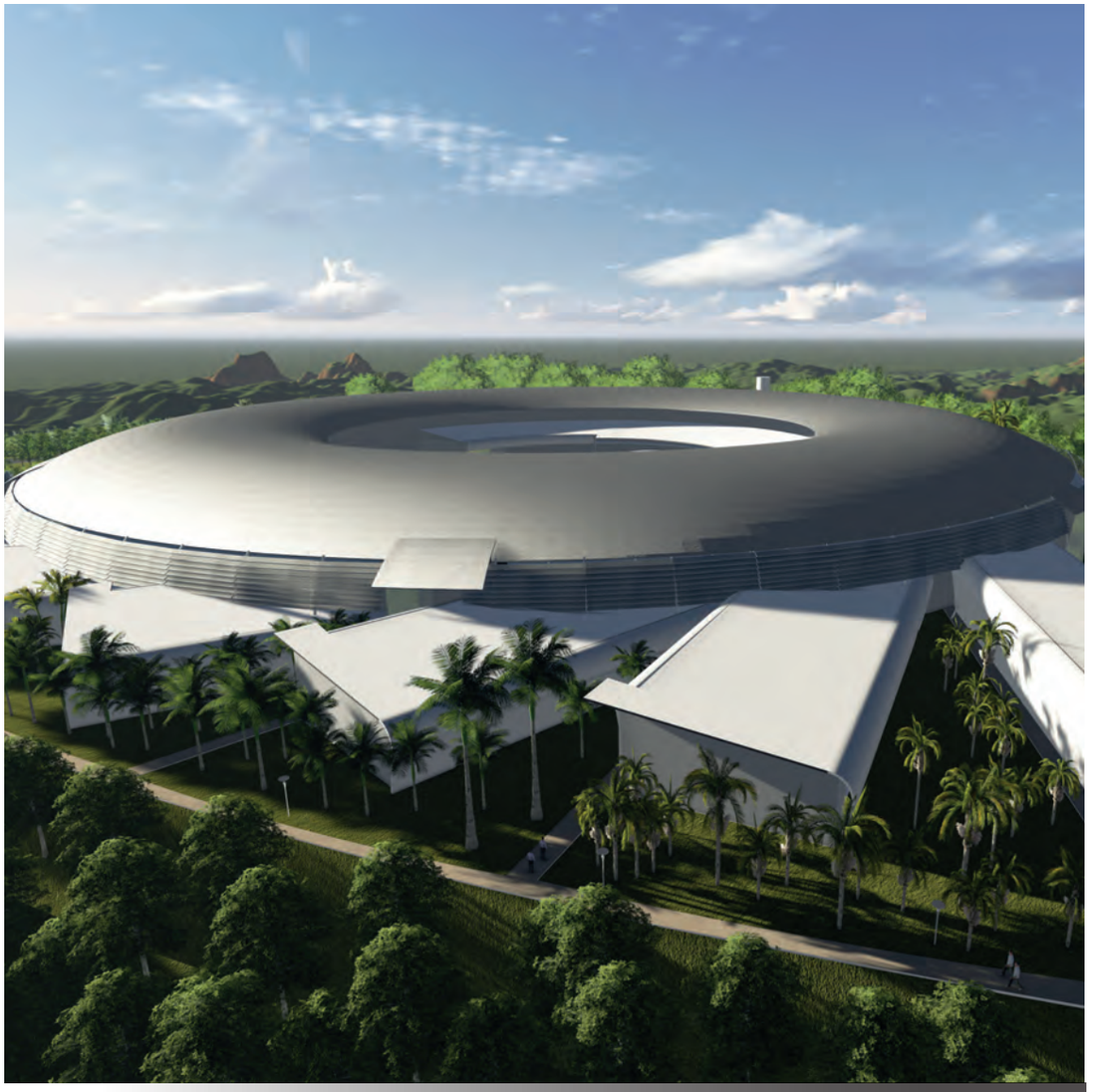
Ao mesmo tempo, vários outros laboratórios síncrotron do mundo começaram a avaliar a possibilidade de atualizar seus aceleradores e migrar para essa nova tecnologia. Esse assunto passou a dominar a agenda de P&D da comunidade de fontes de luz síncrotron e, com o tempo, essa nova tecnologia passou a ser denominada de 4ª geração, e o Brasil se posicionou como um centro de referência mundial devido ao pioneirismo do Sirius.

> **"O Sirius está sendo projetado para ser uma máquina na fronteira do conhecimento, no que há de mais moderno no mundo.** Com tecnologia brasileira, por pesquisadores, engenheiros e técnicos brasileiros, em parceria com empresas brasileiras... ajudando a sociedade brasileira a resolver suas questões de futuro."
>
> *José Roque, Diretor Geral do CNPEM e do Projeto Sirius em entrevista à BBC*

> **"Esse projeto está no limite do que a física permite.** Certas tecnologias que eram necessárias para construir esse acelerador simplesmente não existam."
>
> *Harry Westfahl Junior, Diretor do LNLS em entrevista à revista Pesquisa Fapesp*

> **"O Sirius tem o objetivo de colocar o Brasil como parceiro no desenvolvimento da ciência mundial.** Vai atrair bons cérebros de vários lugares do mundo. E esse intercâmbio, que é importante desde o tempo dos gregos, que é o intercâmbio científico, é que faz a ciência avançar com a velocidade que a gente vê hoje."
>
> *Ricardo Rodrigues, Engenheiro responsável pelo projeto do acelerador (em memória)*

Sirius é a maior instalação científica já construída no Brasil e um projeto estruturante que irá beneficiar a comunidade científica e o setor produtivo em âmbito global, disponibilizando um equipamento de fronteira e competitivo internacionalmente. A versatilidade da luz síncrotron tem potencial de favorecer as mais diversas áreas do conhecimento, e a resolução de questões científicas e tecnológicas em setores estratégicos como saúde, agricultura e energia.



Projeto arquitetônica do Sirius já como fonte de 4ª geração

A 4ª Geração de Síncrotrons pelo Mundo

O Max-IV iniciou sua operação em 2016, e no ano de 2020, o ESRF (síncrotron europeu localizado em Grenoble na França) entrou em operação. Max-IV é uma máquina semelhante ao Sirius, com energia dos elétrons de 3 GeV, enquanto que o ESRF é uma máquina de mais alta energia, 6 GeV. Este último é resultado da atualização de um síncrotron de 3ª geração, que opera há 30 anos.

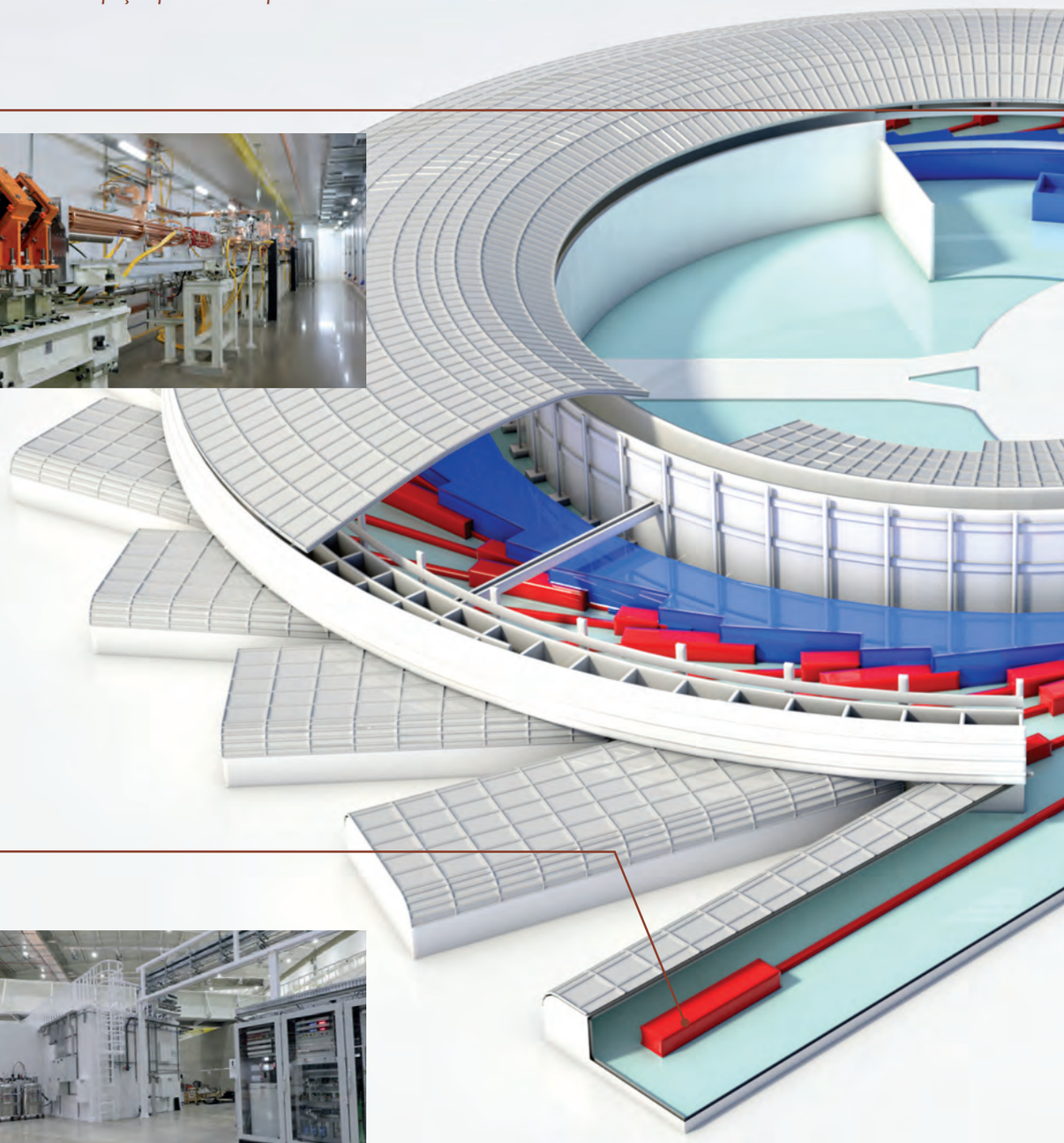
Sirius será a terceira máquina do mundo de 4ª geração a entrar em operação. Este é um projeto de física e engenharia com características singulares. Apresenta desafios em várias áreas, desde sofisticados cálculos matemáticos para a definição dos parâmetros dos aceleradores até o projeto de diferentes componentes mecânicos e eletrônicos com requisitos restritos de tolerância e fabricação. Construir um equipamento com especificações inéditas só foi possível devido ao conhecimento acumulado pela equipe do LNLS, que desenvolveu soluções para uma série de desafios tecnológicos, e pela mobilização de diversas empresas parceiras que fizeram parte do projeto.

Anatomia do Sirius

O Projeto Sirius pode ser dividido em três blocos principais: edificações, fonte de luz, e linhas de luz. Além desses três conjuntos, houve a necessidade de investimentos em infraestrutura adicional, tais como melhorias na oficina mecânica; construção e reforma de prédios e galpões para acomodar as equipes técnicas, estocar as peças produzidas para montagem do Sirius, e acondicionar equipamentos de medição; construção de sofisticado prédio de metrologia para caracterização e testes de espelhos e subsistemas das linhas de luz; e instalação de sistemas de produção para determinados componentes do Sirius, como o sistema de vácuo do anel de armazenamento.

1. ACELERADOR LINEAR - LINAC

Em um equipamento chamado Canhão de Elétrons, essas partículas são inicialmente emitidas a partir do aquecimento de uma liga metálica. A seguir, os elétrons são acelerados por campos elétricos oscilantes até velocidades próximas à da luz. Em seguida, as partículas são transferidas para o Acelerador Injetor, ou Booster.

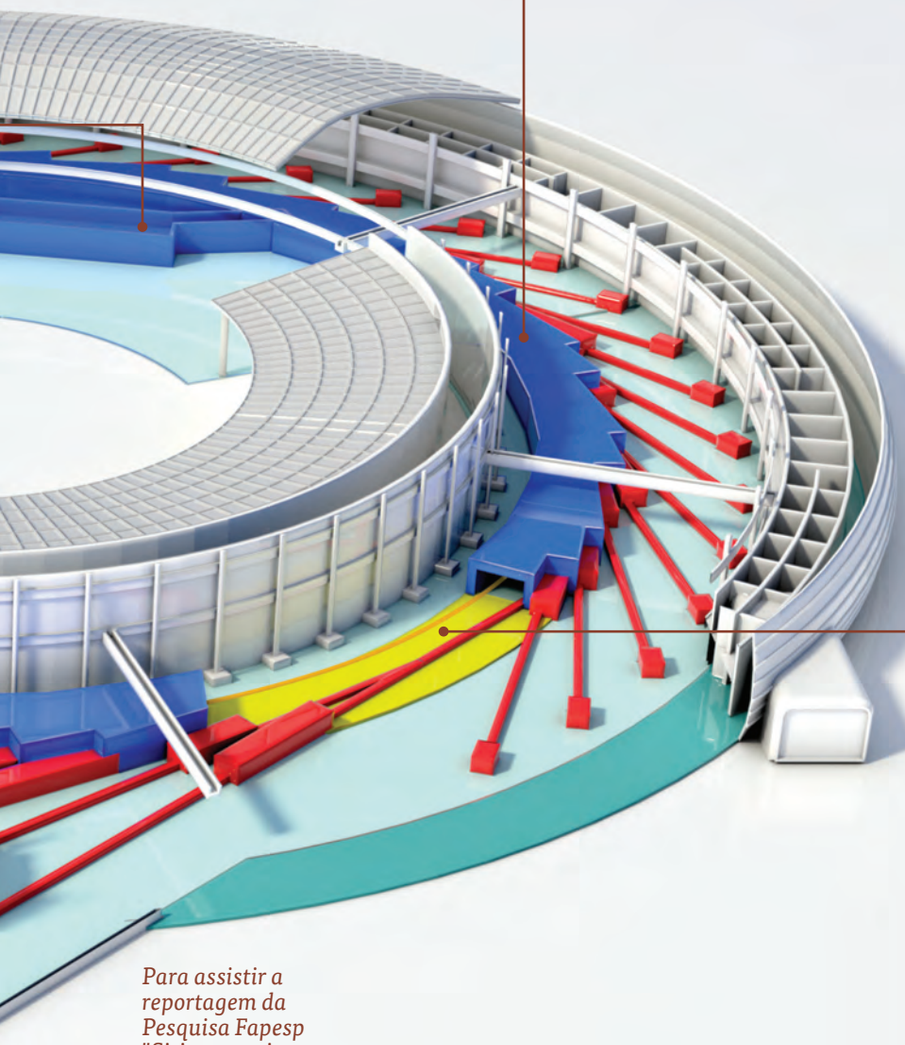


4. ESTAÇÕES DE PESQUISA | LINHAS DE LUZ

As linhas de luz são como microscópios complexos, que condicionam e focalizam a luz síncrotron para que ela ilumine as amostras dos materiais que se quer analisar.

A partir do modo como a luz síncrotron é absorvida, refletida ou espalhada pelos átomos do material, é possível avaliar os tipos de átomos e de moléculas que o constitui, seus estados químicos, sua organização espacial e propriedades elétricas, eletrônicas, magnéticas, entre outras características.

As fontes de luz síncrotron comportam diversas linhas de luz, otimizadas para diferentes experimentos, que funcionam de forma independente entre si. Isso permite que diversos grupos de pesquisadores trabalhem simultaneamente em diferentes pesquisas.



2. ACELERADOR INJETOR - BOOSTER

Neste acelerador circular, os elétrons vindos do Linac dão cerca de 600 mil voltas a cada segundo. A cada volta, as partículas têm sua energia aumentada até alcançarem a energia necessária para serem transferidas para o Acelerador Principal, ou Anel de Armazenamento.

3. ACELERADOR PRINCIPAL - ANEL DE ARMAZENAMENTO

No acelerador principal, os elétrons são mantidos circulando por horas e horas em órbitas estáveis, guiados por ímãs. Sempre que os elétrons são desviados por campos magnéticos e forçados a fazerem uma curva eles emitem radiação eletromagnética.

Essa radiação, que possui amplo espectro (desde o infravermelho até os raios X) e alto brilho, é chamada de luz síncrotron. Ela é emitida na direção tangente à curva feita pelos elétrons e direcionada para as estações de pesquisa, chamadas linhas de luz.

Para assistir a reportagem da Pesquisa Fapesp "Sirius, o maior e mais complexo laboratório brasileiro" acesse o QR code:

NÚMEROS DAS OBRAS

- Prédio de **68 mil metros quadrados**
- Área do terreno de **150 mil metros quadrados**
- Cerca de **1000 km de cabos elétricos**
- Temperatura do prédio controlada com precisão de **+/- 0,5 grau**
- Temperatura na região dos aceleradores controlada com precisão de **+/- 0,1 grau**

PISO

- Área dos aceleradores de concreto armado, com espessura de **90 cm**
- **6.500 m³** de concreto especial de baixíssima retração
- **900 toneladas** de aço
- A tolerância dimensional para o piso especial dos aceleradores é de +- 10 mm – ou seja, a diferença de altura entre ponto mais baixo e ponto mais alto do piso

INFORMAÇÕES GERAIS

- Energia dos elétrons: **3GeV**
- Circunferência do acelerador principal: **518 m**
- Diâmetro do acelerador principal: **165 metros**
- Número de estações de pesquisa comportadas: **40**
- Cerca de **1300 ímãs**
- Mais de **1km** de câmaras de vácuo
- **8000 pontos** de controle de mais de 4 mil computadores

NACIONALIZAÇÃO E PARCERIAS COM EMPRESAS BRASILEIRAS

- **+ duas mil empresas brasileiras,** de 14 estados diferentes da federação, considerando todos os âmbitos do projeto. Dentre estas, muitas participaram ativamente de desenvolvimentos tecnológicos em parceria
- Cerca de **85%** de seu orçamento de R$ 1,8 bilhão deve ser executado no País (incluindo Recursos Humanos)

Edificações

As especificações dos aceleradores de elétrons que integram o Sirius exigem uma série de requisitos das estruturas físicas na qual estão instalados. Tanto os aceleradores quanto as linhas de luz são projetados para gerar feixes de luz de tamanho extremamente reduzido, o que faz com que mesmo a menor vibração coloque em risco o funcionamento adequado de todo o equipamento. Portanto, estabilidade dimensional, térmica e vibracional são essenciais para que o feixe de luz projetado para ser o mais brilhante do mundo seja de fato produzido e utilizado nos experimentos. Além disso, o prédio de 68.000 m² deve garantir a segurança dos usuários, funcionários e visitantes, principalmente no quesito proteção radiológica. O prédio também foi construído para proporcionar ambiente de trabalho para os pesquisadores, salas de operação e controle, e escritórios, com conforto térmico e acústico, além da proporcionar a integração das pessoas nos ambientes de trabalho e de convívio.

Em função de todas as especificidades do projeto, o prédio do Sirius é uma construção diferenciada, pode-se dizer que é parte integrante do acelerador, pois garante a estabilidade necessária para o funcionamento do conjunto. Para superar o grande desafio imposto pelos requisitos de estabilidade, o piso, os sistemas de amortecimento do prédio e o sistema de refrigeração foram construídos com padrões excepcionalmente rígidos.

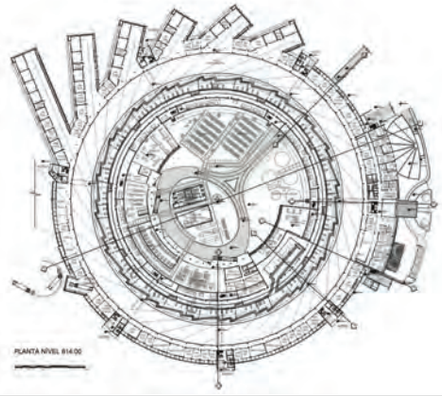
Estabilidade em números

No Sirius, cada feixe de elétrons, que em alguns trechos do acelerador tem apenas 1,5 micrômetros de tamanho vertical, quatro vezes menor que uma célula vermelha do sangue, deve percorrer uma trajetória circular de 500 metros de circunferência, 600.000 vezes a cada segundo, durante horas, sem que oscile mais que 150 nanômetros, um décimo do seu tamanho.

Obras civis.

2012-2014

Entre 2012 e 2014 foi desenvolvido o projeto executivo para o prédio do Sirius. O grande desafio desse projeto era conseguir atingir todas as especificações técnicas de estabilidade exigidas pelos aceleradores e linhas de luz. Essas questões são abordadas mais abaixo no texto. Nesse mesmo período houve a desapropriação de um terreno de 150.000 m² pelo Estado de São Paulo, contíguo ao terreno original do CNPEM, e adequado para a construção do Sirius.



Planta baixa do Sirius.

Foto aérea do mesmo terreno em 2013, durante os trabalhos de terraplenagem.

Piso crítico: o piso é fundamental para garantir a estabilidade vibracional de toda a estrutura e foi projetado com tamanha precisão que ao logo de toda a área construída o desnível máximo é de 20 milímetros entre o ponto mais alto e o mais baixo. Além disso, a construção foi feita para impedir que qualquer vibração externa ou interna, proveniente do funcionamento dos equipamentos internos e do fluxo de pessoas, afetem sua estabilidade e consequentemente do feixe de luz, que pode variar apenas 10% do seu tamanho.

O piso foi construído com 90 cm de espessura como uma peça única. O solo abaixo do piso teve tratamento especial e na parte que abriga a blindagem dos aceleradores foram colocadas mil e trezentas estacas a quatro metros de profundidade. Nessa região o solo foi retirado e depois devolvido com a adição de cimento para aumentar a rigidez. A construção de um prédio com margens para variação tão estreitas exigiu da empresa responsável um padrão de qualidade e precisão na execução muito acima do que é necessário em uma obra civil comum, a qual conseguiu superar os desafios estudando materiais e desenvolvendo novos processos para entregar a obra com as especificações necessárias.

> **"Obviamente é um desafio para a engenharia civil, que trata de centímetros, quando muito milímetros...** Quando você fala em micrometros e nanômetros você entra numa outra dimensão, que a engenharia civil não costuma trabalhar. Esse foi o grande desafio que encontramos e que estamos vencendo, tanto no projeto quantos nos processos para fazer essa edificação."
>
> *Oscar Vigna, engenheiro coordenador das obras do Projeto Sirius*

> **"Nós passamos mais de um ano só estudando traços de concreto**, envolvendo projetistas, calculistas, executores do piso, empresas que fizeram os equipamentos para execução do piso... fizemos um protótipo em escala real que foi fundamental para identificarmos os erros do processo e alcançar os índices esperados."
>
> *Júlio Rodrigues Júnior, gerente de obras da Racional Engenharia*

Piso crítico do Sirius em construção.

Piso crítico do Sirius em construção.

Os trabalhos de terraplenagem foram executados entre 2013 e 2014. Em dezembro de 2014 foi assinado o contrato com a empresa Racional Engenharia para construção das obras civis do Sirius.

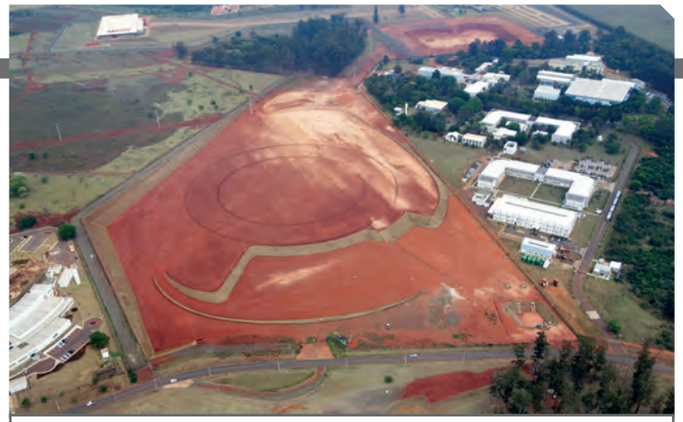


Foto aérea do mesmo terreno em outubro de 2014, após trabalhos de terraplenagem, pronto para receber o início de construção do Sirius.

Foto do evento, em dezembro de 2014, de assinatura do contrato para construção das obras civis do Sirius e lançamento da pedra fundamental.

Sistema de refrigeração: A estabilidade dimensional exige que os componentes do acelerador não dilatem em razão de alterações na temperatura e demandou a instalação de sofisticados sistemas de refrigeração para garantir a estabilidade térmica. A blindagem que abriga os aceleradores e é responsável pela proteção radiológica, também foi construída pela empreiteira visando a estabilidade térmica do túnel. A variação térmica dentro do túnel é de no máximo 0,1ºC, e foi alcançada por dois sistemas de refrigeração, um sistema hidráulico responsável por refrigerar diretamente os elementos do acelerador utilizando água ultrapura, e outro que refrigera o ambiente por meio de um ar-condicionado de alta precisão. O ar-condicionado que tem variação de temperatura de apenas 0,1ºC foi projetado e comissionado pela empresa Johnsons Control em parceria com a Rockwell e a construtora Racional, que já tinham experiência em desenvolver esse tipo de equipamento, embora nunca com requisitos tão rígidos quanto aos do Projeto Sirius, o que representou um importante desafio técnico superado.

Detalhe do túnel de blindagem em construção.

Interior do prédio do Sirius em construção.

2015-2018

As obras civis se iniciaram em janeiro de 2015, e em novembro de 2018 foi feita a entrega da primeira fase do projeto, com a conclusão da parte principal das obras civis.

Foto aérea da evolução da obra civil do Sirius em 2015.

Foto aérea da evolução da obra civil do Sirius em 2016.

Foto do evento, em novembro de 2018, inauguração da primeira etapa do Projeto Sirius.

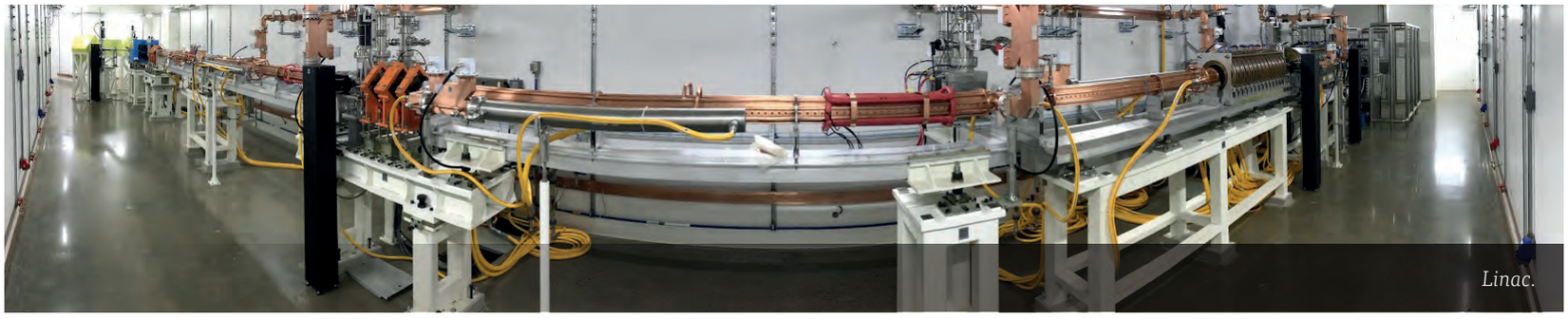
Fonte de luz

Para produzir a luz síncrotron é necessário o uso de aceleradores de partículas, capazes de produzir e controlar o movimento de partículas carregadas de alta energia e próximas da velocidade da luz. Os elétrons, por serem leves, são ideais para esse fim. O acelerador de elétrons do Sirius é composto por dois componentes principais: a) o sistema injetor, responsável por gerar o feixe de elétrons que será armazenado no anel principal; b) o anel de armazenamento, que é o acelerador principal, responsável pelo armazenamento dos elétrons que irão, de fato, produzir a luz síncrotron.

O sistema injetor inclui um acelerador linear (Linac), o *booster* ou síncrotron injetor, e duas linhas de transporte, que são duas pequenas redes magnéticas utilizadas para transferir o feixe de elétrons de um acelerador para outro. O Linac foi importado da China e instalado em 2018 em túnel próprio com 32 metros de comprimento e opera com energia de 150 MeV (mega elétrons-volt). Já o booster e o anel de armazenamento, que concentram as grandes inovações tecnológicas do Sirius, estão ambos localizados no interior do túnel de blindagem, cada um possuindo 496,8 metros e 518,4 metros de circunferência, respectivamente, e operam com energia de 3 GeV (giga elétrons-volt).

De forma geral, os aceleradores são compostos pela rede magnética, um conjunto de imãs responsáveis por defletir e focalizar o feixe de elétrons e mantê-los em uma órbita estável no anel; a câmara de ultra alto vácuo, que delimita a região de trânsito dos elétrons e permite que o feixe permaneça armazenado em um ambiente desobstruído; cavidades de radiofrequência, utilizadas para repor a energia perdida pelos elétrons na forma de radiação; e um conjunto de sistemas auxiliares que permitem que o acelerador de partículas funcione como um todo. Os sistemas auxiliares são o sistema de injeção pulsada, responsável pelo processo que permite que o feixe proveniente do injetor seja inserido no anel de armazenamento; o sistema de controle, que permite todos os outros sistemas trabalharem dentro dos parâmetros desejados; e os sistemas de diagnóstico e feedback, responsáveis por monitorar e corrigir dinamicamente parâmetros dos feixes de elétrons e de fótons nas diversas partes do complexo de aceleradores e linhas de luz, e são essenciais para garantir a alta estabilidade e a confiabilidade da fonte de luz síncrotron.

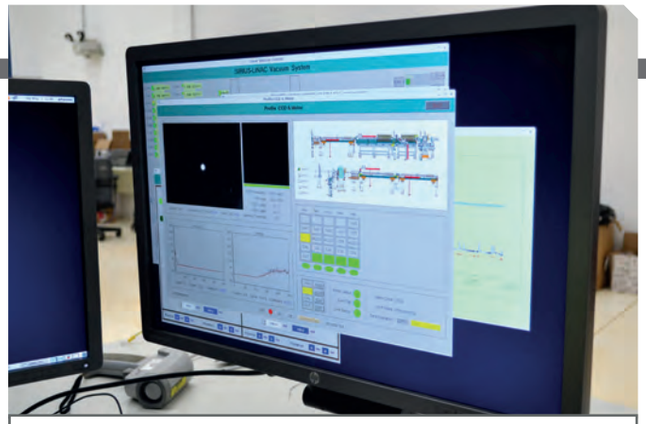
Diversos componentes dos aceleradores não estavam previamente disponíveis no mercado e foram desenvolvidos pela equipe do LNLS ou pelas empresas que participaram do projeto. Dentre os principais elementos que compõe o Sirius e que representaram importantes desafios técnicos, cabe destacar a rede magnética, o sistema de vácuo, o sistema de radiofrequência e o sistema de diagnóstico.



Linac.

Mesmo antes do prédio principal do Sirius estar concluído, foi iniciada a instalação do primeiro acelerador da fonte de luz síncrotron, o acelerador linear (LINAC). A montagem ocorreu ao longo dos primeiros meses do ano de 2018, e em 5 de maio do mesmo ano foi possível obter o seu primeiro feixe de elétrons.

LINAC montado.

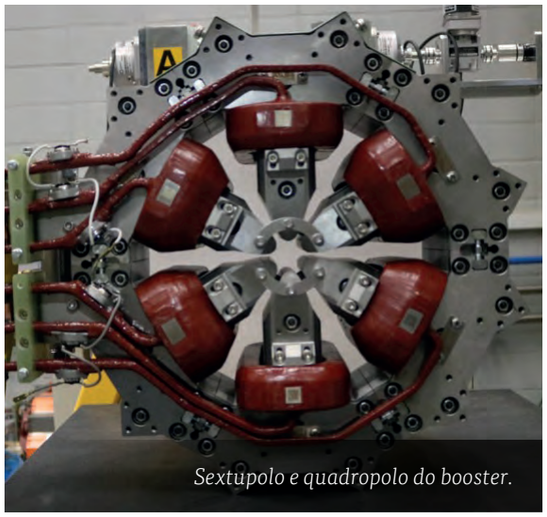


Sinal do primeiro feixe obtido em 5 de maio de 2018.

Imãs: a rede magnética do Sirius é uma combinação meticulosamente projetada de imãs dipolos, quadrupolos e sextupolos. A especificação dessa rede é a etapa mais importante do projeto da fonte de luz, uma vez que os imãs são responsáveis por defletir e focalizar o feixe de elétrons, definindo o caminho pelo qual transitam. A evolução do Sirius no campo dos aceleradores para ter menor emitância e o maior brilho se dá pela inovação nos projetos de redes magnéticas e pelos desenvolvimentos tecnológicos necessários. É a rede magnética que determina as características do feixe de elétrons e, consequentemente, da luz produzida. Por essa razão, é extremamente importante que haja uma grande conformidade entre a rede projetada e a realizada, o que impõe tolerâncias rígidas no que se refere a erros de construção, posicionamento e excitação dos componentes da rede. A larga experiência com o UVX possibilitou ao LNLS acumular competências para projetar e produzir imãs com as precisões técnicas que aceleradores exigem. Entretanto, devido a grandiosidade do Projeto Sirius, não seria possível produzir todos os imãs internamente em prazo razoável.

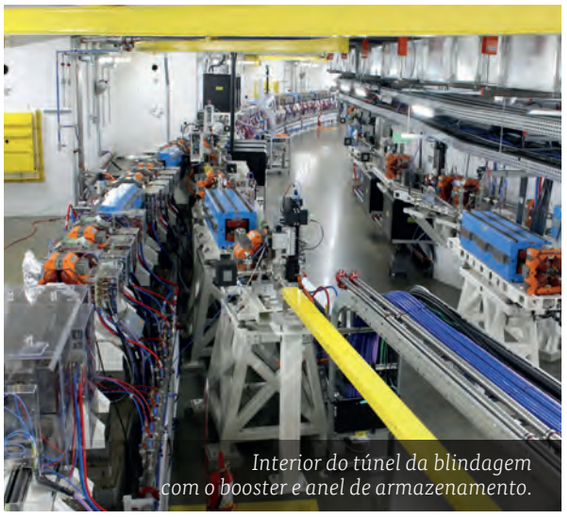
Dessa forma, foi estabelecida parceria com a empresa WEG para produção dos imãs utilizados no *booster* e no anel de armazenamento. Embora seja uma empresa com larga experiência na fabricação de diversos produtos, como motores elétricos, a WEG não havia produzido eletroímãs com especificações tão rígidas até então. Por meio da participação do LNLS para o projeto dos imãs, a empresa desenvolveu e testou novas técnicas para produzir 1036 eletroímãs de diferentes modelos e configurações funcionais, com controle de qualidade significativamente rigoroso e métodos de inspeção sofisticados.

> “A WEG faz mais de 16 milhões de núcleos magnéticos por ano, mas nossos produtos não têm o mesmo nível de exigência de tolerância de mícrons como tem o Projeto Sirius...foram muitas reuniões, encontros, **tivemos que aprender juntos.**”
>
> *Luís Alberto Tiefensee, Diretor da WEG Motores*



Sextupolo e quadropolo do booster.

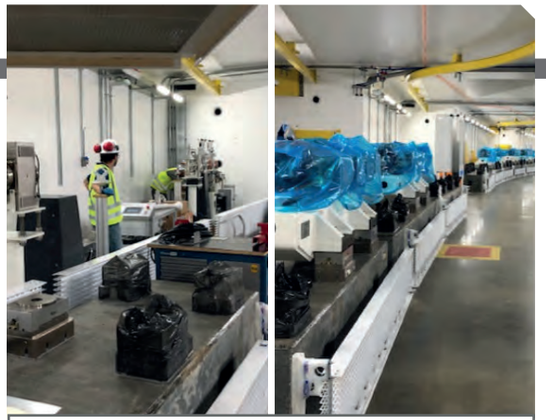
Imãs entregues e armazenados.



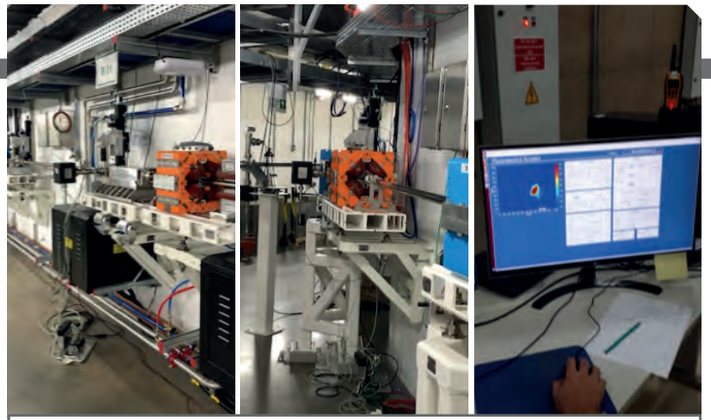
Interior do túnel da blindagem com o booster e anel de armazenamento.

2018-2019

No segundo semestre de 2018 foi iniciada a montagem da linha de transporte LINAC--Booster, do Booster e a instalação dos primeiros blocos e berços do anel de armazenamento. O primeiro feixe no final da linha de transporte LINAC-Booster foi observado em 11 de novembro de 2018.



Montagem do booster e dos blocos e berços do anel de armazenamento.

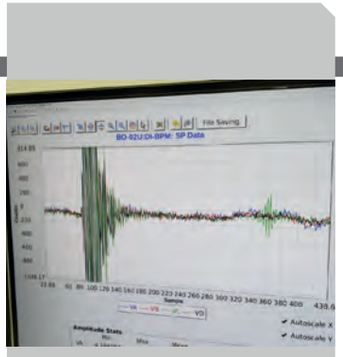


Linha de transporte LINAC-booster e o registro do primeiro feixe no final dessa linha de transporte.

Sistema de Vácuo: A importância do vácuo nos aceleradores é deixar o caminho livre para a circulação dos elétrons, que não podem entrar em colisão com moléculas de gás. Desafios para a construção desse sistema foram as dimensões reduzidas da câmara de vácuo em função do pouco espaço proporcionado pela rede magnética, o que dificulta a instalações de bombas; e a necessidade de projetar os elementos da câmara sem produzir instabilidades no feixe de luz pela interação com as paredes da câmara. A pressão média ao longo do ambiente de vácuo de mais de 500 metros de comprimento para o anel de armazenamento do Sirius deve ser menor que 1 nTorr ($<10^{-7}$ Pa), o que significa um trilhão de vezes menor que a pressão atmosférica. Este valor corresponde ao que se convencionou chamar de ultra alto vácuo e requer várias técnicas especiais para sua produção. Para construção da câmara com o ultra alto vácuo necessário para o Sirius, foi feito um acordo entre o CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear) e o LNLS para utilizar uma tecnologia chamada NEG (*Non evaporable getters*). O NEG consiste em um filme fino depositado no interior da câmara que após aquecido tem a capacidade de aprisionar moléculas proporcionando o vácuo exigido para a operação da fonte de luz.

Câmaras de vácuo.

Ao longo do ano de 2019 foram concluídas as montagens do booster, linha de transporte booster-anel, e do anel de armazenamento, bem como foram iniciados os comissionamentos desses sistemas. Esse foi um trabalho extremamente complexo, pois como ambos os aceleradores estão dentro do mesmo túnel, uma vez concluído, o booster só podia ser ligado com o túnel vazio, o que impedia a continuidade da montagem dos outros sistemas. Além da montagem dos aceleradores, outras infraestruturas essenciais para o funcionamento do Sirius estavam em andamento, como conclusão das salas para abrigar as fontes de potência e o sistema de radiofrequência, bem como a subsequente instalação desses sistemas.



Primeiro feixe em 150 MeV em março de 2019.

Feixe estável em 3 GeV em outubro de 2019.

Diversos desafios foram superados para construção do sistema de vácuo, como o domínio da tecnologia para a construção de câmaras de cobre, uma vez que o conhecimento do LNLS estava mais voltado para câmaras em aço inox, e também o depósito do NEG em câmaras tão estreitas e compridas quanto às do Sirius, que exigem processos complexos para aplicação do filme.

Sistema de radiofrequência: No anel de armazenamento o sistema de radiofrequência (ou sistema de RF) repõe a energia perdida pelo feixe de elétrons, principalmente devido à emissão de luz síncrotron. Os principais elementos deste sistema são as cavidades de RF, estruturas metálicas que fazem parte da câmara de vácuo e confinam campos eletromagnéticos oscilando na faixa de micro-ondas. Ao atravessar a cavidade na fase correta de oscilação do campo elétrico o feixe recebe a energia necessária para repor a parcela perdida ao longo de sua trajetória.

Um importante desafio desse sistema é a construção dos amplificadores que alimentam a cavidade de RF e o acúmulo de know-how necessário para dominar a tecnologia de produção das placas amplificadoras.

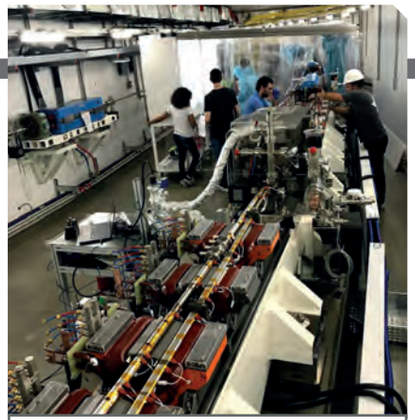
> “Se compararmos a uma pessoa sentada num balanço tentando ganhar velocidade, aquela responsável por empurrar o balanço deve agir no momento certo, dando impulso suficiente até atingir a velocidade e altura ideais. A partir desse momento é necessário apenas uma força constante para manter o movimento desejado. **No caso do acelerador de elétrons, a cavidade RF é a pessoa que empurra o balanço. Toda vez que o elétron passar pela cavidade em uma frequência determinada, ele receberá um impulso para mantê-lo na velocidade desejada.**”
>
> *James Citadini, Coordenador da Divisão de Engenharia do Sirius*

Instalação das câmaras de vácuo.

Montagem das câmaras de vácuo.

2019

Em abril de 2019 já havia uma parte substancial do acelerador montado, e foi iniciada uma parte bastante crítica, a montagem das câmaras de vácuo. Tais câmaras são todas fabricadas em cobre, com uma grande quantidade de componentes, e devem ser montadas em ambiente extremamente limpo e de forma bastante cuidadosa. Após a montagem, é necessário executar uma etapa denominada de ativação. Nessa etapa as câmaras de vácuo são aquecidas até algo em torno de 200 oC.

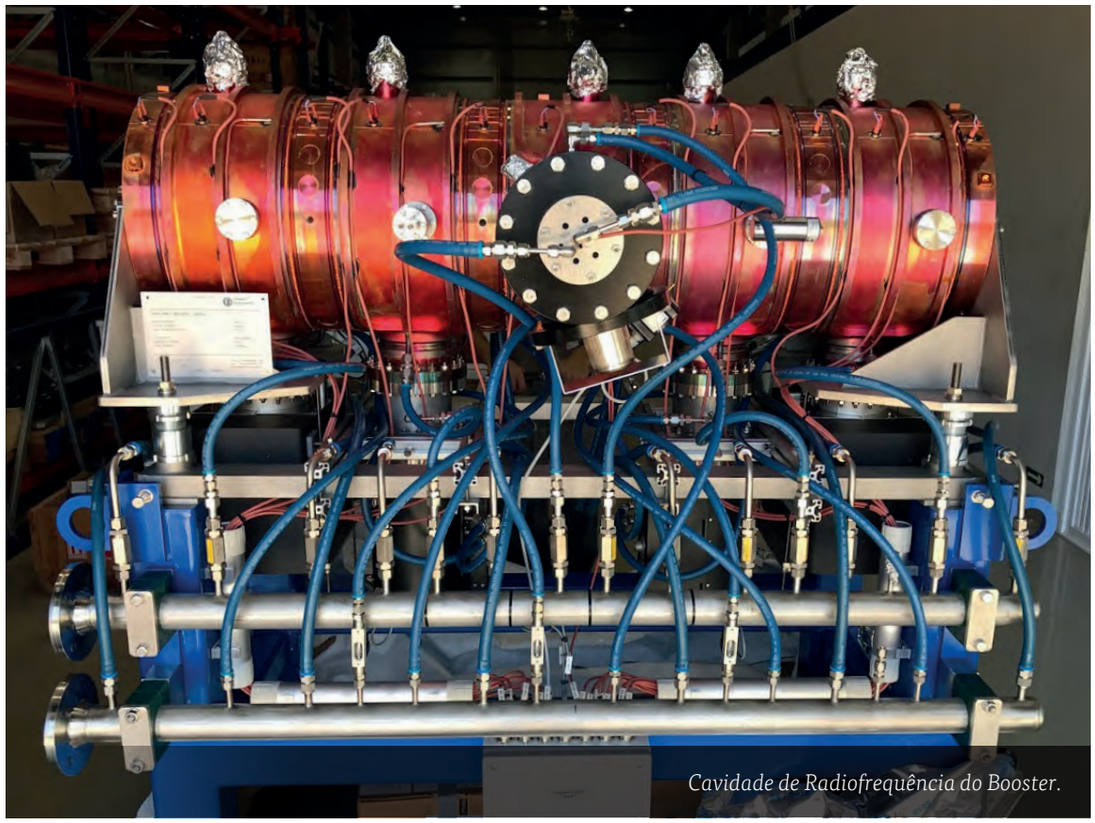


Montagem das câmaras de vácuo.

Em agosto de 2019 o sistema de vácuo estava todo montado, funcional, incluindo a linha de transporte booster-anel, e o anel de armazenamento encontrava-se com os ímãs todos fechados. Entre setembro e outubro de 2019 o anel de armazenamento estava pronto para receber elétrons assim que o feixe estivesse estável no booster em 3 GeV e a linha de transporte booster-anel estivesse operacional.

Anel de armazenamento montado e em vácuo.

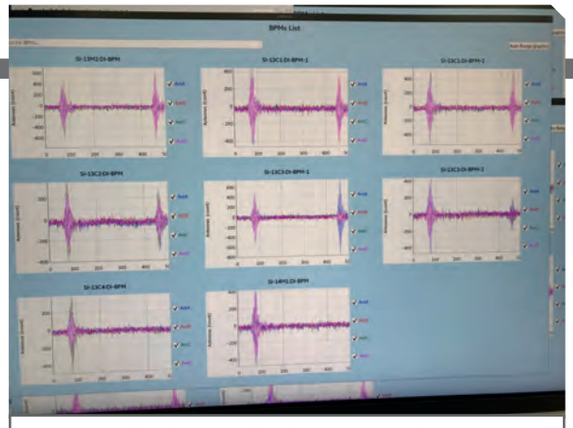
Sistema de diagnóstico e *feedback*: Diversos equipamentos de monitoramento, diagnóstico e correção de parâmetros da fonte de luz fazem parte dos sistema de diagnóstico, tais como: monitores de posição do feixe de elétrons; monitores de posição do feixe de fótons; monitores de corrente do feixe; monitores de frequências de oscilação do feixe e atuadores para correção de desvios de órbita e frequências de oscilação. Dentre os maiores desafios está o projeto e fabricação dos monitores de posição do feixe de elétrons, já que a medida de posição do feixe deve ter precisão de décimos de micrômetros. Alguns fornecedores produziram protótipos dos componentes necessários que foram avaliados pela equipe do LNLS para então serem incluídos nos aceleradores.



Cavidade de Radiofrequência do Booster.

Equipe do CNPEM trabalha na instalação de equipamentos do sistema de radiofrequência, relacionados a aceleração dos elétrons no Sirius.

No dia 5 de novembro de 2019 o feixe de elétrons foi detectado no primeiro BPM (Beam Position Monitor) do anel de armazenamento, indicando que ele havia sido transportado corretamente do booster para o anel. E, finalmente, no dia 22 de novembro de 2019 o feixe de elétrons executa sua primeira volta no anel. O próximo marco importante seria o armazenamento de elétrons no anel principal, o que ocorreu no dia 14 de dezembro de 2019.



Registro a primeira volta do feixe de elétrons no anel.

Equipe celebrando a primeira vota do feixe de elétrons no anel em 22 de novembro de 2019.

Linhas de Luz

Em um acelerador síncrotron, as linhas de luz são as estações experimentais onde os materiais são analisados. Elas são como microscópios complexos que condicionam e focalizam a radiação síncrotron, para que as amostras dos materiais em estudo sejam iluminadas permitindo a observação de seus aspectos microscópicos. De forma geral, as linhas de luz são compostas por quatro elementos principais: fonte de radiação, front-end, ótica e estação experimental (com seus detectores e porta-amostras), além de um conjunto de elementos de infraestrutura. As linhas de luz do Sirius ainda estão em construção e compõem a última fase do projeto.

Fonte de radiação: Para obter luz síncrotron é necessário desviar, com o uso de campos magnéticos, a trajetória de partículas carregadas em velocidade próxima à da luz. No Sirius as fontes de radiação serão bastante diversificadas, já que suas linhas de luz cobrirão desde o infravermelho (em energias da ordem de 1 meV) até os raios X duros (chegando a energias de 100 keV). As características de tamanho e divergência da fonte são determinadas do tamanho e divergência do feixe de elétrons nos pontos onde se encontram as fontes de radiação e pelas características magnéticas dos dispositivos que geram os campos que defletem o feixe de elétrons. Estes dispositivos podem ser onduladores, para raios-X de alto brilho, dipolos de alto campo, para raios-X de alta energia, e baixo campo, para a faixa de energia de infravermelho até ultravioleta. As linhas de luz do Sirius baseadas em onduladores utilizarão o princípio de variação de fase para sintonia de energia e polarização da radiação, que é um avanço em relação a tecnologia utilizado nos síncrotrons no mundo. Esse tipo de ondulador permite obter total controle da polarização da radiação e será único no Sirius, trazendo vantagens competitivas nos projetos científicos. Os primeiros dispositivos com esta configuração estão sendo construídos em colaboração com empresas nacionais e se tornarão um padrão de operação para as linhas de luz.

Interior da cabana da linha de luz.

Exterior da cabana da linha de luz.

2019

Em paralelo às atividades relacionadas aos aceleradores, estavam ocorrendo os desenvolvimentos, fabricação de protótipos e montagens dos componentes e estruturas das linhas de luz, como front-ends, monocromadores, detectores, cabanas óticas e experimentais, etc. No ano de 2019 foi iniciada a montagem das cabanas ótica, experimental e de controle da linha de luz Manacá, bem como de todas as infraestruturas necessárias para seu posterior funcionamento. Além da Manacá, foi também iniciada a montagem das estruturas da linha de luz Cateretê.

Status da montagem da linha de luz Manacá .

Linha de luz Cateretê no final do ano de 2019.

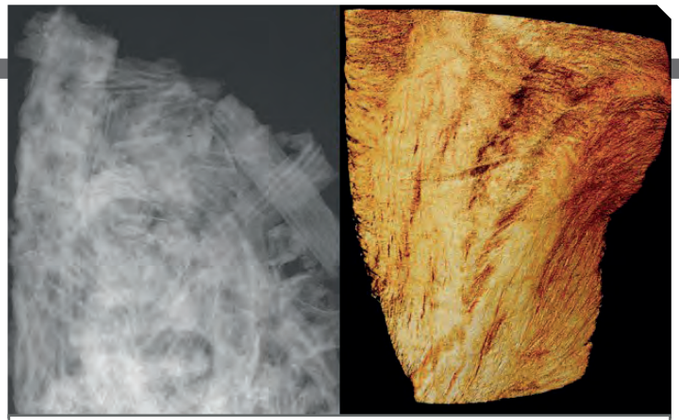
Front-end: Compreende o grupo de componentes que conectam o anel de armazenamento à linha de luz. Eles são responsáveis por definir a abertura final, absorver o excesso de potência do feixe e fornecer proteção contra radiação e diagnóstico de feixe de fótons. Os maiores desafios técnicos deste elemento da linha de luz são garantir que a estabilidade do feixe de fótons seja de 1 μm em posicionamento (100 vezes menor que um fio de cabelo) e de 1 arcseg (1 milésimo de grau) em direção, além de dissipar a carga térmica gerada pelo feixe. Esses componentes da linha de luz foram projetados e totalmente prototipados pela equipe de engenharia das linhas de luz do LNLS e licenciados à produção para empresas brasileiras.

Ótica: A parte óptica da linha de luz "molda" o feixe de luz síncrotron para entregá-lo na forma requerida pelos experimentos. Para atingir a performance projetada para as linhas do Sirius, foram fabricadas superfícies óticas refletoras, polidas em blocos de silício puro, com poucas camadas atômicas de rugosidade, e que permitem focalizar e filtrar a radiação síncrotron. A especificação técnica destas superfícies é feita por meio de simulações computacionais da propagação do feixe nos componentes das linhas de luz. Em seguida essas peças são produzidas individualmente e sob demanda por empresas especializadas no exterior, chegando a levar cerca de dois anos de fabricação em alguns casos. Uma vez entregues, para que estes espelhos sejam utilizados nas linhas de luz, eles são suportados mecanicamente, refrigerados e condicionados em alto vácuo em sistemas de alta precisão e alta estabilidade mecânica produzidos pelas equipes do LNLS. Finalmente o conjunto inteiro passa por uma etapa de metrologia e simulação que determinará se está dentro da especificação determinada para os experimentos do Sirius.

O monocromador é um dos principais exemplos de componente como esses, que é o coração da linha de luz, pois atua como filtro, permitindo a passagem de um comprimento de onda específico, adequado para cada finalidade distinta de pesquisa. Para extrair o máximo de seu desempenho, o Sirius demandou o desenvolvimento de um conceito mecatrônico de precisão revolucionário para monocromador, pois a tecnologia existente não era capaz de atender as exigências de estabilidade e precisão. Portanto, seria necessário um salto conceitual na tecnologia de monocromadores para que fosse possível obter performance superior ao que existia até então. O grupo encontrou a solução na indústria holandesa de semicondutores, que fabrica máquinas para montagem de chips de computador, por exemplo, que exige movimentações com velocidade e precisão da ordem de nanômetros.

Front-end do Sirius montado.

Com o objetivo de poder observar luz síncrotron assim que tivesse sido possível acumular elétrons no anel de armazenamento, foi tomada a decisão de instalar, em 2019, na cabana ótica da linha de luz Mogno, basicamente o sistema experimental que compunha a linha de luz de tomografia IMX do síncrotron UVX. Apesar de simples e provisório, essa montagem poderia permitir medidas de tomografia assim que a luz síncrotron fosse gerada no Sirius, pois a fonte da luz dessa linha é um dipolo, e não um ondulador, como nas outras linhas em processo de montagem. Desta forma, após o bem-sucedido armazenamento de elétrons em 14 de dezembro, nos dias 16 e 17 de dezembro foram obtidas as primeiras imagens de tomografia no Sirius.



Microtomografias de rocha carbonática (esquerda) e de um coração de camundongo (direita).

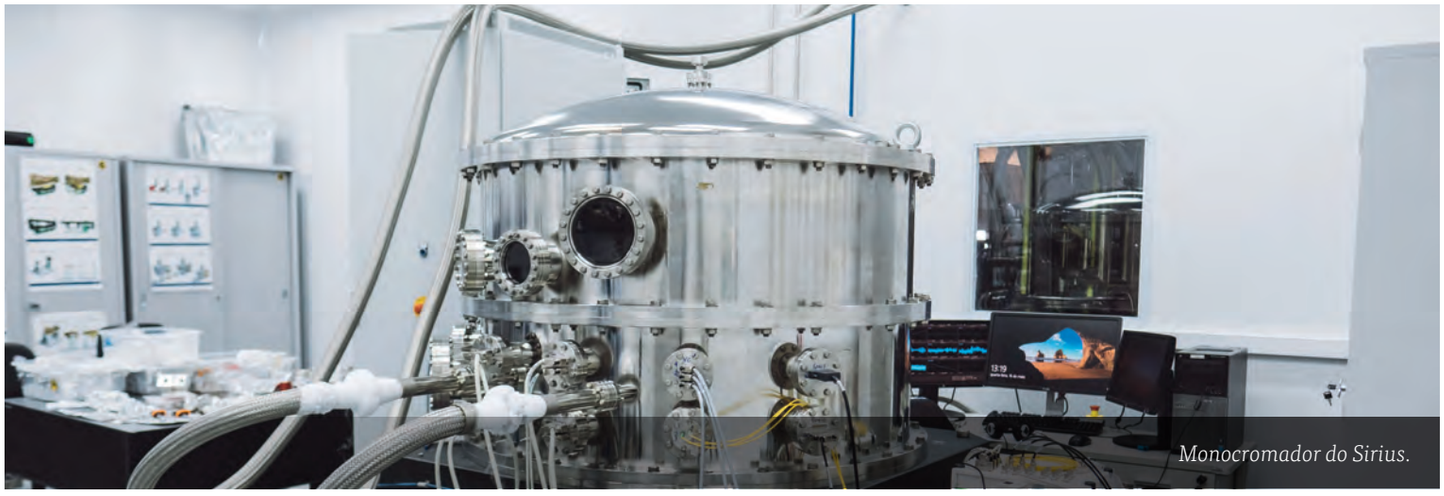
Apesar de terem sido obtidas em condições muito aquém do que será possível quando o Sirius estiver operando dentro dos parâmetros do projeto, essas medidas foram um grande marco para o projeto. Pela primeira vez foi fechado o ciclo operacional completo do Sirius: acumulação de elétrons no anel de armazenamento, geração de luz síncrotron e sua utilização em uma medida experimental.

Os monocromadores do Sirius executam a movimentação e estabilização do sistema com precisão de poucos nanômetros, possuindo a maior estabilidade dentre os equipamentos desse tipo já construídos. O desenvolvimento deste conceito de monocromador é importante porque vai permitir a realização de experimentos mais rápidos e mais precisos nas estações experimentais do Sirius. Além disso, serviu como aprendizado para que o grupo pudesse desenvolver todos os outros sistemas mecatrônicos das linhas, de mais alta tecnologia e mais alta performance.

Estações experimentais: Parte da linha de luz onde as amostras são propriamente analisadas. Trata-se de um ambiente isolado, dotado de proteção radiológica e controle preciso de temperatura, umidade e partículas. Os detectores são componentes chave da linha de luz, pois analisam de forma quantitativa o resultado da interação entre a radiação síncrotron e os átomos do material em estudo. Uma fonte de luz de alto brilho como o Sirius exige detectores que garantam ao equipamento atingir seu desempenho máximo. Diversos modelos foram desenvolvidos pela equipe de detectores, e muitos desafios tecnológicos superados, as tecnologias envolvidas, apesar de bem estabelecidas em grandes empresas de microeletrônica, não eram dominadas no país, e precisaram ser desenvolvidas praticamente do zero. Um novo modelo de detector, chamado π-MEGA, está sendo desenvolvido em parceria com a empresa Pi-Tecnologia.

> "O monocromador foi desenvolvido no laboratório a partir de 2015, e recorremos a tecnologias da indústria de semicondutores para **criar do zero um equipamento que é entre dez e cem vezes melhor ao que existia no mundo até então.**"
>
> *Renan Geraldes, Engenheiro de linhas de luz do LNLS*

> "O π-MEGA é um detector de área larga de alta contagem de frames...se compararmos aos frames de cinema, onde se consegue capturar vinte e quatro frames por segundo, com o π-MEGA vamos conseguir capturar de dois mil até três mil frames por segundo... **é o detector com maior resolução e contagens de frames do mundo.**"
>
> *Júlio César de Oliveira, CEO da PI-Tecnologia*

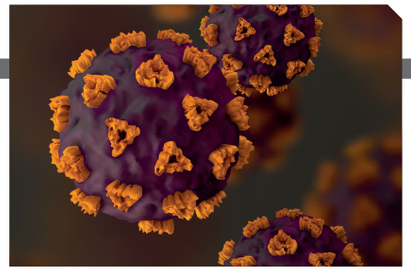


Monocromador do Sirius.

Para assistir "Monocromador: Um equipamento sob medida para o Sirius" acesse o QR code:

2020

Com o início das medidas restritivas, a partir de março de 2020, relacionadas à pandemia do Covid-19, foram necessárias várias ações que preservassem a saúde dos colaboradores do CNPEM. Isso exigiu readequações na dinâmica de montagem das linhas de luz, bem como nas atividades relacionadas ao comissionamento dos aceleradores. Neste momento, há a decisão estratégica de focar esforços na conclusão da linha de luz Manacá (dedicada à cristalografia de macromoléculas, como proteínas) e Caterete (dedicada à espalhamento coerente de raios-X). Ambas viabilizam técnicas importantes no apoio aos esforços da comunidade científica no combate ao Covid-19.



Por exemplo, a Manacá pode ser utilizada para obtenção da estrutura atômica de proteínas importantes para as atividades essenciais ao Sars-cov-2. Esses dados podem auxiliar na compreensão da biologia do vírus e na busca racional de fármacos.

A instalação do ondulador da Manacá foi concluída em 28 de maio.

Ondulador de comissionamento da linha de luz Manacá.

As cabanas de proteção radiológica são partes essenciais das linhas de luz. As cabanas óticas e experimentais, por exemplo, devem ser classificadas como salas limpas de classe 1000, ou seja, com baixíssimo nível de contaminação por partículas e com alta proteção radiológica. As cabanas são uns dos elementos de maior custo nas linhas de luz e por meio de parceria com a empresa brasileira Biotec foram desenvolvidos protótipos de cabanas com materiais alternativos e a preços competitivos em relação ao mercado internacional. A empresa, que também produziu o sistema de ar-condicionado de precisão, nunca havia produzido cabanas de proteção radiológica, mas a partir do desenvolvimento conjunto com o LNLS teve sucesso nos protótipos e entregou suas primeiras unidades.

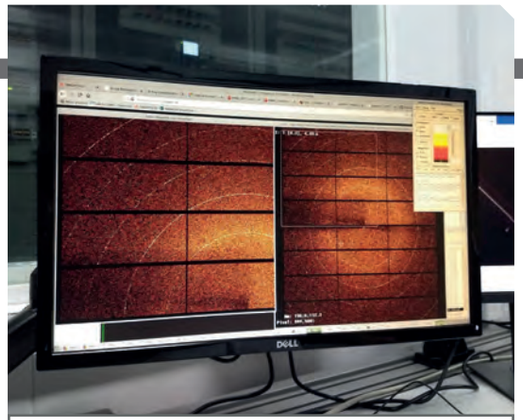
Sirius permite acomodar até 40 linhas de luz. O escopo inicial do projeto contemplou as primeiras 13 linhas de luz, contudo, devido a critérios técnicos, uma delas foi desdobrada em duas. Ou seja, dentro do mesmo orçamento global será possível entregar 14 linhas de luz, batizadas com nomes da fauna e flora brasileiras. As linhas de luz permitem a observação de aspectos microscópicos dos materiais, como os átomos e moléculas que os constituem, seus estados químicos e sua organização espacial.

Detector π-MEGA.

Exterior da blindagem e cabanas das linhas de luz.

O primeiro feixe de raios-X a atingir o front-end da linha de luz Manacá ocorreu em 2 de junho de 2020. A partir desse ponto, há um intenso trabalho para conseguir fazer com que o feixe de raios-X consiga ser transportado de forma adequada desde o front-end, passando pelos elementos das cabanas ótica e experimental, até o foco da linha de luz, região onde os cristais a serem medidos são posicionados.

Celebração da primeira observação do feixe de raios-X no foco da Manacá.



Primeira medida de difração obtida na Manacá, para um cristal de LaB_6, utilizado para calibração.

No dia 25 de junho foi feita a primeira medida de difração de raios-X no Sirius, para um cristal de LaB_6, utilizado para calibração da linha.

Manacá | *Cristalografia de macromoléculas com micro e nanofoco*

A linha de luz Manacá possibilitará o estudo da estrutura de macromoléculas e seus complexos funcionais, como proteínas e ácidos nucleicos de humanos e de patógenos, com resolução atômica. Essas investigações podem guiar o desenvolvimento de fármacos cada vez mais eficientes e com menos efeitos colaterais, além da descoberta de enzimas com aplicações na produção de alimentos, biocombustíveis e cosméticos.

Cateretê | *Espalhamento coerente de raios X*

A linha de luz Cateretê será otimizada para a obtenção de imagens tridimensionais de materiais, com resolução nanométrica. Entre as suas aplicações, será possível investigar a dinâmica de fenômenos biológicos e de estruturas nanométricas nas áreas de óleo, catalisadores e polímeros, assim como na resolução de problemas das indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética.

Ema | *Espectroscopia e difração de raios X em condições extremas*

A linha de luz Ema realizará experimentos em materiais submetidos a condições extremas de temperatura, pressão e campos magnéticos. Com isso, será possível estudar materiais com propriedades inusitadas, como a supercondutividade. Será possível também simular o interior de planetas e entender as propriedades da matéria que os compõe, um grande desafio científico para as geociências.

Mogno | *Microtomografia de raios x*

A linha de luz Mogno será dedicada à obtenção de imagens tomográficas tridimensionais com resolução micro e nanométrica. Estruturas internas de diversos materiais poderão ser estudados de forma não invasiva, em diferentes escalas espaciais, entre centenas de nanômetros e dezenas de micrômetros. Além disso, será possível submeter os materiais a diferentes condições mecânicas, térmicas ou químicas e acompanhar alterações em tempo real.

Carnaúba | *Nanoscopia de raios X*

A linha de luz Carnaúba será a linha de luz mais longa do Sirius, com 150 metros de comprimento. Isso permitirá produzir um feixe de luz síncrotron com foco de até 30 nanômetros, possibilitando experimentos com detalhamento além do alcance de instrumentos científicos atuais. Será possível realizar variadas análises da composição e estrutura de materiais nano-estruturados com resolução nanométrica, beneficiando, em particular, a investigação de materiais biológicos, solos e fertilizantes.

Ipê | *Espectroscopia de UV e Raios X moles de alta resolução*

A linha de luz Ipê será dedicada a estudar a distribuição de níveis de energia eletrônicos em átomos e moléculas presentes em interfaces líquidas, sólidas e gasosas. Terá dois tipos de estações experimentais, que permitirão sondar como as ligações químicas ocorrem nas interfaces de materiais como catalisadores, ou ainda como portadores de carga se propagam em materiais, desde isolantes até supercondutores.

2020

No dia 2 de julho foi realizada a primeira medida com um cristal de proteína, a lisozima, também utilizada para calibração dos equipamentos. O último passo antes de disponibilizar a linha de luz para experimentos com moléculas de interesse no combate ao Covid-19 era realizar medidas com uma proteína do próprio vírus Sars-cov-2, mas cuja estrutura atômica já fosse bem estabelecida. A proteína escolhida foi a denominada 3CL, que participa do processo de replicação do vírus dentro do organismo durante a infecção. Os cristais foram crescidos no CNPEM e foram utilizados em experimentos e testes, que se estenderam ao longo da semana de 6 a 11 de julho de 2020.

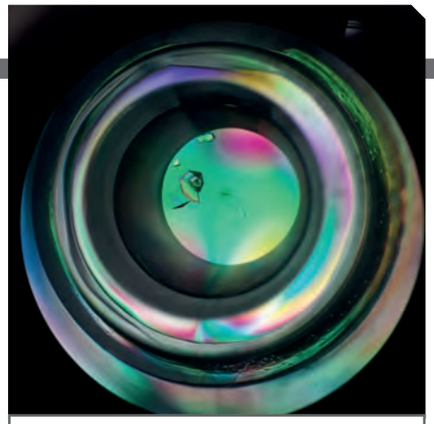
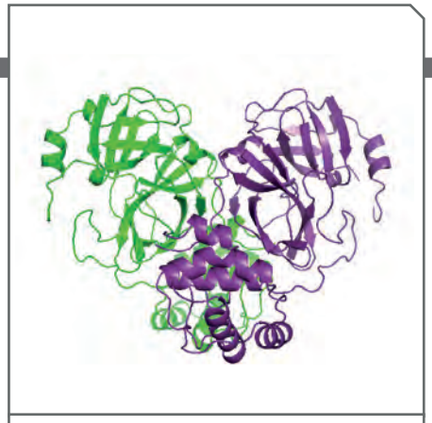


Imagem de microscopia ótica mostrando cristais da proteína 3CL



Estrutura da proteína 3CL de SARS-CoV-2 obtida no Sirius

Finalmente, no dia 11 de julho de 2020 foi anunciado que a estrutura atômica da proteína 3CL havia sido obtida com precisão no Sirius.

Quati | *Espectroscopia de raios x com resolução temporal*

A linha de luz Quati permitirá a realização de experimentos de espectroscopia de absorção de raios X de alta qualidade e alta resolução temporal. Na linha será realizada análise espectroscópica em tempo real de uma enorme variedade de processos físicos e químicos, como síntese de materiais, estudos de nanopartículas e catalisadores. Os experimentos poderão ser realizados em altas temperaturas, sob fluxo ou pressão de gases em condição de operação.

Jatobá | *Tomografia e difração de raios X de alta energia*

A linha de luz Jatobá será dedicada à difração de raios X em materiais estruturais. Os raios x de alta energia terão grande penetração em qualquer tipo de material, de milímetros, em materiais contendo chumbo, até centímetros, em materiais como aço. A técnica de análise por PDF (do inglês, Pair Distribution Function), que estará disponível nessa linha, permitirá a realização de experimentos de investigação estrutural de materiais nanocristalinos e semicristalinos como solos, rochas, metais, cerâmicas e concreto, com resolução atômica.

Sapê | *Espectroscopia de Foto emissão com Resolução Angular*

A linha Sapê será dedicada a técnica de ARPES (do inglês, Angle Resolved Photo Emission Spectroscopy), que é um dos métodos mais poderosos para o estudo da estrutura eletrônica de sólidos. Ele permite, por efeito fotoelétrico, medir a distribuição de energia e momentum dos elétrons ejetados da superfície de um sólido irradiado por luz ultravioleta. Os elétrons liberados carregam informações detalhadas sobre os possíveis estados quânticos dos elétrons no material (a chamada estrutura da banda), e até mesmo sobre processos de dispersão e interações com outras excitações, permitindo a compreensão microscópica de fenômenos eletrônicos surpreendentes como a supercondutividade.

Paineira | *Difração de Raios X em Policristais*

A linha de luz Paineira é planejada para técnicas de difração em policristais, difração de monocristais e espectroscopia, para a caracterização de materiais policristalisnos como cerâmicas, fármacos, minerais, óleo, gás etc. Será possível o estudo de formação de novas fases cristalográficas durante o curso das reações químicas.

Cedro | *Dicroismo Circular*

A linha Cedro será otimizada para a obtenção de espectros de dicroísmo circular que permitirá estimar a estrutura secundária de proteínas e complexos proteínas-fármacos, identificar as regiões desordenadas dessas proteínas bem como analisar as interações de proteínas com pequenas moléculas, o que contribuirá para o desenvolvimento de fármacos. Associado a isso, ressalta-se que a linha Cedro permitirá que as medidas sejam realizadas em condições fisiológicas simuladas permitindo uma real mimetização do ambiente biológico.

Sapucaia | *Espalhamento de Raios X em baixos ângulos*

Sapucaia será uma linha de luz dedicada a técnica de espalhamento de raios-X a baixos ângulos (SAXS) que possibilita o estudo de forma e organização de nanopartículas e estruturas/características nanométricas de materiais complexos. Com um projeto otimizado para maximizar a relação sinal-ruído dos experimentos de espalhamento, esta linha permitirá responder questões fundamentais sobre a nanoestrutura da matéria e suas implicações nas ciências da vida (aplicações biológicas e médicas), da biologia estrutural (proteínas, lipídios, macromoléculas) e das ciências dos materiais. Os experimentos nesta linha abrangerão muitas áreas do conhecimento, como nanotecnologia, polímeros, catálise, reologia e ciências ambientais, dentro de uma janela de observação estrutural que vai de (sub) nanômetros até alguns micrômetros.

Imbuia | *Micro e nanoespectroscopia de infravermelho*

A Imbuia é uma linha de luz de infravermelho baseada no princípio da microscopia de campo próximo, que permite atingir até 20nm de resolução espacial. Será dedicada a experimentos de micro e nano espectroscopia de infravermelho na faixa de infravermelho médio, que contém os níveis de energia associados às vibrações e rotações moleculares. Tais modos vibracionais e rotacionais são assinaturas particulares dos grupos funcionais das moléculas e permitem a análise composicional de praticamente qualquer material, com ênfase em materiais biológicos e sintéticos. Existem apenas três linhas de luz no mundo como essa.

Sabiá | *Espectroscopia de raios X moles de alto fluxo*

A linha de luz sabia é projetada para espectroscopia de absorção e fotoemissão de raios X moles, que permite obter informações quantitativas sobre composição e especiação de elementos químicos de moléculas adsorvidas em superfícies, nas condições próximas as de processos catalíticos e eletroquímicos reais. Será possível identificar a origem do magnetismo em materiais utilizados em diversas aplicações, desde mídias de gravação até imãs utilizados em geradores eólicos.

As **estações de pesquisas do Sirius** estão entre as mais modernas dentre os síncrotrons de sua categoria

> “**Esse fato é um marco histórico para o Projeto Sirius.** Com essa observação bem-sucedida, o Sirius poderá ser utilizado, ainda em modo de comissionamento científico, para execução dos seus primeiros experimentos. Há um longo caminho a ser trilhado para a conclusão do Sirius. Porém, este fato coroa mais de 10 anos de estruturação, desenvolvimento e construção do maior projeto científico da história do país.”
>
> *José Roque, Diretor Geral do CNPEM e do Projeto Sirius*

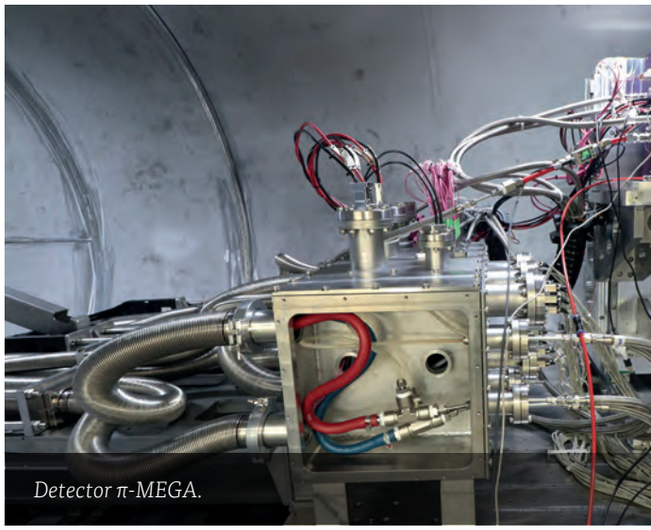
Capacitando a indústria nacional: empresas parceiras

Além de ser um projeto estruturante para a pesquisa nacional, o Sirius também serviu para aumentar a capacidade tecnológica de empresas brasileiras. Cerca de 85% do orçamento do Projeto foi executado no Brasil até o momento, com mais de duas mil empresas brasileiras, de quatorze estados diferentes da federação, como fornecedoras, considerando todos os âmbitos do projeto. Dentre estas, muitas participaram ativamente de desenvolvimentos tecnológicos em parceria com o LNLS, sendo estimuladas a superarem desafios técnicos devido às rígidas especificações das novas tecnologias. São diversos casos de empresas que testaram suas capacidades e aumentaram seu patamar tecnológico, seja por meio de cooperação direta com o LNLS ou pelo acompanhamento e orientação do laboratório no desenvolvimento de produtos. Isso se deu em todas as áreas do Projeto, das obras civis até o desenvolvimento de instrumentos e componentes específicos.

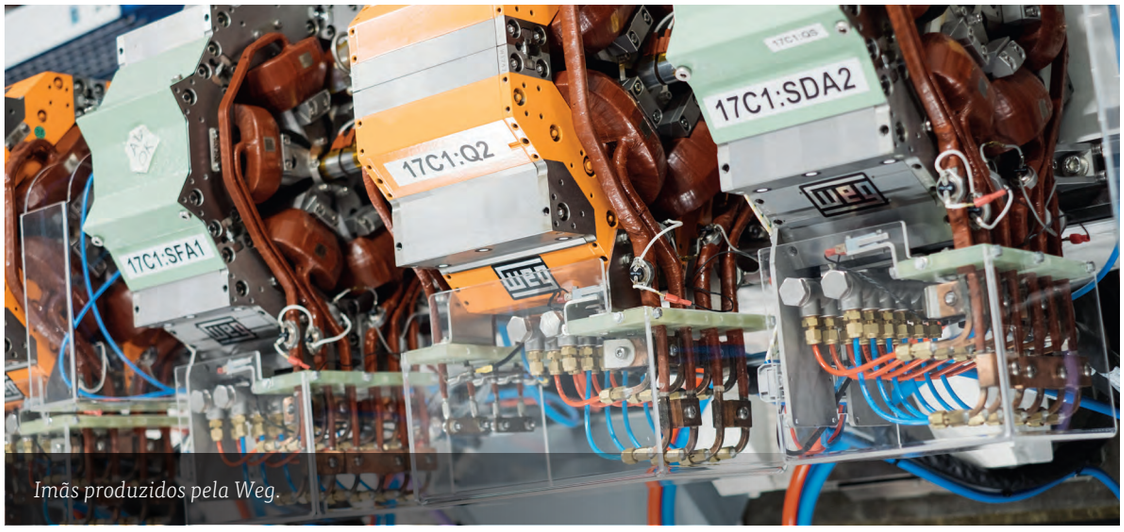
A experiência da equipe do LNLS na construção de aceleradores foi fundamental na interação com pequenas e grandes empresas, seja no co-desenvolvimento ou pela supervisão dos projetos. No caso das grandes empresas, podemos citar os exemplos da construtora Racional Engenharia, responsável pelas obras civis e a WEG, que produziu os imãs e as fontes de baixa potência para a fonte de luz.

Além de testar a capacidade técnica de companhias consolidadas no seu ramo de atuação, o projeto induziu diversas empresas menores a desenvolveram produtos completamente novos e que não faziam parte do seu portfólio, abrindo

Instalação dos niveladores dos imãs.



Detector π-MEGA.



Imãs produzidos pela Weg.

Obra civil do Sirius.

a possibilidade de entrar em novos mercados. A empresa Biotec, por exemplo, que desenvolveu as cabanas de proteção radiológica em parceria com o LNLS, atuava apenas no ramo de biotérios e salas limpas, mas aceitou o desafio de desenvolver cabanas, tornando-se a primeira empresa brasileira a produzir esse produto. A empresa trabalha agora com o potencial de aplicar o aprendizado tecnológico relacionado à proteção radiológica no setor de saúde.

A produção dos detectores das linhas de luz pela empresa Pi-Tecnologia também fez a empresa desenvolver um produto inédito para poder atender os requisitos do Sirius. O detector desenvolvido conjuntamente com o LNLS capacitou a empresa Pi-Tecnologia para atuar no setor de instrumentação científica e desenvolver um produto de alta complexidade tecnológica e padrão de qualidade internacional. A relação com o CNPEM e a participação no Projeto Sirius permitiu acumular conhecimentos que proporcionam potenciais clientes estrangeiros e também atuação em outras áreas como saúde, veterinária e eletrônicos.

A empresa Toyomatic produziu os niveladores dos magnetos utilizados no Sirius, peças fundamentais para garantir o alinhamento do equipamento e do feixe de elétrons. A empresa já havia estabelecido parceria com LNLS no treinamento de profissionais do laboratório para a operação de máquinas de cinco eixos, até ser selecionada, dentre outras empresas, para fornecer os niveladores. Novamente os requisitos rígidos do Sirius fizeram a empresa aprender e aperfeiçoar os processos produtivos para atender as margens muito estreitas para produção das peças.

> **Temos que chegar quase ao limite da capacidade da máquina em medir com tanta precisão.** Então o processo tem que ser bem refinado, os programas bem elaborados para que você consiga atingir o objetivo que é uma peça de boa qualidade...Isso força a uma melhoria de qualidade em todos os âmbitos da empresa, inclusive no âmbito de compra de materiais, e na parte de gerenciamento de todas as informações.
>
> *Edvaldo Rosa, Diretor Industrial da Toyomatic*

> **Sirius nos obrigou a desenvolver novas metodologias e ambientes de trabalho diferentes.** Fizemos investimentos na empresa em equipamentos e em conhecimento e pessoal. No final de um processo como esse é lógico que a empresa tem um ganho... Não tenho dúvidas de que estimula à inovação.
>
> *Luís Alberto Tiefensee, Diretor da WEG Motores*

> **É um projeto único, muito pautado na colaboração, numa troca de conhecimento, porque era tudo único.** Fizemos muitos ensaios, testes, amostras. Eu acho que esse trabalho elevou de fato o padrão de qualidade da Racional e de todos os parceiros envolvidos.
>
> *Erika Matsumoto, Racional Engenharia*

> **O Projeto Sirius é um grande multiplicador de conhecimentos, e está fazendo com que várias áreas do conhecimento se conectem.** Nós trabalhávamos apenas com telecomunicações, hoje estamos trabalhando com instrumentação científica para área médica, vislumbrando atuação em microscopia, cristalografia e várias outras áreas. E isso vai muito além da Pi-Tecnologia, pois além da nossa parceria com o LNLS temos três centros de pesquisa envolvidos...e uma série de empresas que foram contratadas por nós.
>
> *Júlio César de Oliveira, CEO da Pi-Tecnologia*

> **Esse projeto está levando a Biotec a um outro nível...**no caso da proteção radiológica, em poucos meses precisamos sair de uma situação de praticamente desconhecimento para uma capacitação extrema...Oportunidades de negócio e benefícios para sociedade advindos da possibilidade de trabalhar no Sirius. Já estamos elaborando uma proposta de bunker de proteção radiológica para máquinas de radioterapia, uma proposta totalmente nova inspirada nas cabanas, o que pode agilizar a instalação dessas máquinas em todo o Brasil.
>
> *Moises Costa, Diretor de Engenharia da Biotec*

O Sirius teve como um dos seus objetivos **estimular o desenvolvimento da indústria brasileira,** por meio da indução de demandas de serviços, matérias-primas e equipamentos.

Oportunidades para pesquisa

Dadas as características da radiação produzida por síncrotrons de 4ª geração, não comparáveis às fontes de radiação convencionais, é possível criar uma variedade quase ilimitada de experimentos para a observação de características microscópicas da matéria. Essa versatilidade permite que a luz síncrotron seja aplicada em inúmeras áreas do conhecimento, o que reflete num esforço transversal para utilização do equipamento em todos os laboratórios nacionais que compõe o CNPEM. Ainda que a construção do Sirius esteja a cargo do LNLS, os demais laboratórios são fundamentais para o máximo aproveitamento dessa estrutura, pois têm experiência acumulada na aplicação da luz síncrotron para os mais diversos experimentos. Além disso, o Sirius estará aberto aos pesquisadores dos meios acadêmicos e industriais para que o país fortaleça sua participação na ciência e tecnologia em diversas áreas estratégicas.

Agronegócio: O agronegócio representa cerca de 25% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. No entanto, os desafios para atingir a uma produção agrícola mais eficiente e menos poluente, considerando as particularidades geoquímicas pouco compreendidas dos solos tropicais, estão cada vez mais evidentes e carentes de técnicas analíticas avançadas. Os estudos do solo estão entre os mais promissores com a nova fonte de luz Síncrotron e o Brasil pode ser tornar um destaque internacional na área. Dentre os principais benefícios da tecnologia de análise microscópica por luz síncrotron para o agronegócio brasileiro está o desenvolvimento de novos fertilizantes, com maior eficiência agronômica e menos nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. Embora sua importância para o agronegócio seja um consenso, o conhecimento microscópico sobre o caminho físico-químico percorrido entre o fertilizante e a incorporação no metabolismo da planta ainda é insuficiente e altamente empírico, sem fundamentação precisa nos mecanismos atômicos, moleculares e celulares envolvidos. Utilizando a luz síncrotron é possível mapear como uma molécula de um fertilizante é absorvida pela raiz da planta, e como ela atua na fertilização. Além dos estudos sobre o solo, a luz síncrotron pode ser utilizada para a análise de distribuição de nutrientes nos vegetais, para compreensão da concentração, biodisponibilidade e localização de nutrientes nos alimentos. A biodisponibilidade é importante para que o nutriente seja, de fato, absorvido pelo organismo, enquanto a localização é fundamental para cereais processados antes do consumo. Entender a distribuição espacial dos nutrientes nos cereais permite otimizar a suas moagens e aumentar o valor nutricional de alimentos processados, sem aumento de custo.

Energia: A disponibilidade de energia limpa e renovável é um dos maiores desafios de nosso tempo, da mesma forma que é necessária a exploração mais eficiente possível dos recursos energéticos disponíveis. O Brasil se posiciona entre os líderes mundiais em biocombustíveis, principalmente o etanol do caldo da cana. Uma das tendências de futuro seria a produção de biocombustíveis a partir de resíduos agroindustriais. Para tanto, é necessário que o Brasil desenvolva enzimas para liberar os açucares dos resíduos e catalisar as reações. Com o Sirius poderemos avançar o conhecimento sobre a estrutura 3D das enzimas e suas funções que impactarão não apenas os biocombustíveis como outros setores industriais. A descoberta do pré-sal colocou o Brasil no grupo de países com substanciais reservas de petróleo e gás. Um dos maiores desafios na exploração de óleo e gás em águas profundas é a compreensão das propriedades mecânicas e de transporte de materiais altamente heterogêneos, sob os quais são encontrados o óleo e o gás. O óleo, o gás e a água estão presos nos poros das rochas, portanto, compreender a geometria dos poros e como eles estão conectados é importante para melhorar as técnicas de extração e de identificação dos poços de petróleo.

> **"A grande importância de laboratórios síncrotron para o estudo de rochas do pré-sal é a possibilidade de simular as condições de pressão e temperatura** de quase dez quilômetros de profundidade, condições que são de fato encontradas pela indústria na extração do petróleo."
>
> *Nathaly Archilha, pesquisadora do LNLS*

A biomassa lignocelulósica apresenta grande potencial de exploração e valorização no Brasil devido às enormes áreas cultiváveis, economia ativa no agronegócio e à crescente exploração do bioetanol. Uma das

EXEMPLO DE VERSATILIDADE
Para que serve uma fonte de luz síncrotron?

Compreensão das características mecânicas e das propriedades de transporte de gases e fluidos através das rochas que abrigam petróleo e gás natural, visando a exploração mais eficiente desses recursos.

Identificação da estrutura de proteínas relacionadas a doenças para o desenvolvimento de novos medicamentos e tratamentos. Desenho de nanopartículas para combater vírus e bactérias, inclusive as resistentes a antibióticos.

Aprimoramento das fontes renováveis de energia por meio de novos materiais e sistemas para células solares, células de combustível e baterias. Desenvolvimento de novos catalisadores para a produção de combustíveis e produtos químicos a partir da biomassa.

Compreensão dos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no solo. Investigação de substâncias para a produção de fertilizantes mais eficientes, baratos, menos poluentes e mais apropriados para o solo brasileiro, visando uma agricultura mais sustentável.

Apoio no desenvolvimento de novos produtos industrializados, como cosméticos (xampus, cremes, protetores solares), na caracterização física e química de princípios ativos e na avaliação de sua segurança e efeitos na pele, cabelos ou unhas.

Análise da presença e dos efeitos de poluentes no meio ambiente, como gases ou metais pesados produzidos por processos industriais ou veículos. Desenvolvimento de novos métodos para remoção de poluentes e sua reciclagem, com transformação em novas matérias-primas.

rotas de viabilização do uso industrial da biomassa e que tem atraído grande interesse tanto do setor acadêmico como industrial é a desconstrução enzimática. Nessa rota bioquímica, a biomassa recalcitrante é convertida em açúcares simples, para posterior geração de moléculas de interesse como o bioetanol a partir de processos fermentativos. Para isso são empregados coquetéis enzimáticos produzidos por microrganismos especializados na degradação de biomassa vegetal. Porém, a eficiência dessas enzimas está aquém das necessidades impostas pelo processo, necessitando de um profundo conhecimento molecular e funcional para seu redesenho atômico e otimização das propriedades catalíticas. Estudos por cristalografia de macromoléculas com linhas de alto brilho e microfoco se tornam elementos essenciais para o desenvolvimento deste conhecimento. Posteriormente, ele poderá ser aplicado na engenharia de proteínas e de rotas metabólicas em microrganismos, visando um maior desempenho na conversão de biomassa em químicos e combustíveis.

> **“Um síncrotron de quarta geração como o Sirius pode modificar nossa compreensão da arquitetura molecular da biomassa vegetal e de como racionalmente esculpir enzimas para fins biotecnológicos.** Isso tem o potencial transformador de não apenas substituir os petroquímicos, mas de gerar uma nova indústria “química” mais sustentável e menos poluente a partir de resíduos agroindustriais.”
>
> *Mario Murakami, Diretor Científico do LNBR*

Saúde: Há mais de 30 anos os avanços do conhecimento obtidos por meio de técnicas de luz síncrotron têm permitido a compreensão de problemas relacionados às ciências da vida e medicina. As diversas técnicas exploradas nessa área do conhecimento abriram novas oportunidades para os estudos de seres vivos em diferentes escalas, desde organismos inteiros, órgãos e tecidos até células, organelas e moléculas biológicas ativas, como as proteínas. Embora tipicamente os síncrotrons não sejam usados para diagnóstico médico convencional, suas características muito superiores às fontes convencionais permitem medidas com maior resolução e contraste, em tempos muito menores. Na tomografia convencional por raios X, por exemplo, o alto brilho das fontes de luz síncrotron permite minimizar tempos de exposição em várias ordens de magnitude, reduzindo a perda de resolução por “borrão” de movimento e medidas in vivo.

A determinação da estrutura tridimensional de proteínas, isto é, as posições de cada um dos seus átomos e suas interações, permitiu o desenvolvimento de novas tecnologias para descoberta de fármacos, um dos exemplos mais impactantes do uso dos síncrotrons. O chamado desenho racional de fármacos, por exemplo, procura identificar oportunidades de bloquear ou modificar estas interações moleculares das proteínas. Muitas vezes é identificado que uma determinada proteína é a causa de uma determinada doença. Uma vez que uma proteína é identificada como o alvo terapêutico, o estudo estrutural com um síncrotron pode mostrar como o fármaco se liga a essa molécula, guiar modificações para melhorar essa ligação do fármaco, ou mesmo sugerir que modificações na estrutura molecular do fármaco possam ser feitas sem afetar suas capacidades de ligação na proteína. Com a luz síncrotron é possível criar modelos tridimensionais de proteínas responsáveis pela replicação de um determinado vírus no organismo, por exemplo, para então identificar moléculas que se liguem à proteína do patógeno para bloquear seus mecanismos de replicação e proporcionar a cura do infectado.

> **“Com o Sirius a pesquisa na área biomédica vai atingir um novo patamar.** Hoje as medidas que nós realizamos tanto na área de cristalografia de proteínas ou tomografia de raios-x levam algumas horas para serem feitas. No Sirius isso levará alguns segundos, permitindo investigar o fenômeno biológico na escala temporal...Na área de medicamentos estudamos algumas doenças que são quase exclusivas do Brasil, e outras de importância mundial. Ter o Sirius no Brasil é muito importante, pois teremos mais liberdade e facilidade para estudar as nossas doenças.”
>
> *Daniela Trivella, Diretora Científica do LNBio*

Nanomateriais: a nanotecnologia estuda e desenvolve nanomateriais para aplicações em diversos setores industriais, como saúde, energia, materiais, agricultura e ambiente. De maneira geral, a caracterização da estrutura de materiais nanoestruturados é fundamental para o aprimoramento das tecnologias e potenciais aplicações. A luz síncrotron é um instrumento de grande relevância nesses estudos, pois ajuda a compreender a estrutura da matéria a ser desconstruída para ganhar novas funcionalidades, como no caso do bagaço da cana, e a estrutura de novos materiais construídos a partir de elementos fundamentais como átomos e moléculas.

> **“O Sirius é uma ferramenta que vai dar para a gente um grau de liberdade muito maior em explorar esses materiais.** Vamos conseguir analisar filmes finos de materiais orgânicos e inorgânicos, de espessuras muitas baixas. Vamos conseguir trabalhar a matéria em condições muito mais extremas do que hoje, altas condições de pressão, altíssimas e baixíssimas temperaturas. Com isso conseguimos testar e pensar em aplicações desses novos materiais em uma eletrônica do futuro.”
>
> *Carlos Buffon, pesquisador do LNNano*

Investigação da concentração e localização de nutrientes e de suas condições de absorção pelo organismo, visando a produção de alimentos mais nutritivos.

Desenvolvimento de novos materiais, mais leves, resistentes e eficientes, como plásticos, metais, vidros e fibras, para aplicação em aviões, automóveis e outros produtos, assim como para componentes eletrônicos, como circuitos integrados e sensores.

Investigação não-destrutiva de materiais raros e únicos que são parte dos estudos da história do planeta e da vida, da humanidade e de suas culturas, como meteoritos, fósseis, artefatos arqueológicos e obras de arte.

Além de tudo isso, uma fonte de luz síncrotron permite investigações dos fundamentos da física, biologia e química, para a geração de novas ideias e teorias sobre o funcionamento da natureza que não terão aplicação imediata, mas formarão as bases das novas tecnologias do futuro.

Materiais inusitados que já foram analisados na primeira fonte de luz síncrotron do CNPEM

Gestão para grandes projetos

O Projeto Sirius também representou um desafio à capacidade de resposta e organização dos processos gerenciais e administrativos. Destaca-se que os valores contratados pelo projeto até o encerramento do primeiro semestre de 2020 superam em mais de 200% o volume de recursos contratados para a operação do CNPEM de 2010 até o presente momento. O cronograma do projeto era um fator extremamente relevante, uma vez que o desenvolvimento do Sirius considerava a janela de oportunidade internacional gerada pela construção e/ou reforma de outras fontes de luz síncrotron no mundo.

Com a finalidade de garantir agilidade e eficiência nas atividades e tomadas de decisões e minimizar o impacto na cadeia operacional já instalada no centro, o CNPEM criou a primeira filial com CNPJ próprio dedicada exclusivamente ao projeto. Com estrutura administrativa multidisciplinar, a filial conta com profissionais dedicados à negociação e seleção de fornecedores, elaboração de contratos e aquisições, gestão financeira e recrutamento e treinamento de recursos humanos.

A definição da área para a construção deste novo acelerador constituiu uma das primeiras ações para viabilizar o Projeto Sirius. Inicialmente foi cogitado utilizar área próxima ao remanescente de cerrado contido no Campus, entretanto outras possibilidades foram avaliadas em conjunto com o governo do estado de São Paulo e a equipe do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Simulações foram elaboradas em terrenos próximos, pertencentes à mesma formação geológica do CNPEM, o que levou à identificação de limitações para o uso em dois casos: um deles situava-se fora do Polo de Alta Tecnologia de Campinas e o segundo continha uma Área de Preservação Permanente (APP). Assim sendo, a opção mais favorável era o terreno contíguo ao campus do CNPEM, de propriedade do banco Santander. Diante da posição favorável do governo e do banco, deu-se início ao processo de desapropriação amigável do terreno junto às áreas de Patrimônio e da Procuradoria do estado de São Paulo; enquanto isso, foram realizados testes e sondagens de solo no novo terreno necessários para o projeto executivo.

A equipe de gestão desenvolveu formatos de contratos e técnicas de negociações diferentes dos convencionais, transformando os fornecedores em parceiros que compartilhariam os resultados positivos e os desafios.

A área de 150 mil m² desapropriada pelo estado de São Paulo também impôs seus desafios. Esta área não possuía rede instalada de água, esgoto e energia elétrica. A busca por soluções contou com o apoio de atores importantes como a prefeitura da cidade de Campinas, a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (SANASA) e Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). Os prazos demandados para a execução do projeto foram atendidos e após longas negociações uma força tarefa da CPFL e seus parceiros garantiu a disponibilização de energia elétrica na subestação em apenas cinco meses, a tempo da inauguração do prédio do Sirius.

A seleção da empresa que assumiria as edificações do prédio do Sirius também merece destaque. Tratava-se do maior contrato assinado na história do CNPEM e etapa crucial para o sucesso do projeto. A partir de uma comissão interna de especialistas foram selecionadas 16 empresas para a participação do processo de avaliação competitiva. Em uma primeira etapa critérios de capacidade técnica e financeira foram adotados e apenas cinco se demonstraram qualificadas para prosseguir no processo. Destas, três apresentaram proposta técnico-comercial que foram alvo de inúmeras etapas de adequação e negociação. A última etapa, inédita em processos de contratação no CNPEM, incluiu a apresentação das propostas finalistas para o Conselho de Administração, trazendo maior credibilidade à decisão final. Em dezembro de 2014 e de maneira colegiada, a Racional Engenharia assina o contrato para dar início a obra do Sirius.

Este contrato é um exemplo marcante de contratação diferenciada, viabilizada pelo modelo de Organização Social do CNPEM. Com a finalidade de minimizar possíveis gargalos oriundos das incertezas relacionadas ao alto fluxo financeiro exigido nesta etapa, o contrato foi dividido em fases. Cada fase previa gatilhos para a continuidade dos desenvolvimentos e previsão de custos para a possível desmobilização da obra, incluindo previsão de permanência de equipe mínima em caso de necessidade de suspensão das atividades. Adicionalmente, foi previsto o faturamento direto de itens comuns com o objetivo de garantir o fornecimento de materiais nos prazos e especificações necessários de acordo com o projeto ex secutivo. A obra também contou com o apoio de empresa externa com experiência e dedicada ao gerenciamento do empreendimento.

O desenvolvimento de itens tecnológicos especificamente projetados para o Sirius contou com a adoção do modelo de encomenda tecnológica. Nesse modelo de parceria, indústrias nacionais foram selecionadas e desafiadas a contribuir com o desenvolvimento de protótipos e peças que atendessem requisitos tradicionalmente não exigidos pelo mercado. As especificações técnicas, desenvolvidas em conjunto com a equipe interna do CNPEM, possibilitou a incorporação de novos processos e tecnologias à linha de produção das empresas, favorecendo o desenvolvimento da indústria brasileira. Alguns desenvolvimentos foram apoiados por recursos obtidos a partir de projetos submetidos pelas empresas a editais de agências financiadoras como a FAPESP e a FINEP em processos seletivos públicos e transparentes.

A integração entre as equipes interna e das empresas permitiu superar os desafios técnicos inerentes aos desenvolvimentos e garantir viabilidade financeira para aos parceiros que dependiam de regularidade nos desembolsos para a execução desses esforços, que são custosos e incertos.

> “A equipe do CNPEM apresentou competência ímpar para inovar em soluções técnicas, administrativas e gerenciais durante o curso do projeto, superando as adversidades inerentes a esse grandioso complexo científico. **Nós temos a confiança que o futuro será promissor e que o Sirius trará enormes avanços científicos para toda a sociedade, transcendendo fronteiras.** Esse é o legado com o qual os funcionários, estagiários, terceiros e empresas parceiras devem se orgulhar.”
>
> *Cleonice Ywamoto – Diretora de Administração*

Da obtenção das licenças para construção e operação do Sirius ao estabelecimento de complexos formatos de contratos, a dedicação exclusiva de equipe interna multidisciplinar foi fundamental para garantir a condução do projeto de maneira segura, responsável e no ritmo demandado pela equipe técnica.

A sinergia de todas as áreas envolvidas **foi a principal causa de sucesso de um projeto tão complexo como o Sirius.**

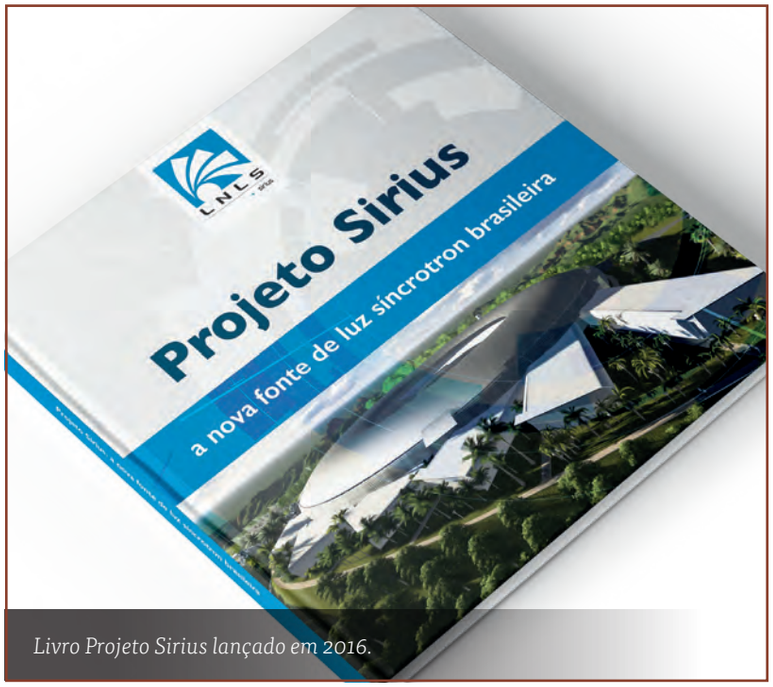
Comunicando o Projeto Sirius

Os esforços para o desenvolvimento e construção do Sirius ao longo dos últimos dez anos encontram correspondência nas ações realizadas para divulgação do projeto, que considerou perspectivas direcionadas à diferentes atores, lideranças políticas e tomadores de decisão, comunidade científica e a sociedade geral. Desde 2012, quando o projeto Sirius se consolida enquanto uma fonte de luz síncrotron sofisticada e de última geração, algumas frentes de ação em comunicação mostraram-se bastante relevantes para o sucesso do projeto.

Uma das primeiras ações robustas de comunicação criadas sobre o projeto Sirius foi um livro especial sobre o projeto, lançado em 2014. O Livro Sirius reuniu tanto informações técnico científicas quanto informações gerenciais a respeito de seu orçamento e cronograma. Distribuído a diversas lideranças políticas, tomadores de decisão, empresários e influenciadores, esta ação mostrou-se importante para que, em dezembro do mesmo ano, fosse lançada a pedra fundamental do projeto, juntamente à assinatura do contrato para construção do seu prédio.

Em 2016, foi lançado o novo website do LNLS (www.lnls.cnpem.br), no qual o Projeto Sirius recebeu maior destaque. A página trouxe um sub-site onde foram concentradas as informações sobre o projeto. Bilíngue, a nova página ampliou sensivelmente a quantidade e qualidade das informações institucionais sobre o Laboratório e informações sobre o projeto Sirius, que são constantemente atualizadas.

Site LNLS.

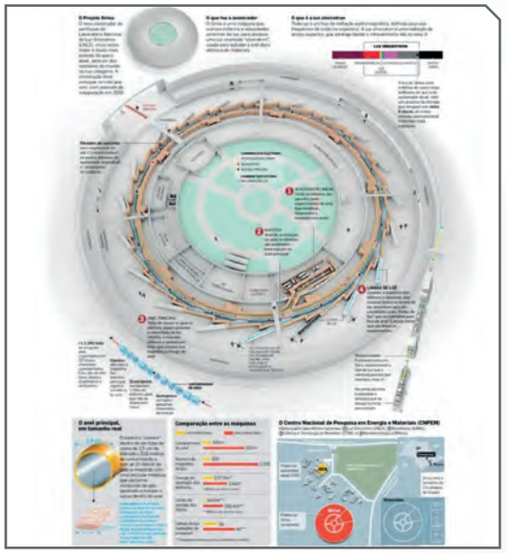


Livro Projeto Sirius lançado em 2016.

Sirius na imprensa

Parte dos temas ligados ao CNPEM com maior repercussão na imprensa ao longo dos últimos dez anos esteve ligado às conquistas do projeto Sirius, que deram origem a reportagens de grande destaque em âmbito nacional. A partir do início do projeto, em 2012, o Sirius foi tema de notícias e reportagens publicadas nos maiores jornais do País, como Folha de São Paulo, Estado de São Paulo, O Globo, Estado de Minas, Correio Braziliense, Zero Hora, e Diário Catarinense. Sirius esteve em matérias de fôlego publicadas nas revistas Nature, Piauí, Vice, Superinteressante, Época, Isto É, Exame e muitas outras, e ainda em portais de alcance nacional, como UOL, G1, Yahoo e R7. Na imprensa de TV, Sirius esteve presente nos principais canais do País, como TV Globo (Jornal Nacional), Globonews, Discovery Channel, Record (Jornal da Record), SBT (Jornal do SBT), Bandeirantes (Jornal da Band e Café com Jornal) e Rede TV (Rede TV News).

Ao longo dos últimos oito anos o projeto Sirius esteve por duas vezes na capa do Jornal O Estado de São Paulo, e por diversas vezes na homepage do portal UOL. Somente entre 2018 e 2019, Sirius acumulou mais de 26 minutos de exposição em horário nobre, na TV aberta.



2015

Jornal Estado de São Paulo *"Novo Acelerador de partículas brasileiro começa a virar concreto" explica os detalhes do projeto Sirius, quando apenas 14% das suas obras civis estavam concluídas.*

ciência

VICE

Quem são os brasileiros que constroem um acelerador de partículas

PABLO NOGUEIRA
DA VICE

2016

Revista Vice *destaca papel dos jovens envolvidos no Projeto Sirius*

O ESTADO DE S. PAULO

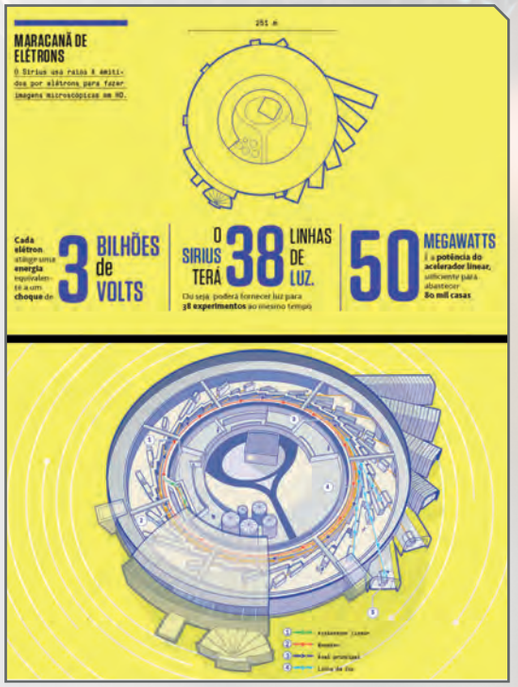
União cobra mais R$ 100 bi do BNDES para acertar contas

Prazo para adesão ao Refis deve ficar para outubro

MEGAPROJETO EM RISCO

2017

Sirius ilustra capa do ***jornal O Estado de São Paulo***


MARACANÃ DE ELÉTRONS

O Sirius usa raios X emitidos por elétrons para fazer imagens microscópicas em 3D.

Cada elétron atinge uma energia equivalente a um choque de **3 BILHÕES de VOLTS**

O SIRIUS TERÁ **38 LINHAS DE LUZ.** Ou seja, poderá fornecer luz para **38 experimentos** ao mesmo tempo

50 MEGAWATTS a potência do acelerador linear, suficiente para abastecer **80 mil casas**.

2018

Projeto Sirius é explicado em detalhes em reportagem especial da ***revista Superinteressante***

2018

Inauguração da primeira etapa do projeto Sirius dá origem a notícias publicadas nos ***principais jornais brasileiros, além de portais de internet (como o UOL, na imagem), revistas diversas e canais de TV como Globo, Record, SBT, Bandeirantes e Rede TV.***

Matéria "As mentes por trás do maior acelerador de partículas do Brasil", publicada pela **BBC Brasil** *em novembro.*

2019

Jornal Nacional *veiculou uma matéria com duração de 2:20 minutos em dezembro, em ocasião da produção das primeiras imagens no Sirius, ainda em caráter de teste.*

2020

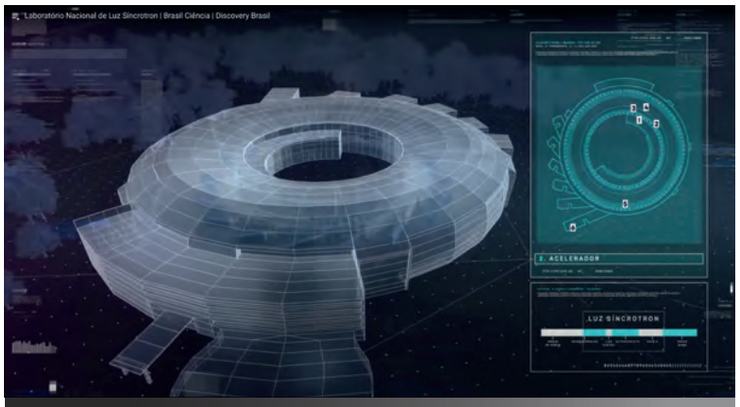
Jornal Nacional *veiculou matéria sobre a entrega antecipada da primeira estação de pesquisa, MANACÁ, para atender pesquisas na área de biologia estrutural e molecular relacionadas à COVID-19.*

Os primeiros resultados da linha Manacá relacionados à Covid-19 são destaque nos portais de notícias (na imagem, ***globo.com****).*

Revista Veja São Paulo *publica em Julho matéria de capa: "Sirius, maior estrutura científica do país, entra em ação contra Covid".*

Produção audiovisual

Ao longo do desenvolvimento do Sirius diversas ações foram realizadas para garantir o registro e o acompanhamento audiovisual do projeto, seja para prover a imprensa com material de qualidade ou para produzir materiais para os nossos canais institucionais com excelência compatível à do próprio projeto Sirius.



Sirius na série Brasil Ciência, veiculada pelo Discovery Channel.

Em 2015, o projeto Sirius protagonizou um dos documentários da série **"Brasil Ciência"**, com 50 minutos de duração. O vídeo, veiculado no **Discovery Channel**, buscou apresentar a complexidade e relevância científica do Sirius, usando uma das pesquisas do LNLS como fio condutor da narrativa.

Vídeo "Luz para o Conhecimento" no canal do LNLS.

Para assistir o vídeo "Luz para Conhecimento", acesse o QR code:

Por fim, em 2018 iniciou-se a **produção de uma série de minidocumentários** a respeito do projeto Sirius. A série será composta por sete capítulos, com duração quatro minutos cada, que buscam explicar diferentes aspectos do projeto. O primeiro episódio da série, denominado **"Luz para o conhecimento"**, foi concluído e **apresentado durante a inauguração da primeira fase do Sirius, em novembro, e já teve mais de 27 mil visualizações, apenas no YouTube.** Os episódios restantes deverão ser lançados em breve, acompanhando a data de entrega das primeiras linhas de luz do Sirius.

Playlist das obras do Sirius no canal do LNLS.

Desde 2016 são realizadas mensalmente filmagens aéreas das obras do Sirius. Registros em formato timelapse capturam importantes avanços neste período, incluindo o avanço das obras, o processo de montagem dos três aceleradores do Sirius e, mais recentemente, a montagem de uma das linhas de luz do Sirius – linha Ema. Este material é continuamente publicado no YouTube do LNLS e alimenta, ainda, as redes sociais do CNPEM. **Somente no youtube do LNLS, os vídeos aéreos do Sirius já foram vistos cerca de 45 mil vezes, e os timelapses cerca de 15 mil vezes.**

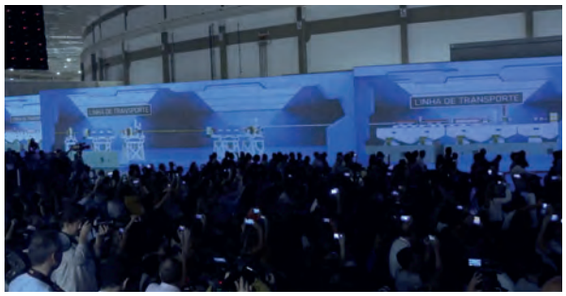
Acesse os QR codes para assistir os timelapses:

Obras

Túnel aceleradores

Linha de luz

Inauguração 1ª etapa



2018 | Projeção mapeada durante o evento de entrega da primeira etapa do projeto Sirius

Em novembro de 2018 foi inaugurada a **primeira fase do projeto Sirius**, com a conclusão e entrega das obras civis e conclusão da montagem de dois, dentre os três aceleradores de elétrons. A cerimônia de entrega teve a presença do então Presidente da República, Michel Temer, e do então Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Gilberto Kassab. Um dos pontos altos do evento foi uma projeção mapeada que reproduziu na parede do túnel de concreto os aceleradores que estavam em montagem, para grande surpresa do público. Na ocasião do evento foi produzido também o livro comemorativo "Sirius: Acelerando o futuro da Ciência", com fotos históricas do LNLS e informações atuais sobre o projeto Sirius.

Após o sucesso do evento de inauguração da primeira fase do projeto, em 2018, o Sirius passou a ser procurado para sediar eventos internacionais de grande relevância política ou científica. Em 2019, por exemplo, Sirius foi o palco da cerimônia de recepção de ministros e autoridades de Ciência, Tecnologia e Inovação durante a 7ª Reunião Ministerial sobre Ciência, Tecnologia, Inovação dos BRICS (bloco formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul).

Para assistir o resumo da cerimônia, acesse o QR code:

Espaços expositivos

Ao longo dos últimos anos diversos recursos têm sido usados para aproximar o projeto Sirius do público em espaços expositivos, como durante os **encontros anuais da SBPC, as Semanas Nacionais de Ciência e Tecnologia, ou mesmo as edições de nosso evento Ciência Aberta.**

Maquetes interativas, com funcionamento mecânico e eletrônico, foram construídas para facilitar a compreensão sobre o funcionamento dos aceleradores e linhas de luz. Óculos de realidade virtual permitem visitas remotas às instalações e aceleradores do Sirius, e diversos móbiles explicativos, vídeos e animações foram criados para explicar de maneira didática como funciona o Sirius e para que ele serve, com destaque para as áreas do conhecimento que poderão ser beneficiadas pelas pesquisas desenvolvidas o Sirius.

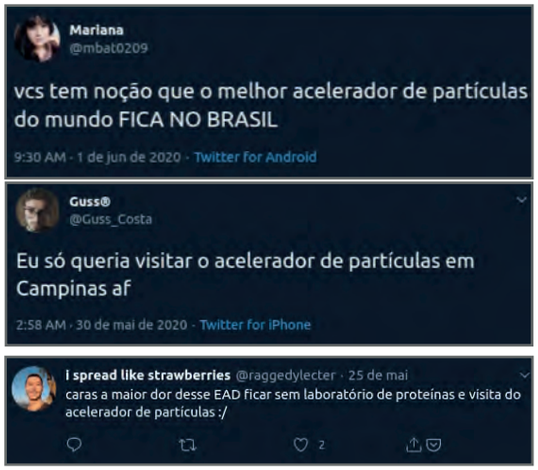
A partir de 2018, o Sirius foi incluído como um dos espaços de visitação do evento **Ciência Aberta**. Como o prédio do Sirius estava em fase final de construção em 2018, os visitantes puderam visitar as obras a bordo de um trenzinho iluminado, que dava uma volta completa ao redor da região dos aceleradores. Já no ano seguinte, após a entrega do prédio, os visitantes puderam percorrer toda a extensão do Sirius em corredores pré-definidos. Ao final do trajeto, uma exposição temática trazia detalhes a respeito da engenharia envolvida no projeto dos aceleradores e linhas de luz, além da física, matemática e das áreas de pesquisa que serão beneficiadas com o uso do Sirius.

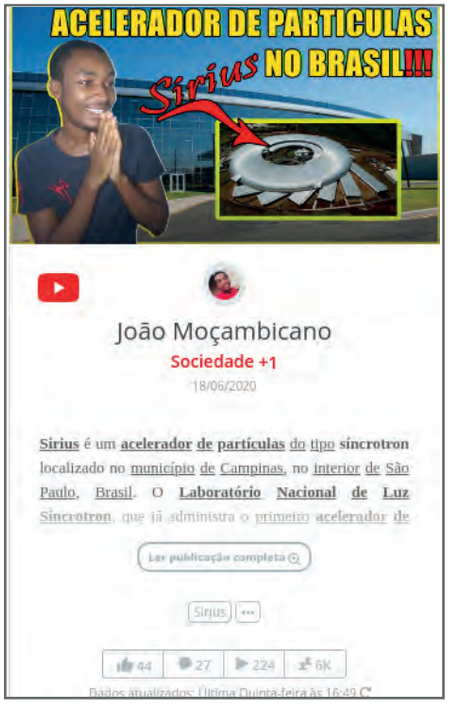
Maquete do Sirius é a principal atração do espaço expositivo do CNPEM na semana de Ciência e Tecnologia de 2019, em Brasília.

Trenzinho visita as obras do Sirius durante o Ciência Aberta, em 2018.

Sirius e o imaginário popular

As redes sociais têm como particularidade o fato de permitirem um diálogo com o público, ou seja, por meio das redes é possível não só dizer, mas também ouvir o que se pensa e o que se diz a respeito do Sirius. São, portanto, um ótimo indicativo do imaginário popular que está sendo formado sobre este projeto. Usando ferramentas de monitoramento de redes sociais, por exemplo, é possível verificar que, ao longo dos anos mais recentes, o Sirius foi se consolidando como referência quando se fala em "acelerador de partículas" no País. Sua relevância e até mesmo o formato de seu prédio passaram a ser conhecidos e são frequentemente mencionados nas redes sociais.





i Ribeiro, L. F., De Lucas, R. C., Vitcosque, G. L., Ribeiro, L. F., Ward, R. J., et al. 2014. A novel thermostable xylanase GH10 from Malbranchea pulchella expressed in Aspergillus nidulans with potential applications in biotechnology.Biotechnology for Biofuels, 7(1): 115

ii Mello, B. L., Alessi, A. M., Riaño-Pachón, D. M., de Azevedo, E. R., Guimarães, F. E. G., et al. 2017. Targeted metatranscriptomics of compost-derived consortia reveals a GH11 exerting an unusual exo-1,4-β-xylanase activity. Biotechnology for Biofuels, 10(1)

iii dos Santos, C. R., de Giuseppe, P. O., de Souza, F. H. M., Zanphorlin, L. M., Domingues, M. N., et al. 2018. The mechanism by which a distinguishing arabinofuranosidase can cope with internal di-substitutions in arabinoxylans. Biotechnology for Biofuels, 11(1)

iv Santos, C. R., Hoffmam, Z. B., de Matos Martins, V. P., Zanphorlin, L. M., de Paula Assis, L. H., et al. 2014. Molecular Mechanisms Associated with Xylan Degradation by Xanthomonas Plant Pathogens. Journal of Biological Chemistry, 289(46): 32186–32200

v Domingues, M. N., Souza, F. H. M., Vieira, P. S., de Morais, M. A. B., Zanphorlin, L. M., et al. 2018. Structural basis of exo-β-mannanase activity in the GH2 family. Journal of Biological Chemistry, 293(35): 13636–13649

vi Franco Cairo, J. P. L., Leonardo, F. C., Alvarez, T. M., Ribeiro, D. A., Büchli, F., et al. 2011. Functional characterization and target discovery of glycoside hydrolases from the digestome of the lower termite Coptotermes gestroi. Biotechnology for Biofuels, 4(1): 50

vii Santos,C.R.,Paiva,J.H.,Sforça,M.L.,Neves,J.L.,Navarro,R.Z.,etal.2011.Dissectingstructure–function–stability relationshipsofathermostableGH5-CBM3cellulasefromBacillussubtilis168 BiochemicalJournal,441(1):95–104

viii Segato, F., Damasio, A. R. L., Gonçalves, T., Murakami, M. T., Squina, F. M., et al. 2012. Two structurally discrete GH7-cellobiohydrolases compete for the same cellulosic substrate fiber. Biotechnology for Biofuels, 5(1): 21

ix Calzado, F., Prates, E. T., Gonçalves, T. A., Rubio, M. V., Zubieta, M. P., et al. 2016. Molecular basis of substrate recognition and specificity revealed in family 12 glycoside hydrolases. Biotechnology and Bioengineering, 113(12): 2577–2586

x Ruiz, D. M., Turowski, V. R., & Murakami, M. T. 2016. Effects of the linker region on the structure and function of modular GH5 cellulases. Scientific Reports, 6(1)

xi Santos, C. A., Zanphorlin, L. M., Crucello, A., Tonoli, C. C. C., Ruller, R., et al. 2016. Crystal structure and biochemical characterization of the recombinant ThBgl, a GH1 β-glucosidase overexpressed in Trichoderma harzianum under biomass degradation conditions. Biotechnology for Biofuels, 9(1)

xii Valadares, F., Gonçalves, T. A., Gonçalves, D. S. P. O., Segato, F., Romanel, E., et al. 2016. Exploring glycoside hydrolases and accessory proteins from wood decay fungi to enhance sugarcane bagasse saccharification. Biotechnology for Biofuels, 9(1)

xiii Zanphorlin, L. M., de Giuseppe, P. O., Honorato, R. V., Tonoli, C. C. C., Fattori, J., et al. 2016. Oligomerization as a strategy for cold adaptation: Structure and dynamics of the GH1 β-glucosidase from Exiguobacterium antarcticum B7. Scientific Reports, 6(1)

xiv Toyama, D., de Morais, M. A. B., Ramos, F. C., Zanphorlin, L. M., Tonoli, C. C. C., et al. 2018. A novel β-glucosidase isolated from the microbial metagenome of Lake Poraquê (Amazon, Brazil). Biochimica et Biophysica Acta (BBA) -Proteins and Proteomics, 1866(4): 569–57

xv de Giuseppe, P. O., Souza, T. de A. C. B., Souza, F. H. M., Zanphorlin, L. M., Machado, C. B., et al. 2014. Structural basis for glucose tolerance in GH1 β-glucosidases. Acta Crystallographica Section D Biological Crystallography, 70(6): 1631–1639

xvi Moraes, E. C., Alvarez, T. M., Persinoti, G. F., Tomazetto, G., Brenelli, L. B., et al. 2018. Lignolytic-consortium omics analyses reveal novel genomes and pathways involved in lignin modification and valorization. Biotechnology for Biofuels, 11(1)

xvii Franco Cairo, J. P. L., Carazzolle, M. F., Leonardo, F. C., Mofatto, L. S., Brenelli, L. B., et al. 2016. Expanding the Knowledge on Lignocellulolytic and Redox Enzymes of Worker and Soldier Castes from the Lower Termite Coptotermes gestroi. Frontiers in Microbiology.

xviii Tramontina, R., Franco Cairo, J. P. L., Liberato, M. V., Mandelli, F., Sousa, A., et al. 2017. The Coptotermes gestroi aldo–keto reductase: a multipurpose enzyme for biorefinery applications. Biotechnology for Biofuels, 10(1).

xix Brenelli,L.,Squina,F.M.,Felby,C.,&Cannella,D.2018.Laccase-derivedlignincompoundsboostcelluloseoxidative enzymes AA9. Biotechnology for Biofuels,11

xx Corrêa, T. L. R., Júnior, A. T., Wolf, L. D., Buckeridge, M. S., dos Santos, L. V., et al. 2019. An actinobacteria lytic polysaccharidemonooxygenaseactsonbothcelluloseandxylantoboostbiomasssaccharification. Biotechnologyfor Biofuels,12(1

xxi Santos,C.R.,Polo,C.C.,Costa,M.C.M.F.,Nascimento,A.F.Z.,Meza,A.N.,etal.2014.MechanisticStrategiesfor Catalysis Adopted by Evolutionary Distinct Family 43 Arabinanases. Journal of Biological Chemistry, 289(11): 7362– 7373

xxii Santos,C.R.,Hoffmam,Z.B.,deMatosMartins,V.P.,Zanphorlin,L.M.,dePaulaAssis,L.H.,etal.2014.Molecular Mechanisms Associated with Xylan Degradation by Xanthomonas Plant Pathogens. Journal of Biological Chemistry, 289(46):32186–32200

xxiii Zanphorlin, L. M., Morais, M. A. B., Diogo, J. A., Domingues, M. N., Souza, F. H. M., et al. 2019. Structure-guided design combined with evolutionary diversity led to the discovery of the xylose-releasing exo-xylanase activity in the glycoside hydrolase family 43. Biotechnology and Bioengineering

xxiv Santos, C. A., Morais, M. A. B., Terrett, O. M., Lyczakowski, J. J., Zanphorlin, L. M., et al. 2019. An engineered GH1 β-glucosidase displays enhanced glucose tolerance and increased sugar release from lignocellulosic materials. Scientific Reports, 9(1).

xxv Santos, C. R., Costa, P. A. C. R., Vieira, P. S., Gonzalez, S. E. T., Correa, T. L. R., et al. 2020. Structural insights into β- 1,3-glucan cleavage by a glycoside hydrolase family. Nature Chemical Biology.

xxvi de Vries, R. P., Riley, R., Wiebenga, A., Aguilar-Osorio, G., Amillis, S., et al. 2017. Comparative genomics reveals highbiologicaldiversityandspecificadaptationsintheindustriallyandmedicallyimportantfungalgenusAspergillus. Genome Biology,18(1).

xxvii Colabardini, A. C., de Castro, P. A., de Gouvêa, P. F., Savoldi, M., Malavazi, I., et al. 2010. Involvement of the Aspergillus nidulans protein kinase C with farnesol tolerance is related to the unfolded protein response. Molecular Microbiology, 78(5): 1259–1279

xxviii Segato,F.,Damásio,A.R.L.,deLucas,R.C.,Squina,F.M.,&Prade,R.A.2014.GenomicsReviewofHolocellulose Deconstruction by Aspergilli. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 78(4):588–613

xxix Borin, G. P., Sanchez, C. C., de Santana, E. S., Zanini, G. K., dos Santos, R. A. C., et al. 2017. Comparative transcriptome analysis reveals different strategies for degradation of steam-exploded sugarcane bagasse by Aspergillus niger and Trichoderma reesei. BMC Genomics, 18(1).

xxx Schneider, W. D. H., Gonçalves, T. A., Uchima, C. A., Couger, M. B., Prade, R., et al. 2016. Penicillium echinulatum secretome analysis reveals the fungi potential for degradation of lignocellulosic biomass. Biotechnology for Biofuels, 9(1)

xxxi Pereira, B. M. P., Alvarez, T. M., da Silva Delabona, P., Dillon, A. J. P., Squina, F. M., et al. 2013. Cellulase On-Site Production from Sugar Cane Bagasse Using Penicillium echinulatum. BioEnergy Research, 6(3): 1052–1062

xxxii Borin, G. P., Carazzolle, M. F., dos Santos, R. A. C., Riaño-Pachón, D. M., & Oliveira, J. V. de C. 2018. Gene Co- expression Network Reveals Potential New Genes Related to Sugarcane Bagasse Degradation in Trichoderma reesei RUT-30. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology.

xxxiii Delabona,P.daS.,Farinas,C.S.,daSilva,M.R.,Azzoni,S.F.,&Pradella,J.G.daC.2012.UseofanewTrichoderma harzianum strain isolated from the Amazon rainforest with pretreated sugar cane bagasse for on-site cellulase production. Bioresource Technology, 107:517–521

xxxiv Delabona,P.daS.,Cota,J.,Hoffmam,Z.B.,Paixão,D.A.A.,Farinas,C.S.,etal.2013.Understandingthecellulolytic system of Trichoderma harzianum P49P11 and enhancing saccharification of pretreated sugarcane bagasse by supplementation with pectinase and α-l-arabinofuranosidase. Bioresource Technology, 131:500–507

xxxv Fonseca, L. M., Parreiras, L. S., & Murakami, M. T. 2020. Rational engineering of the Trichoderma reesei RUT-C30 strainintoanindustriallyrelevantplatformforcellulaseproduction.BiotechnologyforBiofuels,13(1)

xxxviDias,M.O.S.,Cunha,M.P.,Jesus,C.D.F.,Rocha,G.J.M.,Pradella,J.G.C.,etal.2011.Secondgenerationethanol in Brazil: Can it compete with electricity production? Bioresource Technology, 102(19):8964–8971.

xxxvii Dias, M. O. S., Junqueira, T. L., Cavalett, O., Pavanello, L. G., Cunha, M. P., Jesus, C. D. F., ... Bonomi, A. (2013). Biorefineriesfortheproductionoffirstandsecondgenerationethanolandelectricityfromsugarcane. AppliedEnergy, 109,72–78.

xxxviii Jonker, J. G. G., van der Hilst, F., Junginger, H. M., Cavalett, O., Chagas, M. F., et al. 2015. Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and industrial technologies. Applied Energy, 147: 593–610

xxxixMILANEZ,A.Y.etal.Dapromessaarealidade:comooetanolcelulósicopoderevolucionaraindústriadacana-de- açúcar - uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. Brasília: BNDES, 2015. 58 p. (BNDES Setorial,41).

xl Junqueira, T. L., Chagas, M. F., Gouveia, V. L. R., Rezende, M. C. A. F., Watanabe, M. D. B., et al. 2017. Techno- economic analysis and climate change impacts of sugarcane biorefineries considering different time horizons. Biotechnology for Biofuels, 10(1).

xli Pereira, L. G., Dias, M. O. S., Mariano, A. P., Maciel Filho, R., & Bonomi, A. 2015. Economic and environmental assessmentofn-butanolproductioninanintegratedfirstandsecondgenerationsugarcanebiorefinery:Fermentative versus catalytic routes. Applied Energy, 160:120–131

xlii a Klein, B. C., Chagas, M. F., Junqueira, T. L., Rezende, M. C. A. F., Cardoso, T. de F., Cavalett, O., & Bonomi, A. (2018). Techno-economic and environmental assessment of renewable jet fuel production in integrated Brazilian sugarcane biorefineries. Applied Energy, 209, 290–305

xliii Moraes, B. S., Zaiat, M., & Bonomi, A. 2015. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44: 888–903

xlivMILANEZ,A.Y.etal.Aproduçãodeetanolpelaintegraçãodomilho-safrinhaàsusinasdecana-de-açúcar:avaliação ambiental,econômicaesugestõesdepolítica.Brasília:BNDES,2014.147-207p.(RevistadoBNDES,41)

xlv Klein, Colling B., Bonomi, A., & Maciel Filho, R. 2018. Integration of microalgae production with industrial biofuel facilities: A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82: 1376–1392

xlvi Pereira, L. G., Cavalett, O., Bonomi, A., Zhang, Y., Warner, E., et al. 2019. Comparison of biofuel life-cycle GHG emissions assessment tools: The case studies of ethanol produced from sugarcane, corn, and wheat. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 110: 1–12

xlviiLIMA,P.,MarcoA.;BONOMI,A.;CAVALETT,O.;CUNHA,M.P.;"Background","VirtualBiorefinery.AnOptimization Strategy for Renewable Carbon Valorization. Editors: Bonomi, A., Cavalett, O., Cunha, M.P.d., Lima, M.A.P. (Eds.)", 01/2016, ed. 1, Springer, Vol. 1, pp. 4, pp.1-4,201

xlviii Dobrenel, T., Caldana, C., Hanson, J., Robaglia, C., Vincentz, M., et al. 2016. TOR Signaling and Nutrient Sensing. Annual Review of Plant Biology, 67(1): 261–285

xlix Borges, B. M. M. N., Abdala, D. B., Souza, M. F. de, Viglio, L. M., Coelho, M. J. A., et al. 2019. Organomineral phosphate fertilizer from sugarcane byproduct and its effects on soil phosphorus availability and sugarcane yield. Geoderma, 339: 20–30.

lBorges,C.D.,Carvalho,J.L.N.,Kölln,O.T.,Sanches,G.M.,Silva,M.J.,Castro,S.G.Q.,...Franco,H.C.J.(2019).Can alternative N-fertilization methods influence GHG emissions and biomass production in sugarcane fields? Biomass and Bioenergy, 120,21–27

liGaldos,M.,Cavalett,O.,Seabra,J.E.A.,Nogueira,L.A.H.,&Bonomi,A.2013.TrendsinglobalwarmingandhumanhealthimpactsrelatedtoBraziliansugarcaneethanolproductionconsideringblackcarbonemissions. AppliedEnergy, 104:576–582

lii Chagas, M. F., Bordonal, R. O., Cavalett, O., Carvalho, J. L. N., Bonomi, A., & La Scala, N., Jr. (2015). Environmental and economic impacts of different sugarcane production systems in the ethanol biorefinery. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 10(1), 89–106

liiiLeal,M.R.L.V.,HortaNogueira,L.A.,&Cortez,L.A.B.2013.Landdemandforethanolproduction.AppliedEnergy, 102:266–271

liv Mello, F. F. C., Cerri, C. E. P., Davies, C. A., Holbrook, N. M., Paustian, K., et al. 2014. Payback time for soil carbon and sugar-cane ethanol. Nature Climate Change, 4(7): 605–609

lvCarvalho,J.L.N.,Hudiburg,T.W.,Franco,H.C.J.,&DeLucia,E.H.(2017).Contributionofabove-andbelowground bioenergy crop residues to soil carbon. GCB Bioenergy, 9(8),1333–1343

lvi Hernandes, T. A. D., Scarpare, F. V., & Seabra, J. E. A. 2018. Assessment of the recent land use change dynamics related to sugarcane expansion and the associated effects on water resources availability. Journal of Cleaner Production, 197: 1328–1341

lviiCarvalho,J.L.N.,Nogueirol,R.C.,Menandro,L.M.S.,Bordonal,R.deO.,Borges,C.D.,etal.2016.Agronomicand environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. GCB Bioenergy, 9(7):1181–1195

lviii Menandro, L. M. S., Cantarella, H., Franco, H. C. J., Kölln, O. T., Pimenta, M. T. B., Sanches, G. M., ... Carvalho, J.L.

N.(2017).Comprehensiveassessmentofsugarcanestraw:implicationsforbiomassandbioenergyproduction.

Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 11(3), 488–504

lix Xavier-Neto J, Carvalho M, Pascoalino BdS, Cardoso AC, Costa ÂMS, Pereira AHM, et al. (2017) Hydrocephalus and arthrogryposisinanimmunocompetentmousemodelofZIKAteratogeny:Adevelopmentalstudy. PLoSNeglTropDis 11(2):e0005363

lx Caires-Júnior, L. C., Goulart, E., Melo, U. S., Araujo, B. H. S., Alvizi, L., Soares-Schanoski et al. (2018). Discordant congenital Zika syndrome twins show differential in vitro viral susceptibility of neural progenitor cells. Nature communications, 9(1), 1-11.

lxiHoward,S.P.,Estrozi,L.F.,Bertrand,Q.,Contreras-Martel,C.,Strozen,T.,Job,V.,...&Dessen,A.(2019).Structure andassemblyofpilotin-dependentand-independentsecretinsofthetypeIIsecretionsystem.PLoSpathogens,15(5), e1007731.

lxii Miyachiro, M. M., Granato, D., Trindade, D. M., Ebel, C., Paes Leme, A. F., & Dessen, A. (2019). Complex formation between Mur enzymes from Streptococcus pneumoniae. Biochemistry, 58(30), 3314-3324.

lxiii Contreras-Martel, C., Martins, A., Ecobichon, C., Trindade, D. M., Matteï, P. J., Hicham, S., ... & Dessen, A. (2017). MoleculararchitectureofthePBP2–MreCcorebacterialcellwallsynthesiscomplex.NatureCommunications,8(1),1- 10.

lxiv Dortet, L., Lombardi, C., Cretin, F., Dessen, A., & Filloux, A. (2018). Pore-forming activity of the Pseudomonas aeruginosa type III secretion system translocon alters the host epigenome. Nature microbiology, 3(3), 378-386.

lxvShaik,M.M.,Lombardi,C.,Trindade,D.M.,Fenel,D.,Schoehn,G.,DiGuilmi,A.M.,&Dessen,A.(2015).Astructural snapshot of type II pilus formation in Streptococcus pneumoniae. Journal of biological chemistry, 290(37), 22581- 22592.

lxvi Ranzani, A. T., Nowicki, C., Wilkinson, S. R., & Cordeiro, A. T. (2017). Identification of specific inhibitors of trypanosomacruzimalicenzymeisoformsbytarget-basedHTS.SLASDISCOVERY:AdvancingLife-SciencesR&D,22(9), 1150-1161.

lxvii Mercaldi, G. F., Ranzani, A. T., & Cordeiro, A. T. (2014). Discovery of new uncompetitive inhibitors of glucose-6- phosphate dehydrogenase. Journal of biomolecular screening, 19(10), 1362-1371.

lxviii Ranzani, A. T., & Cordeiro, A. T. (2017). Mutations in the tetramer interface of human glucose-6-phosphate dehydrogenase reveals kinetic differences between oligomeric states. Febs Letters, 591(9), 1278-1284.

lxix Mercaldi, G. F., D'Antonio, E. L., Aguessi, A., Rodriguez, A., & Cordeiro, A. T. (2019). Discovery of antichagasic inhibitors by high-throughput screening with Trypanosoma cruzi glucokinase. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 29(15), 1948-1953.

lxx de Oliveira, J. F., do Prado, P. F. V., da Costa, S. S., Sforça, M. L., Canateli, C., Ranzani, A. T., ... & Krepischi, A. C. V. (2019). Mechanistic insights revealed by a UBE2A mutation linked to intellectual disability. Nature chemical biology, 15(1),62-70.

lxxideOliveira,R.R.,Morales-Neto,R.,Rocco,S.A.,Sforça,M.L.,Polo,C.C.,Tonoli,C.C.C.,...&Franchini,K.G.(2018). AdenosineKinasecouplessensingofcellularpotassiumdepletiontopurinemetabolism.Scientificreports,8(1),1-14. [lxxii]deCastroFonseca,M.,Araujo,B.H.S.,Dias,C.S.B.,Archilha,N.L.,Neto,D.P.A.,Cavalheiro,E.,...&Franchini,K.

G. (2018). High-resolution synchrotron-based X-ray microtomography as a tool to unveil the three-dimensional neuronal architecture of the brain. Scientific reports, 8(1), 1-13.

lxxiii Garcia-Rosa, S., Trivella, D. B., Marques, V. D., Serafim, R. B., Pereira, J. G., Lorenzi, J. C., ... & Brum, D. G. (2019). A non-functional galanin receptor-2 in a multiple sclerosis patient. The pharmacogenomics journal, 19(1), 72-82.

lxxiv Santos, A. M., Schechtman, D., Cardoso, A. C., Clemente, C. F., Silva, J. C., Fioramonte, M., ... & Oliveira, S. H. (2012). FERM domain interaction with myosin negatively regulates FAK in cardiomyocyte hypertrophy. Nature chemical biology, 8(1), 102-110.

lxxv Pereira,M.B.,Santos,A.M.,Gonçalves,D.C.,Cardoso,A.C.,Consonni,S.R.,Gozzo,F.C.,...&Ramos,C.H.(2014). αB-crystallin interacts with and prevents stress-activated proteolysis of focal adhesion kinase by calpain in cardiomyocytes. Nature communications, 5(1),1-18.

lxxvi Cardoso, A. C., Lam, N. T., Savla, J. J., Nakada, Y., Pereira, A. H. M., Elnwasany, A., ... & Sherry, A. D. (2020). Mitochondrial substrate utilization regulates cardiomyocyte cell-cycle progression. Nature Metabolism, 2(2), 167- 178.

lxxvii Elhelaly, W. M., Cardoso, A. C., Pereira, A. H. M., Elnawasany, A., Ebrahimi, S., Nakada, Y., & Sadek, H. A. (2019). C-kitcellsdonotsignificantlycontributetocardiomyogenesisduringneonatalheartregeneration. Circulation,139(4), 559-561.

lxxviii Cardoso, A. C., Pereira, A. H. M., Ambrosio, A. L. B., Consonni, S. R., de Oliveira, R. R., Bajgelman, M. C., ... & Franchini, K. G. (2016). FAK forms a complex with MEF2 to couple biomechanical signaling to transcription in cardiomyocytes. Structure, 24(8), 1301-1310.

lxxix Pereira, A. H. M., Cardoso, A. C., Consonni, S. R., Oliveira, R. R., Saito, A., Vaggione, M. L. B., ... & Ribeiro, G. C. (2020). MEF2C repressor variant deregulation leads to cell cycle re-entry and development of heart failure. EBioMedicine, 51,102571.

lxxx dos Reis, L. M., Adamoski, D., Souza, R. O. O., Ascenção, C. F. R., de Oliveira, K. R. S., Corrêa-da-Silva, F., ... & Silber,

A. M. (2019). Dual inhibition of glutaminase and carnitine palmitoyltransferase decreases growth and migration of glutaminase inhibition–resistant triple-negative breast cancer cells. Journal of Biological Chemistry, 294(24), 9342- 9357.

lxxxi Dias, M. M., Adamoski, D., Dos Reis, L. M., Ascenção, C. F., de Oliveira, K. R., Mafra, A. C. P., ... & Fidelis, C. H. (2020). GLS2 is protumorigenic in breast cancers. Oncogene, 39(3), 690-702.

lxxxii Nagampalli,R.S.K.,Quesñay,J.E.N.,Adamoski,D.,Islam,Z.,Birch,J.,Sebinelli,H.G.,...&Consonni,S.R.(2018). Human mitochondrial pyruvate carrier 2 as an autonomous membrane transporter. Scientific reports, 8(1), 1-13. lxxxiii de Guzzi Cassago, C. A., Dias, M. M., Pinheiro, M. P., Pasquali, C. C., Bastos, A. C. S., Islam, Z., ... & Honorato, R. (2018). Glutaminase affects the transcriptional activity of peroxisome proliferator-activated receptor γ (PPARγ) via direct interaction. Biochemistry, 57(44),6293-6307.

lxxxiv Pasquali,C.C.,Islam,Z.,Adamoski,D.,Ferreira,I.M.,Righeto,R.D.,Bettini,J.,...&Ambrosio,A.L.B.(2017).The origin and evolution of human glutaminases and their atypical C-terminal ankyrin repeats. Journal of Biological Chemistry, 292(27),11572-11585.

lxxxv Ferreira, A. P. S., Cassago, A., de Almeida Gonçalves, K., Dias, M. M., Adamoski, D., Ascenção, C. F. R., ... & Bettini,

J. (2013). Active glutaminase C self-assembles into a supratetrameric oligomer that can be disrupted by an allosteric inhibitor. Journal of Biological Chemistry, 288(39), 28009-28020.

lxxxvi Cassago, A., Ferreira, A. P., Ferreira, I. M., Fornezari, C., Gomes, E. R., Greene, K. S., ... & Ambrosio, A. L. (2012). Mitochondrial localization and structure-based phosphate activation mechanism of Glutaminase C with implications for cancer metabolism. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(4), 1092-1097.

lxxxvii Rivera, C., Oliveira, A. K., Costa, R. A. P., De Rossi, T., & Leme, A. F. P. (2017). Prognostic biomarkers in oral squamous cell carcinoma: a systematic review. Oral oncology, 72, 38-47.

lxxxviii Carnielli, C. M., Macedo, C. C. S., De Rossi, T., Granato, D. C., Rivera, C., Domingues, R. R., ... & Cervigne, N. K. (2018). Combining discovery and targeted proteomics reveals a prognostic signature in oral cancer. Nature communications, 9(1), 1-17.

lxxxix Rivera, C., Zandonadi, F. S., Sánchez-Romero, C., Soares, C. D., Granato, D. C., González-Arriagada, W. A., & Leme,

A.F.P.(2018).Agrinhasapathologicalroleintheprogressionoforalcancer.Britishjournalofcancer,118(12),1628- 1638.

xc Kawahara, R., Granato, D. C., Yokoo, S., Domingues, R. R., Trindade, D. M., & Leme, A. F. P. (2017). Mass spectrometry-based proteomics revealed Glypican-1 as a novel ADAM17 substrate. Journal of proteomics, 151, 53- 65.

xci Kawahara, R., Bollinger, J. G., Rivera, C., Ribeiro, A. C. P., Brandão, T. B., Leme, A. F. P., & MacCoss, M. J. (2016). A targeted proteomic strategy for the measurement of oral cancer candidate biomarkers in human saliva. Proteomics, 16(1),159-173.

xcii Aragão, A. Z., Nogueira, M. L. C., Granato, D. C., Simabuco, F. M., Honorato, R. V., Hoffman, Z., ... & Oliveira, P. S. (2012). Identification of novel interaction between ADAM17 (a disintegrin and metalloprotease 17) and thioredoxin-

1. Journal of Biological Chemistry, 287(51), 43071-43082.

xciii Capeletti, L. B., de Oliveira, J. F. A., Loiola, L. M. D., Galdino, F. E., da Silva Santos, D. E., Soares, T. A., ... & Cardoso,

M. B. (2019). Gram-Negative Bacteria Targeting Mediated by Carbohydrate–Carbohydrate Interactions Induced by Surface-Modified Nanoparticles. Advanced Functional Materials, 29(48), 1904216.

xciv deOliveira,L.F.,Bouchmella,K.,Goncalves,K.D.A.,Bettini,J.,Kobarg,J.,&Cardoso,M.B.(2016).Functionalized silica nanoparticles as an alternative platform for targeted drug-delivery of water insoluble drugs. Langmuir, 32(13), 3217-3225.

xcv Santhiago,M.,Corrêa,C.C.,Bernardes,J.S.,Pereira,M.P.,Oliveira,L.J.,Strauss,M.,&Bufon,C.C.(2017).Flexible and foldable fully-printed carbon black conductive nanostructures on paper for high-performance electronic, electrochemical, and wearable devices. ACS applied materials & interfaces, 9(28),24365-24372.

xcvi Torikai, K., Furlan de Oliveira, R., Starnini de Camargo, D. H., & Bof Bufon, C. C. (2018). Low-voltage, flexible, and self-encapsulated ultracompact organic thin-film transistors based on nanomembranes. Nano letters, 18(9), 5552- 5561.

xcvii Sgro,G.G.,Costa,T.R.,Cenens,W.,Souza,D.P.,Cassago,A.,deOliveira,L.C.,...&Waksman,G.(2018).Cryo-EM structure of the bacteria-killing type IV secretion system core complex from Xanthomonas citri. Nature microbiology, 3(12),1429-1440.

xcviii Pak,T.,deLimaLuz,L.F.,Tosco,T.,Costa,G.S.R.,Rosa,P.R.R.,&Archilha,N.L.(2020).Pore-scaleinvestigation of the use of reactive nanoparticles for in situ remediation of contaminated groundwater source. Proceedings of the National Academy ofSciences.

xcix Nogueira, A. E., Soares, M. R. S., Junior, J. B. S., Ramirez, C. A. O., Souza, F. L., & Leite, E. R. (2019). Discovering a selective semimetal element to increase hematite photoanode charge separation efficiency. Journal of Materials Chemistry A, 7(28), 16992-16998.

c Soares, M. R., Costa, C. A., Lanzoni, E. M., Bettini, J., Ramirez, C. A., Souza, F. L., ... & Leite, E. R. (2019). Unraveling theRoleofSnSegregationintheElectronicTransportofPolycrystallineHematite:RaisingtheElectronicConductivity by Lowering the Grain-Boundary Blocking Effect. Advanced Electronic Materials, 5(6),1900065.

ci Schleder,G.R.etal.FromDFTtomachinelearning:recentapproachestomaterialsscience–areview.2019.Journal of Physics: Materials, v. 2, n.3.

cii Szostak, R., Silva, J. C., Turren-Cruz, S. H., Soares, M. M., Freitas, R. O., Hagfeldt, A., ... & Nogueira, A. F. (2019). Nanoscale mapping of chemical composition in organic-inorganic hybrid perovskite films. Science advances, 5(10), eaaw6619.

ciii Schleder,G.R.,Azevedo,G.M.,Nogueira,I.C.,Rebelo,Q.H.,Bettini,J.,Fazzio,A.,&Leite,E.R.(2019).Decreasing NanocrystalStructuralDisorderbyLigandExchange:AnExperimentalandTheoreticalAnalysis.Thejournalofphysical chemistry letters, 10(7),1471-1476.

civ Dal Lago, V., de Oliveira, L. F., de Almeida Gonçalves, K., Kobarg, J., & Cardoso, M. B. (2011). Size-selective silver nanoparticles: future of biomedical devices with enhanced bactericidal properties. Journal of Materials Chemistry, 21(33),12267-12273.

cv AffonsodeOliveira,J.F.,Scheffer,F.R.,Landis,R.F.,TeixeiraNeto,E.,Rotello,V.M.,&Cardoso,M.B.(2018).Dual functionalization of nanoparticles for generating corona-free and noncytotoxic silica nanoparticles. ACS applied materials & interfaces, 10(49),41917-41923.

Semeando conhecimento

05

O fortalecimento das competências de pesquisa e desenvolvimento e inovação (PD&I) em um país está diretamente associado à formação e especialização de recursos humanos capazes de estabelecer uma agenda voltada para a busca de soluções dos principais desafios globais, considerando o contexto regional em que se insere. O dinamismo do cenário global face aos desafios impostos nas últimas décadas e o estímulo ao estreitamento das relações entre o ambiente acadêmico e industrial exigem profissionais especializados e atualizados em suas respectivas áreas de atuação.

São inúmeras as ações associadas à formação de pessoal em atividades de PD&I, desde os cursos técnicos, Universidade e Pós-graduação até atividades de imersão no ambiente de pesquisa e cursos de capacitação em temas específicos. A manutenção de uma agenda de oportunidades permanente, abrangente e diversificada garante a renovação do ambiente de pesquisa e a contínua formação de jovens.

Atividades de treinamento e educação são partes integrantes da missão do CNPEM as quais incluem organização de eventos, cursos de capacitação e treinamentos, garantindo ao jovem em formação, vivência em um ambiente de pesquisa e desenvolvimento.

Eventos e cursos de capacitação

Entre os anos de 2010 e 2019 o CNPEM promoveu 94 eventos de capacitação que, em conjunto, beneficiaram mais de 3 mil participantes. A evolução do número destas ações no período evidencia o fortalecimento interno desta pauta.

A multiplicidade de competências e técnicas experimentais presentes no Centro também está refletida em sua agenda de capacitação. Os eventos promovidos abrangem treinamentos teóricos e práticos sobre diferentes temáticas, incluindo inúmeras escolas e workshops para preparar e habilitar novos pesquisadores em técnicas de luz síncrotron, microscopias, ressonância magnética nuclear, proteômica, metabolômica, operação de biorreatores, nanotoxicologia, entre outros. Estas iniciativas contribuírem para a contínua ampliação do universo de usuários externos do Centro, mas também representam importante ferramenta de treinamento em práticas que podem ser aplicadas utilizando a infraestrutura de pesquisa já instalada em outras instituições no país e exterior.

Eventos de capacitação promovidos pelo CNPEM (2010-2019)

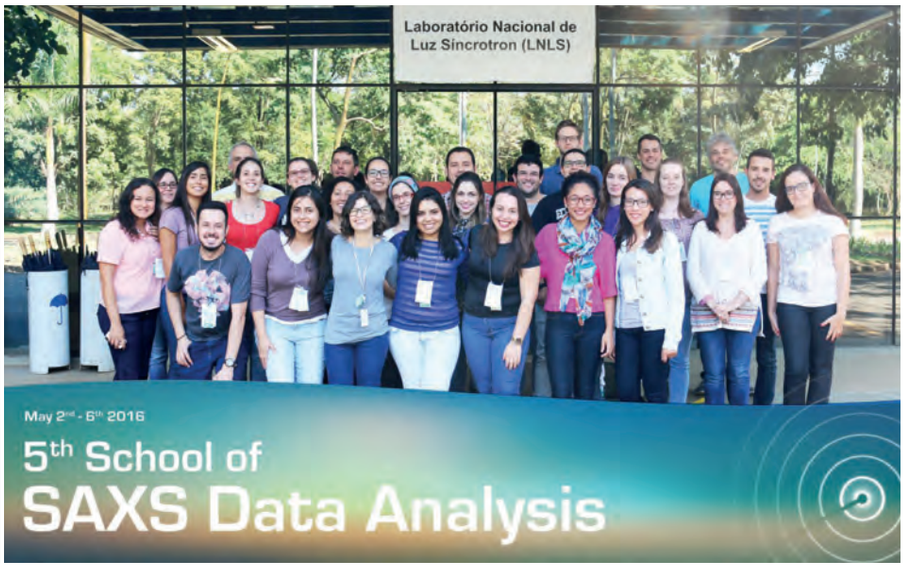
94 eventos

3.085 participantes

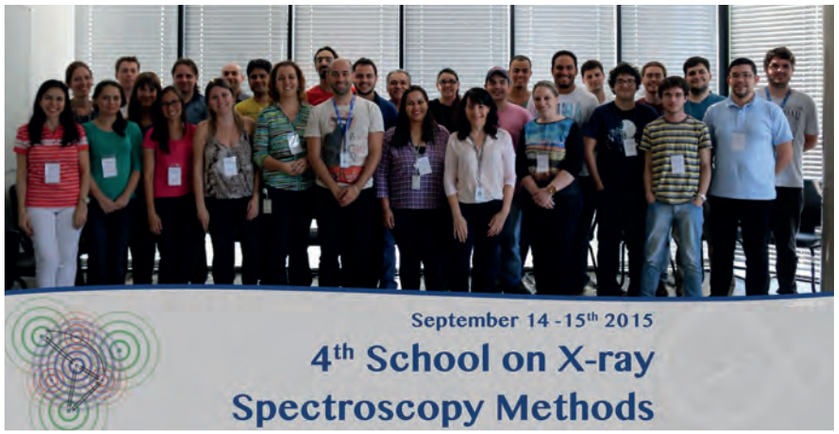
Para saber mais sobre os eventos promovidos pelo CNPEM acesse o QR code, ou consulte nosso site:

http://cnpem.br/events

Os eventos destacados são uma amostra selecionada dos esforços dedicados à capacitação de pesquisadores. Esta seleção traz exemplos importantes de cursos e workshops voltados para técnicas de luz síncrotron, técnicas de microscopia, tópicos em biociências, nanotecnologia e nanotoxicologia e biotecnologia. Além disso, são destacados os eventos realizados para professores do ensino médio e cursos promovidos em outros estados do país, em parceria com outras instituições de ensino e pesquisa.



25 cursos abordando **técnicas de luz síncrotron** com a participação de **900 pesquisadores e estudantes**



A **Escola Brasileira de Síncrotron (EBS)** completou sua terceira edição. Realizada nos anos de 2017, 2018 e 2019 este evento reuniu 278 pesquisadores e quase 300 horas de atividades. O objetivo do evento é impulsionar a formação e o treinamento de pesquisadores, para que se tornem aptos a utilizar técnicas experimentais de luz síncrotron em suas áreas de pesquisa.

12 cursos em **diferentes técnicas de microscopia** com o envolvimento de **mais de 500 participantes**

Foram oferecidas **três edições do curso de criomicroscopia eletrônica**. A agenda inclui princípios da técnica voltada para o estudo de estruturas biológicas, como proteínas. Os tópicos variaram desde a coleta de dados e técnicas de reconstrução tridimensional, até a interpretação final de mapas das estruturas. O evento ainda aborda tópicos avançados, como conjuntos de dados heterogêneos (criomicroscopia eletrônica em "4D") e refinamento de alta resolução.

O **evento se concentrou em aspectos multidisciplinares da descoberta de medicamentos aplicados à doença de Chagas, tripanosomíase africana e leishmaniose.** As atividades práticas abordaram triagem de alto rendimento, biologia estrutural, química medicinal, ADME in vitro e in vivo e modelos in vivo para estudos de farmacocinética e eficácia.

2 Escolas São Paulo envolvendo **mais de 170 participantes**

O **curso abordou diferentes técnicas de biologia molecular, bioquímica e genética** para analisar a estrutura, função e interações das proteínas produzidas pelos genes de uma célula, tecido ou organismo

No Brasil coordenada pelo MCTIC, a **Plataforma Regional de Métodos Alternativos ao Uso de Animais de Experimentação**, iniciativa do MERCOSUL, vem ao encontro do panorama internacional que fomenta e privilegia o princípio dos 3Rs no uso de animais em experimentos: Reduction ou Redução; Refinement ou Refinamento e Replacement ou Substituição.

4 cursos envolvendo **45 participantes de universidades e empresas**

Os cursos abordaram modelos in vitro de córnea e sistemas microfisiológicos humanos

4 eventos
envolvendo mais de
300 participantes

O **Curso de Introdução à Nanotecnologia e Nanotoxicologia** apresenta o universo dos nanomateriais, de suas possíveis aplicações, processos de produção e desafios de regulamentação e segurança.

CURSO DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE
BAGAÇO E PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR

7
edições envolvendo aproximadamente
40 participantes

O **curso de Caracterização Química de Bagaço e Palha de Cana-de-açúcar** apresenta, ao longo de três dias, a metodologia de determinação dos constituintes da biomassa. A técnica torna possível a comparação entre distintos processos de conversão de biomassas a outros produtos, através da determinação de seus constituintes no início, meio e fim do processo.

5
edições envolvendo aproximadamente
40 participantes

O **curso para Operação de Biorreatores de Bancada** ensina, ao longo de três dias, conceitos envolvendo tipos e classificação dos biorreatores. Na parte prática, o curso ensina como preparar um biorreator de bancada. Esse equipamento é essencial no escalonamento de bioprocessos, permitindo avançar da pesquisa básica para aplicação industrial.

Capacitação de Professores do Ensino Médio

A **1ª ESPEM**, organizada em 2019, em conjunto com a Sociedade Brasileira de Física (SBF), trouxe 20 professores de ensino médio da rede pública de 16 estados e do DF ao campus do CNPEM. Por uma semana, os docentes tiveram uma experiencia de imersão nas atividades de pesquisa e desenvolvimento do Centro, com o objetivo de levar ideias da física moderna às salas de aula em que atuam.

Para uma das professoras, Dulce de Oliveira, de Boa Vista (RR), o evento **"é um grande incentivador para que os professores continuem na luta pela educação"**. Já para Frantchesco de Alencar, de Chapada dos Guimarães (MT), mostrar o que é feito no CNPEM para seus alunos, que muitas vezes nunca saíram de sua pequena cidade, **"servirá para explicar que há um mundo a ser explorado"**.

Caravana de Cientistas

Com o objetivo de estender as ações do CNPEM para pesquisadores e instituições das mais diversas regiões brasileiras, o **Centro tem promovido eventos externos, em parceria com instituições de ensino e pesquisa de outros estados do País.** As iniciativas visam, principalmente, divulgar as competências e as instalações abertas do Centro, capacitar pesquisadores de outras regiões e atrair usuários externos localizados fora da região Sudeste.

Microscopias, Micro fabricação e Ferramentas em Nanotecnologia, 2019

Introdução à Técnicas de Luz Síncrotron - Sinc-Natal, 2019

Microscopias, Micro fabricação e Ferramentas em Nanotecnologia, 2018

Capacitação em espectroscopia de absorção de raio-X (XAS-Ceará), 2019

Biologia Sintética Aplicada à Biotecnologia Industrial, 2019

Microscopias, Micro fabricação e Ferramentas em Nanotecnologia, 2019

Imersão no ambiente científico

O CNPEM também atua na capacitação de jovens em estágio de formação, estudantes universitários e na pós-graduação, por meio da orientação e supervisão de trabalhos de pesquisa, sempre em temas convergentes com as áreas estratégicas do Centro. Estes jovens se beneficiam do acesso à todas as instalações de pesquisa e competências presentes no CNPEM, além de usufruir constantemente do contato com os pesquisadores, especialistas e técnicos que estabelecem rotinas de treinamento para capacitá-los na busca por resultados em seus projetos de pesquisa.

As ações desempenhadas pelo CNPEM apoiam os diversos Programas de Pós-graduação distribuídos nas Universidades. Desta forma, nossos pesquisadores são cadastrados em programas de pós graduação de universidades estaduais e federais, de acordo com requisitos e contrapartidas próprias de cada programa, podendo orientar e/ou co-orientar formalmente alunos, ter acesso a bolsas regulares do programa ou solicitar auxílio diretamente às agendas de fomento. Nesses casos, os resultados científicos e tecnológicos são compartilhados entre o CNPEM e a universidade.

A supervisão de recém-doutores em pesquisas de pós-doutorado também está presente no Centro. Estes jovens profissionais estão inseridos nos programas de pesquisa interna, desenvolvendo em conjunto com nossos pesquisadores projetos considerados estratégicos para o CNPEM.

Anualmente, o CNPEM conta com suporte do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), programa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que, entre os anos de 2010 e 2019, concedeu mais de 230 bolsas para estudantes universitários no CNPEM.

Congresso de Estudantes do CNPEM (CEC)

O **Congresso de Estudantes do CNPEM (CEC)** foi concebido para ser o grande evento técnico-científico do CNPEM dando visibilidade aos trabalhos desenvolvidos pelos estudantes do Centro, de modo a fomentar a integração e colaboração no Centro.

O evento contabilizou **228 participantes** em suas duas edições.

Entre os anos de 2012 e 2018, o CNPEM manteve acordo de cooperação com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para a concessão de bolsas de pesquisa a estudantes e jovens pesquisadores atuantes nos programas de pesquisa do CNPEM. Ao todo foram beneficiados 130 indivíduos por meio de bolsas de iniciação científica, mestrado, doutorado, pós-doutorado e pesquisador visitante.

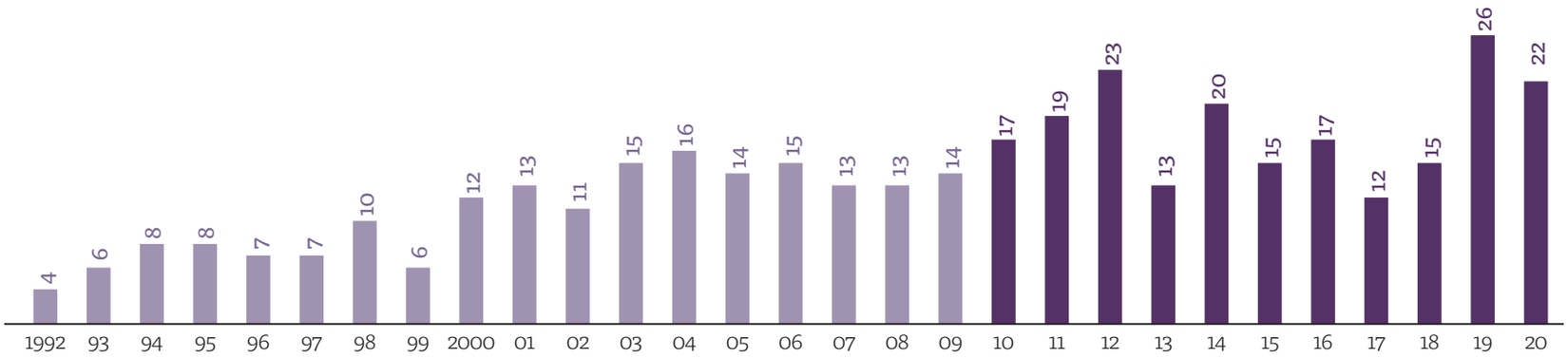
Além dos esforços de orientação e supervisão que ocorrem permanentemente ao longo do ano, o CNPEM promove um programa de imersão em ciência para jovens estudantes de graduação que já demonstram vocação para atuar nas áreas de competência do CNPEM. Este programa ocorre regularmente nos meses de verão no Brasil e, também, período de férias para os estudantes universitários da América Latina e Caribe. Com início em 1992, o Programa Bolsas de Verão, está em sua 29ª edição e nos últimos anos têm apresentado um número bastante expressivo de candidatos, alcançando concorrência de 33 estudantes para cada vaga oferecida.

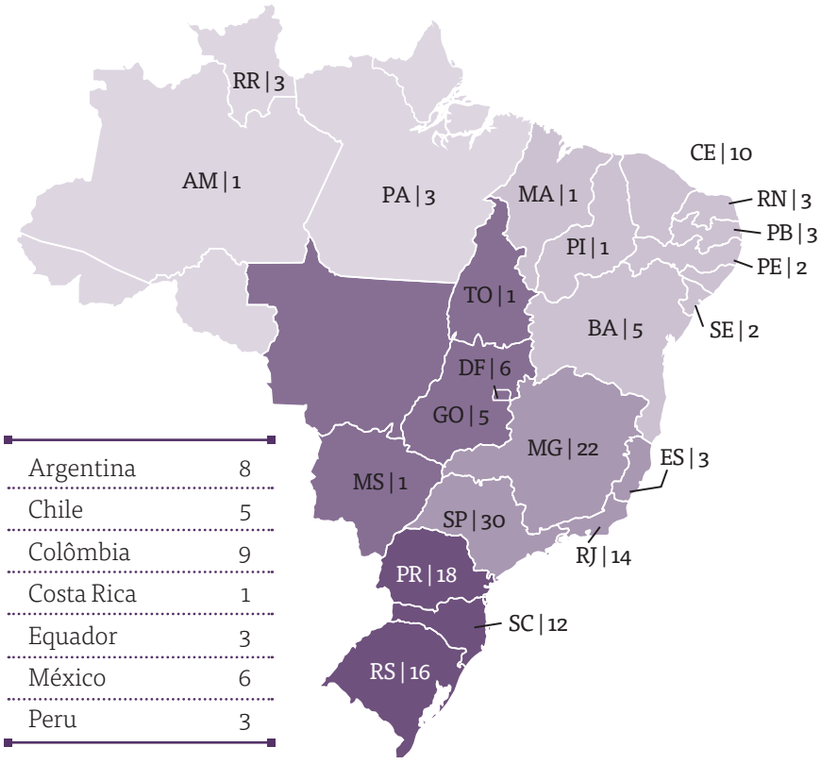
Programa Bolsas de Verão

Anualmente, nos meses de janeiro e fevereiro, o CNPEM recebe estudantes de graduação para desenvolverem projetos internos de pesquisa com a supervisão de pesquisadores dos quatro laboratórios nacionais. Em 2020 foi realizada a 29ª edição deste evento que já reuniu aproximadamente 400 participantes. Cada estudante selecionado para participar do Programa é orientado – de modo individualizado – e o desafio é desenvolver um projeto proposto pelo orientador e apresentar os resultados em um seminário e relatório final de pesquisa.

391 estudantes no Programa e **199 entre os anos de 2010 - 2020**

Em 2020 o **Programa recebeu 559 inscritos para 22 vagas**





Argentina	8
Chile	5
Colômbia	9
Costa Rica	1
Equador	3
México	6
Peru	3

72 **ex-bolsistas** utilizaram as instalações dos quatro **Laboratórios Nacionais do CNPEM** entre os anos de 2010 e 2019.

Áreas de formação

Engenharia	60
Física	39
Ciências Biológicas	25
Química	21
Biotecnologia	14
Bioquímica	11
Biomedicina	8
Nanotecnologia	6
Ciências Físicas e Biomoleculares	4
Ciência da Computação	4
Geologia	2
Farmácia	2
Medicina Veterinária	1
Ciências Exatas e Naturais	1
Ciências da Computação	1

Turma de 2010

Turma de 2011

Turma de 2012

Turma de 2013

Turma de 2014

Turma de 2015

Turma de 2016

Turma de 2017

Turma de 2018

Turma de 2019

Programa Bolsas de Verão na equipe CNPEM

Ao longo dos anos, ex-bolsistas do Programa Bolsas de Verão fizeram parte da equipe do CNPEM. Em 2020, sete profissionais do Centro trazem em suas trajetórias essa experiência.

SANTIAGO J. A. FIGUEROA

pesquisador CNPEM e responsável por gerenciar o projeto da linha de luz Quati do Sirius

PBV 1998

"Estava no terceiro ano do curso de física na Argentina e soube do programa por um pesquisador que era Professor Assistente que vinha ao laboratório, o Dr. Marcelo Ceolin (...) **a maior contribuição do PVB foi a de me abrir as portas a um mundo até então desconhecido na física experimental: o mundo dos grandes laboratórios de pesquisa, como são as fontes de luz síncrotron ou as fontes de nêutrons.** (...) Agora o Centro cresceu e existem outros Laboratórios Nacionais, o que faz o PVB uma escola mais ampla e diferente."

Turma de 98 (imagem cedida por Santiago Figueroa)

NARCIZO M. DE SOUZA NETO

pesquisador do CNPEM e coordena Divisão de pesquisa de Matéria Condensada e Ciência dos Materiais do LNLS. Em sua área de pesquisa, Narcizo utiliza técnicas de raios X para descobrir e entender materiais supercondutores

PBV 2001

"Foi uma experiência transformadora. Como eu estava fazendo iniciação científica em física na Paraíba, **foi incrível vivenciar ciência de ponta num grande laboratório no Brasil.** (...) Eu acabei gostando tanto que vim fazer mestrado e doutorado no LNLS logo em seguida, e, após alguns anos de pós-doutorado em um laboratório síncrotron dos EUA, pago pelo governo americano, acabei me tornando pesquisador do LNLS, aonde estou até hoje. **Tudo começou quando o PBV abriu meus olhos para essas objetividades, o que definiu minha carreira.** Atualmente, já fui orientador de vários bolsistas, inclusive do PBV, e tento despertar a paixão pelo que fazemos nesses jovens pesquisadores."

Turma de 2001 (imagem cedida por Narcizo Neto)

MÁRIO MURAKAMI

é diretor científico do LNBR e também coordena pesquisas sobre enzimas e microrganismos para fins biotecnológicos

PBV 2002

"**Foi uma das experiências mais singulares em minha carreira científica, principalmente, pela grande exposição à pesquisa de ponta, seriedade dos pesquisadores com os bolsistas, e a intensidade de trabalho que é altíssima.** Nesses dois meses, pude realizar muito mais experimentos do que tipicamente obtinha em condições normais."

JULIANA H. COSTA SMETANA

pesquisadora do CNPEM e dedica-se a pesquisas na área de sinalização celular, biologia do câncer e doenças infecciosas no LNBio

PBV 2003

"Fui bolsista do programa em 2003, quando estava iniciando o terceiro ano da graduação em Ciências Biológicas. Meu projeto consistiu em obter cristais de duas proteínas, eu tinha pouca experiência prévia mas consegui cumprir a maior parte do que foi proposto. (...) **O programa permite um aprendizado intensivo e aprofundado, que ocorre durante o desenvolvimento de um projeto científico.** Aprende-se em menos de dois meses o que geralmente um graduando aprende em um semestre ou um ano, com acesso a tecnologias que não estão disponíveis na maioria dos laboratórios do Brasil e América Latina."

Turma de 2003 (imagem cedida por Juliana Smetana)

JOSÉ G. DE C. PEREIRA

pesquisador do CNPEM e atua na área de Biologia Computacional no LNBio

PBV 2007

"O PBV possibilita a imersão na realidade da pesquisa científica. O resultado disso é que o bolsista precisa se esforçar ao máximo para entender o projeto já nos primeiros dias. Em seguida, durante o desenvolvimento das atividades provavelmente aparecerão as dificuldades. Experimentos que não dão certo fazem parte da rotina científica e compreender ao motivos para solucionar ou contornar esses problemas nos proporciona um conhecimento que não encontramos nos livros e artigos. **No PBV eu decidi que aquela seria a área da ciência que eu iria me dedicar.**"

ANDREY F. ZIEM NASCIMENTO

pesquisador do CNPEM e trabalha na linha de luz Manacá do Sirius

PBV 2009

"Participei do PBV quando estava no último semestre do curso de Farmácia (UFSC) e sem dúvida foi uma experiência decisiva para a minha carreira. Pela primeira vez tive contato com as áreas de biologia estrutural e radiação síncrotron. (...) **A interação com os outros participantes do PBV e pesquisadores do Centro é um aspecto muito importante do programa, as atividades paralelas ao projeto de pesquisa permitem ter uma visão multidisciplinar e expandir as possibilidades científicas.** Certamente o programa tem um papel muito importante na ciência do Brasil e América Latina, pois permite a interação de estudantes no início da carreira com pesquisadores experientes e, mais importante, apresenta as inúmeras possibilidades da radiação síncrotron e demais técnicas disponíveis no CNPEM, que muitas vezes não são conhecidas pelos estudantes (...) Lembro que fiquei impressionado com as instalações do UVX (LNLS) e a linha de luz MX2 (cristalografia de macromoléculas), sem dúvida a experiência na linha de luz foi determinante para a minha carreira. A filosofia de laboratórios abertos, o que permite que os pesquisadores de todo mundo, e principalmente da América Latina, tenham acesso a instalações de ponta também me deixou muito impressionado"

DEBORA DE P. MAGALHÃES

Engenharia Física do CNPEM e compõe o grupo que desenvolve detectores para as linhas de luz do novo acelerador, Sirius

PBV 2011

"Em dois meses pude conviver com pesquisa de ponta, aplicar muitos dos conceitos que aprendi na universidade, além de aprender muitos outros (...) **Acho que o grande diferencial do PBV é a possibilidade de ver e lidar com a aplicação do que foi aprendido. Essa experiência foi o que definiu a minha trajetória profissional, na verdade.** Vi que o que me empolgava na física era a sua aplicação. (...) Os projetos propostos geralmente são desafiadores, com resultados que podem de fato ser aproveitados para melhorar a pesquisa feita ali, ou que fazem parte de uma pesquisa desenvolvida ali. Nessa experiência fiz amigos, aprendi sobre outras áreas além da minha, e me apaixonei por esse lugar."

Turma de 2011 (imagem cedida por Débora Magalhães)

Divulgação científica

06

O intercâmbio de conhecimento é fundamental para o avanço da ciência. A possibilidade de compartilhar os resultados das pesquisas e receber a crítica dos pares é parte essencial da construção do conhecimento científico. Nesse sentido, os eventos de divulgação científica são terreno fértil para pesquisadores compartilharem os avanços mais recentes da pesquisa, trocarem experiências, discutirem o estado da arte de suas áreas de atuação e entrarem em contato com pesquisadores de outros lugares, propiciando a criação de redes paxra pesquisas futuras. Além disso, é cada vez mais relevante que o conhecimento científico saia dos círculos acadêmicos para atingir um público mais amplo e não especializado, uma vez que o reconhecimento social dos avanços da ciência é um importante mecanismo para legitimidade dos esforços investidos em pesquisa.

Nos últimos anos o CNPEM passou por considerável expansão de suas atividades e se consolidou como uma instituição de pesquisa única no País, comparável com organizações estrangeiras de excelência científica. O ritmo acelerado de desenvolvimento institucional exigiu a reformulação da estratégia de comunicação, passando de ações dirigidas aos usuários para ações voltadas à expansão e consolidação do Centro no cenário nacional e internacional de ciência e tecnologia. Estas iniciativas visam estreitar as relações do CNPEM com diferentes públicos, buscando a aderência de diferentes gerações e culturas às narrativas do Centro. Ao se comunicar com antigos e jovens colaboradores, representantes da comunidade acadêmica, empresas inovadoras, órgãos de fiscalização, governo e sociedade, o CNPEM se destaca como ambiente singular para o "fazer científico e tecnológico" e fortalece sua credibilidade por meio da divulgação dos resultados e impactos de suas atividades e de suas competências.

Assim, o CNPEM tem orientado sua estratégia de divulgação em duas frentes principais: organizando e sediando eventos científicos para o público especializado, e promovendo ações voltadas para o público geral, interessado em conhecer as instalações e atividades desenvolvidas pelo Centro. Este capítulo destaca os esforços do Centro com foco nessas duas frentes de atuação.

Ampliar as fronteiras do conhecimento científico, promover a identificação da sociedade com o CNPEM e suas singularidades, despertar o sentimento de pertencimento e orgulho no público é um dos principais desafios que movem as ações de divulgação do CNPEM. Consistentemente, o Centro busca firmar seu posicionamento autêntico e transparente em relação às suas ações e ao seu modelo de gestão para a comunidade acadêmica, empresas, órgãos de fiscalização e governo. O escalonamento da aderência do público, interno e externo, vem acontecendo e os trabalhos futuros miram crescimento proporcional à relevância que o Centro atinge.

Fortalecer a credibilidade do CNPEM e encantar o público, por meio de narrativas genuínas que refletem sua singularidade e excelência é o que move a comunicação da instituição.

Eventos científicos

Entre 2010 e 2019, o CNPEM organizou mais de 60 eventos científicos para a comunidade acadêmica ou profissionais especializados abrangendo, em sua maioria, debates sobre o uso de diferentes técnicas experimentais na busca por soluções para problemas científicos de várias áreas. Em seguida são apresentados alguns destaques destas ações nos últimos anos.

Com o objetivo de integrar os usuários das instalações para troca de experiências, o CNPEM promove periodicamente a Reunião Anual de Usuários de Técnicas Síncrotron (RAU e a Reunião de Usuários de Criomicroscopia Eletrônica.

Estas reuniões são oportunidades únicas para a apresentação e discussão de resultados, além de permitir a divulgação dos avanços em técnicas e competências.

Com a iminente operação do Sirius, a participação da comunidade científica tornou-se essencial para identificar as necessidades e as expectativas de uso da nova fonte de luz síncrotron.

A aplicação de técnicas avançadas é foco de grande parte dos eventos promovidos pelo Centro. Destacam-se as diferentes técnicas de luz síncrotron, de biologia estrutural e de microfabricação.

O evento abordou diferentes aspectos relacionados à cristalografia em alta pressão.

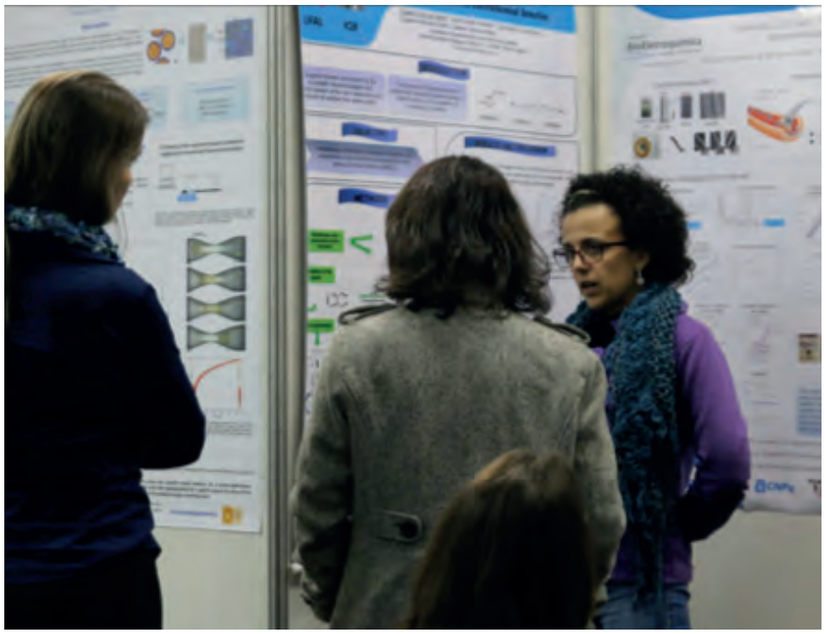
O **PRESSYNC** reuniu especialistas mundiais para discutir o potencial das técnicas baseadas em luz síncrotron sob altas pressões nas novas fontes de luz síncrotron de quarta geração, como a Sirius. O PRESSYNC visou motivar a comunidade em torno das várias possibilidades que estarão disponíveis na linha de luz de condições extremas do Sirius, EMA.

O evento discutiu os aspectos matemáticos e computacionais relacionados ao processo de reconstrução de imagens, segmentação e computação de alto desempenho, entre outras técnicas de processamento de imagem.

Cientistas, engenheiros e especialistas que trabalham no campo da espectroscopia, difração e imagem por raios X nas principais instalações do mundo se reuniram para discutir as novas oportunidades científicas oferecidas pela linha de luz CARNAÚBA.

O evento **"Proteomics Workshop"** já se encontra em sua nona edição e aborda temas de destaque nas áreas de proteômica e espectrometria de massas

O **"Workshop em Microfluídica"** reuniu estudantes e pesquisadores para discutir as mais recentes inovações envolvendo esta técnica de microfabricação e suas inúmeras aplicações.



Eventos internacionais em destaque

Ao longo dos últimos anos, o CNPEM sediou eventos internacionais de grande relevância em suas respectivas áreas científicas e tecnológicas. O Centro representou o Brasil, concorrendo com instituições científicas de diversos outros países, para fornecer suas instalações como sede dos eventos.

O **Latin American Summit Meeting on Biological Crystallography and Complementary Methods**, realizado em setembro de 2014, foi o maior evento latino-americano na programação oficial do Ano Internacional da Cristalografia (IYCr2014).

O **PCAPAC (Controles de Acelerador de Partículas e Computadores Pessoais)**, realizado em outubro de 2016, foi um evento internacional de referência sobre sistemas de aquisição de informações e controle para aceleradores.

A **10ª edição do WIRMS (International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources)**, que aconteceu em setembro de 2019, reuniu grandes especialistas internacionais em espectroscopia e imageamento com infravermelho em fontes de luz síncrotron e em lasers de elétrons livres.

Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável

O evento abordou o tema: "Biorrefinarias: A matéria-prima definindo o processo". A busca das indústrias pela sustentabilidade impulsiona uma forte tendência para a mudança na plataforma química principal, de base petroquímica, o que leva à superação de novos desafios e à necessidade de discutir os processos baseados em plataformas renováveis, com a intenção de consolidar a Química Verde.

O reaproveitamento biomassas e resíduos agroindustriais e o desenvolvimento processos com menor impacto ambiental é pauta de diferentes eventos científicos no CNPEM.

A série de **workshops do Projeto Sucre** apresentou avanços e resultados das pesquisas realizadas no âmbito da remoção, recolhimento, processamento da palha, viabilidade econômica e avaliação ambiental advindos da geração de energia elétrica a partir desse insumo da cana-de-açúcar.

A nanocelulose extraída da biomassa atrai muita atenção como novo componente para o desenvolvimento de materiais avançados com propriedades e funcionalidades exclusivas. O workshop foi uma oportunidade para debater os aspectos mais relevantes desta temática tanto para a academia quanto para a indústria.

Realizado em 2019 em parceria com o BBSRC e com a Universidade de Nottingham, o evento **"Sustainable Chemicals and Fuels Through Synthetic Biology"**, trouxe nomes importantes da Inglaterra, dos Estados Unidos e da América Latina que atuam na fronteira do conhecimento da biotecnologia e biologia sintética.

O **GRUN** foi um workshop organizado em parceria com a Universidade de Teesside (Reino Unido) que reuniu os principais estudiosos do mundo para discutir o estado da arte no uso de nanopartículas para a degradação in-situ de contaminantes de águas subterrâneas.

O **RenovaBio** é uma política que visa promover os ganhos de eficiência energética na produção e no uso de biocombustíveis, contribuindo para o alcance de metas de descarbonização. Este foi o tema central de um workshop estratégico promovido pelo centro.

Comunicando o CNPEM

A seguir são apresentadas as ações de divulgação para o amplo público, incluindo websites, redes sociais, imprensa, o Programa de Visitas, o Ciência Aberta e outros eventos.

Comunicação digital

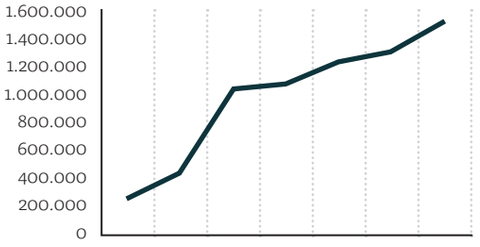
Na última década, o número de páginas web cresceu quase sete vezes e o de usuários conectados em todo mundo 1.114%[40]. Ao longo do período 2010-2019, a forma como o CNPEM se apresenta na Internet também sofreu uma série de aceleradas mudanças. Em 2010, havia apenas os websites individuais dos Laboratórios Nacionais de Luz Síncrotron (LNLS), Biociências (LNBio) e Ciência e Tecnologia do Bioetanol – o atual LNBR. O ano de 2011, marca a criação do site institucional do CNPEM e do LNNano. Desde então, todos eles vêm sendo atualizados e modificados para refletir os rápidos avanços institucionais.

Em 2012, o CNPEM começou a utilizar as redes sociais para divulgar suas atividades e estreitar laços com diferentes públicos. Desde então, o Centro tem explorado o potencial que esse tipo de mídia representa para fortalecer o relacionamento com seus públicos de interesse e ampliar a exposição de suas ações para novas audiências. Espaços de diálogo, essas mídias permitem avaliar a reação da sociedade diante dos mais diversos temas, fornecendo informações quanto à percepção pública sobre o Centro.

O CNPEM utiliza ferramentas de inteligência artificial para monitorar as redes sociais em busca de indicativos de fortalecimento da marca, discursos e posicionamento de interlocutores e fidelização do público. Assim, as ações nessas mídias são influenciadas por tendências de comportamento, temas de debate e *insights* sobre a interpretação do público, apoiando a assertividade do conteúdo do CNPEM e preservando a credibilidade da marca.

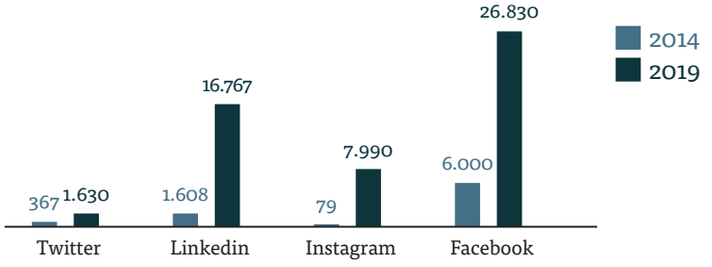
O crescimento do CNPEM e sua interação com diferentes públicos pode ser notado pelas métricas associadas às mídias digitais. Em relação aos *websites* do Centro, o número de visualizações de páginas aumentou em quase seis vezes no período 2013-2019. Além disso, destaca-se o crescimento acentuado entre 2014 e 2015 impulsionado pelos avanços no Projeto Sirius, indicando como o novo acelerador de elétrons brasileiro lançou luz sobre todo o CNPEM. Nas redes sociais, o alcance do CNPEM cresce organicamente ano após ano, assim como o engajamento do público com as suas pautas, que estão cada mais próximas da sociedade, e algumas vezes repercutem como protagonistas em perfis de redes sociais que exibem audiência comparável ao horário nobre da TV aberta.

Número de visualizações de página nos sites do CNPEM



**A partir de 2013, a mesma ferramenta de monitoramento de acesso aos sites foi implementada para todos os domínios do CNPEM, motivando o recorte de apresentação de dados.*

Crescimento comparado das redes sociais do CNPEM: 2014 e 2019



O ano de 2014 marca o início de atividade em todas as redes sociais apresentadas. Destaca-se que até 2016, os Laboratórios Nacionais tinham perfis separados no twitter, hoje todo conteúdo é centralizado no @cnpem. Crescimento orgânico, sem ações patrocinadas para atrair seguidores.

CNPEM é protagonista nas redes sociais de grandes veículos de comunicação

Tecnologia patenteada pelo CNPEM repercute no perfil da **BBC Brasil no Facebook**, que reúne mais de 3 milhões de seguidores.

Desenvolvimento de princípios ativos descobertos em meio à biodiversidade brasileira e Sirius em inserção no perfil na **Revista Veja** no Facebook, com mais de 7 milhões de seguidores.

40. *https://olhardigital.com.br/noticia/dados-mostram-o-crescimento-impressionante-da-internet-em-10-anos/85914*

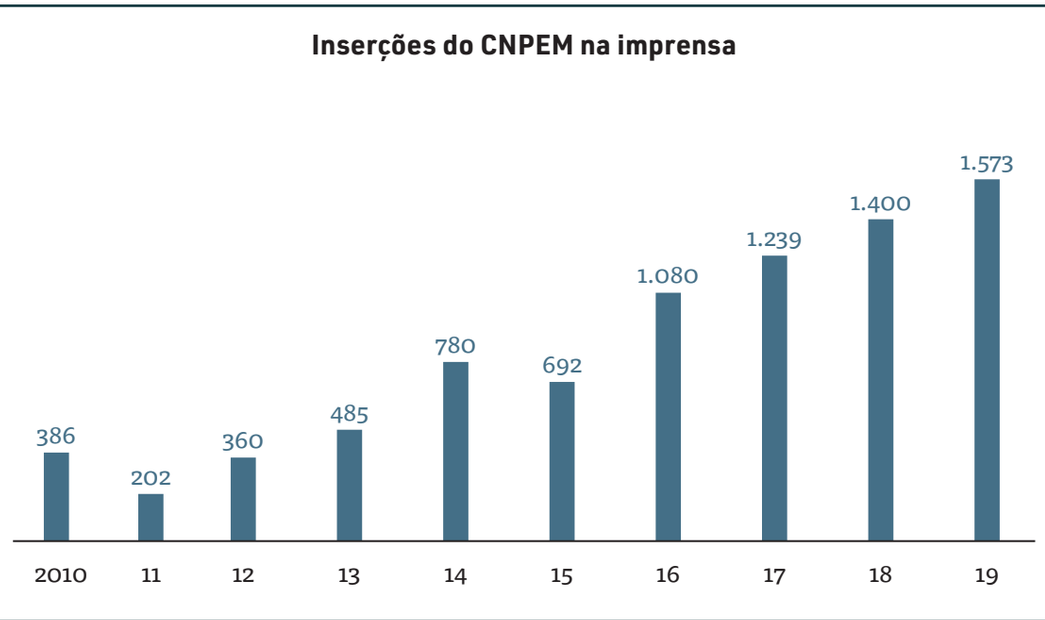
Outras ações digitais

O CNPEM também mantém ações de divulgação digital dedicadas a públicos-alvo predefinidos. No período de 2010-2019, centenas de informativos específicos foram disparados para pesquisadores cadastrados no diretório de grupos de pesquisa da Plataforma Lattes, interessados em eventos institucionais, usuários de instalações abertas, contatos dos setores empresariais, além de e-mails cadastrados voluntariamente para receber informação sobre o Centro.

Desde 2018, o CNPEM produz e distribui para milhares de pessoas, dos mais diferentes perfis de público, o anuário "Por Dentro do CNPEM". A publicação, impressa e digital, reúne os destaques da produção científica do Centro em linguagem acessível. O anuário contém ainda aspectos dedicados a humanizar o fazer científico, aproximando as carreiras tecnológicas do público não especializado.

Para ler todas as edições do "Por Dentro CNPEM" acesse o QR code, ou consulte nosso site:

https://cnpem.br/por-dentro-do-cnpem/



Imprensa

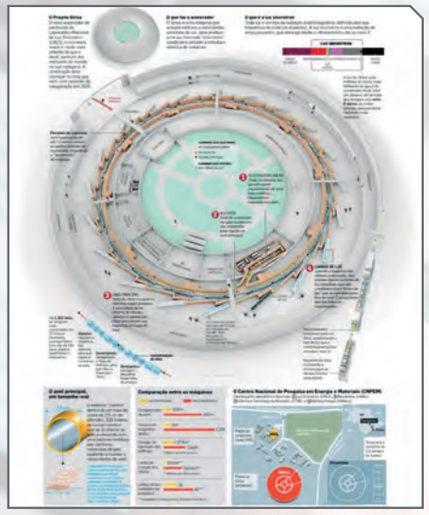
As atividades do CNPEM em frentes estratégicas, como saúde, energia e meio ambiente, assim como os avanços do Projeto Sirius, têm obtido crescente exposição nos veículos de imprensa de grande alcance.

A seguir são apresentados alguns destaques de matérias que repercutiram nestes veículos de comunicação. Destaca-se a diversidade das pautas noticiadas e o teor positivo dessas inserções. Tais feitos contribuem para a consolidação do CNPEM como porta-voz de assuntos pertinentes às suas áreas de atuação – fortalecendo o movimento espontâneo de veículos de imprensa em busca de novidades do Centro – e para engajar seu time de pesquisadores na divulgação e popularização da ciência.

Revista Você S.A.

2014

*Matéria da **Revista Você SA** destaca potencial do CNPEM em reter talentos de pesquisa e inovação no Brasil e atrair cientistas brasileiros que viviam no exterior de volta ao País.*



2015

*Matéria especial do **Jornal O Estado de São Paulo** esmiúça os detalhes do projeto Sirius, quando apenas 14% das obras civis estavam concluídas.*

2016

*Resultados de pesquisa com o Zika Vírus levam a primeira aparição do CNPEM no **Jornal Nacional, da Rede Globo.***

2016

Discovery Channel *veicula série Brasil Ciência, na qual Sirius e pesquisas com nanopartículas funcionalizadas e engenharia de tecidos humanos é tema de episódio.*

ciência

Técnica brasileira pode transformar bagaço de cana em carvão ativo

2017

Carvão ativo produzido a partir do bagaço da cana-de-açúcar é tema de reportagem.

equilíbrio e saúde

Cientista modifica forma de bactérias para combatê-las

PHILLIPPE WATANABE
DE SÃO PAULO

Estudo molecular de bactérias para produção de novos antibióticos.

2018

Cola "verde", feita a partir de ingredientes naturais, é patenteada pelo CNPEM e ganha ***destaque em diferentes veículos.***

Parceria do CNPEM com a farmacêutica Aché é destaque no anuário ***Valor Inovação Brasil 2018****, publicado pelo Valor Econômico, que apresenta o tradicional ranking das empresas mais inovadoras do País.*

Tomografia de raio-x de neurônios é ***destaque em diferentes meios de comunicação.***

Valor | Agronegócios

Com aporte da Sinochem, pequisa estudará hidrocarboneto de biomassa

Por Camila Souza Ramos, Valor — São Paulo

Corrigido às 12h09 de 6 de setembro.

Uma parceria entre a estatal química chinesa Sinochem, a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) e o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) de R$ 3,7 milhões anunciada hoje vai financiar a pesquisa e o desenvolvimento de produtos para a produção de etanol a partir de biomassa (de segunda geração) e para substituir o petróleo por biomassa na fabricação de hidrocarbonetos. O objetivo é encontrar soluções de produtos que reduzam a emissão de carbono e

2019

Divulgação de parceria para o desenvolvimento de rotas bioquímicas para a produção de etanol a partir de resíduos agroindustriais e de hidrocarbonetos renováveis.

veja

Saúde

Tecnologia possibilitará melhor uso da biodiversidade nacional em remédios

Com investimentos da ordem de 1,8 bilhão de reais, acelerador de partículas ajudará a jogar luz sobre várias áreas do conhecimento

Prospecção de compostos bioativos em espécies da biodiversidade vegetal brasileira é tema de matéria.

Valor.com.br Valor RI

Valor ECONÔMICO Princípios Editoriais

Home Brasil Política Finanças Empresas Agronegócios Internacional Opinião

Logística | Mercados | Agroindústria | Políticas | Sustentabilidade

17/04/2019 às 05h00

Expansão da bioeletricidade pode reduzir emissões

*Matéria do **jornal Valor Econômico** apresenta o Projeto SUCRE, dedicado a aumentar o uso da palha de cana-de-açúcar na produção de bioeletricidade.*

Sejam bem-vindos

Em busca de despertar os sentimentos de pertencimento, orgulho e reconhecimento pela população brasileira e contribuir para inspirar jovens interessados pelas áreas de ciência e tecnologia, o CNPEM mantém um programa regular de visita ao seu campus. Na última década, cerca de 25 mil pessoas visitaram o CNPEM por meio do Programa Institucional de Visitas.

Além disso, no período de 2010-2019, o CNPEM também participou ativamente de eventos de divulgação da cultura científica. Destacam-se como exemplos, os eventos promovidos pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e em celebração à Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Tais iniciativas externas possibilitaram a apresentação do CNPEM para milhares de pessoas.

Durante os eventos, os visitantes dos estandes do CNPEM tiveram acesso a materiais audiovisuais e impressos, manipulação de microscópios, palestras, observação de imagens de microscopia eletrônica de objetos do cotidiano em 3D, e mais recentemente, o público também pôde conhecer as instalações do Centro, por meio de óculos de realidade virtual. Estes eventos ocorrem em diversas cidades brasileiras, são elas: Belo Horizonte – MG; Brasília-DF; Campinas- SP; Campo Grande – MS; Goiânia-GO; Maceió-AL; Porto Seguro – BA; Recife-PE; Rio Branco-AC; São Carlos-SP; São Luís-MA.

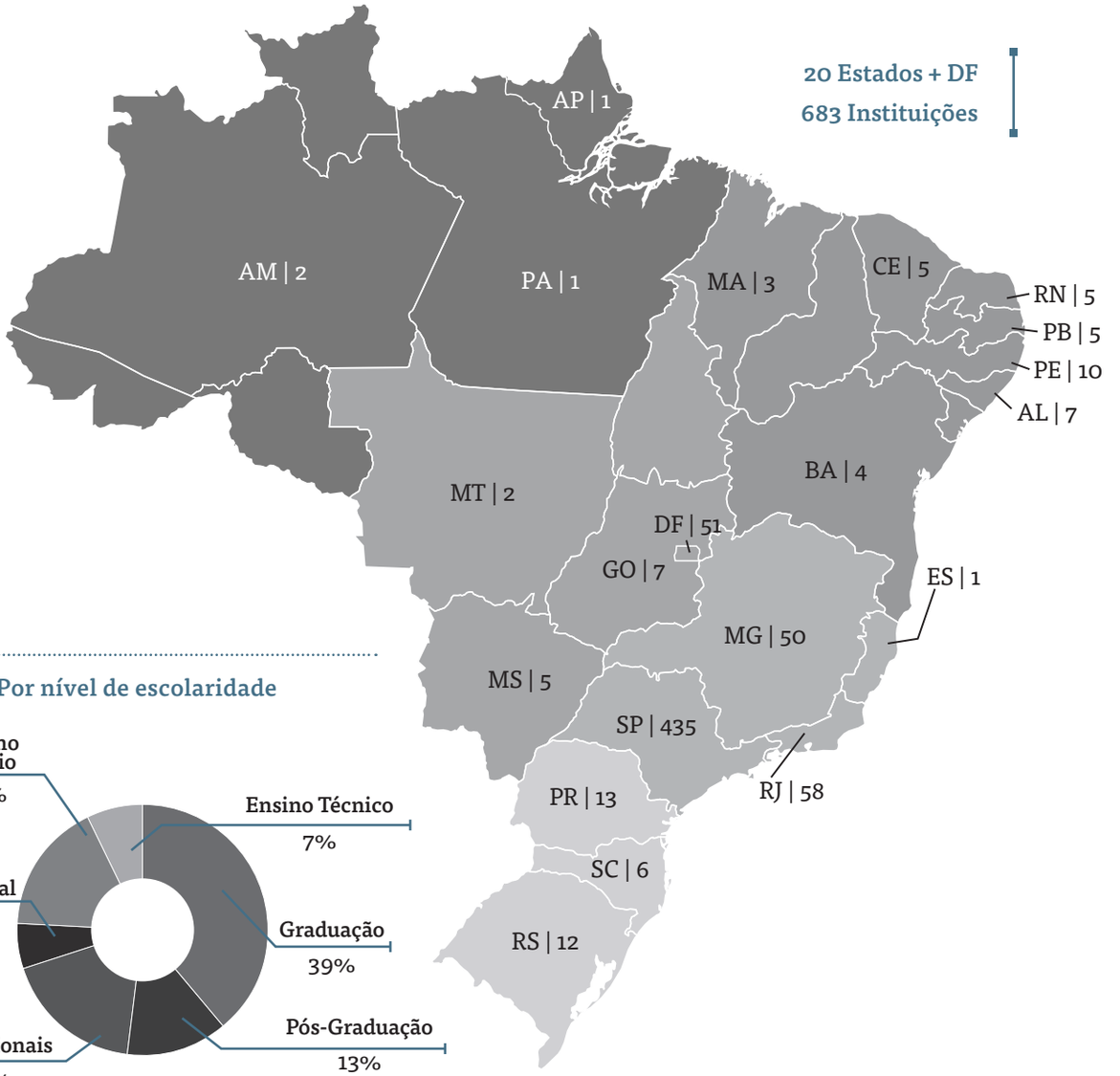
Perfil dos visitantes: 2017-2019

Nos últimos 3 anos, mais de 9 mil visitantes estiveram no CNPEM. A ilustração a seguir exibe o perfil dos visitantes em relação ao país de vínculo e nível de formação. O mapa apresenta o número de instituições de vínculo dos participantes.

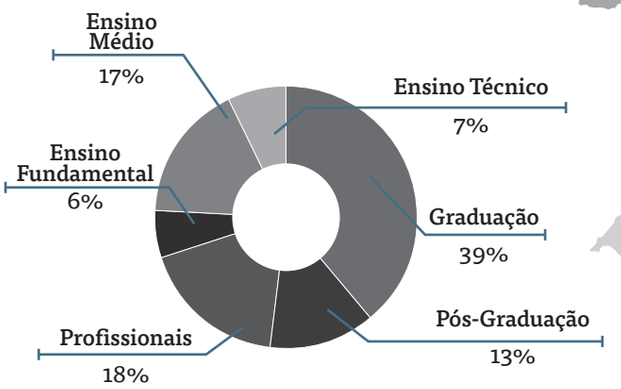
7.954 87%

1.149 13%

Instituições brasileiras por estado



Por nível de escolaridade



Celebração da cultura científica

Com a finalidade de ampliar a permeabilidade do CNPEM na sociedade, em 2016 o Centro realizou a primeira edição do Ciência Aberta. O evento abre as instalações dos quatro Laboratórios Nacionais do CNPEM, incluindo o Sirius, para que o público possa conhecer de perto a infraestrutura e pesquisas realizadas no Centro. A programação, com atrações para todas as idades, inclui exposições, oficinas, estações para realização de experimentos e palestras informais espalhadas pelo campus, além de praça de alimentação.

O evento tem atraído significativos números de visitantes e despertado crescente interesse de empresas parceiras do CNPEM em participar da iniciativa.

21 de maio
2016

3.500 visitantes

90 voluntários

1 de julho
2017

+4.000 visitantes

+300 voluntários

26 de maio
2018

+3.200
visitantes

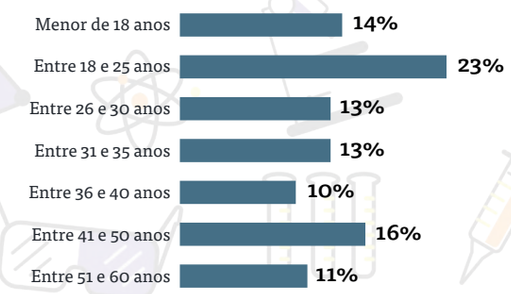
+400
voluntários

29 de junho
2019

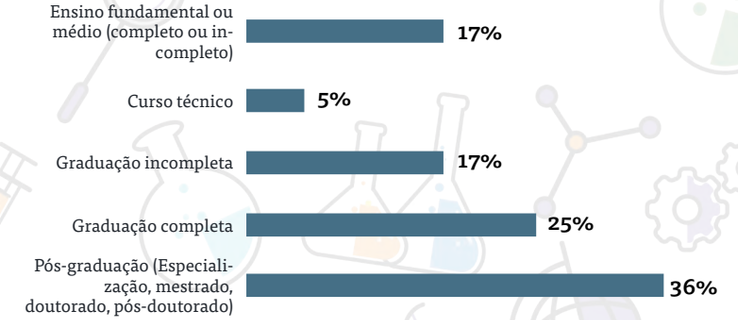
+16.000
visitantes

+550
voluntários

Em 2019, o Ciência Aberta reuniu mais de 16 mil visitantes no CNPEM em um único dia. 99% dos visitantes que responderam a pesquisa avaliaram o evento como Excelente ou Bom. A pesquisa também revelou que o evento atraiu público bastante diverso, tanto em faixa etária quanto em escolaridade.



Faixa etária



Escolaridade

Ciência Aberta nas redes sociais

Encantar cada vez mais

O avanço das atividades do CNPEM e o crescente sucesso do evento Ciência Aberta impõem desafios para continuar a encantar o público, aprimorando cada vez mais a experiência dos visitantes e fortalecendo o posicionamento do Centro diante da opinião pública. O planejamento das próximas edições prevê a disponibilização de auxílios para promover maior democratização do evento, atraindo pessoas que vivem em áreas com menores índices de desenvolvimento humano na cidade de Campinas. Há também a expectativa de promover o evento em mais de um dia, dedicando parte dele apenas a grupos escolares e universitários, aproximando o fazer científico dos conhecimentos teóricos presentes nos currículos e aumentando a aderência dos Professores ao CNPEM. A construção de visitas virtuais também vem sendo planejada e discutida. Essa tendência vem sendo tema de discussões internas e com as assessorias de comunicação de fontes de luz síncrotron espalhadas pelo mundo, as quais também têm buscado a expansão do alcance e a permeabilidade de suas ações com os mais diversos públicos, critérios impulsionados por ambientes digitais de visitas.

Gestão Estratégica e Administrativa

07

Gerenciar uma Instituição de Ciência e Tecnologia do porte do CNPEM traz desafios constantes que exigem coordenação de ações em níveis estratégicos e operacionais. A expansão da infraestrutura de pesquisa e ampliação do leque de competências científicas e tecnológicas observadas na última década contaram com o suporte de diversos setores dedicados à gestão do Centro. Nesta área, múltiplas competências e habilidades também são exigidas e desenvolvidas paralelamente ao amadurecimento das áreas finalísticas da organização.

Atualmente, o CNPEM conta com departamentos e assessorias que buscam em conjunto viabilizar a execução dos objetivos estratégicos institucionais, garantindo agilidade, segurança e transparência em seus procedimentos.

Nesse sentido, assegurar os recursos necessários para a execução das atividades da organização é essencial e engloba ações de gestão dos funcionários e colaboradores, agilidade e economia na aquisição de insumos e equipamentos e capacidade de ampliar e garantir a gestão e conservação da infraestrutura instalada. Tais atividades devem apresentar segurança fiscal e jurídica, atendendo às normas legais e regulamentos internos, com o objetivo de preservar a transparência e eficiência no uso dos recursos financeiros provenientes das diferentes fontes de recursos.

A interação com diferentes atores inerentes às atividades científicas e tecnológicas desenvolvidas no Centro também exige suporte das áreas de gestão, seja para assessorar os pesquisadores externos que utilizam as instalações abertas do Centro ou para viabilizar a aproximação com atores empresariais. Além disso, a permanente comunicação com a comunidade científica e o amplo público é parte da missão institucional, garantindo prestação de contas para a sociedade.

A sustentabilidade da instituição em médio e longo prazo requer informações que viabilizem o planejamento de suas linhas de atuação e dos recursos orçamentários a elas vinculados. Nesse sentido, o acompanhamento regular dos resultados obtidos pela organização associado à visibilidade da aplicação dos recursos é fundamental na contínua busca por excelência.

Considerando ainda o modelo de Organização Social deve-se destacar que é parte integrante das atividades de gestão a pronta resposta às demandas das diferentes instâncias do Poder Público, com destaque para o órgão supervisor e financiador do CNPEM – o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) – e o recente interveniente do Contrato de Gestão, o Ministério da Educação (MEC).

Principais Competências das Áreas de Gestão do CNPEM

Planejamento Institucional e Orçamentário	*Gestão da Inovação e Propriedade Intelectual*
Assessoria Jurídica	*Auditoria Interna*
Comunicação Institucional e Eventos	*Gestão Financeira, Fiscal e Contábil*
Gestão de Projetos Institucionais e Fomento	*Seleção e Gestão de Recursos Humanos*
Segurança e Medicina do Trabalho	*Gestão das Instalações de Pesquisa e Apoio aos Usuários*
Aquisições de suprimentos	*Tecnologia da Informação*
Engenharia e Manutenção da Infraestrutura	*Acompanhamento e Avaliação de Resultados e Indicadores de Desempenho*

Na última década, o CNPEM passou por significativas transformações. O período foi marcado pela franca expansão da infraestrutura laboratorial do Centro, ampliação e consolidação de suas principais competências de pesquisa e crescimento de seu quadro de recursos humanos. **Esses resultados exigiram coordenação de ações em níveis estratégicos e operacionais, que contaram com o suporte de diversos setores dedicados à gestão do Centro.**

Ampliação da infraestrutura física e de apoio

O crescimento da infraestrutura de pesquisa do CNPEM ao longo dos últimos dez anos exigiu uma significativa ampliação da estrutura física do campus, bem como de sistemas de apoio para que o Centro fosse capaz de desenvolver de forma adequada suas atividades fins, guiadas por cada um dos eixos de atuação. Com a instalação de novos laboratórios, equipamentos e o aumento no número de pessoas envolvidas com atividades de pesquisa e manutenção das instalações, é fundamental que a infraestrutura geral cresça para atender de forma eficiente às novas demandas.

Durante esse período, houve um aumento de cerca de 12,6 mil m² de área física construída, sem considerar os 68 mil m² do prédio do Sirius, como está disposto na planta do Campus. Além disso, uma área de 8,6 mil m² em prédios existentes foi reformada e adaptada para a implantação de laboratórios de pesquisa e instrumentação. O sucesso desta expansão é fruto de trabalho da equipe interna dedicada ao acompanhamento e gestão destas ações.

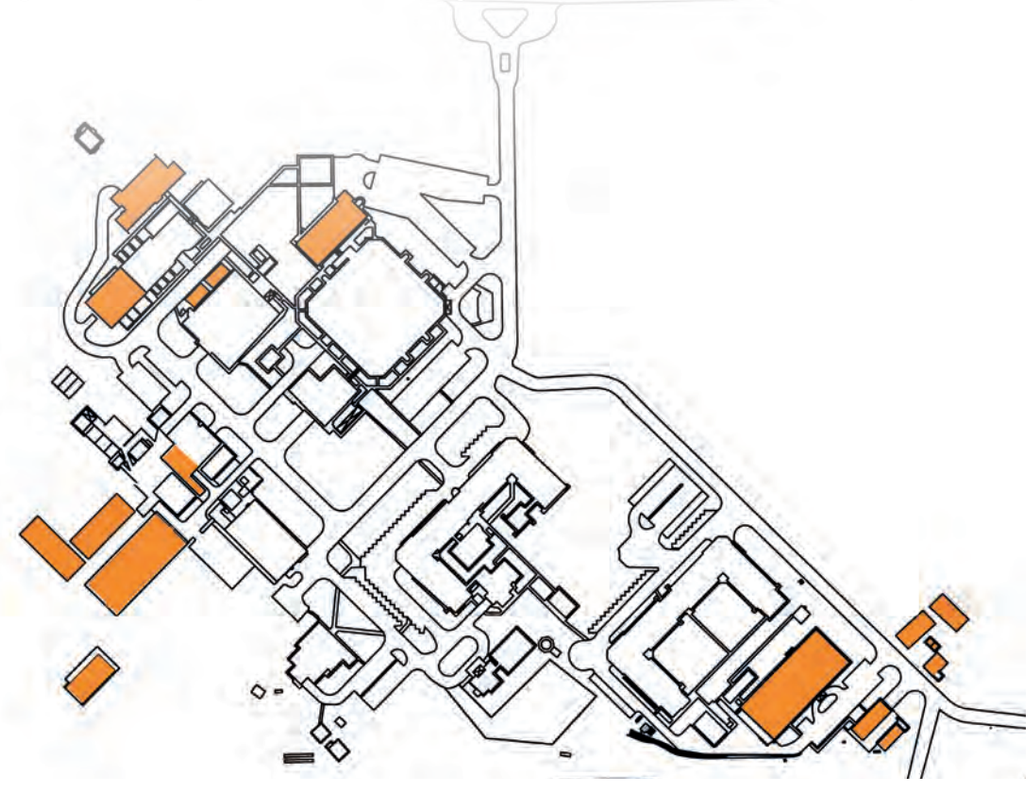
O aumento na produção de resultados científicos e tecnológicos do Centro exigiu também a expansão e modernização da infraestrutura de tecnologia da informação. Em dez anos, foi triplicada a capacidade de processamento, memória e armazenamento de sistemas responsáveis por serviços científicos, técnicos e administrativos, bancos de dados e aplicações, com implantação de sistemas de cópias de segurança e plataforma de recuperação de desastres. A conectividade foi ampliada pelo aumento da capacidade e atualização da rede de dados cabeada e wi-fi do campus e pela implantação de sistema de telefonia totalmente digital.

Paralelamente, foram implantados e atualizados diversos sistemas de gerenciamento, incluindo disponibilização de ferramentas direcionadas para os colaboradores. Foi implantado um novo sistema de gestão administrativa, capaz de integrar processos de diferentes áreas. No âmbito das instalações laboratoriais, a plataforma de gestão dedicada foi atualizada com melhorias em inúmeros processos, do recebimento das propostas de usuários externos ao agendamento e acompanhamento pós-experimento. Nesta mesma temática, está em fase de implantação um sistema de gerenciamento de informações laboratoriais e caderno eletrônico complementar, com foco no detalhamento e memória dos experimentos realizados.

O amadurecimento institucional exige informações de qualidade que garantam o dinamismo nas tomadas de decisão. Neste sentido, diferentes práticas de acompanhamento de informações gerenciais e de resultados passaram a contar com ferramentas de *business intelligence* que viabilizam acesso rápido, organizado e interativo.

O amadurecimento institucional exige informações de qualidade que garantam o dinamismo das tomadas de decisão. Neste sentido, diferentes práticas de acompanhamento de informações gerenciais e de resultados passaram a contar com ferramentas de business intelligence que viabilizam acesso rápido, organizado e interativo a relatórios e painéis específicos, programados por especialistas internos.

Os exemplos descritos ilustram os reflexos da expansão das capacidades científicas e tecnológicas em outras estruturas do Campus e reforçam a ideia de que o avanço é fruto de esforços conjuntos.



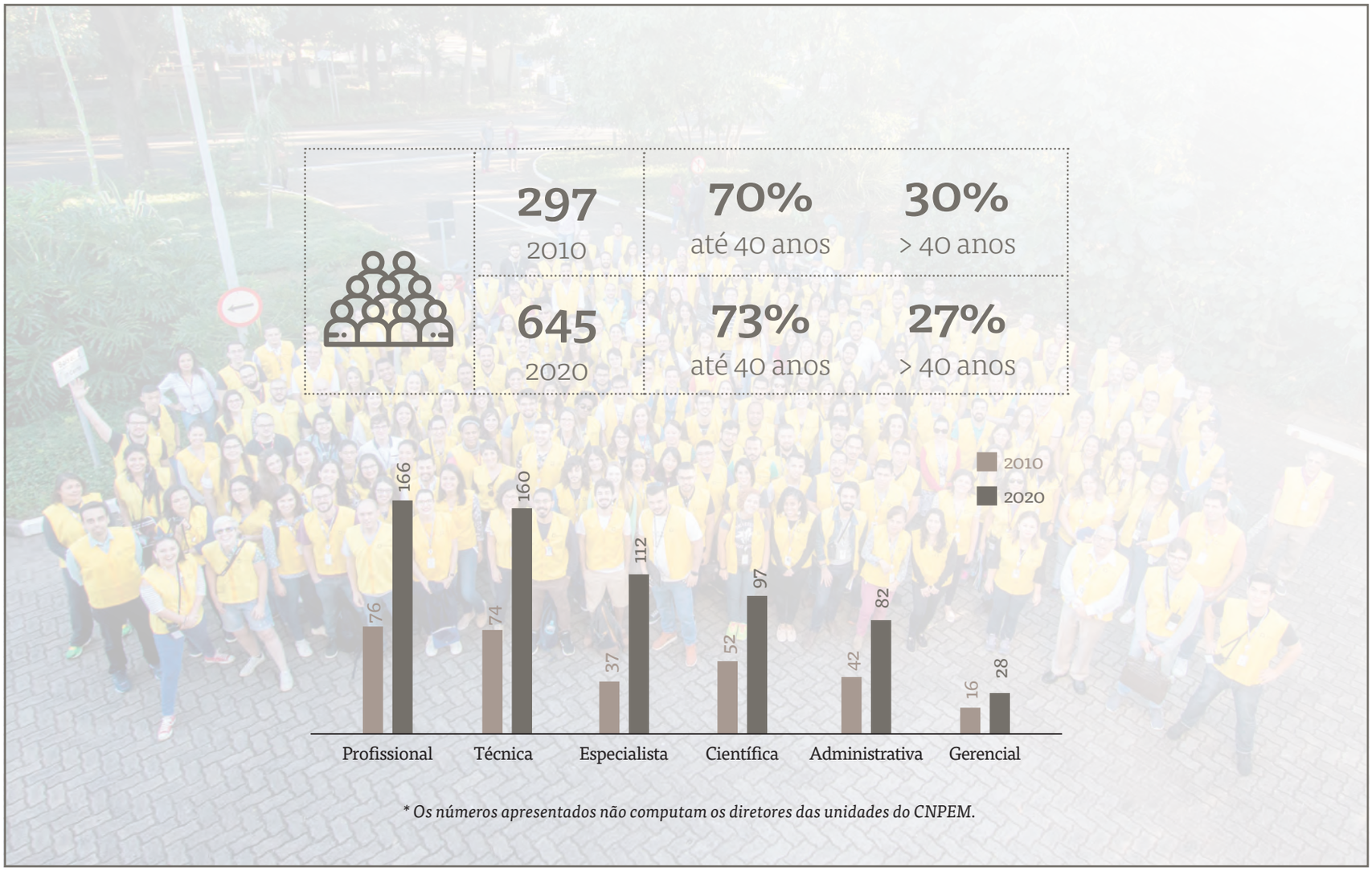
Planta do CNPEM com novas áreas construídas a partir de 2010 identificadas em laranja (exceto área Sirius)

Recursos humanos

A evolução do quadro de Recursos Humanos do CNPEM reflete a constituição de uma equipe interdisciplinar, envolvendo pesquisadores, especialistas, engenheiros, biólogos, físicos, químicos e técnicos de diversas áreas. Esses talentos constituem o maior ativo e diferencial da organização.

A equipe de celetistas do CNPEM cresceu aproximadamente 120% entre os anos de 2010 e 2020, reflexo direto do crescimento do Campus apresentado em detalhes em outros capítulos deste documento[41]. Ressalta-se que grande parte deste aumento se justifica pelos esforços voltados para a execução do Projeto Sirius e de outros projetos importantes que viabilizaram o ressarcimento de parcela significativa deste quadro de pessoal. Em 2019, por exemplo, 50% dos recursos destinados ao pagamento de pessoal eram oriundos do Projeto Sirius ou de outras fontes extra Contrato de Gestão. Ainda que o modelo de operação do CNPEM garanta meios para alavancar recursos destinados ao pagamento de recursos humanos, é importante destacar que a dependência de outras fontes para despesas desta natureza impõe riscos à sustentabilidade das competências internas.

As carreiras científica, especialista, profissional e técnica cresceram em conjunto aproximadamente 125%, enquanto as carreiras gerencial e administrativa apresentaram crescimento aproximado de 90%. É importante ressaltar que o aumento de projetos executados no Campus, incluindo o Projeto Sirius, também acarretou a expansão e fortalecimento das diferentes competências administrativas e gerenciais, essenciais às atividades finalísticas da organização.

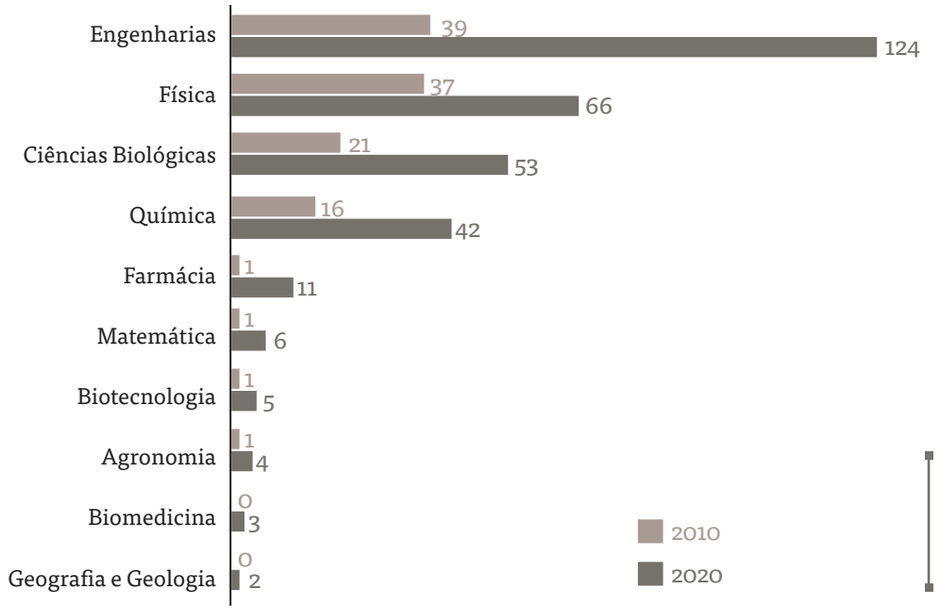


** Os números apresentados não computam os diretores das unidades do CNPEM.*

41. *Consideram-se os registros de dezembro de 2010 e de maio de 2020.*

Este processo de crescimento é marcado pela ampliação da presença de jovens no Campus. Em 2010, 204 (70%) dos funcionários tinham 40 anos ou menos, enquanto em 2020 este valor passou para 465 (73%), representando uma diferença de 261 profissionais.

A multidisciplinaridade é uma característica marcante na composição da equipe do CNPEM. A capacidade de atuação em diferentes áreas e setores é viabilizada por profissionais com múltiplas formações e atuando de maneira transversal nas diferentes carreiras. Um recorte das carreiras científica, especialista e profissional dos indivíduos dedicados às atividades finalísticas do CNPEM demonstra a presença da diversificação na formação destes profissionais. As engenharias aparecem com maior representatividade, concentrando em grande medida a engenharia elétrica, mecânica, física e de controle e automação. Juntamente com física, ciências biológicas e química estas áreas concentram grande parte dos profissionais.



Exemplo da diversificação das áreas de formação dos profissionais vinculados aos Laboratórios Nacionais e nas carreiras científica, especialista e profissional

Evolução da Segurança e Medicina do Trabalho no CNPEM

O expressivo aumento no número de colaboradores e outros indivíduos que acessam o Campus diariamente e a diversificação das atividades de pesquisa e desenvolvimento levou a estruturação de área dedicada à Segurança e Medicina do Trabalho. Com a missão de mitigar riscos inerentes às atividades do Centro, a área é responsável por coordenar e executar diferentes ações: avaliar as condições de trabalho por meio do Programa de Prevenção de Riscos Ambientas (PPRA); supervisionar os aspectos de segurança durante a avaliação das propostas de pesquisa submetidas para execução nas instalações laboratoriais do Centro; controlar, adequar e distribuir equipamentos de proteção individual para os colaboradores; indicar e realizar treinamentos seguindo as normas regulamentadoras; aprimorar e manter a infraestrutura de prevenção e combate a incêndios; gerenciar de maneira efetiva e segura os resíduos do Campus; coordenar a obtenção de licenças ambientais, bem como o gerenciamento de aquisição e uso de reagentes controlados; e controlar e acompanhar o acesso de funcionários de empresas terceirizadas ao Centro.

Adicionalmente, o CNPEM conta com o apoio técnico especializado em física das radiações, certificados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, que atuam em conjunto com a área de segurança do trabalho na avaliação das condições de trabalho e detalhamento de normas reguladoras para elaboração de controles e procedimentos internos.

Com resultados evidenciados por indicadores de consumo ambientais e de segurança de trabalho, essa é uma área em constante aprimoramento que busca proporcionar um ambiente seguro e saudável para todos os envolvidos nas atividades do CNPEM.

Programa Unificado de Estágio

O Programa Unificado de Estágios (PUE) do CNPEM é uma ação voltada para estudantes de cursos técnicos e de nível superior que buscam oportunidades em áreas científicas, tecnológicas e de gestão do Centro. A interação direta com a equipe de especialistas e o constante acompanhamento das atividades desempenhadas pelos estagiários confere características de aprendizagem e desenvolvimento que são pontos marcantes do programa.

No período de 2010-2020, o PUE cresceu significativamente passando de 25 vagas em 2010 para 85 vagas em 2020 – o que corresponde a um crescimento de 240%. As oportunidades para engenheiros em formação apresentam o maior crescimento passando de 11 vagas em 2010 para 43 em 2020. A seguir são apresentados os depoimentos de alguns ex-estagiários que passaram a integrar a equipe de celetistas do CNPEM.

PUE 2010

PUE 2012

PUE 2014

PUE 2017

PUE 2019

PUE 2020

JAMES FRANCISCO CITADINI

foi estagiário de nível superior no LNLS, no período de 2003-2005. Atualmente, é coordenador da Divisão de Engenharia do Sirius.

"Consegui a vaga de estagiário no CNPEM, em maio de 2003, no Grupo de Ímãs do LNLS. Estava no terceiro ano da Faculdade de Engenharia Elétrica e Telecomunicações e, após dois anos de muita dedicação, tinha acabado de ser promovido para uma vaga de coordenador técnico-comercial. A natureza do trabalho no CNPEM, a possibilidade de trabalhar com tecnologia de ponta, no desenvolvimento de novas tecnologias e focar, efetivamente, na área técnica, me motivaram a largar um emprego com garantias e começar a estagiar! O grupo de ímãs estava trabalhando na especificação e projeto de um componente para o acelerador que integrava diversas áreas, como: mecânica, automação, magnetismo, sistemas de controle, desenvolvimento de software, sistemas de vácuo. Foram anos de dedicação em um projeto de ponta, que permitiu meu desenvolvimento em áreas que não havia imaginado na faculdade. **O estágio permitiu aplicar conceitos e teorias aprendidas, interagir com especialistas de diversas áreas, tanto do CNPEM quanto de outros laboratórios nacionais e internacionais, mas permitiu, especialmente, um desenvolvimento técnico muito superior ao que eu teria somente na faculdade."**

THAYSE A. D. HERNANDES

foi estagiária de nível superior em 2010 e também no período de 2011-2012. Atualmente, é pesquisadora no LNBR.

"Iniciei meu estágio no CNPEM no ano de 2010, na primeira edição da seleção unificada de estagiários. Já no processo seletivo, achei muito interessante a atenção dada aos candidatos e a maneira como o processo foi conduzido, evidenciando através da seriedade e atenção, a importância que o CNPEM dava ao processo de estágio. Na época, tive a opção de escolher entre 3 vagas, passando por entrevista pelos gestores/pesquisadores responsáveis por cada uma delas. Optei por estagiar no grupo de sustentabilidade, no recém inaugurado CTBE, hoje LNBR. O grupo era composto por 4 pesquisadores, que faziam questão de incluir os estagiários em todas as atividades. Comecei a trabalhar com modelos de avaliação de critérios de sustentabilidade para biocombustíveis, avaliando questões como uso da terra e uso de recursos naturais, como água, na produção de biocombustíveis. **Aprendi como aplicar diferentes metodologias na avaliação de sustentabilidade, tendo contato com conceitos matemáticos, econômicos, sociais e ambientais. Foi, realmente, uma época de grande aprendizado técnico."**

ANDRESSA M. DE A. SANTOS

foi estagiária de nível superior no período de 2016-2017. Atualmente, é advogada na Assessoria Jurídica do CNPEM

"Eu entrei no CNPEM em março de 2016, como estagiária da Assessoria Jurídica e nunca havia estagiado em uma empresa, apenas no setor público. A experiência foi completamente nova e edificante no meu aprendizado profissional. Além do conhecimento jurídico, tive oportunidade de melhorar meu inglês conversando com pesquisadores estrangeiros que passam pelo CNPEM e/ou através da análise de contratos internacionais. Meu estágio no CNPEM durou até maio de 2017, porque aceitei uma proposta de estágio em outra empresa da região, no ramo de energia elétrica.

Em agosto de 2018, voltei para o CNPEM como advogada. **Eu voltei para o CNPEM porque sabia que as fontes de aprendizado são inesgotáveis. Não existe ócio ou monotonia."**

KLEBER E. V. DOS SANTOS

foi estagiário de nível superior no LNNano, no período de 2017-2018. Atualmente é analista de inovação no CNPEM.

"Estagiei, durante quase dois anos no LNNano, com atividades relacionadas à área de inovação. Mesmo estando em uma área de apoio, eu interagia com diversos pesquisadores e técnicos. Essa interação me mostrou que a minha formação e estudo não pariam na graduação. Eu era exposto à técnicas no estado da arte e precisava saber sobre o assunto para interagir. Essa experiência me preparou para atuar na área da inovação do CNPEM, realizando as minhas atividades da melhor maneira possível.

O CNPEM tem características muito distintivas de qualquer outro ambiente, seja ele acadêmico ou empresarial. Mesmo nas áreas de apoio como a área de inovação do LNNano, na qual fui estagiário, foi possível perceber o grande e intenso empenho que toda a comunidade do CNPEM tem em suas atividades com foco na entrega dos resultados. É um ambiente muito rico, em termos de relacionamento com pessoas."

LIDIANA LUCINDO MORAES

foi estagiária de nível técnico no período de 2018-2019. Atualmente, é técnica em mecânica da linha de luz SAPE, uma das linhas de luz do Sirius.

"Aos 30 anos percebi que não estava feliz em minha profissão e resolvi iniciar uma nova carreira. **Com o apoio familiar, iniciei o curso técnico em mecânica, já almejando atuar no CNPEM e entrei. Foi então que tive a oportunidade de ter contato pela primeira vez, em toda minha vida, com especialistas nas mais diversas áreas.** Aprendi técnicas, procedimentos, manutenções com colegas que estão há mais de 10 anos em atividade no laboratório. Que são especialistas em manutenções e atividades, dentro da mecânica, que eu não teria tido contato em nenhum outro lugar, senão no laboratório.

O ambiente colaborativo e de conhecimento compartilhado é a melhor coisa que já vi na vida! Hoje sou técnica responsável pela parte de manutenção dos equipamentos e por proporcionar condições de vácuo para a linha de luz SAPE."

OTAVIO BERENGUEL

foi estagiário de nível superior no LNNano, no período de 2018-2019. Atualmente, atua na Divisão de Síntese do LNNano no atendimento aos usuários externos.

"Durante o período que estagiei no CNPEM, atuei em um projeto de pesquisa científica na área da criomicroscopia eletrônica, no qual utilizei grande parte da bagagem recebida na universidade, durante o curso de Química. Além de fixar grande parte dos conhecimentos teóricos, aprofundei a vivência em laboratório, o que julgo ser imprescindível para um Químico em formação. O grande contato com o laboratório permitiu que eu fosse bem treinado para executar, com agilidade e segurança, diversos procedimentos que hoje utilizo rotineiramente.

O fato de o CNPEM possuir uma grande diversidade de profissionais dentro de um mesmo grupo de pesquisa é relevante quando se busca expandir contatos com pessoas de diferentes formações técnicas. A multidisciplinaridade que permeia qualquer grupo e projeto de pesquisa no CNPEM contribui positivamente para a formação de um jovem pesquisador."

JESSICA DO N.F. DE SOUZA

foi estagiária de nível técnico no período de 2011-2012 e de nível superior no período de 2017-2018. Atualmente, é analista de desenvolvimento tecnológico no LNBio.

"Tive a oportunidade de estagiar no CNPEM dentro do Programa Unificado de Estágio (PUE) em dois períodos distintos: em 2011 a 2012, no estágio de nível técnico, e em 2017 a 2018 no estágio de nível superior. Em ambos tive a oportunidade incrível de aprender diversas técnicas desde biologia molecular (no nível técnico) a cristalografia de proteínas e descobrimento de fármacos (no nível superior), de forma gradual e crescente. Os pesquisadores dão muito apoio e elaboram atividades condizentes com o nível de aprendizado e escolaridade do estagiário, respeitando os limites e principalmente a área de interesse do mesmo.

Um estágio no CNPEM abre a mente do jovem estudante para o mundo extraordinário da ciência, cujas maravilhas só ouvimos falar em trechos pequenos dos livros didáticos e que, por vezes, pensamos ser algo presente apenas no passado.

Quem nunca disse aos pais que queria ser cientista, não é? Eu já disse isso e no CNPEM, mesmo sendo estagiário, você é um cientista, dando uma contribuição, mesmo que pequena, para a descoberta de um novo medicamento, de como uma mutação em uma proteína nanométrica é capaz de interferir no desenvolvimento neurológico de um ser humano, etc."

PROF. DR. ENG. FERNANDO M. ARAÚJO-MOREIRA

é Engenheiro de Materiais formado pela UFSCar, Mestre e Doutor em Física, com pós-doutorado em Física pela Universidade de Maryland (EUA). Atualmente, é Professor Titular no Departamento de Física da UFSCar e atua como coordenador do programa de estágios em Engenharia Física desde a criação do curso.

"Considero que o estágio é uma etapa fundamental na formação de qualquer profissional, principalmente engenheiros, pois é uma oportunidade de ter contato com a maioria dos conceitos com os quais vai trabalhar após formado, com a grande vantagem de poder fazê-lo sob a tutela de um gestor que transmite ao estagiário não somente conhecimentos mas principalmente segurança e experiência de vida. Por outro lado, dispor de bons estagiários também é ótimo para as instituições, sejam elas corporativas ou não, pois isso permite conhecer - e treinar - futuros bons associados. Certamente, esse é o caso dos nossos estagiários no CNPEM, onde esse "casamento" é perfeito há quase duas décadas, dado o número de estagiários e contratados como engenheiros.

O aprendizado dos nossos alunos durante o programa de estágios do CNPEM tem sido excelente e tem aberto portas importantíssimas para eles no mercado de trabalho.

A maior vantagem/diferencial do estágio no CNPEM é a qualidade e abrangência dos conceitos transmitidos aos estagiários, não somente em ciência e tecnologia avançada, mas também em gestão. Isso, associado aos múltiplos benefícios que oferece, faz desse estágio o mais cobiçado dentre os alunos de maior rendimento acadêmico."

Orçamento

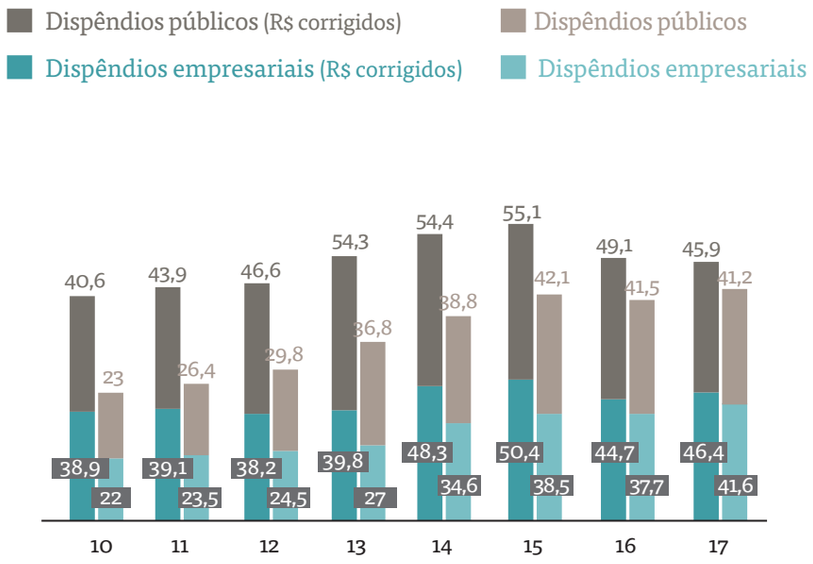
A ciência moderna se apresenta como atividade altamente especializada, baseada em descobertas e experimentos que permitem testar hipóteses e, assim, avançar na fronteira do conhecimento. É por meio dessas atividades investigativas em busca de respostas a grandes perguntas e soluções para diversos desafios, que a ciência gera conhecimento e contribui para a melhoria na qualidade de vida da sociedade em geral. Assim, atividades de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) são essenciais para o crescimento e desenvolvimento econômico e social de um país. Sabe-se que os recursos financeiros investidos nessas atividades geram um efeito multiplicador na geração de riquezas e renda, que se reflete, entre outras coisas, no PIB do país. Entretanto, trata-se de atividades com impactos esperados no médio e longo prazo, demandando esforços contínuos para seu sucesso.

Motivados por tais fatos, diversos países, especialmente aqueles considerados desenvolvidos, atribuem às atividades de CT&I papel central em suas estratégias de crescimento econômico. Nesse sentido, o Estado atua para estimular tais atividades tanto por meio de ações amplas que permitam a manutenção do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) – por exemplo, aquelas voltadas para contínua formação de recursos humanos e manutenção das atividades –, quanto por meio de programas estratégicos, orientados para missões específicas, integrando esforços entre o ambiente acadêmico, industrial e governamental. Enquanto as primeiras permitem a manutenção do nível geral de atividades garantindo a oferta de recursos necessários para ampliação e renovação dos quadros profissionais, os programas estratégicos visam superar desafios específicos, com metas e resultados bem definidos, garantindo a competitividade dos países em temas de importância mundial.

Relacionados às questões de saúde, energia, desenvolvimento sustentável, entre outros, os grandes desafios científicos e tecnológicos do Século XXI são complexos e exigem abordagens multidisciplinares, mobilização de grande número de pesquisadores articulados em rede e utilização de estruturas científicas sofisticadas e de grande porte. Neste contexto, os Laboratórios Nacionais, como o CNPEM, adquirem importância fundamental por reunirem competências singulares e grandes *facilities*, que os tornam ambiente fértil para o desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares.

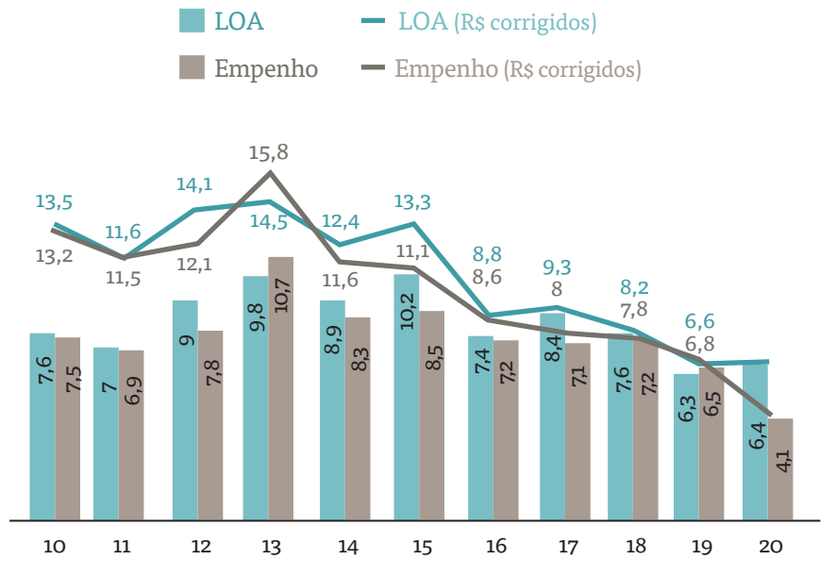
Assim como em qualquer outra instituição de ciência e tecnologia, o sucesso das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) executada pelos Laboratórios Nacionais está condicionado à disponibilidade de diferentes tipos de recursos – por exemplo, infraestrutura de pesquisa, capital humano e financeiro –, os quais são limita-

Dispêndios Nacionais em P&D: 2010-2017 (R$ bilhões)



Fonte: *MCTI Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação - Edição 2019. Valores corrigidos pelo IPCA - Data base: dezembro/2019.*

Execução Orçamentária Função C&T Governo Federal: 2010-2020 (R$ bilhões)



Fonte: *Dados extraídos da plataforma SIGABRASIL. Valores corrigidos pelo IPCA - Data base: dezembro/2019.*

dos. Além disso, recursos, como capital humano e competências de pesquisa, são cumulativos e dependentes do tempo – ou seja, exigem tempo para formação e maturação. Diante de tais fatos, a estratégia e coordenação no processo alocativo, visando uso adequado e eficiente dos recursos, adquire acentuada relevância.

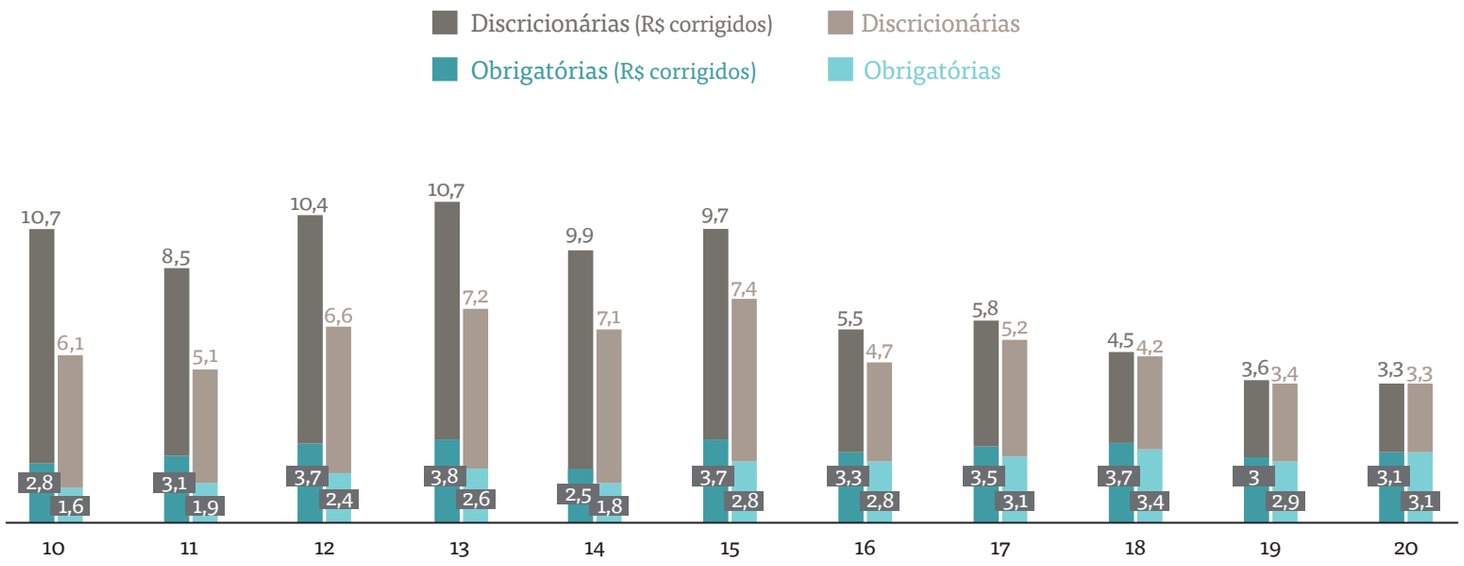
Dessa forma, para que instituições como o CNPEM possam cumprir com êxito sua missão e contribuir para o fortalecimento do SNCTI por meio de programas estratégicos de longo prazo é fundamental a garantia da sustentabilidade orçamentária. A operação e manutenção de infraestruturas laboratoriais competitivas e ampliação das competências de pesquisa exigem investimentos constantes. Ademais, a manutenção de um ambiente competitivo de pesquisa é essencial para que haja capacidade de resposta rápida em momentos específicos, por exemplo, no caso de situação de saúde pública como da pandemia de Covid-19, ou de corridas tecnológicas.

No período de 2010-2019, o Brasil fez significativos esforços para fortalecer seu SNCTI, destacam-se as reformas no arcabouço legal, criação de instrumentos de fomento à P&D, estímulos à cooperação entre empresas e instituições de ciência e tecnologia, entre outros. Os investimentos em P&D, tanto oriundos do setor público como do setor privado, apresentaram crescimento entre os anos de 2010 e 2015. Entretanto, a crise econômica brasileira reduziu essa capacidade de investimento com reflexos a partir de 2016.

Entre 2010 e 2017, os dispêndios públicos em P&D representaram, em média, 0,65% do PIB brasileiro, enquanto os dispêndios empresarias apresentou média de 0,57%. Em relação a este último, é importante frisar que este esforço ainda é bastante inferior à média dos países da OCDE. Além disso, em âmbito mundial estes recursos são orientados para financiar as atividades em P&D executadas pelo próprio setor empresarial. Nesse sentido, tais recursos devem sempre ser vistos como complementares ao dispêndio público, responsável pela operação e manutenção do SNCTI de cada país.

A escassez de recursos para P&D atingiu de forma aguda o orçamento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), impondo severas restrições às Organizações Sociais, como o CNPEM. Os valores da função C&T[42] do MCTI na Lei Orçamentária Anual (LOA) apresentaram redução de 27% em 2016 em comparação ao ano anterior. Esta queda é ainda mais acentuada quando se observa os valores associados às despesas discricionárias[43] do MCTI, que apresentaram redução de 37% nos valores da LOA. Tais dados indicam a severa restrição orçamentária imposta ao Ministério a partir de 2016.

Função C&T Governo Federal: LOA 2010-2020, por tipo de despesa (R$ bilhões)



***Fonte:** Dados extraídos da plataforma SIGABRASIL. Valores corrigidos pelo IPCA - Data base: dezembro/2019.*

42. *No orçamento público brasileiro a função de Ciência e Tecnologia indica a finalidade da despesa. Outras funções encontradas no MCTI são previdência, reserva de contingência e encargos especiais.* **43.** *Despesas obrigatórias são aquelas que o governo não pode deixar de fazer, pois se referem a compromissos estabelecidos na legislação: por exemplo, direitos individuais mínimos constitucionais (previdência, assistência social, seguro desemprego etc.), vinculações e salários de servidores. Enquanto as despesas discricionárias são aquelas em o governo tem uma maior margem de manobra para a decisão alocativa. É por intermédio das despesas discricionárias que o governo tem liberdade para escolher despesas que materializam suas políticas setoriais e promessas de campanha.*

Operação e Manutenção do CNPEM

Por meio do Contrato de Gestão junto ao MCTI, foi contratado para a operação e manutenção do CNPEM o total de R$ 755,5 milhões no período 2011-2020. Tais contratações foram pactuadas anualmente por meio dos Termos Aditivos firmados entre a unidade executora (CNPEM) e o órgão supervisor (MCTI). Estes recursos foram executados para viabilizar os planos de ação anuais, incluindo além das pautas de pesquisa, todas as despesas de operação e manutenção do Centro que abrangem inclusive despesas de pessoal. Este último item merece destaque, uma vez que o orçamento de operação e manutenção do CNPEM não garante a totalidade destas despesas. Em 2019, por exemplo, 50% dos recursos destinados ao pagamento de pessoal eram oriundos do Projeto Sirius ou de fontes extra Contrato de Gestão.

A comparação entre os valores previstos no Contrato de Gestão (CG) entre os anos de 2010 e 2016 para a operação do CNPEM e aqueles efetivamente contratados no mesmo período por meio dos Termos Aditivos anuais demonstram cumprimento da previsão orçamentária para o período originalmente estabelecido no Contrato, desconsiderando qualquer ampliação de escopo das atividades. A partir de 2016, o CNPEM passa a revisar a vigência do CG por meio de consecutivos Termos Aditivos. Concomitantemente, o ano de 2016 marca a reversão do ciclo de crescimento dos recursos contratados pelo CNPEM, como reflexo da crise econômica do País e da escassez de recursos para C&T que atingiu o MCTI. Neste ano, o orçamento contratado para a operação apresentou queda nominal de 20% e de 27% em termos de valores reais em relação ao ano anterior.

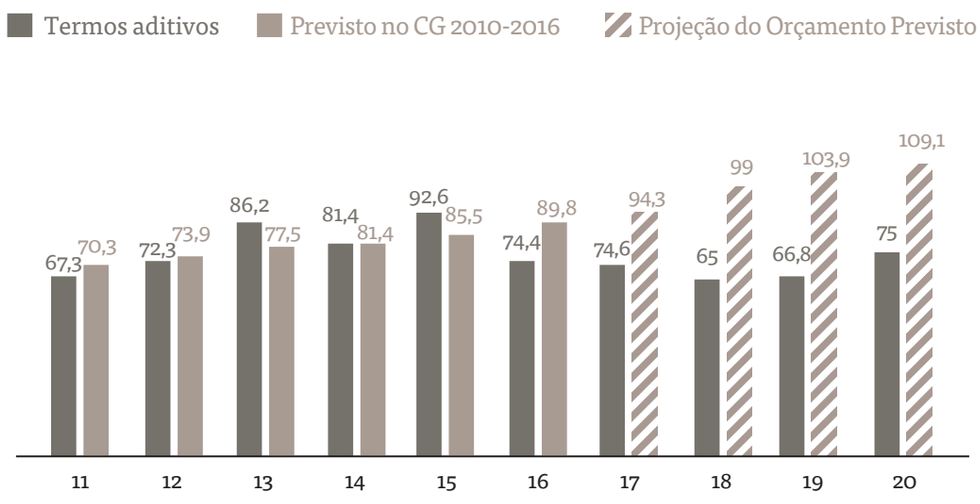
Assim, o período de 2016-2019 é caracterizado pela crescente compressão orçamentária nos valores contratados, exigindo considerável esforço de ajuste das despesas para manter suas atividades e atingir os resultados esperados. Em comparação ao orçamento de 2015, o Centro teve seu orçamento reduzido em 43% no período, quando se observa os valores reais do ano de 2019. Cabe ressaltar que os valores contratados no período 2016-2019 estão aquém do ideal para um Centro de Pesquisa que abriga avançadas infraestruturas e projetos prioritários para o País e presta apoio à comunidade científica por meio de suas instalações abertas à pesquisa e ações de treinamento e capacitação de recursos humanos. A previsão orçamentária do CNPEM a partir de 2016, considerando reajuste anual similar ao previsto no Contrato (aproximadamente 5% ao ano), atingiria patamares superiores a R$ 100 milhões a partir de 2019.

Este cenário torna-se ainda mais dramático quando considerados os valores contratados, em termos reais, para todo o período 2010-2019.

RECURSOS PARA OPERAÇÃO DO CNPEM

Os valores previstos foram extraídos dos Anexos II e III do Contrato de Gestão 2010-2016. Para o cômputo dos valores contratados foram considerados apenas os recursos destinados à operação do CNPEM, conforme disposto nos Termos Aditivos do período, excluindo-se, portanto, tanto recursos de projetos com Ações Orçamentárias Específicas, quanto de projetos com destinação específica acordada por meio dos Termos Aditivos. Disponível em: https://cnpem.br/contrato-de-gestao-2010-2016/

Valores previstos no CG 2010-2016 versus Contratado (R$ milhões)



** Valores contratados e repasses financeiros realizados até 31/07/2020.*

Isso pois, o orçamento para operação do CNPEM cresceu abaixo da inflação média observada no período que foi da ordem de 5,85%[44], o que implica na redução do poder de compra real do Centro. Neste contexto, o orçamento do CNPEM decresceu 38% neste período. Desta forma, a trajetória virtuosa do CNPEM descrita ao longo deste documento é também fruto de recursos provenientes de ações especificas, como o Projeto Sirius e SisNano, e da contínua alavancagem de recursos derivados de outros projetos.

Além disso, cumpre chamar atenção para a incerteza e atraso nos repasses financeiros dos recursos, que ocorreu em cinco dos dez anos analisados, motivados em grande medida pelas restrições impostas ao Ministério e descritas na seção anterior. A morosidade desses repasses impõe dificuldades para a gestão da Organização Social, exigindo a manutenção de um reserva operacional que permita garantir as atividades no início do ano seguinte, considerando os riscos associados aos atrasos nos repasses financeiros e a necessidade de cumprir com obrigações financeiras – especialmente, aquelas associadas à folha de pagamento do quadro de recursos humanos do Centro e grandes contratos com fornecedores e prestadores de serviços. Em alguns anos, o orçamento contratado pelo Centro foi transferido financeiramente à instituição com atrasos que superavam o ano orçamentário. Desta forma, os repasses financeiros anuais eram compostos de uma parcela de restos a pagar e outra referente ao orçamento contratado no ano. O ano de 2016 é marcado pelo processo de regularização do fluxo financeiro devido aos recursos alavancados por meio do processo repatriação (Lei nº 13.254).

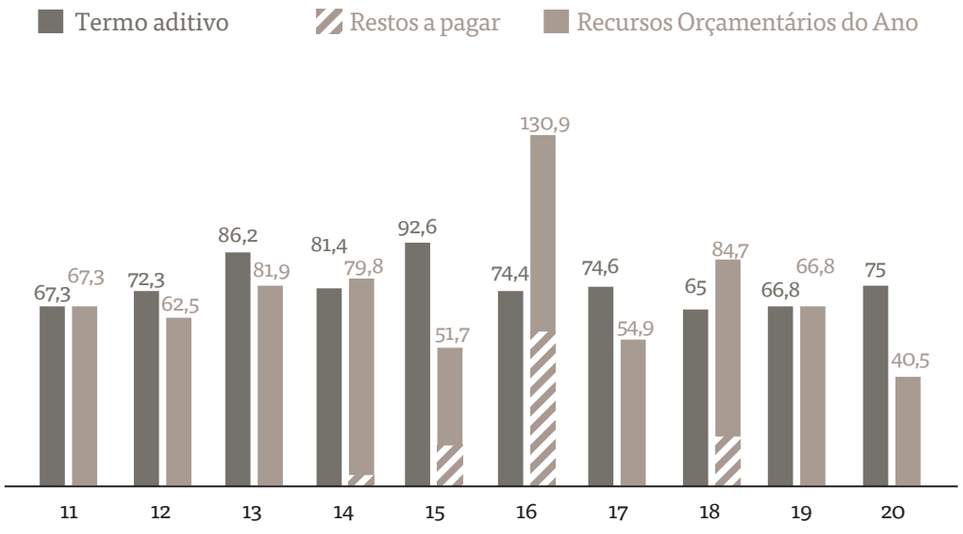
A falta de previsibilidade em relação aos recursos financeiros – tanto em relação aos valores previstos na Lei Orçamentária Anual a serem contratados pelo Centro, quanto da data de recebimento dos repasses – impacta diretamente na capacidade de planejamento da instituição. Nesse sentido, as incertezas orçamentárias constituem uma das principais adversidades à gestão do CNPEM.

Execução Orçamentária

O detalhamento da execução orçamentária do CNPEM é apresentado periodicamente no Relatório Anual de Atividades, disponíveis no nosso site ou através do QR ao lado:

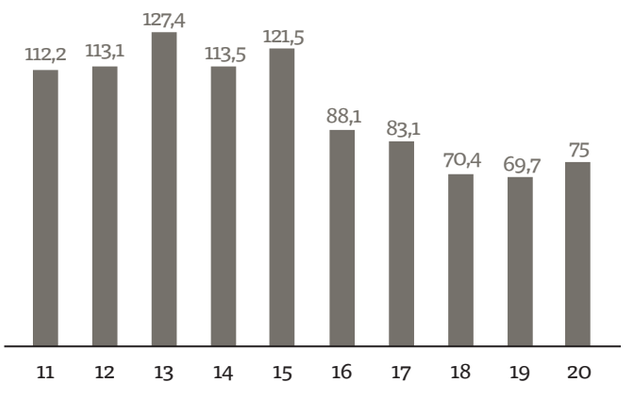
https://cnpem.br/acesso-informacao/contrato-de-gestao/relatorios-contrato-gestao-cnpem/

Valores contratados versus Repasses Financeiros (R$ milhões)



Valor Contratado Corrigido (R$ milhões, junho de 2020)

Valores calculados por meio da Calculadora do IPCA-IBGE. Disponível em: ibge.gov.br/explica/inflacao.php



** Valores contratados e repasses financeiros realizados até 31/07/2020.*

44. *Média da variação do IPCA (data-base: dezembro) acumulada no período 2011-2019. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?=&t=series-historicas.*

Recursos de projetos

Além dos recursos associados à operação, o CNPEM recebeu recursos destinados à execução de ações orçamentárias específicas relacionadas a projetos, são eles: a implantação do CTBE (atual LNBR), SisNano e Sirius.

A seguir é apresentado um detalhamento dos recursos contratos em cada um desses projetos.

Finalização da Implantação do CTBE

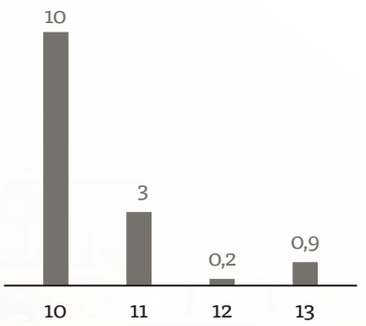
Em 2010, foi inaugurado o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), atualmente denominado Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR). O contexto de criação desta infraestrutura de pesquisa é apresentado no Capítulo 2 deste documento.

No período de 2010-2013, foram contratados R$ 14,1 milhões para completar a implantação do então CTBE, que já totalizava aproximadamente R$ 72 milhões investidos por meio do Contrato de Gestão anterior, vigente entre 1998 e 2010. Tais recursos foram contratados por meio da ação para Implantação do Centro Nacional de Tecnologia do Etanol (Ação 10ZS)[45] e complementados com financiamento direto pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) no âmbito das ações de Fomento a Projetos Institucionais para Pesquisa no Setor de Energia Elétrica e no Setor de Biotecnologia (respectivamente, Ação 2189 e 4031).
Os gráficos apresentam os valores contratados por ano e o adetalhamento dos repasses financeiros.

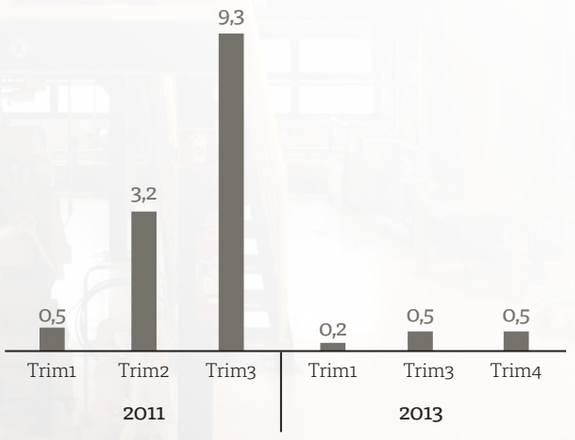
O CTBE surge fortemente orientado à missão de contribuir para a competitividade brasileira na produção e conversão industrial de biomassa de cana-de-açúcar em biocombustíveis. Em 2019, o Laboratório foi renomeado como Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), refletindo a expansão de sua atuação que passa a incluir bioquímicos e biomateriais, temáticas diretamente associadas às vantagens competitivas do Brasil, como biodiversidade e disponibilidade de biomassa.

Recursos complementares para implantação do CTBE

Valores Contratados (R$ milhões)



Repasses Financeiros (R$ milhões)



** Valores contratados e repasses financeiros realizados até 31/07/2020.*

45. *A ação 10ZS foi implementada no período de 2008 até 2011. Os valores apresentados neste relatório computam, exclusivamente, os recursos contratados no Contrato de Gestão 2010-2016.*

SisNANO

Em 2012, foi instituído no Brasil o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO). O SisNANO é uma das mais importantes iniciativas do Programa Nacional de Nanotecnologia, contemplado na Estratégia Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação 2012-2015, e visa à modernização e o fortalecimento de infraestruturas direcionadas à PD&I em nanociências e nanotecnologias. O Laboratório Nacional de Nanotecnologia constituí um dos laboratórios de referência do SisNANO.

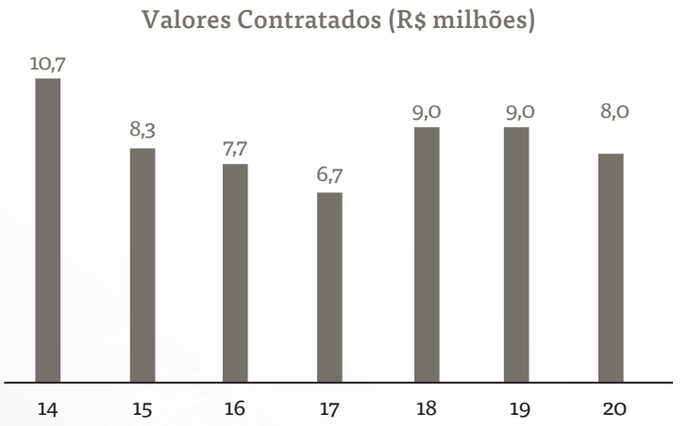
O SisNANO viabilizou significativos avanços na montagem da infraestrutura de ponta do LNNano no período 2014-2019. O plano de expansão da infraestrutura do Laboratório foi formulado a partir da identificação da demanda de setores mais dinâmicos da economia brasileira e das prioridades das políticas públicas.

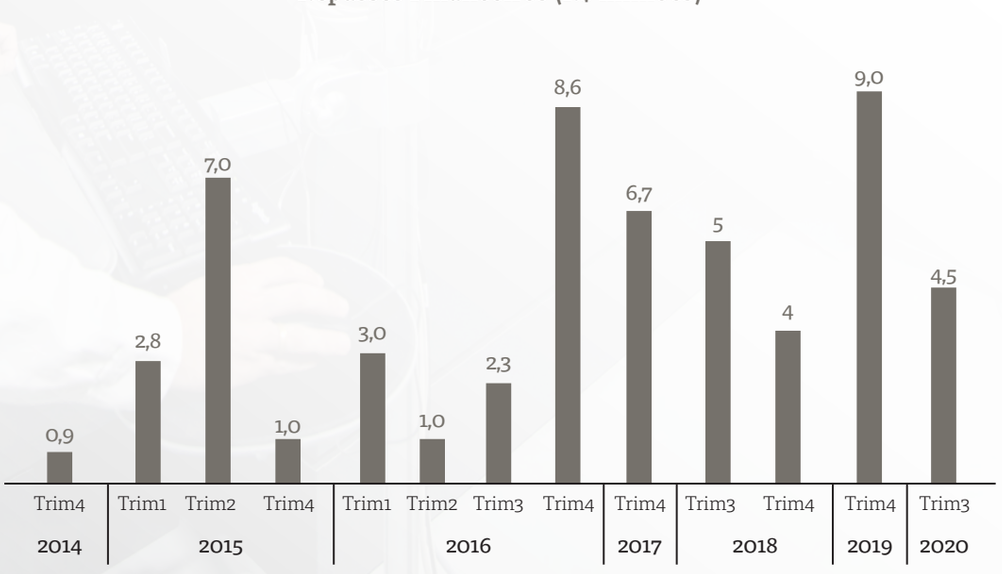
No período 2014-2020, as contratações do projeto SisNANO totalizaram R$ 59,3 milhões, do quais 94% foram repassados ao CNPEM até a data deste relatório. Os gráficos apresentam os valores contratados por ano e o detalhamento dos repasses financeiros. Estes recursos permitiram transformar o CNPEM na instituição que opera o mais avançado parque de microscopia da América Latina. Foram obtidos avanços significativos em microscopia, síntese e caracterização de materiais nanoestruturados, e na ampliação e modernização da infraestrutura dedicada à microfabricação e funcionalização de dispositivos.

Cabe destacar que em 2019, a expansão das instalações física e laboratorial do LNNano foi incluída como investimento prioritário no Plano Plurianual 2020-2023[46].

O SisNANO é um dos eixos estratégicos da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologias (IBN) e está inserido, direta ou indiretamente, em todas as ações estabelecidas no Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras – Nanotecnologia 2018-2022.

Recursos SisNano





** Valores contratados e repasses financeiros realizados até 31/07/2020.*

46. *Ver Anexo III do PPA 2020-2023. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa.*

Projeto Sirius

Em 2010, os primeiros esforços para projetar, desenvolver e construir um novo acelerador de elétrons se intensificam, e assim nasce o projeto da maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País, o Sirius.

Em 2012, a Lei Orçamentária Anual garantiu uma ação orçamentária exclusiva para o Projeto Sirius, a Ação 13CL[47], que foi inserida no Contrato de Gestão 2010-2016 por meio de Termo Aditivo firmado entre o MCTI e o CNPEM.

Em 2016, o projeto foi incluído no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Nesta ocasião, o projeto passou por revisão nas estimativas orçamentárias, considerando as variações cambiais[48] e inflacionárias do período, sendo o orçamento total definido no início de 2016 em R$1,8 bilhão. É importante destacar que as mudanças no cenário macroeconômico no período 2014-2016, a saber, o aumento da inflação e a forte desvalorização cambial implicaram no significativo aumento do custo e exigiram a revisão do patamar orçamentário inicialmente previsto de forma a viabilizar a continuidade/execução do projeto.

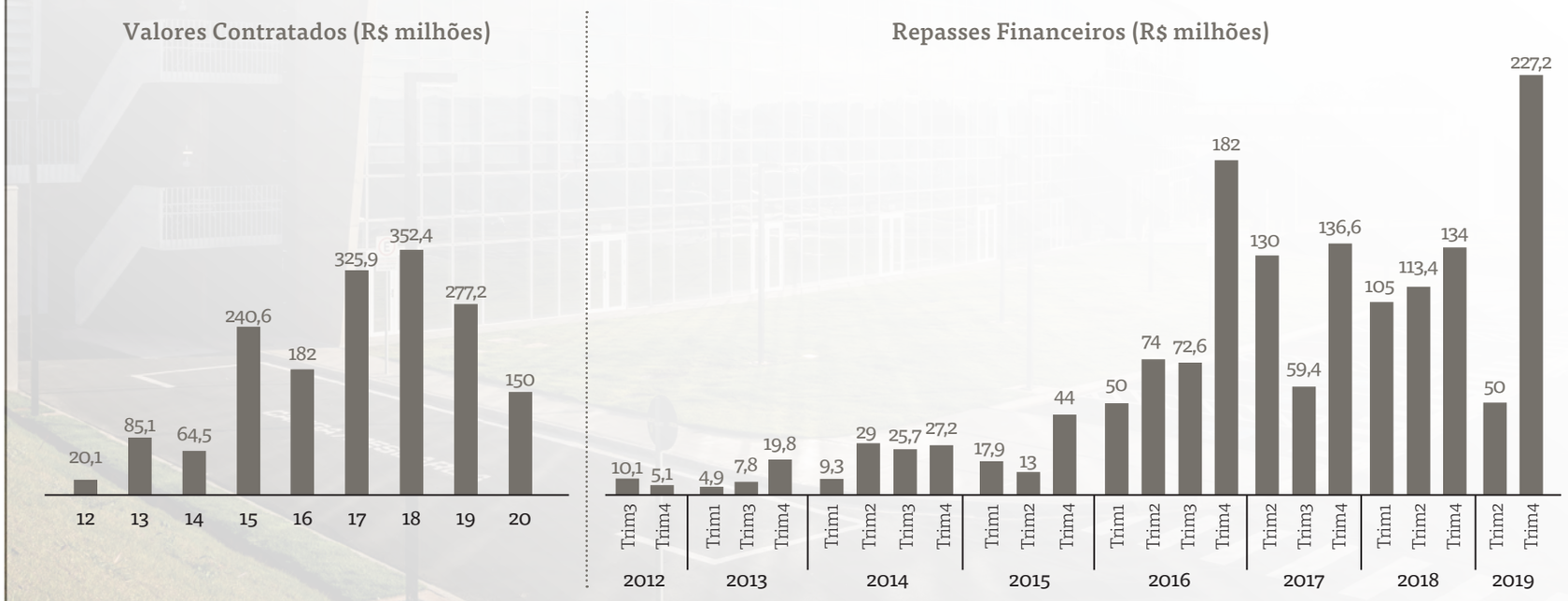
Em 2019, a segunda fase do Sirius foi incluída como investimento prioritário no Plano Plurianual 2020-2023[49], que prevê a futura inclusão de dez novas linhas de luz, disponibilizando ao final do período 23 estações experimentais. Sirius tem capacidade para comportar até 40 diferentes linhas de luz e estações experimentais e, portanto, investimentos continuados que permitam o aumento gradual no número de linhas de luz garantirão ganhos de escala e maior retorno sobre o investimento já realizado na construção e implantação da nova Fonte de Luz, uma vez que um maior número de experimentos poderá ser realizado simultaneamente atendendo pesquisadores acadêmicos e empresariais. Além disso, um maior número de linhas de luz permitirá diversificar as técnicas experimentais disponibilizadas.

É importante ressaltar que o orçamento previsto inicialmente para o Projeto Sirius (R$ 1.8 bilhão) considerava a finalização de seu escopo até dezembro de 2020. A viabilização desta premissa estava associada a um cronograma de repasses financeiros que permitiria executar importantes contratações em tempo hábil para que toda a montagem e comissionamento do Sirius ocorresse até este prazo final.

Todavia, dificuldades orçamentárias e atrasos nos repasses financeiros ocorridos ao longo dos últimos anos impactaram as previsões iniciais e atualmente o cronograma físico do projeto prevê extensão de prazos até o final de 2021 para a entrega das 14 primeiras linhas de luz[50]. Essa extensão de prazo acarreta, obviamente, impacto no orçamento total do projeto. Além disso, a atual crise econômica intensificada pela Pandemia de Covid-19 também impactará as previsões de entregas físicas e orçamentárias, principalmente devido às significativas flutuações cambiais e desaceleração de atividades comerciais de fornecedores, tanto para a conclusão do projeto com as 13 primeiras linhas de luz quanto para as atividades propostas no PPA 2020 -2023.

No período de 2012-2020, foram contratados R$ 1,698 bilhão para a execução da primeira fase do Projeto Sirius. Adicionalmente, a execução do projeto incorporou o montante de R$ 20 milhões referente ao saldo financeiro apurado em agosto/2012 relativo ao orçamento do pré-projeto, totalizando R$ 1,718 bilhão.

Recursos Projeto Sirius



** Valores contratados e repasses financeiros realizados até 31/07/2020.*

47. *Em 2013, o Projeto Sirius recebeu aproximadamente R$69,6 milhões por meio da ação orçamentária de operação e manutenção do CNPEM (8º Termo Aditivo – ação orçamentária 4192).* **48.** *A cotação do dólar passou de R$ 2,22 reais para R$ 3,87 no período compreendido entre julho de 2014 e dezembro de 2015.* **49.** *Ver Anexo III do PPA 2020-2023. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa.* **50.** *O escopo inicial do projeto contemplava as primeiras 13 linhas de luz, contudo, devido a critérios técnicos, uma delas foi desdobrada em duas. Ou seja, dentro do mesmo orçamento global será possível entregar 14 linhas de luz.*

Outras Fontes de Recursos

Ao longo do período 2010-2020, o CNPEM também executou recursos associados a projetos em parceria com diferentes empresas e, em menor volume, auxílios institucionais ou individuais. Os projetos em parceria com empresas são financiados com recursos próprios da empresa e/ou por instituições de fomento e fundos de apoio – por exemplo viabilizados pela FINEP, BNDES e EMBRAPII. Por sua vez, os auxílios individuais e institucionais são principalmente financiados pelas agências de fomento, tais como CNPq e FAPESP.

Em ambos os casos, os recursos alavancados são destinados, majoritariamente, à realização de projetos com plano de ação e objetivos específicos. Assim, a despeito de sua importância, estes recursos não permitem garantir despesas correntes associadas à operação do CNPEM, e, portanto, devem ser vistos como fontes suplementares/extraordinárias para a realização de atividades específicas de P&D.

Ações de Combate a Pandemia do Covid-19

Diferentes esforços dedicados ao enfrentamento da pandemia COVID-19 foram iniciados no CNPEM, entre eles estão:

Iniciativas de Combate a Viroses Emergentes

Esta ação propõe a implantação de novas infraestruturas e competências, complementares a outras já existentes no CNPEM, que, em conjunto, permitirão desenvolver pesquisa estratégica relacionada ao diagnóstico, tratamento e prevenção de viroses humanas patogênicas. Espera-se, por meio desta iniciativa, contribuir para que o Brasil possa responder rapidamente às necessidades sanitárias e médicas em situações de surtos, mas também garantir uma agenda permanente de pesquisa que resulte no aprofundamento do conhecimento básico acerca das viroses humanas patogênicas que sejam relevantes para o desenvolvimento de novas tecnologias pertinentes à área. Estão previstas a implantação de 8 diferentes plataformas científicas de vanguarda tecnológica, incluindo um Laboratório de Nível de Biossegurança 3 (NB3) e realização de projeto para implantação futura de Laboratório de Nível de Biossegurança 4.

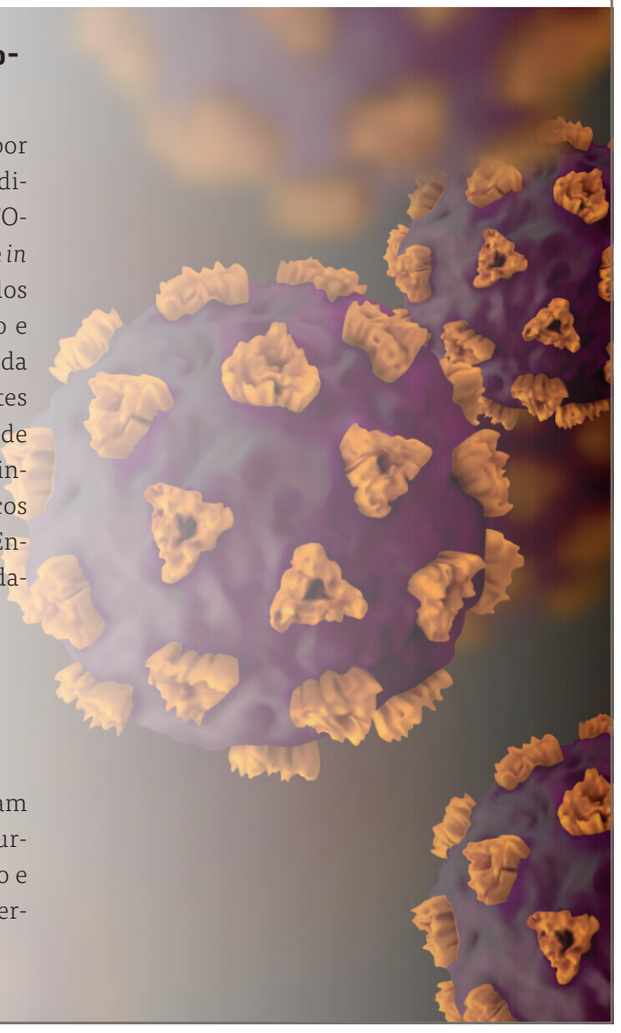
Este projeto conta com o aporte financeiro de R$ 45 milhões, cujo repasse integral foi realizado em julho deste ano.

Reposicionamento de Fármacos e Biologia Estrutural do SARS-CoV-2

O objetivo geral desta proposta é identificar, por meio da estratégia de reposicionamento, medicamentos potencialmente ativos contra a COVID-19. Esta ação reúne competências de teste *in silico* dos cerca de 2.000 fármacos já aprovados e testes *in vitro* com o alvo molecular isolado e posteriormente com o vírus. Uma vez validada a ação antiviral das moléculas testadas estes medicamentos seriam indicados para início de testes clínicos de eficácia com os pacientes infectados na pandemia COVID-19. Estes esforços serão financiados pela Finep por meio de Encomenda Transversal totalizando aproximadamente R$ 5,2 milhões.

Outras Ações contra o Coronavirus – Rede Virus MCTI

Há ainda outras ações do CNPEM que integram a Rede Vírus MCTIC e que contam com os recursos financeiros associados a ação de operação e manutenção do Centro, pactuados no 32º Termo Aditivo.



esc
tab
caps lock
shift
fn
control
option
command

Avaliação em Perspectiva

08

O processo de avaliação de uma instituição é crucial para o acompanhamento de suas atividades e identificação de aspectos relevantes para sua gestão e planejamento. Além disso, a avaliação também serve como forma de prestação de contas quanto aos resultados obtidos a partir dos investimentos realizados. Este processo faz parte da cultura de diferentes instituições de pesquisa e Laboratórios Nacionais em âmbito mundial e, no caso brasileiro, está no cerne do modelo das Organizações Sociais, que operam com foco nos resultados esperados para suas atividades finalísticas.

Além disso, cabe destacar que instituições de ciência e tecnologia estão inerentemente submetidas a um processo de avaliação contínua, uma vez que a avaliação por pares é pedra fundamental do *modus operandi* da ciência. Essa forma de avalição se aplica desde a produção e divulgação do conhecimento científico e tecnológico até os processos competitivos de fomento.

O CNPEM atribui elevada importância à avaliação, compreendendo o processo como fundamental para orientar suas ações em busca de eficiência e excelência em sua missão. No Centro esta temática abrange diferentes instâncias.

Em caráter normativo-regulatório, o Contrato de Gestão vigente entre o CNPEM e o MCTI estabelece uma Sistemática de Avaliação para as atividades do Centro. A avaliação estabelecida nessa sistemática está fundamentada em aspectos quantitativos baseados em um quadro de Indicadores e Metas associados aos respectivos objetivos estratégicos da organização. Cada indicador recebe um peso e são avaliados a partir de notas que variam de acordo com o percentual de atingimento da meta estabelecida. As metas e alterações no quadro de indicadores – adicionando, descontinuando ou modificando um ou mais deles – são pactuadas anualmente por meio dos Termos Aditivos firmados entre a unidade executora (CNPEM) e o órgão supervisor (MCTI).

O Contrato de Gestão também prevê a constituição de uma Comissão formada por especialistas, em avaliação e nas áreas de atuação do Centro, selecionados pelo MCTI e com responsabilidade de supervisionar, acompanhar e avaliar o desempenho da organização, considerando seus objetivos estratégicos e metas pactuadas.

Além de deliberar anualmente sobre a nota dos indicadores, a Comissão de Avaliação se reúne semestralmente no Campus do CNPEM para acompanhar as atividades do Centro por meio de apresentações, visitas guiadas e Relatórios de Atividades. Com base nestas informações a Comissão dá origem a um relatório que reúne recomendações ao CNPEM e/ou ao Ministério. Tais recomendações permitem à avaliação ir além dos números, fazendo um juízo qualitativo dos pontos de melhorias por meio das recomendações sugeridas.

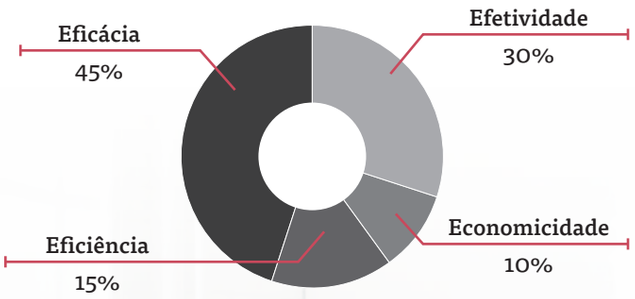
Em caráter consultivo, o CNPEM conta com comitês científicos internacionais – compostos por pesquisadores de renome que se reúnem a cada 2 ou 3 anos – para avaliar as diferentes infraestruturas e competências instaladas. O LNLS, devido à sua longa trajetória, é o Laboratório com maior número de avaliações desta natureza. Mais recentemente, essa prática foi instituída para os demais Laboratórios do Campus e, em 2015, foi implantado um quinto comitê de avaliação e assessoramento, o Comitê Científico do CNPEM. Este último tem a função de fornecer feedback e recomendações para o centro em uma perspectiva de integração e fortalecimento de suas competências, considerando o potencial de cada Laboratório e as respectivas avaliações individuais

A relevância do processo de avaliação também esteve presente na concepção do Projeto Sirius. Reconhecendo o desafio imposto pela magnitude do projeto, o CNPEM instituiu durante a fase de planejamento do projeto, os Comitês Internacionais de Máquina e de Linhas de Luz, ambos formados por renomados especialistas em síncrotron. Tais comitês, também de caráter consultivo, serviram para assessorar o Centro em relação ao acelerador e na definição das linhas de luz. Um marco relevante deste processo para o Sirius decorre da interação da equipe interna do CNPEM com o Comitê de Máquina. Em 2012, o primeiro projeto do Sirius é apresentado para esta comissão de especialistas, que recomenda alterações nos requisitos técnicos do projeto buscando produzir radiação ainda mais brilhante em sua categoria. Esta recomendação resulta em redefinições do projeto que o coloca na vanguarda tecnológica, tornando-o ainda mais competitivo.

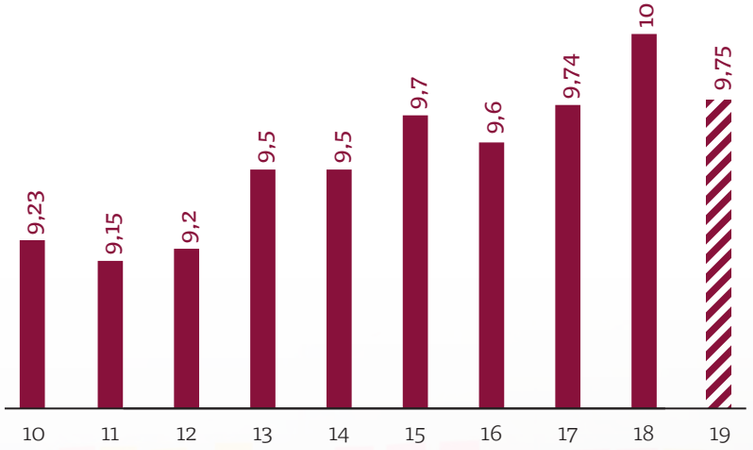
Destaca-se que as diferentes perspectivas dos processos de acompanhamento e avaliação dos esforços e resultados do CNPEM são complementares e de extrema relevância para a história da instituição. O monitoramento de indicadores auxilia no direcionamento objetivo dos esforços em busca do cumprimento de sua missão, enquanto o constante *feedback* de especialistas garante os aspectos qualitativos necessários para uma avalição equilibrada e responsável das atividades do Centro.

O processo de avaliação está no cerne do modelo das Organizações Sociais, que operam com foco nos resultados esperados para suas atividades finalísticas. Além disso, o CNPEM compreende que este é um processo fundamental para o constante aprimoramento de sua gestão e planejamento que deve ser orientado pela constante busca de eficiência e excelência em sua missão.

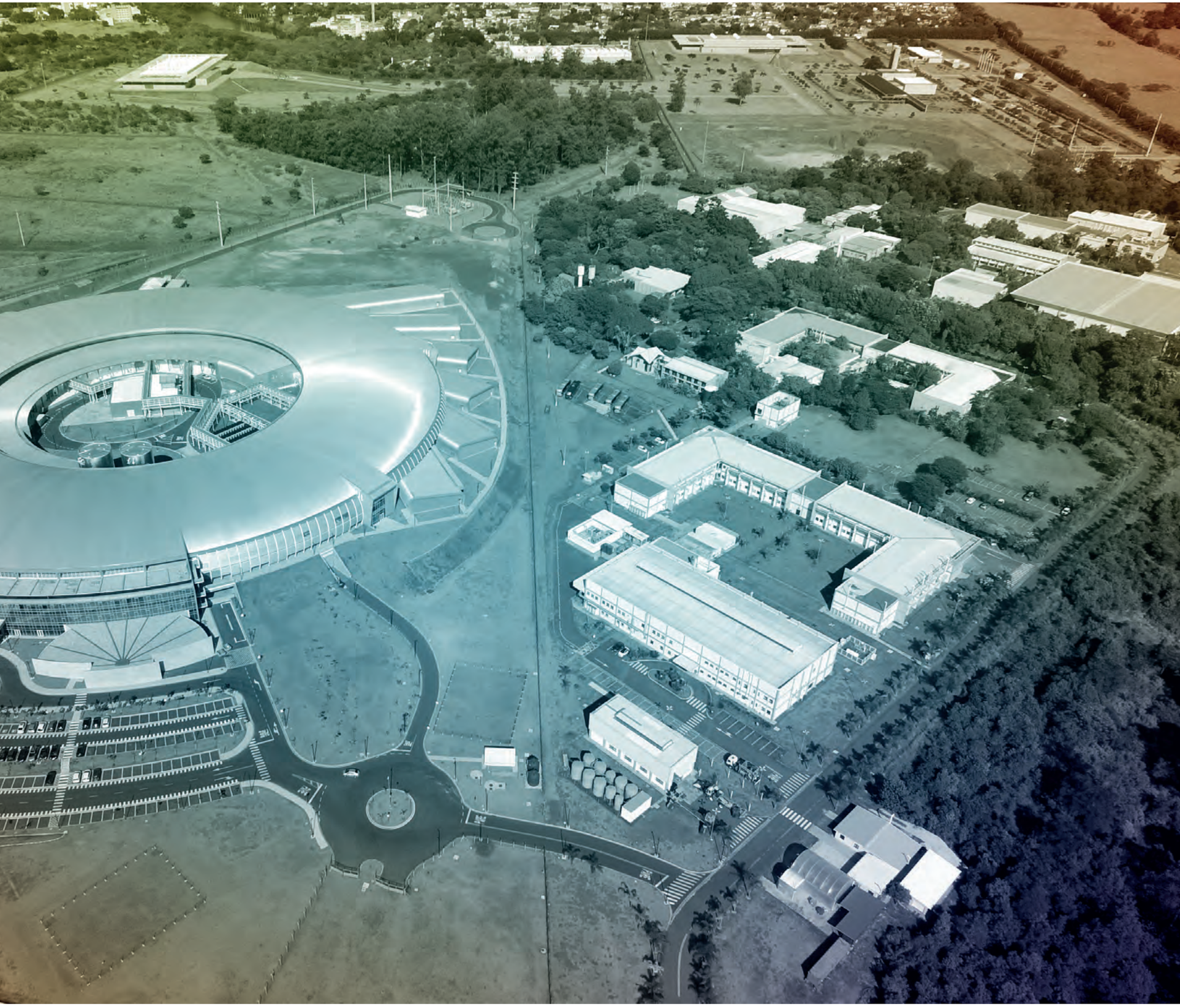
Composição do quadro de Indicadores em 2019 por tipo



Nota global do CNPEM atribuída pela Comissão de Avaliação (2010-2019)



** A nota de 2019 corresponde a uma estimativa da nota média global, calculada de acordo com a metodologia estipulada na Sistemática de Avaliação. Em virtude da pandemia do Covid-19, a reunião da Comissão de Avaliação foi adiada, impedindo a deliberação da nota oficial por essa Comissão.*



O início de um novo ciclo

A recente história do CNPEM, apresentada neste documento, demonstra que o Centro reúne hoje condições que conferem ao Brasil rara vantagem competitiva no cenário de ciência, tecnologia e inovação. Esta afirmação está baseada em três importantes pilares da instituição: equipe de excelência formada ao longo de anos, modernas instalações científicas reunidas em um campus único e modelo de gestão com foco em resultados. Tais condições permitem que o Centro cumpra sua missão de integrar competências singulares para o desenvolvimento científico e tecnológico e o apoio à inovação em áreas estratégicas para o País.

Em breve, o início da operação da mais moderna infraestrutura de pesquisa já construída no Brasil, o Sirius, colocará o CNPEM em posição de destaque no cenário internacional de ciência e tecnologia. Sirius viabilizará o uso de técnicas de investigação e caracterização da matéria no estado da arte que, associadas às competências multidisciplinares disponíveis no Centro, permitirá atrair pesquisadores e empresas parceiras na busca por respostas aos grandes desafios científicos e tecnológicos do século XXI.

Nesta próxima década o CNPEM não somente iniciará a operação do novo acelerador, mas deverá entregar progressivamente novas linhas de luz, maximizando o retorno do investimento já realizado e viabilizando um maior número de técnicas e experimentos. Simultaneamente, outras importantes infraestruturas de pesquisa dedicadas a doenças infecciosas emergentes serão implantadas e entregues para amplo uso da comunidade científica brasileira e internacional. A experiência do Centro em conceber, planejar, executar, manter e operar complexas infraestruturas laboratoriais o destaca como referência nacional em engenharia e instrumentação. Neste sentido, deve-se potencializar a integração das diversas competências do Centro, visando a atuação em problemas estratégicos e na fronteira do conhecimento, mantendo interação constante com a comunidade acadêmica e industrial.

A operação deste conjunto singular de equipamentos, técnicas e competências, reunidos no campus do CNPEM, exige constantes investimentos de manutenção e atualização que garantam seu funcionamento adequado e eficiente, e um quadro de pessoal altamente qualificado, que permita a maximização dos resultados. O início da operação do Sirius, acoplado ao conjunto singular de outras infraestruturas e plataformas complementares de pesquisa existentes no CNPEM, estabelece um novo paradigma para a operação do Centro, que demandará patamar orçamentário apropriado para que se cumpra com êxito a missão de ser um centro de referência aberto, multiusuário e multidisciplinar.

Para que o Brasil aproveite essa janela de oportunidade e o CNPEM continue irrigando o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia Inovação (SNCTI) por meio de suas ações de formação e capacitação de recursos humanos, execução de programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) estratégicos e pela manutenção de capacidade científica singular que vai além do escopo de instituições acadêmicas e empresariais – especialmente, via desenvolvimento, construção, operação e manutenção de infraestruturas e equipamentos de pesquisa diferenciados – é imprescindível a estruturação e priorização de agendas transversais e estratégicas de pesquisa associadas à construção de novos modelos de financiamento que garantam a sustentabilidade e a continuidade da evolução deste importante e único centro de P&D.

Provavelmente, um novo modelo de financiamento e operação do Centro deverá envolver diferentes atores públicos e privados, garantindo o atendimento de seus interesses e preservando as características essenciais da instituição. A garantia deste fomento, com recursos orçamentários e financeiros necessários para a operação do CNPEM em níveis competitivos internacionalmente, com visão de longo prazo, e a busca por eficiência, flexibilidade e agilidade devem ser a pedra fundamental deste novo modelo. Vale lembrar que a ampliação e consolidação das competências de pesquisa do CNPEM é fruto de décadas de investimentos do Poder Público brasileiro, por meio da profícua parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Ademais, a transformação aqui apresentada também contou com o apoio de muitos outros parceiros, de instituições de apoio e fomento às empresas parceiras. Certamente, as conquistas materializadas no CNPEM são de muitos e, em grande medida, contou com o constante apoio da comunidade cientifica. É importante enfatizar que, seja qual for esse novo modelo de sustentabilidade, ele deverá continuar a refletir a importância da parceria com o Estado Brasileiro, via o fomento necessário para a consecução de atividades que são fundamentais para o desenvolvimento do País. Com certeza a transversalidade dessas atividades deverá ganhar destaque nesse novo ciclo de atividades.

A definição de diretrizes para os próximos anos e a busca por soluções aos desafios aqui expostos contam com o envolvimento e apoio primordial do Governo Brasileiro, MCTI e Conselho de Administração e a renovação do Contrato de Gestão marcará este novo ciclo. Para esta nova fase, o CNPEM almeja se consolidar e ser reconhecido pela sociedade brasileira como uma conquista e patrimônio do País.

ANTONIO JOSÉ ROQUE DA SILVA

Diretor-geral

Em breve, o início da operação da mais moderna infraestrutura de pesquisa já construída no Brasil, o Sirius, colocará o CNPEM em posição de destaque no cenário internacional de ciência e tecnologia.

Nesta próxima década, o Centro deverá explorar esta importante vantagem competitiva, baseada em três importantes pilares institucionais: equipe de excelência formada ao longo dos anos, modernas instalações científicas reunidas em um único campus e modelo de gestão com foco em resultados.

Este livro foi composto em Tisa Pro e URW DIN, e impresso em
Papel Couché pela VPrint na Primavera de 2020.

Ambiente de pesquisa e desenvolvimento sofisticado e efervescente, único no Brasil, o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTI). O Centro reúne equipes multitemáticas altamente especializadas, infraestruturas laboratoriais mundialmente competitivas e abertas à comunidade científica, linhas de pesquisa em áreas estratégicas, projetos inovadores em parcerias com o setor produtivo e ações de treinamento para pesquisadores e estudantes. Assim, a atuação do CNPEM impacta positivamente diferentes atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Este documento apresenta, de forma breve, os progressos do CNPEM, obtidos entre os anos de 2010 e 2020, que conferem ao Brasil rara vantagem competitiva para o desenvolvimento científico e tecnológico e o apoio à inovação em áreas estratégicas como saúde, energia, indústria e materiais, meio ambiente e agricultura. Berço do mais complexo projeto da ciência brasileira, o Sirius, e detentor de um conjunto singular de infraestruturas e plataformas de pesquisa, o CNPEM avança para lançar a ciência e tecnologia brasileira a um novo patamar e se tornar uma instituição reconhecida como patrimônio nacional.