

**RELATÓRIO
SEMESTRAL
2018**



CNPEN

*Este relatório foi aprovado pelo Conselho de Administração
em Reunião Ordinária realizada em
31/08/2018*



**RELATÓRIO
SEMESTRAL
2018**

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Gilberto Kassab
Ministro de Estado

Elton Santa Fé Zacarias
Secretário Executivo

Conselho de Administração

Rogério Cezar de Cerqueira Leite (Presidente)
Esper Abrão Cavalheiro
Helena Bonciani Nader
Jailson Bittencourt de Andrade
João Evangelista Steiner
José Fernando Perez
Liu Lin
Luiz Eugênio Araújo de Moraes Mello
Marcelo Knobel
Marco Antonio Raupp
Maurilio Biagi Filho
Ogari de Castro Pacheco
Oswaldo Luiz Alves
Reginaldo dos Santos

Esta é a composição do Conselho de Administração responsável pela aprovação do Relatório Semestral 2018

Diretores

Antonio José Roque da Silva
Diretor-Geral

Cleonice Ywamoto
Diretora de Administração

Antonio José Roque da Silva
Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS

Kleber Gomes Franchini
Diretor do Laboratório Nacional de Biociências - LNBio

Eduardo Couto e Silva
Diretor do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE

Adalberto Fazzio
Diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia – LNNano

O diretor geral nomeado acima foi responsável pelo encaminhamento do Relatório Semestral de 2018 ao Conselho 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 Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) 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. O Relatório Semestral de 2018 é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão MCTIC/CNPEM.

SUMÁRIO

p 11 O CNPEM

INSTALAÇÕES ABERTAS
A USUÁRIOS EXTERNOS **p 27**

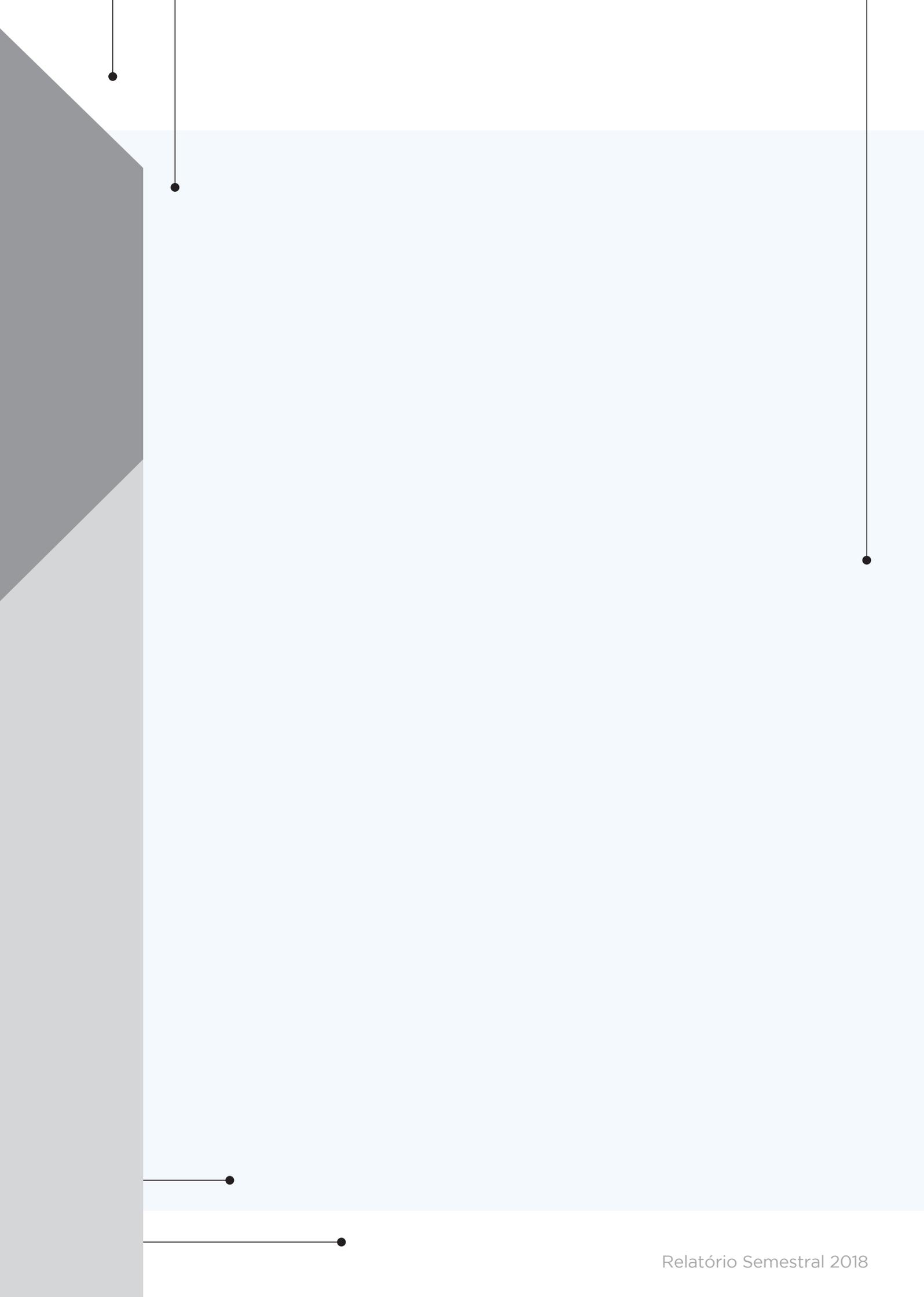
p 35 PESQUISA E
DESENVOLVIMENTO IN-HOUSE

APOIO À GERAÇÃO
DE INOVAÇÃO **p 97**

p 111 TREINAMENTO,
EDUCAÇÃO E EXTENSÃO

INFRAESTRUTURA
E OPERAÇÃO **p 117**

p 123 ANEXOS



Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) no primeiro semestre de 2018. Nesse sentido, o documento representa uma prestação de contas parcial ao Conselho de Administração do CNPEM, ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), e em especial, subsidiará os trabalhos da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão, formada por especialistas nas áreas de atuação do CNPEM e em gestão e avaliação de instituições de ciência e tecnologia, na análise sobre o desempenho institucional durante este semestre no âmbito do Contrato de Gestão firmado com o MCTIC.

O ano de 2018 iniciou-se com alterações na gestão da organização, pois tiveram início os trabalhos do Comitê de Seleção e o prof. Adalberto Fazzio assumiu interinamente as atribuições de Diretor Geral enquanto o Comitê e o Conselho buscavam por um novo nome para a direção do Centro. Essa função foi duplamente difícil para o prof. Fazzio, pois, por um lado acumulou os trabalhos de gestão do LNNano com os da direção geral interina; por outro, infelizmente, neste primeiro semestre não se conseguiu assinar o Termo Aditivo para alocar os recursos previstos na lei orçamentária anual (LOA) de 2018, o que criou dificuldades para planejar as atividades da organização.

Vale notar que o valor do orçamento para o CNPEM na LOA 2018 está aquém do necessário para manter todas as atividades do Centro com qualidade, e esforços estão sendo feitos para trazê-lo para patamares mais adequados.

Foi, portanto, necessário realizar um esforço considerável para manter os seus quatro eixos de atuação, a saber: (I) atender a propostas de pesquisa externas em suas instalações abertas,

compartilhando conhecimentos e técnicas com seus usuários; (II) realizar projetos de pesquisa e desenvolvimento internos em áreas estratégicas para o País; (III) estabelecer parcerias com empresas dos setores produtivos para apoiar seus processos de inovação; e (IV) promover atividades de treinamento e capacitação das comunidades acadêmica e empresarial, assim como o intercâmbio de informações e experiências.

Só em julho o Comitê de Seleção concluiu seus trabalhos, e o Conselho de Administração aprovou meu nome para Diretor Geral do CNPEM. Devo, portanto, agradecer ao prof. Adalberto Fazzio a dedicação e a competência com que conduziu esta organização em período tão turbulento.

Os resultados desse esforço podem ser apreciados neste Relatório, organizado em seis capítulos que apresentam: no primeiro capítulo, uma síntese dos resultados parciais do Centro de forma agregada; nos quatro capítulos seguintes os destaques dos laboratórios por cada um dos eixos de atuação; e, em um sexto capítulo, os aprimoramentos na infraestrutura e operação das instalações, todos eles relativos ao primeiro semestre de 2018. Além destes capítulos, organizou-se um anexo com o conjunto de indicadores de desempenho do Contrato de Gestão e outras informações complementares.

O CNPEM conseguiu, portanto, manter as atividades definidas pelos seus eixos de atuação e a construção do SIRIUS, o novo Síncrotron Brasileiro, e seguirá, durante o ano de 2018, buscando manter o padrão de excelência pelo qual é reconhecido e lutando pela recuperação do seu orçamento.

*Antonio José Roque da Silva
Diretor Geral*



LNNano

Laboratórios de Apoio LNLS

Refeitório

LNBio

Alojamento

Projeto Sirius

CNPEM



LNLS

UVX-LNLS

Diretoria Geral e de Administracao

CTBE

Planta Piloto





O CNPEM

Este capítulo apresenta uma síntese dos principais resultados do Centro no primeiro semestre de 2018. São divulgados os números mais relevantes associados às atividades-fim da organização, além de informações sobre recursos humanos, comunicação e gestão orçamentária e financeira.





O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) é uma associação privada, sem fins lucrativos, qualificada como Organização Social pelo Poder Público Federal em 1997 e supervisionada pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). O Centro opera quatro Laboratórios Nacionais: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); Laboratório Nacional de Biociências (LNBio); Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE); e Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano). Os Laboratórios Nacionais são singulares pela combinação de competências e instalações experimentais e por se caracterizarem como centros de pesquisa de referência abertos, multiusuários e interdisciplinares. O CNPEM, por meio de seus Laboratórios Nacionais, desempenha papel estratégico junto ao MCTIC, como indutor e executor das políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação, em particular nas áreas de aceleradores de partículas, instrumentação para uso de luz síncrotron, biotecnologia e fármacos, nanociência e nanotecnologia e pesquisa básica e aplicada relacionadas à bioenergia. Adicionalmente, o CNPEM busca manter forte interação com empresas dos setores de agricultura, indústria e serviços, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico em áreas prioritárias para o País.

▪ Missão do CNPEM

Integrar competências singulares em Laboratórios Nacionais para o desenvolvimento científico e tecnológico e o apoio à inovação em energia, materiais e biociências.

▪ Visão do CNPEM

Ser reconhecido como um Centro Nacional de Pesquisas dotado de competências para criar conhecimento no estado da arte e desenvolver soluções criativas nas áreas de energia, materiais e biociências.

▪ Eixos de Atuação

A atuação do CNPEM pode ser desdobrada em quatro eixos:

Eixo 1
Instalações abertas
a usuários
externos



Eixo 2
Pesquisa e
Desenvolvimento
in-house



Eixo 3
Apoio à
geração
de inovação

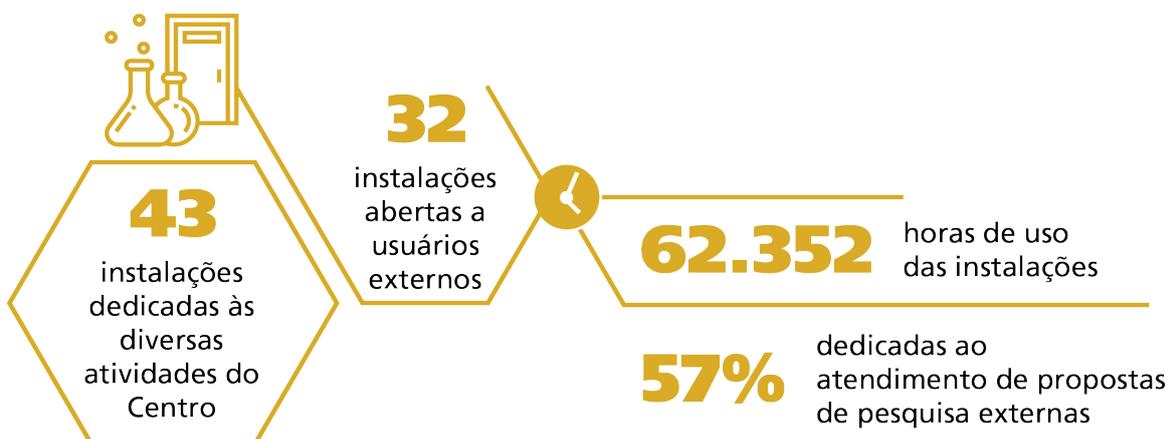


Eixo 4
Treinamento,
Educação e
Extensão



O CNPEM em Números

1º Semestre de 2018



3
eventos científicos,
envolvendo mais de
160
pesquisadores e
jovens em formação



7 cursos de capacitação
271 pesquisadores capacitados

- 3 China
- 1 Argentina
- 1 Canadá
- 1 Colômbia
- 1 Uruguai

304
bolsistas supervisionados e orientados ao longo do primeiro semestre de 2018

1.048
visitantes no Campus

83 pós-doutores supervisionados
118 bolsistas de doutorado

de **19** países estrangeiros
de **13** estados brasileiros

56 bolsistas de mestrado
47 bolsistas de iniciação científica

74%
estudantes

Recursos Humanos

O CNPEM conta uma força de trabalho qualificada e diversificada, incluindo celetistas, bolsistas, estagiários e autônomos. Ao final do primeiro semestre de 2018, este quadro contava

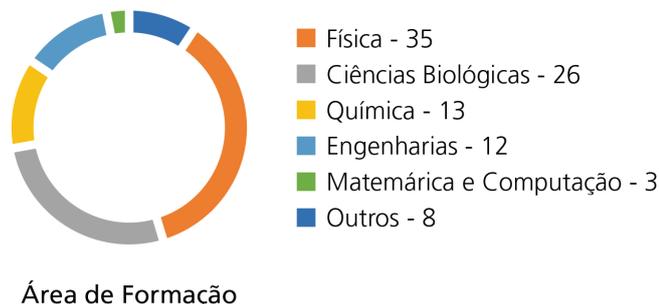
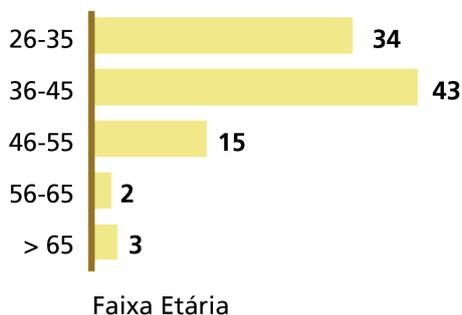
com 596 funcionários celetistas, distribuídos nas diversas carreiras. Ressalta-se que 73% deles estão dedicados a execução das atividades finalísticas do Centro.

	LNLS	LNBio	CTBE	LNNano	DG	DA	Total
Administração	12	3	6	3	9	37	70
Científica	37	28	19	13			97
Especialista	50	14	12	13	6	7	102
Gerencial	7	3	3	2	4	9	28
Profissional	67	15	32	13	2	25	154
Técnica	78	8	30	9		15	140
Total	251	71	102	53	21	93	591

O quadro acima apresenta a distribuição dos funcionários celetistas do CNPEM por Laboratórios Nacionais e Diretorias e por Carreira. Somam-se a este total 5 diretores.

Vale destacar que o Centro conta com uma presença massiva de jovens envolvidos diretamente nas atividades de pesquisa e desenvolvi-

mento, 57% dos funcionários das carreiras científica, especialista, profissional e técnica associados aos Laboratórios estão abaixo dos 35 anos.



Destaque para a carreira científica do CNPEM, incluindo faixa etária e área de formação.

Programa Unificado de Estágio

Desde 2007, o CNPEM promove o Programa Unificado de Estágio do CNPEM (PUE) que visa por meio de ação integrada divulgar amplamente as atividades e oportunidades do Centro, além de atrair jovens talentos em áreas

técnico-científicas. Este processo seletivo é padronizado para todo o Campus e conta com o envolvimento de líderes e gestores das atividades-fim. As principais etapas da seleção incluem a aplicação de provas técnicas (específicas para cada área foco), dinâmica de grupo e entrevistas.

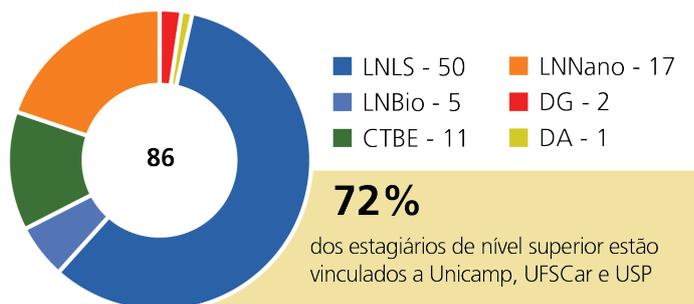
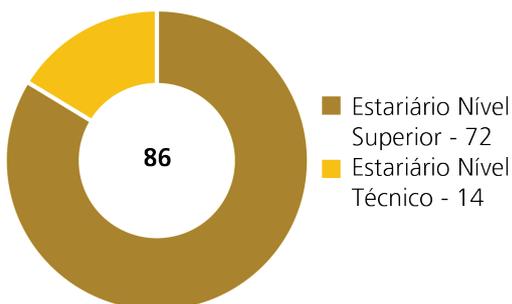
Em 2007, ano de início do programa foram 389 inscritos para 25 vagas de estágio. Em 2018, o programa contou 1354 inscritos para 64 vagas, representando um aumento expressivo no número de vagas disponibilizadas e 36% de aumento na relação candidato por vaga.

O PUE 2017 – 2018 contou com dez diferentes áreas de atuação, 2 dedicadas aos alunos de ensino médio (elétrica e eletrônica | mecânica e mecatrônica) e 8 para alunos do ensino superior (biologia e bioquímica | química e engenharia química | engenharia agrícola e ambiental e agronomia | ciência da computação e engenha-

ria da computação | engenharia de materiais | engenharia elétrica | engenharia mecânica, controle e automação | física e engenharia física).

Destaca-se ainda a alta taxa de retenção de talentos a partir desta oportunidade de estágio. Nos últimos três anos (2015 – 2017), um total de 42 estagiários foi contratado, além de 21 jovens que passaram a integrar as atividades do Campus como bolsistas de outras modalidades.

Ao final do primeiro semestre de 2018 o CNPEM contava com um total de 86 estagiários, 64 deles recrutados por meio do Programa Unificado de Estágio.

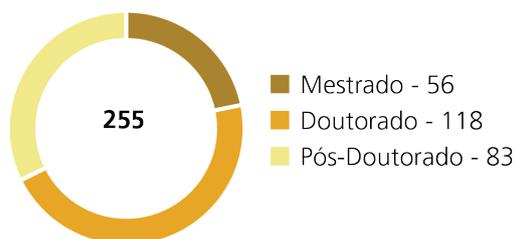


Bolsistas

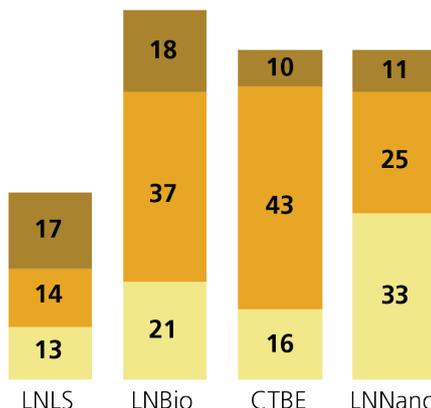
Ao longo do primeiro semestre de 2018, o CNPEM contribuiu para a formação e capacitação de 333 bolsistas, entre as modalidades de Pós-Doutorado, Doutorado, Mestrado, Iniciação Científica, Programa de Capacitação Institucional (PCI), Técnico, Pesquisador Visitante e outros.

Vale ressaltar expressivo aumento no

número de bolsistas quando comparado com os resultados semestrais de 2017. Para as categorias de mestrado, doutorado e pós-doutorado os aumentos foram de 40%, 34% e 10%, respectivamente, totalizando 255 bolsistas no período. As agências de fomento mais representativas para estas categorias de bolsas são CAPES, FAPESP e CNPq.



*A somatória de bolsistas por modalidade poderá exceder o total dado que um mesmo bolsista poderá ter sua modalidade de bolsa alterada ao longo do período.



As ações de comunicação e articulação institucional permaneceram focadas na divulgação do CNPEM na grande imprensa, exposição dos Laboratórios Nacionais para a comunidade por meio das redes sociais, realização de eventos científicos e de capacitação e elaboração de materiais impressos de divulgação.

Imprensa

No primeiro semestre de 2018, foram publicadas 367 matérias sobre o CNPEM e seus Laboratórios Nacionais na imprensa. Deste total, 61 matérias foram veiculadas em meios de comunicação de alcance

nacional, destacando-se entre os temas de maior repercussão o Projeto Sirius, enzimas para produção de etanol de segunda geração obtidas a partir de microrganismos amazônicos, a expansão da infraestrutura do Laboratório Nacional de Nanotecnologia e o desenvolvimento de uma nova estratégia imune para combater células tumorais.

Diferentes veículos de imprensa deram destaque à pesquisa sobre enzima de microrganismos encontrados em lagos amazônicos. Proteína mostrou-se compatível com dois processos essenciais para a produção de bioetanol de segunda geração.



Um canhão de elétrons em SP

Accelerador de partículas em Campinas pode ser o melhor do tipo no mundo



"ELE É VICIADO", DIZ MÃE
Filho de ex-BBB Elis Nair é preso no DF por suspeita de homicídio



INOVAÇÃO
Capa que imprime fotos de celular e mais 9 frutos de crowdfunding



VÍTIMAS DE VULCÃO
Mulher é única sobrevivente de família de 50 na Guatemala

Sirius protagoniza matéria no jornal Folha de S.Paulo e repercute no portal UOL.



© 24/5/2018 às 11h38 (Atualizado em 24/5/2018 às 13h09)

Nova enzima pode deixar produção de combustível mais barata



FACEBOOK



TWITTER



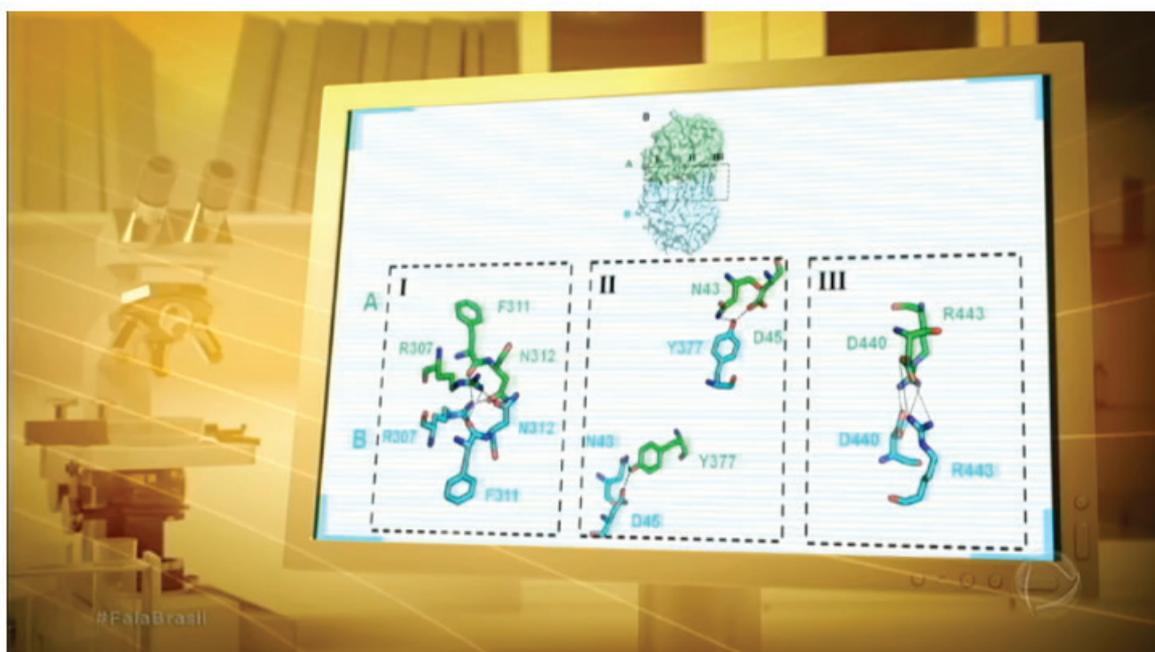
GOOGLE+



PÁGINA INICIAL



-A



Vacina feita no país e testada em cobaias elimina o câncer de pele

Pesquisa desenvolvida no LNBio descreve nova estratégia para vacina contra o câncer de pele e é destaque no portal Globo.com

NANOTECNOLOGIA AVANÇO NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS

Imprensa repercute a inauguração de novo prédio do LNNano que abrigará parque de microscopia eletrônica singular na América Latina.

Redes Sociais e Sites

A página institucional do CNPEM no Facebook apresentou crescimento no número de seguidores, alcançando ao final do semestre um total de 19.525 seguidores. Neste mesmo período, o perfil institucional do Centro no Instagram teve crescimento de 43% no total de seguidores.

No Facebook, as postagens com maior alcance de público se inserem no contexto do Projeto Sirius e do evento Ciência Aberta. Em conjunto, o anúncio da visita ao Sirius na programação do Ciência Aberta, a mensagem de confirmação de data do evento Ciência Aberta e a divulgação da imagem do hall experimental do Sirius, atingiu mais de 166 mil usuários. Uma das postagens com maiores taxas de interação nesta ferramenta (compartilhamentos, curtidas, comentários, etc) destaca a inauguração do novo prédio do LNNano.

Os sites institucionais do CNPEM e de seus Laboratórios Nacionais registraram, no período, mais de 242 mil seções e de 562 mil visualizações de página (*pageviews*).

Programa Institucional de Visitas

O CNPEM recebeu, por meio de seu Programa Institucional de Visitas, 1.048 visitantes do Brasil e exterior. Dentre eles destacam-se 77 participantes da Escola São Paulo de Ciência Avançada em Biologia Celular, participantes do curso "*Food Safety*", comitiva da Embrapa, mais de 100 alunos de pós-graduação da Escola Superior de Guerra, grupo de pesquisadores etíopes com foco em biorrefinaria, além de pesquisadores e políticos de renome.

Eventos

O CNPEM realizou um total de 10 eventos totalizando mais de 400 participantes, 7 deles voltados às atividades de capacitação e 3 de divulgação científica. Estes esforços estão detalhados no capítulo de treinamento, educação e extensão.

Além desses eventos, o CNPEM recebeu a segunda reunião do grupo de trabalho dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) responsável por megaprojetos científicos e infraestruturas de pesquisa e promoveu o evento "Nano no Parque", com o objetivo de apresentar as competências científicas e tecnológicas do LNNano para a comunidade do Parque Tecnológico de São José dos Campos.

Destaca-se neste semestre a realização da segunda edição do Ciência Aberta, evento de amplo alcance, dedicado a apresentar o Centro e seus Laboratórios Nacionais para a sociedade. O evento realizado no dia 26 de maio contou com apoio de 400 voluntários – funcionários, estagiários e bolsistas do CNPEM. A iniciativa reuniu mais de 3.200 pessoas no campus e incluiu visitas guiadas aos Laboratórios Nacionais e ao Sirius, oficinas, exposições sobre as pesquisas conduzidas no CNPEM e outras atrações. ●

Ciência Aberta



Ana Luiza Lira avaliou Cnpem Energia e Materiais — 5★
26 de maio às 14:43 · 🌐

Estivemos no evento "Ciência Aberta" e ficamos muito felizes com tudo! Desde o que pudemos conhecer até o contato com os profissionais voluntários que nos receberam tão bem! Apaixonante!

Roberto A. P. Fernandes Pessoal, parabéns pelo evento! Estrutura, praça de alimentação, atrações... visitas, tudo fantástico. Pra coroar, a simpatia de todos os organizadores e pessoal de atendimento ao público. Evento exemplar! Continuem assim!

↑ ↓ · Amei · Responder · Ver resposta · 2 sem



Antonio Paracencio PARABÉNS pela organização do evento e também pelas apresentações. O que foi mostrado prova que o BRASIL é um país que pode dar certo, pois tem profissionais, cientistas e gente abnegada. PARABÉNS!!!!!!

↑ ↓ · Amei · Responder · Ver resposta · 2 sem



Olá! Você vai postar as fotos que estavam tirando ontem? Muito obrigada! 😊

E parabéns pelo evento! Eu e meu namorado somos estudantes economia, e mesmo sem conhecimento teórico sobre física, química e biologia conseguimos entender todas as explicações e ficamos encantados por cada detalhe da CNPEM!! ❤️

Parabéns a todos os responsáveis pelo evento maravilhoso CIÊNCIA ABERTA, excelente, muito bem organizado, pessoal trabalhando em ótimo astral. Que venham outros! Muito obrigada!

Evento maravilhoso de tamanho encanto e aprendizado. Parabéns a todos pelo trabalho e participação no evento. Estou ansiosa para próximo ano.

celiapegoraro Obrigada vcs pela oportunidade e pela organização do evento!



jo_ma2202 Parabéns pela organização, pela competência da equipe e colaboradores. Cada ano há uma evolução crescente, sempre com inovações em todas as apresentações. Obrigada por compartilhar conosco.



Gestão Orçamentária e Financeira do Contrato de Gestão

No primeiro semestre de 2018, os recursos contratados no âmbito do Contrato Gestão foram exclusivamente destinados ao Projeto Sirius. O vigésimo segundo Termo Aditivo ao Contrato, assinado em fevereiro, viabilizou o empenho de todo o orçamento previsto na Lei Orçamentária Anual (LOA) deste ano para o Projeto, no valor de R\$ 218,4 milhões.

Para a operação do Centro e para o Projeto de expansão do Laboratório de Nanotecnologia (LNNano), foram empenhados respectivamente R\$ 55 milhões e R\$ 9 milhões. Estes recursos serão objeto de novo Termo Aditivo a ser assinado no segundo semestre.

Execução Orçamentária da Ação de Operação do CNPEM

A execução orçamentária no primeiro semestre totalizou R\$49,3 milhões, considerando despesas efetivamente realizadas e compromissos assumidos. A tabela a seguir detalha a execução orçamentária no período, por natureza de despesa.

A execução do item de pessoal manteve-se no patamar do primeiro semestre do ano anterior, ainda que o valor de 2018 contenha impactos do acordo coletivo de 2017.

A elevação da execução em 7% deveu-se sobretudo ao custeio, decorrência da adequação de infraestrutura do centro às regras de segurança, além de gastos com manutenção e conservação associados a ampliação da área de pesquisa e aquisição de novos equipamentos de grande porte, nestes casos, com recursos de projetos.

O nível de execução registrado no primeiro semestre para investimento, da ordem de 800 mil reais,

deve ser considerado muito inferior às necessidades de um parque de equipamentos de alta complexidade como o do CNPEM. Entretanto, isso não comprometeu o grau de atualização da infraestrutura do Centro, devido a captação de recursos de projetos para essa finalidade, embora essa estratégia não seja sustentável no longo prazo.

Natureza da Despesa	Realizado	Comprometido (*)	Executado
Pessoal	27.776.355	-	27.776.355
Custeio	10.390.140	10.363.046	20.753.186
Destaque: Energia Elétrica	4.143.188	3.809.314	7.952.503
Investimento	104.359	688.648	793.007
Total	38.270.854	11.051.694	49.322.548

CNPEM: valores executados por natureza de despesa, exceto projetos (em R\$)

() O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas no ano vigente, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.*

Saldo Financeiro da Ação de Operação do CNPEM

Foi repassado ao CNPEM, no primeiro semestre de 2018, o montante de R\$ 19,7 milhões relativo a orçamento empenhado em 2017 por meio do 21º Termo Aditivo. As atividades de operação e manutenção foram viabilizadas adicionalmente pela reprogramação do saldo financeiro de 2017, no valor de R\$74,7 milhões. A tabela abaixo sintetiza o fluxo financeiro do CNPEM no período.

Saldo inicial	74.762.807
Entrada de recursos	22.181.633
Contrato de Gestão	19.676.682
Rendimentos Financeiros	1.584.481
Outras entradas	920.470
Saída de recursos	39.226.699
Saldo financeiro em 30.06.2018	57.717.741

CNPEM: Saldo financeiro do Contrato de Gestão em 2018, exceto projetos (em R\$)

O saldo financeiro do Contrato de Gestão ao final de junho, no valor de R\$ 57,7 milhões compreende parcela da reserva técnica do Conselho de Administração, destinada a passivos contingentes do Contrato e a reserva operacional, destinada a honrar compromissos assumidos e a garantir a operação do

Centro até a liberação dos recursos da Lei Orçamentaria do ano, constituindo, dessa forma, mecanismo de proteção da Organização.

Saldo acumulado - Operação CNPEM	57.717.741
Reserva do Conselho de Administração	22.454.723
Reserva Operacional CNPEM	35.263.018

CNPEM: Saldo financeiro detalhado do Contrato de Gestão no primeiro semestre de 2018, exceto projetos (em R\$)

Projetos Específicos do Contrato de Gestão

Projeto Sirius: Neste ano, foi assinado o 22º Termo Aditivo referente à contratação dos recursos do Projeto Sirius (Ação 13CL do Orçamento da União) no valor de R\$ 218,4 milhões. O valor da execução orçamentária do projeto no período totalizou R\$ 524,7 milhões e foi viabilizada pela reprogramação do saldo financeiro do ano anterior, pelo orçamento pactuado para o ano de 2018 e pelos rendimentos financeiros auferidos.

A seguir, é detalhada a execução orçamentária do Projeto Sirius por natureza de despesa.

Natureza da Despesa	Realizado	Comprometido (*)	Total
Pessoal	13.232.519	-	13.232.519
Custeio	98.939.270	84.642.830	183.582.100
Investimento	186.847.580	141.025.540	327.873.120
Destaque: Obras	182.016.506	82.686.499	264.703.005
Total	299.019.369	225.668.370	524.687.739

Projeto Sirius: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

() O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas no ano vigente, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.*

O fluxo financeiro do projeto é registrado na tabela abaixo. São considerados o saldo reprogramado no valor de R\$ 239,6 milhões e os recursos recebidos por meio do 22º Termo Aditivo.

Saldo inicial	239.615.112
Entrada de recursos	224.015.176
Contrato de Gestão	218.410.903
Rendimentos e outras entradas	5.604.273
Saída de recursos	259.723.607
Saldo financeiro em 30.06.2018(*)	203.906.681

Projeto Sirius: Saldo financeiro do Contrato de Gestão no primeiro semestre de 2018 (em R\$)

() Este saldo financeiro está comprometido com as fases da obra civil liberadas e encomendas de equipamentos realizadas.*

Projeto SisNano: Analogamente à ação de operação do CNPEM, não houve neste ano contratação de recursos para o Projeto SisNano. No semestre, foi empenhado o valor de R\$ 9 milhões, a ser contratado no segundo semestre. Na tabela abaixo é detalhada a execução orçamentária do Projeto,

destacando-se a conclusão do novo prédio e a aquisição do Microscópio Eletrônico de Transmissão de grande porte, Talos Arctic.

Natureza da Despesa	Realizado	Comprometido (*)	SisNano
Pessoal	-	-	-
Custeio	215.244	-	215.244
Investimento	14.171.993	2.548.712	16.720.705
Total	14.387.237	2.548.712	16.935.949

Projeto SisNano: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

() O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas no ano vigente, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.*

O projeto SisNano iniciou suas operações em 2018 com o saldo financeiro de R\$ 18,2 milhões, permitindo a conclusão das ações iniciadas no ano anterior. A movimentação financeira do projeto é apresentada na tabela abaixo.

Saldo inicial	18.225.017
Entrada de recursos	343.907
Contrato de Gestão	-
Rendimentos e outras entradas	343.907
Saída de recursos	14.835.151
Saldo financeiro em 30.06.2018	3.733.773

Projeto SisNano: Saldo financeiro do Contrato de Gestão no primeiro semestre de 2018 (em R\$)

Projeto Biotec: Os recursos do Biotec têm destinação específica, embora não corresponda a uma ação no Orçamento da União, como o Sirius (Ação 13CL) e SisNano (Ação 14XT). A execução orçamentária do Projeto Biotec foi de R\$1 milhão no período, tendo sido concluída a reforma

do biotério, iniciada em 2017. A tabela abaixo apresenta a execução detalhada por natureza de despesa:

Natureza da Despesa	Realizado	Comprometido (*)	Total Executado
Pessoal	407.123	-	407.123
Custeio	-	113.189	113.189
Investimento	580.484	8.400	588.884
Total	987.607	121.589	1.109.196

Projeto Biotec: valores executados por natureza de despesa (em R\$)

() O valor comprometido refere-se a pedidos de compras, contratos e demais despesas aprovadas no ano vigente, ou seja, compromissos firmados e ainda não liquidados.*

A respectiva movimentação financeira aparece demonstrada na tabela a seguir.

Saldo inicial	2.697.865
Entrada de recursos	58.911
Contrato de Gestão	-
Rendimentos Financeiros e outras entradas	58.911
Saída de recursos	985.347
Saldo financeiro em 30.06.2018	1.771.429

Projeto Biotec: Saldo financeiro do Contrato de Gestão no primeiro semestre de 2018 (em R\$)





INSTALAÇÕES ABERTAS A USUÁRIOS EXTERNOS

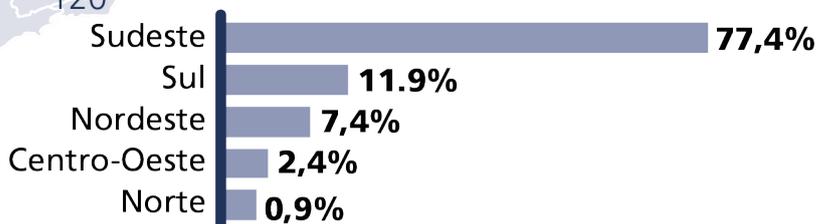
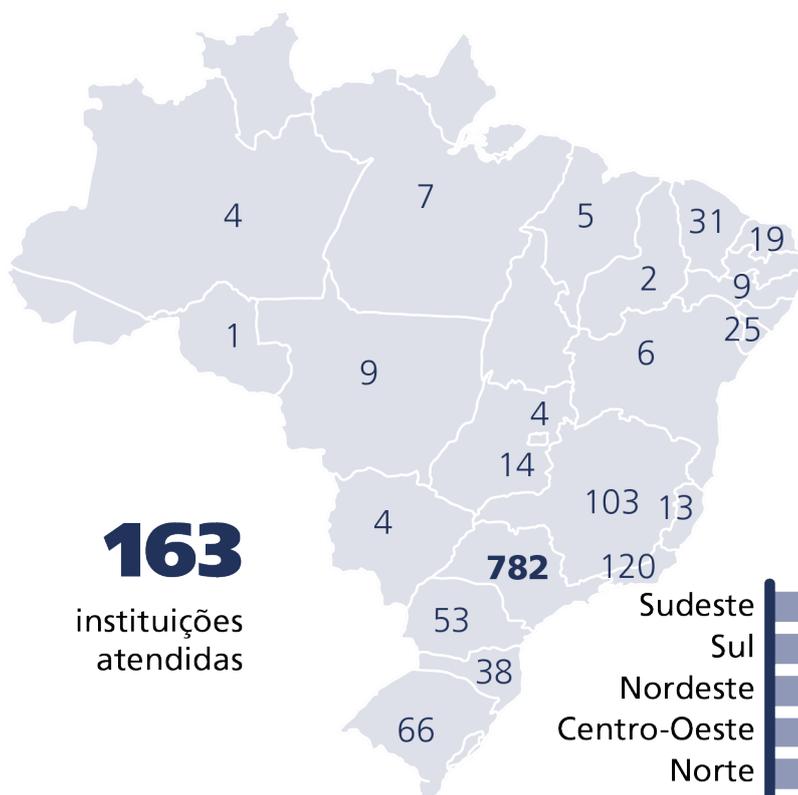
As informações apresentadas neste capítulo estão diretamente associadas às instalações abertas do CNPEM e ao atendimento de usuários externos, contribuindo para a produção de resultados técnico-científicos de alta qualidade.

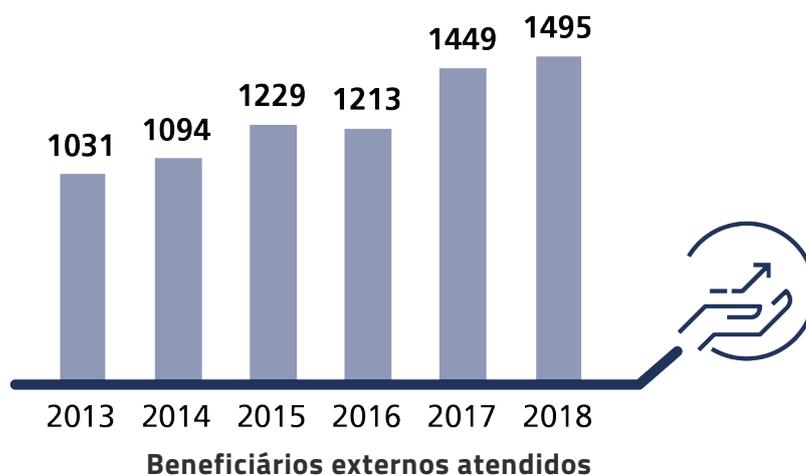
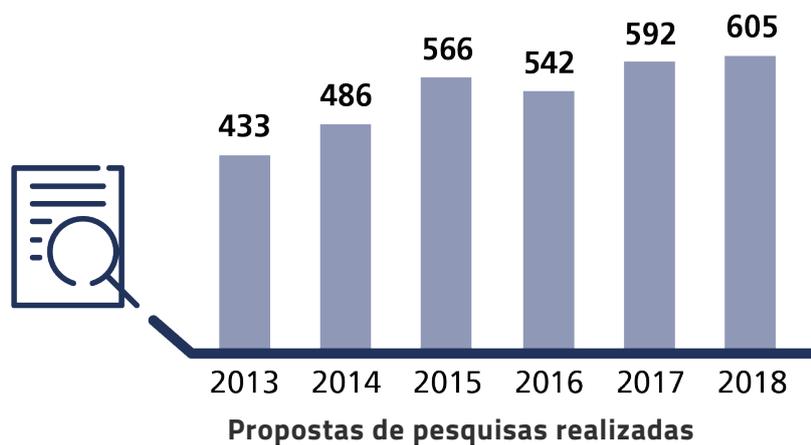
Números do 1º semestre de 2018

Em 2018, o CNPEM disponibilizou 32 instalações dedicadas ao atendimento de propostas de pesquisa de usuários externos. No primeiro semestre, foram utilizadas 35.569 horas de equipamentos contemplando 605 propostas de pesquisa e 1.495 pesquisadores externos, resultados superiores ao primeiro semestre de 2017.

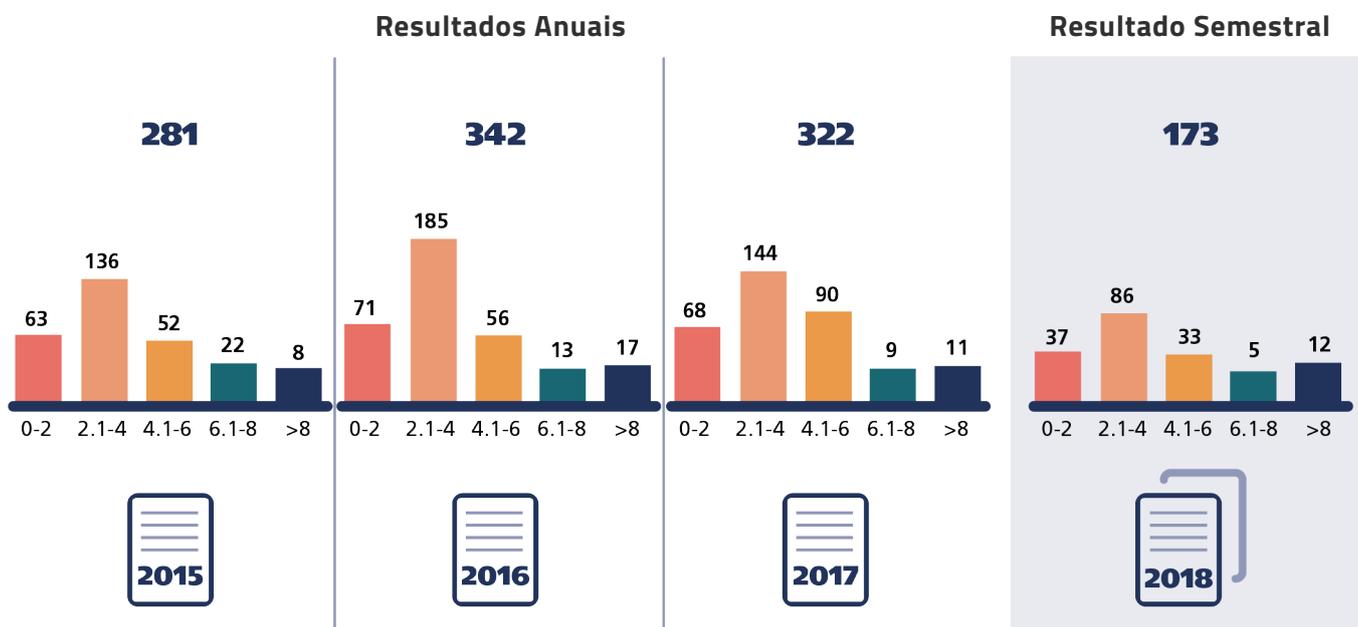
Embora tais pesquisadores sejam majoritariamente provenientes da região Sudeste do Brasil, o número de pesquisadores da região Nordeste aumentou 8 pontos percentuais em relação ao mesmo período de 2017 e número de pesquisadores vinculados a instituições internacionais aumentou 7 pontos percentuais no mesmo período. Estes resultados demonstram uma tendência de diversificação da distribuição geográfica dos beneficiários para o ano de 2018. Do total de beneficiários externos atendidos no primeiro semestre de 2018, 32% são pesquisadores que não fizeram uso das instalações do CNPEM anteriormente¹.

¹Utiliza-se como base de comparação os registros de 2010 a 2017.





No primeiro semestre de 2018, foram publicados 173 artigos científicos de autoria de beneficiários externos do CNPEM. Deste total, 12 artigos foram publicados em periódicos com fator de impacto superior a 8. A distribuição de artigos por faixa de fator de impacto tem demonstrado nos últimos anos um aumento no número de artigos publicados em periódicos com fatores de impacto acima de 4. Os resultados parciais de 2018 reforçam este desempenho



Espectroscopia Dispersiva por Absorção de Raios X (DXAS)

Estação experimental dedicada a técnica de espectroscopia dispersiva de absorção de Raios X (acrônimo para DXAS), em raios X duros, no intervalo de 5 a 14 keV. A peculiaridade dessa linha de luz é a capacidade de coletar espectros de absorção, com uma determinada banda de energia, sem qualquer movimentação mecânica dos seus elementos ópticos. A DXAS é especialmente apropriada para detectar sinais pouco intensos em experimentos de XANES (Espectroscopia de Estrutura Fina de Absorção de Raios X), XMCD (Dicroísmo magnético circular de Raios X) e para rastrear reações químicas dependentes do tempo.

🕒 **1309 horas**
 📄 **7 propostas**
 👤 **43 beneficiários**

Microtomografia de Raios X (IMX)

Estação experimental dedicada a técnicas de Tomografia de Raios X. A IMX é capaz de obter imagens em raios x usando uma combinação de modalidades de imageamento por absorção, fase e campo escuro. Esta linha de luz pode operar tanto com feixe rosa, com espectro de energia entre 4 e 20 keV, como com feixe monocromático. Aplicações incluem a análise da estrutura interna de fósseis e rochas, a descrição geométrica e quantificação de porosidade e permeabilidade de materiais, e a estrutura e características de células.

📄 **1426 horas**
 🕒 **16 propostas**
 👤 **65 beneficiários**

Nanoespectroscopia de Infravermelho (IR)

Estação experimental dedicada à nano-espectroscopia de infravermelho (nano-FTIR) na faixa de infravermelho médio (mid-IR). Seu principal propósito é a análise de propriedades opto-químicas da matéria condensada na nano-escala. De forma análoga à estabelecida espectroscopia de infravermelho (FTIR), a nano-FTIR é capaz de identificar e caracterizar um composto químico por meio de sua resposta vibracional, no entanto, com uma resolução espacial nanométrica. Além disso, por ser uma técnica baseada em óptica de campo próximo, a nano-FTIR pode ser aplicada em estudos ópticos em regime sub-difracional como plasmônica e fotônica.

🕒 **1495 horas**
 📄 **11 propostas**
 👤 **39 beneficiários**

Cristalografia de Macromoléculas (MX2)

Estação experimental dedicada a Cristalografia de Macromoléculas na região dos raios X duros (5 a 15 keV) com fluxo máximo a 8,5 keV. A estação está disponível para a obtenção convencional de dados por comprimento de onda único, assim como para experimentos de difração anômala por comprimento de onda único ou múltiplo.

🕒 **1149 horas**
 📄 **25 propostas**
 👤 **100 beneficiários**

Espectroscopia de Raios X Moles (PGM)

Estação experimental dedicada a técnicas de Espectroscopia de Raios na região do dos raios X moles (100 a 1500 eV), com aplicações no estudo de propriedades elétricas, magnéticas e estruturais de materiais. A linha é bem equipada com instalações de preparo in-situ, tornando-a adequada para ciência de superfície e caracterização de filmes finos. Ainda, a PGM oferece instrumentação para microscopia e fotoemissão em líquidos.

1748 horas
15 propostas
80 beneficiários

Espalhamento de Raios X a Baixos Ângulos (SAXS1)

A linha de luz SAXS1 é dedicada ao espalhamento de raios X a baixo ângulo (SAXS, na sigla em inglês), operando em uma energia fixa de 8 keV. Ela foca em investigações estruturais de materiais e amostras biológicas, na escala de nanômetros a micrômetros, com aplicações em ciência de matérias, química, geis, reologia, biologia estrutural, ciências ambientais e geociências.

🕒 **1794 horas**
 📄 **48 propostas**
 👤 **208 beneficiários**

Espectroscopia de Raios X Tender (SXS)

Estação experimental dedicada a técnicas de Absorção de Raios X e Espectroscopia de Fotoelétrons na região dos raios X moles (1 a 5 keV). SXS dedica-se ao estudo da estrutura eletrônica, magnética e geométrica de materiais com aplicações em física atômica e molecular, química analítica e ciências ambientais e da terra. Outras técnicas experimentais disponíveis incluem Dicroísmo Magnético de Raios X e Espectroscopia Auger Ressonante.

🕒 **1702 horas**
 📄 **18 propostas**
 👤 **90 beneficiários**

Espectroscopia de Ultravioleta (TGM)

Estação experimental que opera na região do ultravioleta e ultravioleta de vácuo, cobrindo a faixa de energia de 3 a 330 eV (400 a 4 nm). Esta linha é uma ferramenta muito importante na investigação da estrutura eletrônica e das propriedades óticas de sólidos (orgânicos e inorgânicos); do comportamento de moléculas e seus subprodutos em estudos de interesse ambiental, atmosférico, astrofísico, astroquímico e astrobiológico; na dosimetria e degradação, em baixa energia, de polímeros, etc.

🕒 **1863 horas**
 📄 **8 propostas**
 👤 **65 beneficiários**

Espectroscopia por Absorção e Fluorescência de Raios X (XAFS2)

Estação experimental dedicada a técnicas de Espectroscopia por Absorção de Raios X na região dos raios-x duros (3.5 a 17 keV). Esta linha é utilizada para o estudo de estruturas em nível atômico assim como das propriedades eletrônicas e magnéticas da matéria, com aplicações numa grande variedade de campos científicos como física molecular e atômica, química, biologia, ciências da terra e do meio ambiente, e patrimônio cultural. Outras técnicas experimentais disponíveis nesta linha incluem espectroscopia por fluorescência de raios X, luminescência óptica excitada por raios X, refletividade, e absorção combinada com difração de raios X.

🕒 **1825 horas**
📄 **26 propostas**
👤 **125 beneficiários**

Difração e Espectroscopia de Raios X (XDS)

A Linha de Luz XDS é uma estação experimental dedicada a técnicas de Difração e Espectroscopia de Raios X na região dos raios X duros (5 a 30 keV). A linha foca na determinação da estrutura atômica, eletrônica e magnética de materiais com aplicações em física da matéria condensada, química, geociências, entre outras. Diversos ambientes de amostra estão disponíveis na linha XDS: células de alta pressão para submeter as amostras até 80 GPa, campos magnéticos de 6T para experimentos de difração, criostato para temperaturas até 1,8K e fornos para temperaturas até 1200K.

🕒 **1725 horas**
📄 **19 propostas**
👤 **90 beneficiários**

Difração de Raios X em Policristais (XPD)

Estação experimental dedicada a técnicas de Difração de Raios X em Policristais cobrindo a faixa de energia de 6 a 12 keV. No entanto, a energia é fixada em 8 keV (em que se tem fluxo máximo), sendo alterada apenas para experimentos de espalhamento anôdalo ou para se eliminar o efeito de fluorescência em amostras contendo certos elementos, como Fe. A linha de luz é focada em estudos estruturais de materiais cristalinos e nanocristalinos e é capaz de executar tanto experimentos em alta resolução como experimentos in situ mais rápidos sob condições não-ambiente.

🕒 **2001 horas**
📄 **17 propostas**
👤 **92 beneficiários**

Difração de Raios X em Policristais (XRD1)

Estação experimental dedicada a análises por difração de raios X em policristais na faixa de energia dos raios X duros (de 5,5 a 14 keV). A linha se dedica à determinação de parâmetros estruturais de amostras policristalinas, com aplicações em física, química, ciência e engenharia de materiais, geociências e ciências do ambiente, farmacologia e biologia. A linha também permite estudos em um amplo espectro de temperaturas (100 a 1070 K).

🕒 **1012 horas**
📄 **11 propostas**
👤 **57 beneficiários**

Difração e Espalhamento de Raios X (XRD2)

Estação experimental multi-propósito dedicada a experimentos de espalhamento e difração na faixa de raios X duros (5 a 15 keV). A estrutura cristalina e mesoscópica de amostras bem diferentes pode ser investigada nessa linha, indo desde mono-cristais a filmes finos e camadas moleculares em superfícies de líquidos. Alguns dos experimentos usuais são difração múltipla em mono-cristais; reflectometria de raios X, mapeamento do espaço recíproco e análise de tensão residual em filmes finos (epitaxiais, policristalinos ou texturados); espalhamento e difração em incidência rasante (GISAXS e GID) em nanopartículas suportadas ou interfaces gás/líquido; e identificação de fases e perfil de profundidade em ligas metalúrgicas.

🕒 **1748 horas**
📄 **18 propostas**
👤 **92 beneficiários**

Microscopia por Fluorescência de Raios X (XRF)

Estação experimental dedicada a análises por Microscopia por Fluorescência de Raios X (XRFM), Tomografia por Fluorescência de Raios X (XFCT) e Fluorescência por Reflexão Total de Raios X (TXRF) na faixa dos raios X duros (5 a 20 keV). O foco desta linha de luz está na determinação e mapeamento de elementos químicos traço em amostras com aplicações em química analítica, biomedicina, geoquímica ambiental e ciência dos materiais.

🕒 **2001 horas**
📄 **18 propostas**
👤 **75 beneficiários**

Simulação Termomecânica (XTMS)

Estação experimental que possibilita a simulação física acoplada à linha XRD1. Dentre as principais áreas aplicações dos materiais estudados nesta instalação estão oleodutos, gasodutos, equipamentos para exploração de petróleo no pré-sal e aplicações em indústria automotiva e de aviação.

🕒 **1150 horas**
📄 **7 propostas**
👤 **36 beneficiários**

Espectrometria e Calorimetria (LEC)

Permite a caracterização da qualidade de amostras de proteínas, DNA e nanopartículas, além de medir interações entre moléculas que possam atuar como possíveis fármacos.

🕒 **499 horas**
 📄 **13 propostas**
 👤 **33 beneficiários**

Espectrometria de Massas (MAS)

Esta instalação permite identificar e quantificar proteínas de diversos sistemas biológicos complexos para o entendimento de processos no nível molecular, celular e do organismo. Uma aplicação para esse conjunto de técnicas é a busca por biomarcadores de doenças e alvos terapêuticos.

🕒 **216 horas**
 📄 **7 propostas**
 👤 **23 beneficiários**

Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

A instalação permite o estudo da estrutura e interação de proteínas, ferramenta considerada importante para o entendimento de suas funções e para o desenvolvimento de novas drogas ou fármacos. A ressonância magnética nuclear também é relevante para a caracterização de drogas e compostos orgânicos utilizados para o desenvolvimento de novos e melhores compostos ou drogas.

🕒 **2068 horas**
 📄 **18 propostas**
 👤 **49 beneficiários**

Cristalização de Proteínas (ROBOLAB)

Esta instalação é utilizada para a cristalização de macromoléculas, sejam proteínas ou complexos formados entre DNA, RNA e outras moléculas.

🕒 **321 horas**
 📄 **36 propostas**
 👤 **31 beneficiários**

Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar (BVC)

Esta instalação provê uma plataforma de simulação computacional, composta por softwares e outras ferramentas computacionais, que possibilitam avaliar a integração de novas tecnologias à cadeia produtiva de cana-de-açúcar e outras biomassas.

🕒 **68 horas**
 📄 **2 propostas**
 👤 **3 beneficiários**

Análise de Macromoléculas (LAM)

Dedica-se à caracterização bioquímica e biofísica de macromoléculas, utilizando técnicas de dicroísmo circular, espalhamento de luz dinâmico, potencial zeta e fluorescência.

🕒 **312 horas**
 📄 **9 propostas**
 👤 **22 beneficiários**

Metabolômica (MET)

Esta instalação permite a identificação e quantificação de metabólitos em amostras biológicas complexas por meio da espectrometria de massas acoplada à cromatografia líquida e gasosa.

🕒 **296 horas**
 📄 **3 propostas**
 👤 **5 beneficiários**

Sequenciamento de Ácidos Nucleicos (NGS)

A instalação atua no sequenciamento de genomas, avaliação da expressão gênica de sistemas biológicos diversos e auxilia no desenvolvimento de coquetéis enzimáticos destinados à hidrólise para aplicação em biocombustíveis.

🕒 **152 horas**
 📄 **4 propostas**
 👤 **8 beneficiários**

Planta Piloto para Desenvolvimento de Processos (PPDP)

Utilizada para verificar e demonstrar, em escala semi-industrial (300 litros), robustez e estabilidade de rotas tecnológicas de produção de etanol e outros compostos derivados de biomassa. Está equipada para validar indicadores tecno-econômicos e de sustentabilidade de processos que obtiveram sucesso na escala de bancada.

🕒 **56 horas**
 📄 **3 propostas**
 👤 **4 beneficiários**

Caracterização e Processamento de Materiais (CPM)

Esta instalação está voltada à pesquisa de novos processos de junção de materiais metálicos e técnicas de processamento para modificação das propriedades mecânicas, químicas e tribológicas de metais.

-  **1172 horas**
-  **17 propostas**
-  **35 beneficiários**

Dispositivos e Sistemas Funcionais (DSF)

Complexo de salas limpas que permite a prototipagem e fabricação de dispositivos eletrônicos por meio das técnicas de fotolitografia, corrosão e deposição metálica, além de uma infraestrutura para a caracterização elétrica.

-  **531 horas**
-  **9 propostas**
-  **16 beneficiários**

Ciência de Superfícies (LCS)

Este laboratório opera microscópios de varredura por sonda e um equipamento de crescimento epitaxial por feixe molecular, equipados com uma variedade de técnicas importantes para pesquisas em semicondutores nanoestruturados.

-  **1367 horas**
-  **46 propostas**
-  **92 beneficiários**

Microscopia Eletrônica (LME)

O conjunto de equipamentos presentes no laboratório permite analisar materiais orgânicos e inorgânicos. Permite ainda estudar o tamanho, a forma, a estrutura e a composição química desses materiais.

-  **3064 horas**
-  **99 propostas**
-  **228 beneficiários**

Microfabricação (LMF)

O laboratório oferece um conjunto de técnicas e equipamentos que permitem fabricar e desenvolver diversos dispositivos ópticos, microeletrônicos, eletroquímicos e colorimétricos, abrangendo diversas áreas de aplicação.

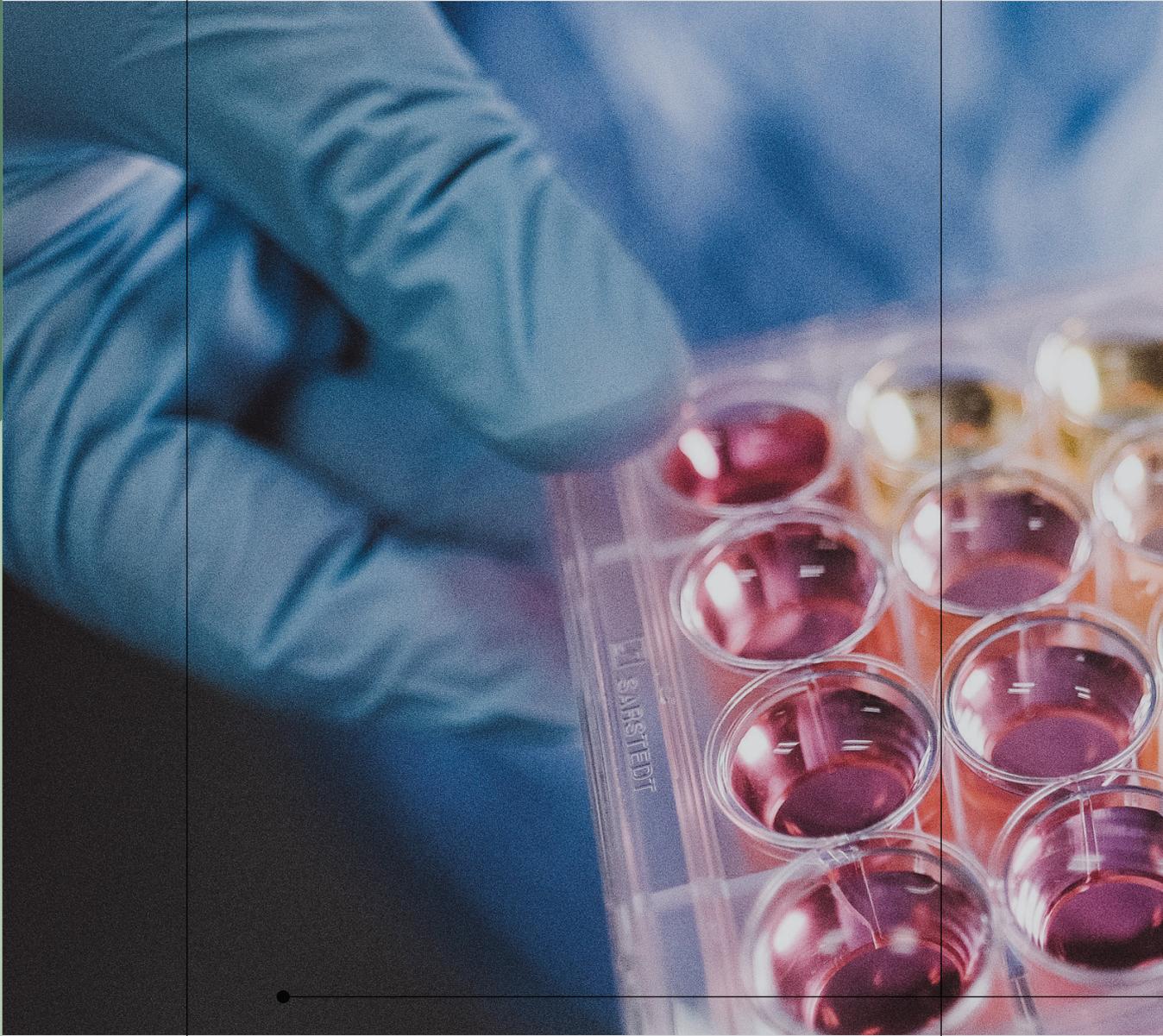
-  **860 horas**
-  **27 propostas**
-  **57 beneficiários**

Materiais Nanoestruturados (LMN)

Esta instalação possibilita obter informações sobre a morfologia e composição química da superfície de diversos tipos de materiais. Permite a produção de materiais celulósicos e carbonáceos preparados a partir de fontes renováveis e estudos toxicológicos de nanomateriais.

-  **630 horas**
-  **48 propostas**
-  **92 beneficiários**







PESQUISA E DESENVOLVIMENTO IN-HOUSE

As atividades descritas neste capítulo refletem o envolvimento de pesquisadores internos em investigações de alto nível e envolvem a execução de programas de pesquisa básica, aplicada e de desenvolvimento experimental.

CÂNCER

Reúne estudos do papel de macromoléculas na sinalização, regulação e ativação de processos metabólicos envolvidos em câncer.



O LNBIO deu continuidade ao projeto “**Proteômica aplicada ao câncer oral**”, que visa elucidar os mecanismos moleculares envolvidos nesse tipo de câncer, bem como identificar marcadores moleculares de prognóstico e alvos terapêuticos com potencial aplicação clínica. Neste primeiro semestre, destaca-se como principal resultado a identificação de um alvo terapêutico promissor: o proteoglicano de superfície celular, ‘Agrina’, como um importante determinante da progressão tumoral em carcinoma epidermóide². Outro resultado obtido foi a descrição do mecanismo de ação da proteína de membrana ADAM17, envolvida na progressão do câncer oral. Essa linha de pesquisa conta com a participação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP; do Instituto do Coração; da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; do Hospital Universitário de Colônia, na Alemanha; e das Universidades de Talca e Valparaíso, no Chile.

No âmbito do projeto “**Desenvolvimento de inibidores de Glutaminase como terapia de combate ao câncer**”, destaca-se o desenvolvimento e otimização de ensaio enzimático para identificação de inibidores da Glutaminase humana, envolvida no câncer de mama. Este ensaio permitiu a seleção de vários compostos sintéticos e de bibliotecas de produtos naturais, enquanto candidatos a inibidores da Glutaminase. Estes compostos estão sendo analisados e deverão ser modificados quimicamente durante o processo de desenvolvimento pré-clínico de fármacos.

Na linha de investigação denominada “**Mecanismo de regulação de quinases e fosfatases envolvidas em câncer**” destaca-se a análise funcional e estrutural de vários componentes do complexo ‘Ragulator’, que controla a sinalização por aminoácidos nas células, e que tem função alterada em células tumorais.

Outro projeto do LNBio nessa linha de pesquisa é o “**Exploração de estratégias para imunomodulação anti-tumoral**”, que visa desenvolver novas metodologias para estimular a resposta imune contra células tumorais, realizado em colaboração com pesquisadores da Universidade de Miami, Instituto Moffit e UNICAMP. Entre os principais avanços ocorridos no período, destacam-se a construção de vetores para expressão de imunomoduladores, o estabelecimento de linhagens tumorais derivadas de amostras clínicas humanas e a realização de ensaios com modelos animais imunocompetentes, desafiados com tumores singênicos. Os ensaios confirmam o direcionamento de bionanopartículas ao sítio tumoral em modelos animais imunocompetentes desafiados com tumores singênicos e permitiram observar uma redução nos tumores dos animais tratados com microvesículas terapêuticas.

BIOLOGIA CARDIOVASCULAR E DOENÇAS METABÓLICAS

Envolve estudos na temática dos mecanismos moleculares envolvidos no desenvolvimento da insuficiência cardíaca, bem como o impacto de alterações metabólicas induzidas pela obesidade e diabetes no sistema cardiovascular.



Na temática de mecanismos moleculares envolvidos no desenvolvimento da insuficiência cardíaca, o LNBio tem dedicado esforços à contribuição dos fatores de transcrição da família MEF2 (A, B, C, D). Os resultados deste estudo mostram que a hiperexpressão da variante de *splicing* MEF2Cgamma+ contribui de forma determinante para o desenvolvimento de alterações deletérias no miocárdio de ca-

² Este trabalho foi aceito para publicação na *Nature Communications*.

mundongos e também em seres humanos. Os resultados apontam para a contribuição da variante de splicing como potencial alvo terapêutico na prevenção da insuficiência cardíaca associada a hipertensão arterial, coronariopatia aterosclerótica e valvulopatias. Atualmente, estão em desenvolvimento antagonistas dos fatores de splicing responsáveis pela hiperexpressão seletiva do fator MEF2Cgamma+, como moléculas potencialmente úteis para esta função específica.

Associada à essa linha de pesquisa, o projeto **“Estudos estruturais e funcionais de receptores nucleares”** visa entender o mecanismo de ação de receptores nucleares no controle de doenças como diabetes, obesidade, cardiopatias e câncer. Esse projeto é desenvolvido em colaboração com várias instituições de pesquisa do País e exterior, incluindo UNICAMP, UNB, INCOR, UFC, UNESP-SJRP, CBS/CNRS-Montpellier, Universidade de Lozano e Instituto de Medicina Regenerativa da Califórnia. Entre os avanços realizados no período, destaca-se a identificação da interação do receptor tireoidiano com a proteína humana ‘PDI’, que modifica a atividade desse receptor.

Com relação ao estudo do receptor ‘PPAR’, envolvido na sensibilização à insulina e adipogênese, estão sendo finalizados experimentos que detalham estruturalmente como a fosforilação desse receptor ocorre e como isso interfere no recrutamento de reguladores, causando resistência à insulina. Os resultados permitiram a realização de ensaios para a busca de ligantes do receptor, capazes de impedir a adipogênese e a resistência à insulina. Um ligante considerado promissor foi identificado.

No primeiro semestre de 2018, o LNBio deu início a uma nova linha de pesquisa em obesidade. Seus estudos visam entender processos de adipogênese e ‘browning’ tecidual por meio de experimentos com organoides que possam reproduzir o tecido adiposo. Embora em fase inicial, o projeto já desenvolveu e caracterizou dois tipos diferentes de organoides, além de padronizar ensaios de adipogênese e ‘browning’ em culturas em monocamadas.



DOENÇAS INFECCIOSAS E NEGLIGENCIADAS

Estudos sobre mecanismos moleculares envolvidos em infecções humanas causadas por vírus, bactérias e parasitas, e identificação de alvos para o desenvolvimento de antimicrobianos e estratégias terapêuticas.



Entre as ações desenvolvidas na investigação de doenças infecciosas e negligenciadas, merecem especial atenção os avanços obtidos no projeto **“BacWall - Estruturação de complexos moleculares da parede bacteriana envolvidos na biossíntese e virulência”**, que busca compreender os mecanismos de formação da parede bacteriana para o desenvolvimento de novas moléculas com propriedades antimicrobianas, uma vez que a resistência a antibióticos tem se tornado um problema global. A busca por novos antibióticos é realizada por meio da triagem de bibliotecas de produtos naturais oriundos da biodiversidade brasileira, fonte de compostos antimicrobianos ainda pouco explorada. Neste semestre, foram realizadas campanhas de triagem e identificadas amostras capazes de bloquear a ação das chamadas ‘Penicillin-Binding Proteins’ – proteínas essenciais para a formação da parede celular bacteriana³.

Ainda nesta linha de pesquisa, o LNBio desenvolve o projeto **“Doenças arbovirais negligenciadas”**, que visa promover o entendimento de doenças causadas pelos vírus Mayaro, Zika, Ilhéus e Usutu. Destacam-se como principais avanços a proposição de estratégias terapêuticas e o desenvolvimento

³ Os resultados deram origem a um artigo científico, que descreve a arquitetura do complexo formado pela macroglobulina de *Pseudomonas aeruginosa*, publicado na revista *Scientific Reports*.

de ensaios fenotípicos para seleção de fármacos contra os vírus Mayaro e Zika. Já foram selecionados cerca de vinte compostos com propriedades protetoras da infecção viral e estão previstos testes em modelo animal no próximo semestre. Além desses avanços, modelos de infecção em camundongos geneticamente modificados na resposta a interferons encontram-se em fase de padronização para o estudo dos vírus Usutu e Ilhéus. Adicionalmente, ensaios fenotípicos levaram à identificação de compostos com propriedades antiviral e neuroprotetora, os quais também serão testados em modelo animal.

NEUROBIOLOGIA

Aborda aspectos estruturais e epigenéticos envolvidos no estabelecimento de doenças de neurodesenvolvimento e neurodegeneração, com ênfase em Deficiência Intelectual (DI), Transtorno do Espectro Autista (TEA), Esclerose Múltipla (MS) e Doença de Parkinson.



O projeto “**Neurobiologia molecular – desvendando os mecanismos moleculares de transtornos de neurodesenvolvimento**”, desenvolvido pelo LNBio em parceria com a USP, visa elucidar a estrutura e a função de proteínas associadas a transtornos de neurodesenvolvimento e caracterizar mutações identificadas em pacientes com ‘Deficiência Intelectual’ (DI) que apresentam comprometimento grave de linguagem, convulsões recorrentes e deficiência cognitiva. Neste semestre, foram mapeadas mutações na estrutura da proteína humana UBE2A (afetada por mutações em pacientes com DI) e compreendido o mecanismo pelo qual essas mutações afetam a atividade biológica da proteína. Os resultados mecanísticos estão sendo analisados em um contexto mais amplo utilizando linhagens de animais com mutações no gene UBE2A, geradas pelos pesquisadores do LNBio com o auxílio da tecnologia CRISPR/CAS9. O objetivo é gerar linhagens de camundongos portadores dessas mutações para avaliar seu efeito biológico na escala do organismo. Além disso, estão sendo padronizados testes de aprendizagem que serão aplicados aos animais modificados.

Seguindo os mesmos conceitos, o projeto “**Estudos funcionais e estruturais do receptor de galanina GALR2 e vias de sinalização derivadas**” visa estudar mutações clínicas no eixo de sinalização do neurotransmissor galanina, seus receptores e vias de sinalização. O projeto, iniciado como uma colaboração entre pesquisadores do LNBio e do Hospital ACCamargo, atualmente também conta com a colaboração da Universidade de Nottingham, do LNNano e do LNLS, e se insere como uma ação do Programa TransTar. Destaca-se como principal resultado a caracterização molecular dos efeitos da mutação clínica, divulgando pela primeira vez a identificação de mutações relacionadas à Esclerose Múltipla no eixo galanina-GALR2 em humanos⁴. Além disso, linhagens de camundongos transgênicos portando a mutação clínica estão sendo geradas e serão utilizadas para o estudo dos efeitos da mutação clínica encontrada em GALR2 no contexto do organismo.

O projeto “**Microtomografia de raios X de alta resolução para o estudo da citoarquitetura neuronal do cérebro**”, do LNBio em parceria com o LNLS, prevê o uso de microtomografia de raios X, baseada em luz síncrotron, no estudo da arquitetura das células neurais. A avaliação do número de células, organização espacial e conectividade neuronal são fatores fundamentais para a compreensão da função cerebral. No entanto, a avaliação da citoarquitetura cerebral tridimensional com resolução celular persiste como

⁴ O trabalho foi aceito para publicação na *The Journal of Pharmacogenomics*.

⁵ O primeiro trabalho reportando o desenvolvimento e aplicação da metodologia no CNPEM foi aceito para publicação na *Scientific Reports*, do grupo Nature.

grande desafio no campo da neurociência. Nesse contexto, a microtomografia de raios X tem se mostrado uma ferramenta não destrutiva valiosa para a obtenção de imagens de uma ampla gama de amostras biológicas, surgindo, portanto, como novo método para decifrar a citoarquitetura e conectividade do cérebro.

Desataca-se como resultado do primeiro semestre de 2018 o desenvolvimento de método para a geração de imagens de neurônios inteiros, baseado na microtomografia de raios X⁵ (Figura 1). Essa abordagem não requer manipulação do tecido e permite a investigação de várias células em uma determinada região do cérebro. Esse protocolo será de grande valia para futuros projetos na área de neurobiologia celular e será aplicado no uso da nova fonte de luz síncrotron brasileira, Sirius, que fornecerá imagens de melhor resolução em escala nanométrica.

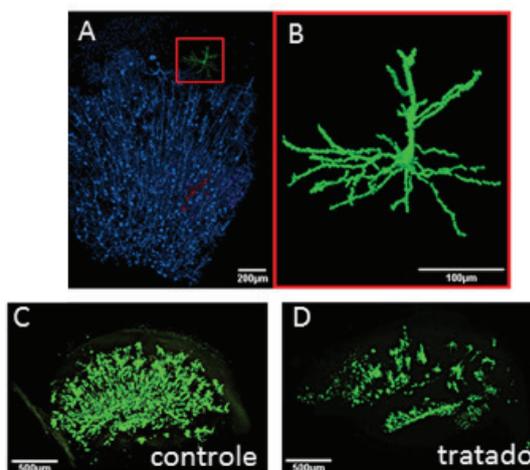


Figura 1. Tomografia de raio X do cérebro de camundongos. (A) Neurônios individualizados em azul, com destaque para uma célula segmentada em verde. (B) Destaque da célula segmentada em (A), mostrando todos os seus prolongamentos. Corte longitudinal do hipocampo de animal controle (C) e animal tratado com agente neurotóxico (D). Os neurônios segmentados são mostrados em verde. É observada a redução do número de células e número de conexões no hipocampo do animal tratado.

FÁRMACOS

Concentra esforços institucionais nas áreas de química medicinal, produção de anticorpos monoclonais e identificação de produtos naturais bioativos para o desenvolvimento de fármacos, bem como projetos voltados à identificação de alvos terapêuticos e biomarcadores.



O projeto “TransTar”, plataforma transatlântica para descoberta de fármacos baseado em alvos, está sendo conduzido pelo LNBio em parceria com a Universidade de Nottingham, Centro do Câncer ACCamargo e UNICAMP. Entre os projetos em desenvolvimento no âmbito da TransTar, destaca-se a pesquisa realizada com o receptor GALR2, cuja finalidade é investigar os efeitos deletérios de uma mutação encontrada em paciente com Esclerose Múltipla. Nos primeiros resultados observou-se a internalização espontânea do receptor de Galanina em consequência da mutação. Além disso, destaca-se a implantação de metodologias para estudos de receptores de membrana da família dos receptores acoplados à proteína G (GPCR), que representam cerca de 30% dos alvos de fármacos.

Novas ferramentas para detecção dos receptores em células, suas interações com proteínas par-

ceiras e pequenas moléculas estão sendo implementadas no laboratório de imagens biológicas do LNBio. Além destas ferramentas, novas abordagens para a extração de receptores de membrana em 'nanodiscos', utilizando a tecnologia SMALP, estão sendo empregadas. Essas metodologias são fundamentais para viabilizar projetos envolvendo a identificação de fármacos direcionados a receptores de membrana e também para aqueles voltados à biologia estrutural, seja por técnicas convencionais de cristalografia de raios-X ou por crio-microscopia eletrônica.

Neste semestre, foi firmado um acordo de cooperação entre o CNPEM, a Universidade de Nottingham e a Universidade de Birmingham no âmbito do programa "COMPARE", que visa conduzir estudos científicos de sinalização celular e estrutura de receptores de membrana envolvidos no desenvolvimento de câncer e doenças cardiovasculares. No âmbito deste programa estão previstos estudos estruturais, de farmacologia molecular e triagens de bibliotecas químicas sintéticas e naturais para a obtenção de moléculas de partida para o desenvolvimento de fármacos, bem como sondas químicas para o estudo dos receptores em células e organismos sadios e doentes.

Ainda na área de fármacos, o projeto "Aperfeiçoamento de inibidores enzimáticos para desenvolvimento de fármacos contra Chagas", conduzido pelo LNBio, tem como objetivo a identificação de enzimas para a multiplicação do protozoário *Trypanosoma cruzi* em células de mamíferos. Neste semestre, foi determinada a estrutura cristalográfica da enzima málica de *T. cruzi* em complexo com um inibidor fornecido pela empresa farmacêutica GlaxoSmithkline. A elucidação dessa estrutura permitiu mapear as interações existentes entre o composto químico e a proteína alvo. Esta informação será utilizada no planejamento de novas moléculas com maior afinidade pela enzima málica e, conseqüentemente, maior eficácia contra o parasita.

O LNBio também vem dedicando esforços no desenvolvimento de uma plataforma para seleção de fármacos com atividade antiviral. Nessa linha de pesquisa, foi padronizada uma metodologia de seleção de compostos baseada em ensaio celular, e estão sendo realizadas campanhas de triagem para selecionar compostos com ação antiviral contra os vírus Zika e Mayaro. Além disso, novos candidatos a fármacos com propriedades antivirais estão sendo selecionados a partir de bibliotecas de reposição farmacológica.

Em 2018, o LNBio também iniciou o projeto "Plataforma NP³", que conta com o auxílio financeiro do Instituto Serrapilheira. Este projeto visa disponibilizar à comunidade científica um algoritmo para o tratamento integrado de dados experimentais utilizados no processo de descoberta de produtos naturais bioativos. Serão utilizados dados gerados a partir de diversas unidades do LNBio e LNLS e algoritmos para a análise automática dos dados experimentais já foram disponibilizados para uso em algumas instalações do CNPEM⁶.

IMAGENS BIOLÓGICAS

Visa o desenvolvimento e integração de técnicas de captura e processamento de imagens de alta resolução de amostras biológicas.



O imageamento de amostras biológicas faz parte de recente iniciativa do LNBio, em parceria com o LNLS, para integrar e padronizar avançadas técnicas de captura e processamento de imagens de espécimes biológicos. Associados a essa linha de pesquisa, destacam-se os experimentos pilotos realizados na linha de tomografia de raios-X do LNLS, que preveem a utilização de camundongos vivos no futuro.

⁶ Futuramente, o algoritmo desenvolvido também será aplicado na linha MANACÁ do Sirius.

Os resultados destes experimentos mostraram a possibilidade de grande ganho em termos de resolução, velocidade de medida e baixas doses de radiação aos animais, tornando possível que o mesmo espécime seja analisado diversas vezes. Também estão sendo desenvolvidos esforços para integrar técnicas que permitam que uma mesma amostra seja visualizada por tomografia de raios-X (que permite maior penetração sem necessidade de secção) e, em seguida, por técnicas de microscopia com luz visível (confocal e super-resolução). Nesse mesmo contexto, está sendo desenvolvido um sistema computacional integrado que permite a análise de imagens oriundas de fontes de radiação distintas com uso de computadores de alto desempenho e com processamento em placas gráficas. As imagens ilustram o uso das novas tecnologias de aquisição e processamento aplicada a imagens obtidas de organoides (Figura 2, Figura 3 e Figura 4). Nessas imagens é possível medir a organização espacial e a geometria das células, além de estabelecer os padrões dos espaços intracelulares.

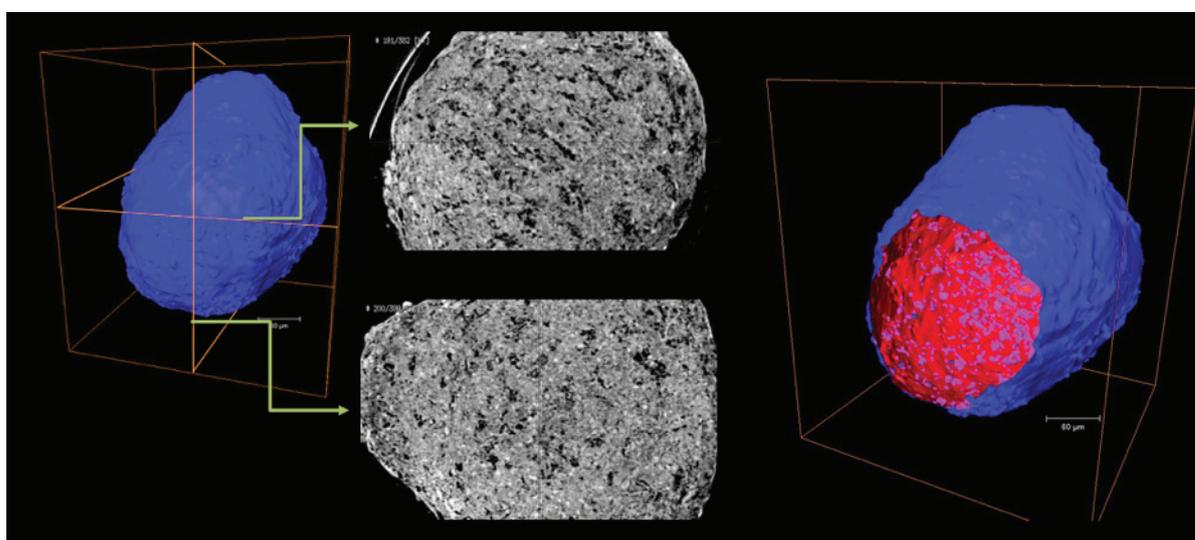


Figura 2. Exemplo de organoide de fígado preparado para tomografia de absorção por raios-X síncrotron feita na linha IMX (LNLS), com tamanho de pixel de 840 nm. Em azul, é destacado o aspecto tridimensional do organoide, seguido por imagens bidimensionais (em escala cinza) em dois eixos ortogonais, chamados de "histologia virtual", com espessura de 5 µm (equivalente àquelas obtidas com histologia convencional).

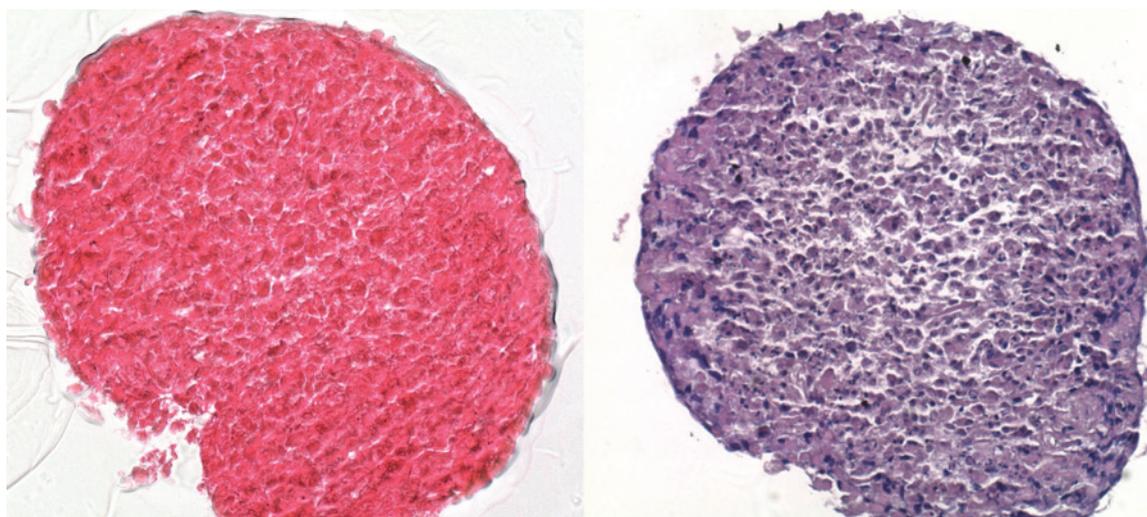


Figura 3. Exemplo de um organoide de fígado que foi preparado com eosina para medição por tomografia síncrotron, e que pode ser usado, em seguida, para secções e análise por luz visível em campo claro. No exemplo, imagens em campo claro com objetiva de 20x. À esquerda, uma secção da amostra, somente com marcação por eosina (marcação de citoplasma), sem qualquer modificação posterior à tomografia, mostrando integridade estrutural. À direita, secção da mesma amostra, porém, com marcação adicional por hematoxilina para visualização de núcleos celulares.

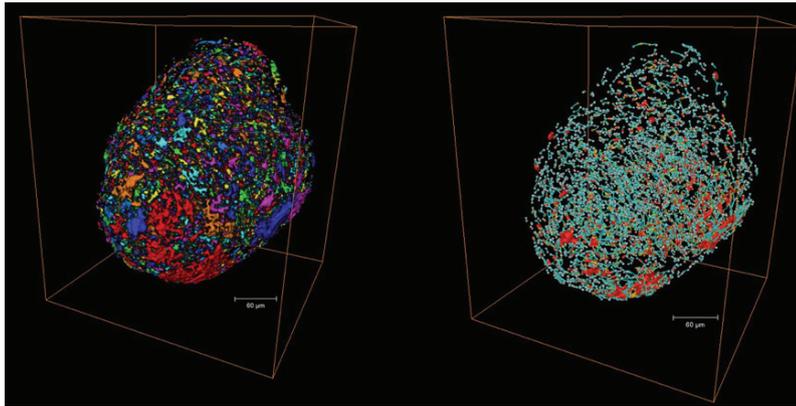
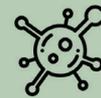


Figura 4. Análise de tomografias de organoide de fígado para obtenção do espaço intercelular em 3D, revelando o arranjo organizado. À esquerda, cores distintas para cada região isolada no espaço 3D. À direita, simplificação da organização tridimensional para quantificação das conexões e estruturação.

ENGENHARIA BIOLÓGICA

Envolve estudos de enzimas e vias metabólicas de interesse em processos biotecnológicos, bem como desenvolvimento de organismos geneticamente modificados e vetores virais com aplicações acadêmicas.



O LNBio deu continuidade ao projeto “**Engenharia e Desenvolvimento de Vetores para Transferência Gênica**”, que visa desenvolver métodos diagnósticos para a infecção por Zika, selecionar compostos e desenvolver anticorpos terapêuticos contra vírus. Entre os avanços obtidos destaca-se a seleção de moléculas de micro-RNAs, capazes de inibir a infecção viral. Para o desenvolvimento de ensaio diagnóstico, foram identificados peptídeos com a propriedade de detectar anticorpos gerados especificamente contra o vírus Zika e estão previstos testes de soros de pacientes diagnosticados com esse vírus.

No projeto “**Desenvolvimento de anticorpos monoclonais para imunomodulação**”, desenvolvido pelo LNBio, foram estabelecidas linhagens de hibridomas que estão sendo caracterizadas e submetidas a ensaios funcionais. Outro avanço obtido foi a produção de anticorpos recombinantes, que estão sendo comparados a anticorpos de referência disponíveis no mercado.

BIOLOGIA COMPUTACIONAL

Desenvolvimento e aplicação de ferramentas baseadas em biologia computacional para resolver problemas biológicos.



O objetivo principal da pesquisa “**Predição e análise estrutural de biomacromoléculas**”, do LNBio em colaboração com Centro do Câncer ACCamargo e a Universidade de Nottingham, é a construção de modelos estruturais de alta qualidade de proteínas e seus complexos com outras macromoléculas ou pequenos ligantes. Destacam-se, como avanços no primeiro semestre, os esforços

realizados para entendimento do mecanismo de ação do receptor de Galanina 'GALR2', envolvido na doença Esclerose Múltipla. Modelos estruturais do receptor GALR2 foram testados e validados em ensaios celulares e bioquímicos, abrindo uma frente para o desenvolvimento de proteínas que possam interagir com o receptor alterado na doença Esclerose Múltipla e recuperar a sua função biológica. Este desenvolvimento tem potencial de contribuir para o tratamento da Esclerose Múltipla em casos que envolvam as vias mediadas por Galanina.



DOENÇAS DE PLANTAS

Estudos sobre as bases moleculares da interação planta-patógeno e desenvolvimento de estratégias de controle de doenças de planta



Os objetivos do projeto “**Interação planta-patógeno**”, do LNBio, incluem a elucidação da estrutura e função de proteínas de plantas envolvidas na defesa contra bactérias, e de proteínas de bactérias envolvidas em adaptação e desenvolvimento de doença. Além disso, o projeto visa o desenvolvimento de estratégias de controle de doenças em citros. Destacam-se como avanços do último semestre a resolução da estrutura cristalográfica da enzima tRNA sintetase do fitopatógeno *Xanthomonas citri* em complexo com um inibidor. Esses resultados permitirão aperfeiçoar as propriedades desse composto, no sentido de serem geradas moléculas com atividade antimicrobiana. Outro resultado importante foi a identificação de um composto derivado de quinazolina com atividade bactericida sobre várias espécies de *Xanthomonas*, causadoras de doenças em planta.

Na pesquisa “**Descoberta e desenvolvimento de compostos antifúngicos para controle da doença Vassoura-de-Bruxa do Cacaueiro e outras doenças de origem fúngica**”, foram planejados e sintetizados novos compostos orgânicos derivados de N-fenilbenzamidias com o objetivo de obter inibidores da enzima Oxidase Alternativa (AOX), do fungo filamentoso *Monilophthora pernicioso*, agente causal da doença ‘Vassoura de Bruxa’ do Cacaueiro. Entre os mais de cento e trinta compostos sintetizados, o derivado 7J-41 exibiu ação antifúngica sobre os fitopatógenos *Venturia pirina* e *Sclerotinia sclerotiorum*, e, apesar de não impedir o desenvolvimento micelial de *M. pernicioso*, inibiu a germinação dos esporos. Além dos derivados de N-fenilbenzamidias, análogos de ascofuranona estão sendo sintetizados através de uma metodologia inédita, com menos etapas reacionais e maior rendimento do que a rota convencional descrita na literatura.



BIOENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS

Área dedicada à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de processamento e aproveitamento, de forma direta ou indireta, de matérias-primas e resíduos provenientes de fontes renováveis para a geração de bioenergia e biocombustíveis.



Os processos biotecnológicos empregados na produção de etanol de segunda geração podem ser divididos em três elementos centrais: a produção de enzimas, a sacarificação (hidrólise) e a fermentação.

tação. Antes de ser submetida aos processos biotecnológicos, via de regra, a biomassa é pré-tratada visando alterar as suas propriedades físicas e químicas e, assim aumentar a acessibilidade dos agentes químicos e biológicos, o que impacta diretamente a sacarificação.

No âmbito dos esforços de pesquisa em pré-tratamento da biomassa, pesquisadores do CTBE, em parceria com a Universidade de Sorocaba⁷ (UNISO) e com o *Biotechnological and Biological Sciences Research Council* (BBSRC, UK), publicaram recentemente estudo⁸ que visa compreender o “Impacto da desacetilação alcalina na estrutura molecular do bagaço e palha de cana-de-açúcar”, podendo refletir no aumento da digestibilidade da biomassa.

Outra iniciativa do CTBE nesta temática é o projeto “**Desenvolvimento de processos de pré-tratamento com baixa severidade**” visando a maximização da produção e recuperação de oligômeros formados por unidades de xilose (xilooligossacarídeos), além de gerar uma biomassa pré-tratada propícia para a obtenção de celo-oligossacarídeos por meio de rotas enzimáticas.

Este projeto está associado ao auxílio temático FAPESP⁹ “*An integrated approach to explore a novel paradigm for biofuel production from lignocellulosic feedstocks*”, em parceria com o NIPE/UNICAMP e o BBSRC. Dentre as atividades para o período, destacam-se a otimização das condições operacionais para desacetilação da palha de cana-de-açúcar pelo método alcalino com baixas temperaturas e a seleção de uma condição operacional de baixa severidade para o pré-tratamento hidrotérmico da palha previamente desacetilada, visando assim altas taxas de produção e recuperação de xilooligossacarídeos e, concomitantemente, a geração de uma biomassa pré-tratada rica em celulose e com baixo teor de hemiceluloses. Este projeto e seus resultados foram apresentados no 40th *Symposium on Biotechnology on fuels and chemicals* (SBFC) realizado em Clearwater FL -EUA.

A eficiência da sacarificação enzimática depende de múltiplos fatores tanto relacionados à natureza e composição da biomassa como às propriedades funcionais das enzimas. Desta forma, para obtenção de uma sacarificação eficiente é necessário o desenvolvimento de coquetéis enzimáticos customizados com enzimas específicas para cada biomassa e tipo de pré-tratamento. O CTBE tem dedicado esforços extensivos no projeto de “**Desenvolvimento de novas plataformas enzimáticas visando a produção de biocombustíveis**”, combinando conhecimentos que vão desde a biologia molecular até avaliação técnico-econômica. Neste semestre, as plataformas microbianas em desenvolvimento, *P. echinulatum* e *T. reesei* foram avaliadas dentro do conceito OSM (produção on-site de enzimas), visando aumentar a competitividade dos coquetéis enzimáticos com a redução de custos com a produção local. Os primeiros resultados demonstraram que o coquetel obtido a partir do *fungo T. reesei* possui um maior potencial de aplicação, com bons coeficientes técnicos e menor custo de produção. As tecnologias de produção de coquetéis enzimáticos, inexistentes no País, são estratégicas para viabilizar a produção de etanol de segunda geração.

Outro estudo do CTBE para o desenvolvimento de enzimas visa a “**Aplicação de enzimas celolíticas em processo de Sacarificação e Fermentação Simultâneos (SSF)**”. Neste estudo foi descoberta uma enzima da família beta-glicosidase GH1, oriunda de bactéria marítima, capaz de atuar em condições compatíveis com leveduras industriais. O resultado demonstrou maior eficiência da enzima quan-

⁷ Temático FAPESP: 15/50590-4. Valorização da lignina em plantas de etanol celulósico: a conversão biocatalítica via ácido felúrico a produtos químicos de alto valor.

⁸ Lima CS, Rabelo SC, Ciesielski PN, Roberto IC, Rocha GJM, Driemeier C. Multiscale Alterations in Sugar Cane Bagasse and Straw Submitted to Alkaline Deacetylation. *ACS Sustain Chem Eng.* 2018;6: 3796–3804. doi:10.1021/acssuschemeng.7b04158.

⁹ Temático FAPESP: 15/50612-8. An integrated approach to explore a novel paradigm for biofuel production from lignocellulosic feedstocks.

do comparada a capacidade fermentativa da levedura industrial, o que reforça seu potencial de uso no processo fermentativo do etanol de segunda geração (2G).

O processo de fermentação de etanol de segunda geração depende da prospecção e/ou desenvolvimento de leveduras que consumam hexoses e pentoses geradas durante o processo de sacarificação enzimática da biomassa lignocelulósica. A otimização metabólica desses micro-organismos, incluindo a co-fermentação dos açúcares, é uma etapa fundamental e utiliza técnicas avançadas de biologia sintética que visam racionalmente redesenhar rotas bioquímicas nesses micro-organismos.

Neste sentido, destaca-se o projeto do CTBE **“Construção de um atlas genômico para engenharia racional de *Saccharomyces cerevisiae* visando a produção de etanol 2G”**. Este projeto conta com o apoio FAPESP¹⁰, e tem como objetivo elucidar as bases moleculares envolvidas no metabolismo e regulação do consumo de xilose. As informações obtidas podem ser utilizadas para a construção de cepas com maior capacidade de assimilação de xilose. Como resultado do projeto neste semestre foram identificados novos potenciais alvos gênicos e vias metabólicas associadas ao metabolismo de xilose em levedura.

Apoiado pelo Instituto Serrapilheira¹¹, o CTBE desenvolve o projeto de **“Engenharia metabólica e evolutiva de *Saccharomyces cerevisiae* para produção de etanol 2G”**, que busca desenvolver linhagens de leveduras mais tolerantes a inibidores da fermentação alcoólica, como o ácido acético, e com maior produtividade por meio da conversão de xilose em etanol (Figura 5). Um dos gargalos da fermentação de xilose é o seu extenso tempo de consumo em comparação a glicose, que está relacionado à competição desses monossacarídeos com os transportadores de açúcares. Neste sentido, vêm sendo identificados e caracterizados novos transportadores com maior afinidade à xilose, prospectados a partir de micro-organismos selvagens com notória capacidade de consumir tais açúcares.

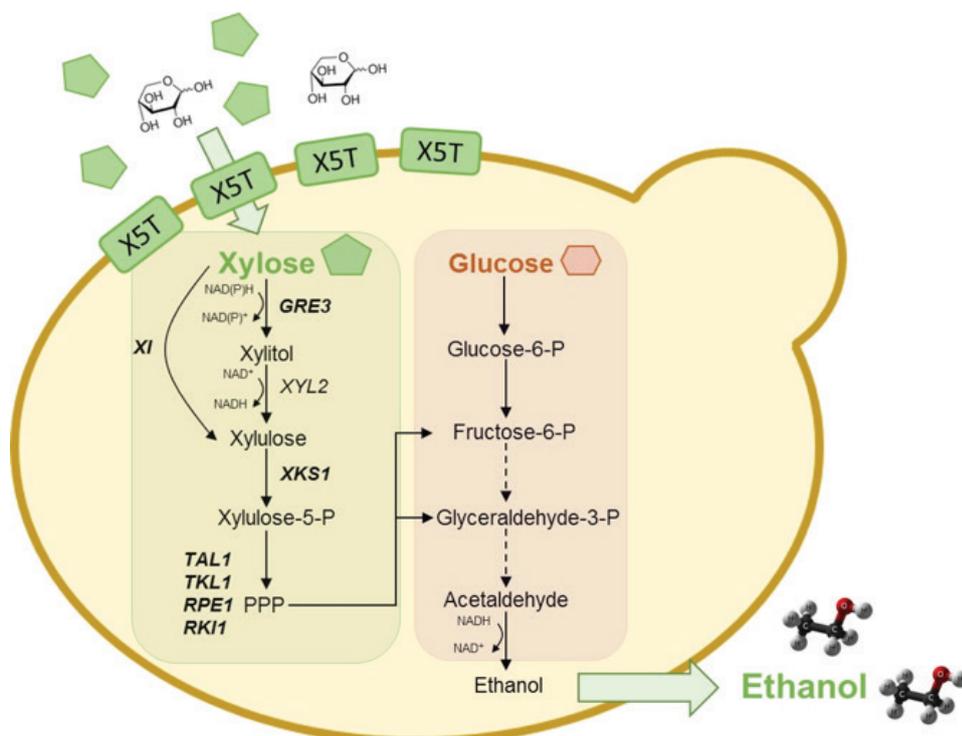


Figura 5. Via metabólica das hexoses e pentoses na levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

¹⁰ FAPESP: 17/08519-6. Construção de um atlas genômico para engenharia racional de *Saccharomyces cerevisiae* visando a produção de etanol 2G.

¹¹ Serrapilheira: R-1708-16208. Design and development of biological platforms for biofuels and biochemicals production from renewable energy sources.

Ainda nesta temática, o CTBE vem realizando esforços para superar desafios da baixa eficiência de conversão de xilose em etanol. A partir do projeto **“Investigação molecular de novas xilose-isomerases para melhor aproveitamento da fração hemicelulolítica”**, uma nova enzima recombinante foi extensivamente caracterizada e testada em processo fermentativo *ex-situ* na presença de xilose e levedura. Os resultados obtidos confirmaram a eficiência do processo.

O CTBE também vem construindo **“Modelos matemáticos para reatores de leito fixo de enzimas imobilizadas para a conversão de xilose em xilulose”**, que irão ajudar na compreensão da cinética de consumo desses açúcares e no melhor controle do processo industrial. Neste primeiro semestre, foram realizados melhoramentos no modelo matemático que incluem a simulação com alta fidelidade das etapas de neutralização e fermentação até obtenção do vinho de levedura.

Outro estudo do CTBE relacionado à fermentação é o projeto **“Engenhieramento genético da cepa industrial brasileira barra grande para fermentação de xilose”**, financiado pela FAPESP¹². Neste projeto, que envolve genômica comparativa de leveduras industriais para produção de etanol, quatorze cepas industriais e não industriais estão sendo analisadas. O sequenciamento genético foi realizado e as análises comparativas de bioinformática encontram-se em fase final.

BIOMASSA

Área de atuação focada no entendimento dos fatores químicos, físicos e biológicos do solo e da estrutura da biomassa e seus impactos na cultura e processamento da cana-de-açúcar e culturas complementares. A área visa explorar os mecanismos multiescala associados ao solo e biomassa.



Para aumentar a eficiência e a eficácia dos processos biotecnológicos usados na produção do etanol de segunda geração é preciso conhecer a estrutura física dos polímeros presentes na parede celular da biomassa. Neste sentido, o CTBE colabora com o projeto temático FAPESP **“Armazenagem, modelagem e análise de sistemas dinâmicos para aplicações em e-Science”**, sediado no Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. Este projeto tem como objetivo desenvolver ferramentas computacionais para análise de imagens de biomassa, em especial a partir de microtomografia de raios X em aceleradores síncrotron, em parceria com o LNLS. Neste semestre, foi desenvolvido um método que transforma as imagens de microtomografias em redes de poros, propiciando uma representação simplificada da estrutura porosa da biomassa. A análise dessas redes deverá ajudar na identificação dos gargalos para transporte de massa intrapartícula.

Ainda relacionado à estrutura da biomassa e no âmbito do **INCT Bioetanol**¹³ sob coordenação da Universidade de São Paulo, o CTBE desenvolve esforços para aprofundar o conhecimento sobre a arquitetura multiescala das paredes celulares da cana-de-açúcar, desde a estrutura das moléculas até a morfologia dos tecidos. O desenvolvimento deste trabalho, que tem como objetivo o melhoramento de tecnologias de etanol 2G, analisou o bagaço de cana-de-açúcar por microtomografia de raios X no LNLS, permitindo observar a água contida em seu interior (Figura 6). O bagaço fresco apresentou em sua composição 50% de água, e sua localização era desconhecida até então.

¹² FAPESP: 2017/02124-0. *Engenhieramento genético da cepa industrial brasileira barra grande para fermentação de xilose.*

¹³ O INCT é co-financiado por CNPq, CAPES e FAPESP. <http://www.inctdobioetanol.com.br>

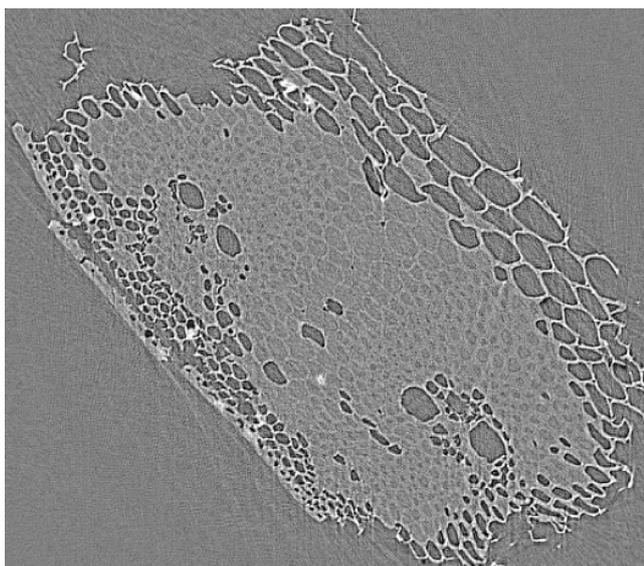


Figura 6. Fatia 2D selecionada (contraste ajustado) de partícula úmida de bagaço, diferenciando células cheias de água e ar. A imagem tem tamanho de pixel de $1,64 \times 1,64 \mu\text{m}^2$.

A qualidade e sustentabilidade do solo são elementos essenciais para a produção da biomassa e, nesse sentido, o CTBE busca aprofundar a compreensão das propriedades biológicas, químicas e físicas do solo, incluindo os efeitos da emissão de gases do efeito estufa.

No âmbito da microbiologia do solo, destacam-se os resultados associados ao projeto “**Estudo de compostos orgânicos voláteis**” (COVs). Estes compostos podem permitir que diversas bactérias promotoras de crescimento vegetal aumentem a produtividade e saúde de culturas agrícolas. Nesse estudo foram identificadas cepas capazes de promover o crescimento da planta modelo *A. thaliana*, gerando um aumento do peso seco da parte aérea em mais de 2,5 vezes, e do volume da raiz em 3 vezes. Também foram identificadas duas cepas de bactérias capazes de inibir o crescimento do fungo *Scitamineum sponsorium*, causador da doença do carvão em cana-de-açúcar.

Ainda relacionado à sustentabilidade do solo, o CTBE realizou experimentos de “**Caracterização, produção e avaliação de biofertilizante organomineral a base de palha de cana-de-açúcar pirolisada**”. Os experimentos utilizaram diferentes solos com cana-de-açúcar e os resultados revelaram um incremento de aproximadamente 30% na produção da cultura com o uso do biofertilizante. Este resultado pode ser atribuído às características do fertilizante, aumento da porosidade do biocarvão e fusão do sal fertilizante com a matriz de carbono estável¹⁴.

Outro estudo, vinculado ao projeto **SUCRE**¹⁵, dedica-se a avaliar os impactos agrônômicos e ambientais da remoção de palha. O objetivo é avaliar os impactos da remoção de palha na qualidade do solo, nas emissões de gases do efeito estufa, na infestação de pragas e plantas daninhas e na produção de biomassa na região centro sul do Brasil. Para o cumprimento dos objetivos, o estudo desenvolve diversos experimentos de campo (Figura 7). Resultados parciais indicam que a remoção de palha para a produção de bioeletricidade reduz a qualidade química, física e biológica do solo e reduz a infestação de pragas importantes para a cultura da cana-de-açúcar, além de aumentar as perdas de solo e água por erosão. Por outro lado, a remoção de palha apresenta benefícios para o sistema de produção de cana, incluindo a redução das emissões de gases do efeito estufa do solo e a infestação de plantas daninhas.

¹⁴ PATENTE CNPEM: INPI BR1020170236323. Fertilizante preparado a partir de biocarvão, processo de obtenção e material para propagação vegetal.

¹⁵ SUCRE: Sugarcane Renewable Electricity. Financiado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Este trabalho encontra-se em fase final e seus resultados deverão gerar um Guia de Boas Práticas, indicando os prós e contras da remoção de palha para a produção de bioenergia.



Figura 7. Ilustração de experimento de campo para avaliação do impacto da remoção de palha nas perdas de solo, água e nutrientes por processos erosivos.

O projeto **“Extração e exportação de macro e micronutrientes por genótipos de cana energia”** visa avaliar a produção de biomassa, qualidade tecnológica e extração de macro e micronutrientes em novos genótipos de cana energia e compará-los com uma variedade padrão de cana-de-açúcar na região Nordeste do Brasil. Foram encontrados resultados promissores nos genótipos de cana energia que indicaram que tanto a produção de biomassa como a extração de nutrientes dessa cultura podem ser maiores comparativamente à da cana-de-açúcar em condições fertilizadas e irrigadas. Isso indica que a cana energia é responsiva à aplicação de nutrientes e tende a remover maior quantidade de nutrientes do solo, visto que sua colheita é integral (com recolhimento total da biomassa da parte aérea), frente a colheita parcial realizada na cana-de-açúcar (somente colmos).

Por fim, relacionados ao estudo das emissões de gases de efeitos estufa do solo, o CTBE concluiu o estudo que trata das **“Emissões de N₂O em cana-de-açúcar adubada com nitrogênio contendo inibidor de nitrificação sobre diferentes quantidades de palha”**. Os resultados revelaram que o uso de inibidores de nitrificação reduziu em média 75% as emissões de N₂O resultantes da aplicação de fertilizante nitrogenado na cultura da cana-de-açúcar. Também nessa linha, o CTBE está finalizando o projeto **“Emissões de N₂O do solo relacionadas com formas de aplicação de N-Fertilizantes em soqueira de cana-de-açúcar”**, financiado pela FAPESP. Os resultados deste projeto indicam que o método e a época de aplicação do fertilizante nitrogenado afetam a produção de cana-de-açúcar e as emissões de N₂O para a atmosfera. Em conjunto, os resultados de ambos os estudos representam uma significativa contribuição para a produção mais sustentável de etanol de cana-de-açúcar, e poderão servir de base para o estabelecimento de estratégias de mitigação das emissões de gases do efeito estufa na produção de etanol de cana-de-açúcar no âmbito do programa de governo Renovabio.

BIOPRODUTOS E QUÍMICA VERDE



Área que envolve o desenvolvimento de rotas químicas e biológicas para obtenção de produtos químicos e/ou intermediários de origem renovável e de interesse das indústrias de transformação, tais como química, alimentícia, farmacêutica e cosmética. Compreende, ainda, a caracterização e o aproveitamento de matérias-primas e resíduos da ana-de-açúcar, gerando bioprodutos sustentáveis e de amplo uso para a sociedade.

Os componentes da parede celular da biomassa, além de úteis para a geração de etanol de segunda geração, também podem ser transformados em biomateriais e intermediários químicos de alto valor agregado. Neste sentido, um dos grandes desafios para utilização dos componentes da parede celular vegetal é a sua despolimerização, processo ainda não totalmente consolidado e economicamente viável para diversas aplicações industriais.

Nesta temática, o CTBE deu continuidade ao projeto que busca desvendar “**Novas estratégias para a despolimerização de polissacarídeos da parede celular vegetal**”. Este projeto conta com o apoio de um temático FAPESP¹⁶ e tem contribuído na descoberta de novas enzimas ativas sobre carboidratos (CAZymes) com potencial de aplicação em processos industriais de relevância nacional, como nas áreas de bioenergia, produção de alimentos e setores correlatos. Neste semestre, foi realizada a descoberta e caracterização funcional e estrutural de uma enzima (arabinofuranosidase) que apresenta uma atividade rara e muito atrativa para a desconstrução do bagaço de cana-de-açúcar: a de remover di-substituições de arabinofuranose presentes no polissacarídeo arabinoxilano. A atividade rara da enzima é observada na Figura 8, onde se nota a arquitetura peculiar do sítio ativo que permite a acomodação da cadeia principal de xiloses e das duas decorações de arabinose, uma no sítio ativo para a clivagem e outra num subsítio auxiliar. A natureza pseudossimétrica da cadeia principal de xiloses permite ora a acomodação de Araf-O3, ora de Araf-O2 no sítio ativo, permitindo com que essa enzima clive todos os tipos de decorações de arabinose presentes em arabinoxilano, o que explica seu efeito sinérgico com coquetéis enzimáticos. Outros resultados do estudo foram o sequenciamento do transcriptoma da bactéria *Xanthomonas axonopodis pv citri*, e a descoberta da função e das adaptações moleculares de uma enzima chave no processo de degradação de N-glicanos. Esses resultados permitem um maior entendimento da degradação de polissacarídeos vegetais, podendo servir de inspiração para o desenvolvimento de aplicações industriais.

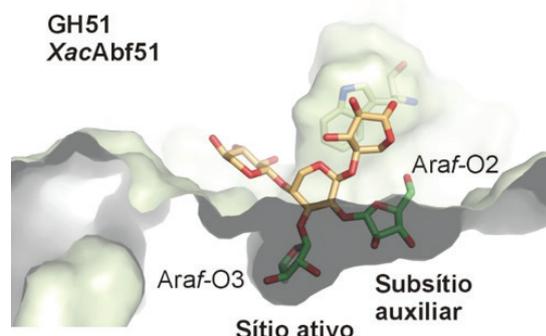


Figura 8. Representação do sítio ativo da enzima arabinofuranosidase (nomeada de XacAbf51) ocupado por uma xilotriose (carbonos laranjas) contendo uma di-substituição de arabinoses (Araf-O2 e Araf-O3).

¹⁶ Temático FAPESP: 2015/26982-0. Explorando novas estratégias para a despolimerização de polissacarídeos da parede celular vegetal: da estrutura, função e desenho racional de hidrolases glicosídicas às implicações biológicas e potenciais aplicações biotecnológicas.

Também nessa linha, o CTBE tem analisado a “**Co-regulação transcricional e identificação de genes de interesse biotecnológico em *Trichoderma reesei***”. O estudo objetiva analisar a co-regulação de genes diferencialmente expressos no transcriptoma de *T. reesei* pela análise de uma rede de co-regulação gênica, bem como construir e validar cepas mutantes deste fungo para identificação de genes, até então de função desconhecida, que possam ser de interesse biotecnológico. Neste primeiro semestre, já foram identificados vários alvos biotecnológicos de genes que podem auxiliar na quebra da biomassa.

A experiência adquirida com o desenvolvimento de enzimas industriais para etanol de segunda-geração também possibilita a descoberta e investigação de novas enzimas (lipases e descarboxilases) envolvidas na síntese de hidrocarbonetos renováveis, precursores para a produção de plásticos, lubrificantes e outros biocombustíveis como biodiesel e bioquerosene de aviação. Esses conhecimentos específicos permitiram ao CTBE desenvolver estudo direcionado à “**Obtenção e investigação de enzimas para a produção de hidrocarbonetos**”. Como resultado, foi obtida uma nova enzima (lipase recombinante em alta concentração) capaz de hidrolisar óleos vegetais refinados (milho, azeite e canola), o que é de grande atratividade para fins industriais. A caracterização estrutural desta enzima utiliza as instalações do SLAC *National Accelerator Laboratory* (EUA) e ainda está em andamento. Paralelamente, uma nova enzima descarboxilase/peroxigenase foi expressa em sistema heterólogo e purificada em concentração que permitirá uma avaliação bioquímica e funcional. Após a caracterização das propriedades funcionais e estruturais da enzima, estão programados testes de aplicação em diferentes substratos a fim de investigar o tipo de hidrocarboneto gerado enzimaticamente.

SUSTENTABILIDADE

Área de atuação que envolve a avaliação tecnológica integrada de processos produtivos (Biomassa, Biocombustíveis e Bioprodutos e Química Verde) incluindo o estudo e otimização das cadeias produtivas e desenvolvimento de metodologias de avaliação econômica, ambiental e social. Para estes estudos se faz necessário também o desenvolvimento de ferramentas de modelagem e simulação de processos agroindustriais. A área atua ainda na avaliação de ecossistemas, com ênfase nos impactos das mudanças de uso da terra e seus recursos naturais em áreas de expansão da produção de cana-de-açúcar.



Avaliações tecnológicas integradas permitem, por exemplo, a análise de ciclo de vida de bioprodutos considerando toda a cadeia de produção bem como a possibilidade de integração com outras cadeias produtivas. Além disso, servem de base para cálculos de créditos de descarbonização visando apoiar estratégias do governo brasileiro na promoção do desenvolvimento sustentável.

No CTBE, a plataforma de avaliação tecnológica, Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar (BVC), conta com um modelo de avaliação agrícola, o CanaSoft, que incorpora parâmetros como tipos de colheita e plantio, etapas de transporte, operações agrícolas, maquinários, implementos, mão de obra, agroquímicos, fertilizantes, entre outros. Um dos destaques deste semestre, envolvendo o CanaSoft, foi o estudo de avaliação técnica, econômica, ambiental e social comparando a produção do setor sucroenergético nas diferentes regiões brasileiras. Este estudo foi possível devido a uma atualização no CanaSoft que modificou os índices de custos de produção (incluindo históricos de preços de insumos,

maquinário e outros componentes do custo de produção agrícola), considerando as principais regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil.

Neste semestre, um **“Estudo da modelagem, simulação e otimização da extração dos açúcares da cana por processos de difusão/lixiviação”** gerou uma nova ferramenta de simulação, aplicada a operação do difusor, responsável pela extração de açúcares, substituto da moenda em algumas usinas. Com esta ferramenta é possível prever resultados como a extração de sacarose e a curva e distribuição Brix do equipamento, melhorando a capacidade de operação desta etapa na usina sucroalcooleira.

No âmbito do projeto de **“Modelagem de biorrefinarias termoquímicas”**, foi publicado no período um estudo¹⁷ no qual são comparadas rotas tecnológicas para obtenção de bioquerosene de aviação. Os resultados demonstram que a conversão termoquímica de bagaço/palha de cana-de-açúcar e de eucalipto são mais promissoras, tanto em termos econômicos quanto ambientais.

No âmbito do projeto **“Avaliação da integração cana-pecuária”**, foi realizado um estudo exploratório sobre a integração de uma biorrefinaria de cana-de-açúcar com um sistema intensivo de pecuária bovina. Comparado ao cenário de referência (pecuária extensiva e uma biorrefinaria processando 2 Mt de cana em uma área de 100 mil ha), a integração permitiu ampliar em cerca de quatro vezes a produção de cana-de-açúcar e de seus produtos (etanol de 1ª e 2ª geração, açúcar e eletricidade) e disponibilizar subprodutos para a compor a ração animal, permitindo dobrar a produção de alimento nesta mesma área. O resultado deste projeto foi apresentado no iconBM 2018 – *International Conference on Biomass* na Itália.

As metodologias de avaliação econômica, ambiental e social são de grande importância na avaliação da sustentabilidade. Neste tema destaca-se a participação do CTBE no projeto Temático FAPESP LACAF, **“Bioenergy contribution of Latin America, Caribbean and Africa to the GSB project - LACAF-Cane I”**, coordenado pelo NIPE/UNICAMP. Um estudo executado no âmbito deste projeto contribuiu para a avaliação da sustentabilidade da produção de bioenergia no Brasil considerando diferentes cenários de mecanização e a influência da escala industrial na viabilidade econômica da produção de etanol. Em outro estudo neste projeto foi realizada a avaliação econômica e ambiental de sistemas produtivos no Brasil, Colômbia e Moçambique, concluindo que as soluções tecnológicas para a produção de etanol serão diferentes a depender do contexto de país em que se insere.

Ainda no tema de metodologias de avaliação econômica, ambiental e social, o CTBE participa, juntamente com EMBRAPA, UNICAMP e Agroicone, do desenvolvimento da **“RenovaCalc”**, uma ferramenta de cálculo do desempenho ambiental da produção de biocombustíveis do RenovaBio, onde aspectos agrícolas e industriais dos processos produtivos são detalhados com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida. Neste semestre, a ferramenta passou por ajustes finais e por processo de validação. Também foi elaborada uma Nota Técnica, que descreve as opções metodológicas adotadas na construção da ferramenta, e disponibilizada, junto com a ferramenta, para consulta pública¹⁸.

No projeto de **“Avaliação de impactos sociais”**, destaca-se o cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano Setorial (IDHsetor), que busca avaliar o impacto de setores econômicos ou atividades produtivas no desenvolvimento humano dos trabalhadores. Neste período foi realizada a customização das configurações metodológicas para o cálculo do Índice IDHsetor.

A avaliação de ecossistemas tem um papel fundamental na sustentabilidade do bioetanol frente aos seus substitutos fósseis. Por meio da avaliação dos efeitos da expansão da produção de cana-de-açúcar para fins energéticos e seus impactos no esgotamento de recursos naturais, na manutenção dos benefi-

¹⁸ Nota Técnica: http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n10/CP10-2018_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf.

Consulta pública e planilhas: <http://www.anp.gov.br/consultas-audiencias-publicas/em-andamento/4469-consulta-e-audiencia-publicas-n-10-2018>

cios sociais e na viabilidade econômica da produção do biocombustível, é possível evidenciar e garantir o desempenho do bioetanol como promotor da sustentabilidade na matriz energética brasileira.

Em relação às atividades de avaliação de ecossistemas, destaca-se a inclusão do balanço hídrico e índices de vegetação para a região do Sul Goiano (Figura 9) no Boletim de monitoramento da cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Goiás, publicado mensalmente com apoio da UNICAMP e do INPE.

Ainda no âmbito da avaliação de ecossistemas, o projeto “Avaliação dos impactos da mudança de uso da terra e manejo na disponibilidade de água das bacias” comprovou um efeito regulador da cultura da cana-de-açúcar em relação à cultura anual e pastagem. Em resposta à substituição de até 40% de áreas ocupadas com pasto e/ou culturas anuais por novas áreas de cana-de-açúcar, houve aumento de até 10% na disponibilidade real de água das bacias. Duas bacias hidrográficas brasileiras foram avaliadas, uma no sul de Goiás e outra na região de Piracicaba.

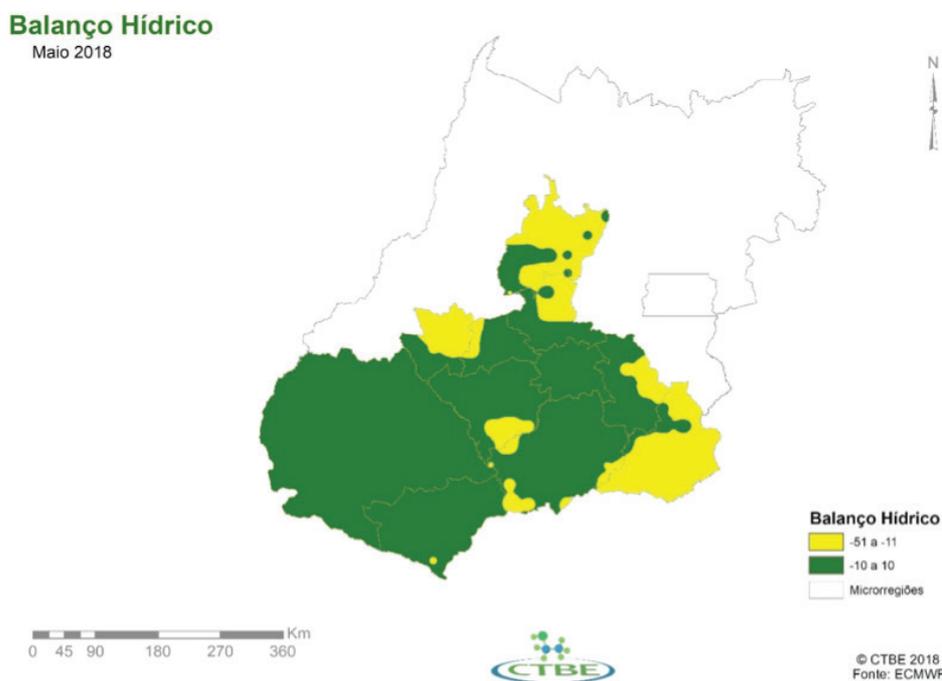
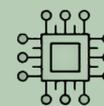


Figura 9. Mapa do balanço hídrico do mês de maio do Sul do estado de Goiás¹⁹.

SENSORES E DISPOSITIVOS

Área de atuação que abrange estudos e desenvolvimentos relacionados a diferentes tipos de dispositivos funcionais, sensores e biossensores com aplicações em várias áreas do conhecimento. Inclui o desenvolvimento de plataformas microfluídicas baseadas em polímeros flexíveis, vidro e outros materiais de interesse, criando inovadoras tecnologias de microfabricação, com forte potencial comercial para aplicação em energia, meio ambiente e saúde.



O projeto “Transporte eletrônico em nanoestruturas orgânicas e híbridas”, desenvolvido pelo LN-Nano, visa estudar as propriedades de transporte de carga e spin por meio de nanoestruturas moleculares orgânicas e híbridas (*Surface Metal Organic Framework - SURMOF*) a partir do desenvolvimento dos métodos de síntese de filmes finos, fabricação de dispositivos e caracterização elétrica. O projeto

¹⁹ SANTOS, ACL; DUFT, DG; HENZLER, D; SANCHES, I; SILVA, GM; ROCHA, JV; BRUNO, KMB; BRUSCAGIN, M; PICOLI, M; CORRÊA, S; HERNANDES, T. Boletim de Monitoramento de Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Edição 28 – Referente a junho/2018. <http://ctbe.cnpem.br/eventos/boletim-monitoramento-cana>

contempla a produção das nanoestruturas utilizando métodos de crescimento físico e químico e sua integração em uma plataforma que permite o acesso às propriedades de transporte e a caracterização elétrica dos dispositivos. A interface teoria-experimento possibilitará a criação de regras de *design* para a engenharia de dispositivos eletrônicos nanoestruturados.

Destaca-se, como resultado, o desenvolvimento de capacitores híbridos que utilizam nanomembranas mecanicamente compatíveis para encapsular conjuntos moleculares ultra-finos, permitindo a investigação de propriedades dielétricas moleculares. Como material de análise, a ftalocianina de cobre (II) (CuPc) foi escolhida, já que informações sobre sua constante dielétrica (kCuPc) em escala molecular são desconhecidas. Foram fabricados e avaliados capacitores híbridos ultracompactos contendo nanomembranas metálicas, camadas isolantes de Al₂O₃ e conjuntos moleculares de CuPc. Os resultados deste trabalho foram publicados²⁰.

Ainda explorando as nanoestruturas híbridas, a transferência controlada de um elétron individual em dispositivos é uma das rotas viáveis para novos tipos de tecnologia. Entretanto, aplicações inovadoras demandam estratégias diferenciadas para fabricar e avaliar tais dispositivos, chamados de SEDs (*single electron devices*). Assim, foi desenvolvido um dispositivo SED híbrido, que combina um conjunto molecular semicondutor a nanopartículas metálicas oriundas da migração de átomos induzida pelo campo elétrico. Este dispositivo foi fabricado usando uma plataforma integrada, baseada em nanomembranas enroladas que conectam os conjuntos moleculares e formam junções túnel na nano escala. Os estudos utilizando este dispositivo permitiram observar a migração de nanopartículas e abrem novas possibilidades para a criação de SEDs inovadores e mais complexos, utilizando diferentes materiais. Os resultados deste trabalho também foram publicados em periódico especializado²¹.

O LNNano deu início ao projeto de “**Esfoliação e caracterização eletroquímica de materiais 2D**”, que busca a caracterização eletroquímica de monocamadas de materiais 2D – por exemplo, o MoS₂. Os objetivos do projeto incluem a obtenção monocamadas de materiais 2D com alta razão de aspecto e caracterização do material, e a avaliação da resposta eletroquímica dos materiais buscando separar a contribuição de terraços e bordas.

Os materiais 2D possuem uma infinidade de aplicações – baterias, telas transparentes, sensores, biossensores, compósitos, tecidos inteligentes e dispositivos vestíveis –, e muitos deles são encontrados na natureza em abundância. O estudo da esfoliação eletroquímica desses materiais deve permitir acessar sítios ativos, entender como esses materiais se comportam, e mesmo verificar seus limites de operação. Espera-se que a compreensão das propriedades eletroquímicas desses materiais, através de técnicas avançadas de preparo e de caracterização, contribua para o desenvolvimento de dispositivos mais eficientes e/ou estáveis, em comparação aos já existentes. Este projeto encontra-se em fase inicial.

O projeto “**Nanodispositivos eletroquímicos esticáveis**”, do LNNano, tem como objetivo obter dispositivos eletroquímicos flexíveis e elásticos de alto desempenho usando nanomateriais ou nanofilmes depositados ou incorporados em substratos flexíveis. O projeto busca compreender o efeito das perturbações mecânicas na resposta eletroquímica das interfaces, estabelecer novas rotas de fabricação, dominar processos de transferência de materiais para substratos flexíveis e modificar as interfaces.

Foi dada continuidade ao desenvolvimento de dispositivos eletroquímicos que possam ser esticados e que mantenham a resposta eletroquímica eficiente. Dada essas características, estes dispositivos permitem soluções diferenciadas em comparação aos dispositivos de estruturas rígidas e têm grande potencial de uso em aplicações diversas – podendo ser anexados na pele, tecidos, embalagens ou luvas.

²⁰ Petrini et al (2018) *Nanotechnology*, vol. 29, n.26. DOI: 10.1088/1361-6528/aabc44

²¹ Oliveira et al (2018) *J. Phys. Chem. C*, 122 (23), pp. 12131–12139. DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b00233

Destacam-se como resultados, obtidos no âmbito do Programa Bolsas de Verão do CNPEM, o substancial avanço na caracterização dos processos de transferência direta de grafite para o substrato de papel. Além disso, verificou-se por microscopia por sonda que nanodetrimentos pouco condutores são removidos da superfície durante o tratamento eletroquímico. Também foram empregadas técnicas hífenadas para mapear a superfície durante cada etapa de construção dos dispositivos.

O projeto **“Sensores para nanomateriais”**, desenvolvido pelo LNNano, busca desenvolver plataformas analíticas microfluídicas para o controle de qualidade, estrutural e quantitativo de nanomateriais diversos. O desenvolvimento desses sensores visa superar os obstáculos envolvidos no monitoramento de nanomateriais durante todo o seu ciclo de vida (síntese, modificação de superfície, aplicação e descarte), oferecendo uma solução simples e barata para o controle de qualidade destes materiais.

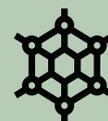
No âmbito desse projeto, foi dada continuidade aos estudos de controle de qualidade de nanomateriais aplicando a língua eletrônica microfluídica, desenvolvida pelo LNNano em 2017. No estudo, os eletrodos foram dispostos na forma de capacitores associados em paralelo, o que acarretou sensibilidade elevada. Utilizando-se espectros de capacitância real equivalente e o método de visualização de dados IDMAP (*Interactive Document Map*), foi possível realizar o monitoramento da química de superfície de nanopartículas de sílica e nanotubos de carbono apesar das pequenas modificações de superfície induzidas por extensões de funcionalização (com compostos orgânicos) e oxidação, respectivamente. Além disso, foi possível classificar duas amostras simultaneamente (monitoramento multiplex) numa configuração então inédita para línguas eletrônicas²². O projeto segue em fase de investigação. Estão em curso esforços para aprimorar o método e realizar outras aplicações – por exemplo, na oxidação e redução de óxidos de grafeno e monitoramento em tempo real da superfície de nanopartículas durante a sua síntese em sistema microfluídico utilizando detecção eletroquímica capacitiva e colorimetria baseada em smartphone.

O projeto **“Métodos eletroanalíticos point-of-care contendo sensores microfluídicos de baixo custo e fabricação em larga escala para o diagnóstico de câncer”**, do LNNano, visa desenvolver plataformas analíticas *point-of-care* com sensores microfluídicos para a quantificação de biomarcadores tumorais (proteínas) em amostras reais (soro de pacientes com câncer). Estes sensores devem aliar baixo custo, produção em larga-escala e desempenho analítico elevado. O objetivo é o desenvolvimento de plataformas analíticas portáteis, com autonomia de carga e do tipo *sample-to-answer*, através do uso de smartphone para realização de testes diagnósticos *in-situ* efetivos por usuários não qualificados em instrumentação analítica (experimentos *point-of-care*).

Foram desenvolvidos dispositivos (capacitores capilares de dupla camada elétrica em microfluídica) utilizando técnica de baixo-custo, que elimina o uso de processos padrão de litografia e facilidades de ‘sala-limpa’, e permite a fabricação de dezenas a centenas de chips em menos de 1h. Os eletrodos consistem de capilares de aço-inoxidável cuja produção em larga-escala no setor industrial já é bem estabelecida. Esses capilares foram adquiridos por um custo reduzido e foram empregados, como eletrodos, sem qualquer etapa de tratamento de superfície. Mediante a construção de uma arquitetura inédita para sensores capacitivos, o uso desses eletrodos não tratados possibilitou a quantificação de biomarcadores tumorais em amostras de soro reais, concedidas pelo Hospital de Câncer de Barretos, com sensibilidade, exatidão, precisão, reprodutibilidade e robustez. Destaca-se como principal resultado a determinação exata do biomarcador de câncer de mama CA 15-3 em amostras de soro de pacientes de câncer. O sensor possui custo inferior a US\$1,00 e cumpre as características requeridas – é portátil, possui autonomia de carga e é do tipo *sample-to-answer*.

²² Os resultados deste estudo foram publicados no periódico *ACS Sensors*.

MATERIAIS



Área de atuação que abrange estudos relacionados a síntese, caracterização e aplicações de materiais avançados nos setores industriais de energia, petróleo e gás, aeroespacial, automotivo e metalúrgico. Inclui o estudo de métodos de transformação de materiais convencionais a fim de proporcionar propriedades sob medida e que levem a um aumento significativo na aplicação de processos por atrito pela indústria brasileira.

No primeiro semestre de 2018, o LNNano deu início ao projeto “Síntese Solvo- e Hidrotérmica de Nanocristais de Óxidos Metálicos”, que tem como objetivos: (i) estabelecer rotas e otimizar as condições de síntese para obter suspensões coloidais de nanopartículas, deposição de filmes finos e acompanhar as transformações de fases, formação/evolução de grãos e interfaces durante tratamentos térmicos; (ii) desenvolver fotoanodos e caracterizar a fotoatividade para aplicação na fotodecomposição da água e geração de hidrogênio. O foco do projeto é o desenvolvimento de tecnologia verde para a geração de energia, onde suspensões coloidais de nanopartículas serão usadas para a produção de fotoanodos para catalisar a decomposição da água usando a luz solar, e gerar hidrogênio.

Como resultado inicial, destaca-se o estabelecimento de uma rota de síntese da suspensão coloidal do compósito $25\text{TiO}_2/75\text{Fe}_3\text{O}_4$, que permite obter uma distribuição de tamanho de partículas concentrada entre 3 e 4 nm, conforme a Figura 10. As perspectivas para o próximo semestre são explorar outras relações de concentração $25\text{TiO}_2/75\text{Fe}_3\text{O}_4$, sistematizar as condições de síntese, explorar a técnica de microscopia de transmissão para elucidar a estrutura das nanopartículas, otimizar as condições de tratamento térmico e caracterizar a fotoatividade dos nanocompósitos.

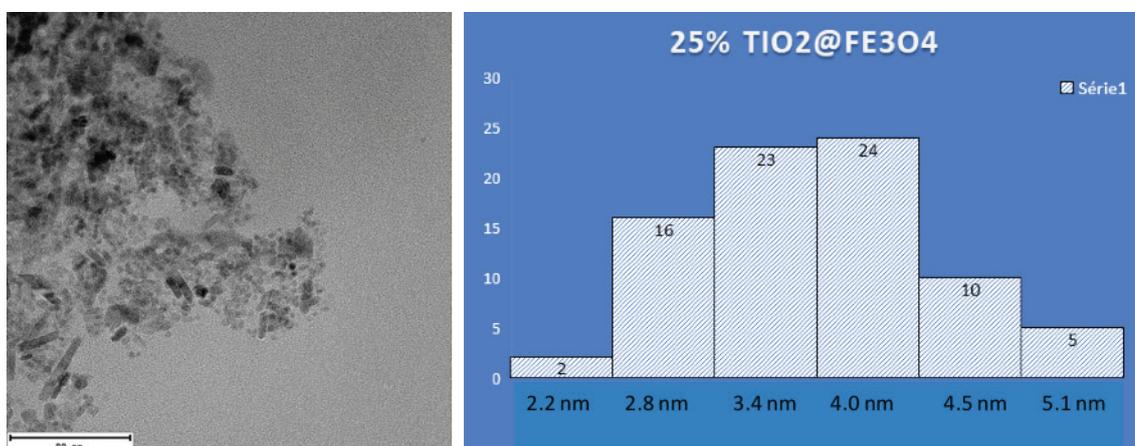


Figura 10. Distribuição de tamanho de partículas na suspensão coloidal do compósito $25\text{TiO}_2/75\text{Fe}_3\text{O}_4$.

O projeto “Síntese no Estado Sólido de Materiais Nanoestruturados”, iniciado pelo LNNano neste semestre, engloba três linhas de pesquisa: (i) desenvolver processos de síntese de nanopartículas e nanoestruturas no interior de matrizes metálicas por reação no estado sólido para a obtenção de “architected materials”; (ii) estabelecer parâmetros de síntese e obtenção de compostos intermetálicos por moagem de alta energia; (iii) estabelecer parâmetros de síntese de suspensões coloidais de nanopartículas de ligas metálicas por ablação a laser pulsado de Ti-safira em meio orgânico. O objetivo é aplicar as suspensões coloidais na produção de fotoanodos para a geração de energia e na modificação/funcionalização de superfícies.

²³ Os dados foram submetidos ao periódico *Analytical Chemistry*, da American Chemical Society.

Os avanços desta área de pesquisa estão intimamente ligados ao desenvolvimento de tecnologias verdes, com forte viés nas conexões entre materiais avançados e sustentabilidade. O objetivo é aplicar as suspensões coloidais na produção de fotoanodos para a geração de energia e na modificação/funcionalização de superfícies. Além disso, os desenvolvimentos previstos no projeto encontram aplicação imediata na área de fotocatalise e engenharia de superfícies.

No âmbito deste projeto, destaca-se como resultado a viabilidade do processo de reforço estrutural em chapas de alumínio, mantendo a estrutura leve, que é a principal característica das ligas de alumínio usadas na indústria aeronáutica (Figura 11). Este resultado se insere na linha de pesquisa de síntese de nanopartículas intermetálicas por processamento por atrito. Para o próximo semestre, estão previstos estudos que explorem as possibilidades de reforço estrutural da liga de Al da série 2000 pela síntese *in situ* de nanopartículas da liga de Al da série 7000 pelo processamento de cordões com Fe-Zn-Cu. Também será explorado o processamento de Ti com Nb para a criação de regiões enriquecidas por nanopartículas da liga Ti-Nb, fase β , como forma de controlar o módulo de elasticidade – estas nanopartículas têm potencial aplicação em próteses ortopédicas.

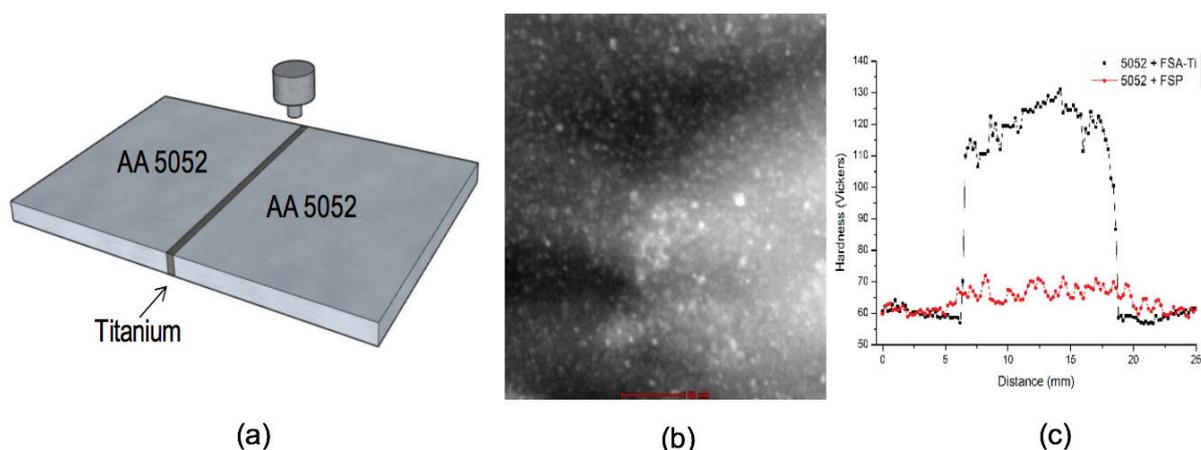


Figura 11. (a) Chapas de alumínio 5000 processadas com Ti. (b) Nanopartículas de Al_3Ti menores que 10 nm. (c) aumento de dureza na região do processamento devido à distribuição homogênea de nanopartículas intermetálicas.

Ainda no âmbito deste projeto, o equipamento para moagem de alta energia e seus acessórios estão em fase de instalação e a produção de suspensões de nanopartículas de ligas intermetálicas deve ter início imediato. Por fim, foi estabelecida a colaboração com o IPEN-SP, para o uso do equipamento de laser de pulso curto para início dos experimentos de síntese de suspensões coloidais de nanopartículas por ablação.

O projeto **"Plataformas multifuncionais baseadas em materiais nanoestruturados de carbono de biomassa para aplicação em energia, materiais compósitos e meio ambiente"**, do LNNano, visa a obtenção de materiais de carbono nanoestruturados de valor agregado a partir de recursos renováveis, que possam ser aplicados em áreas de energia, materiais compósitos e meio ambiente. Assim, os avanços desta área de pesquisa estão intimamente ligados ao desenvolvimento de tecnologias verdes com forte viés nas conexões entre materiais avançados e sustentabilidade.

Os esforços deste projeto na área de descontaminação de água estão focados no suporte ao Projeto Biosafety, do Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia, que visa estudar os efeitos ecotoxicológicos de nanomateriais de carbono em co-exposição com poluentes de relevância

²² Os resultados deste estudo foram publicados no periódico ACS Sensors.

ambiental. Neste primeiro semestre, as amostras de carvão ativo nanoestruturado de bagaço de cana, que serão utilizadas no projeto, foram caracterizadas quanto às suas propriedades físico químicas. Estes materiais estão sendo empregados atualmente em ensaios de toxicidade frente ao organismo *C. elegans* em co-exposição com íons de Pb²⁺.

Os esforços deste projeto na área de condicionadores de solo estiveram focados em duas frentes. Na primeira, foram estudados fertilizantes nanoestruturados de biocarvão contendo diferentes teores de KCl como sal nutriente. Os estudos mostraram que o uso destes fertilizantes nanoestruturados melhora a capacidade de retenção de água e promove a liberação controlada de potássio no solo. A segunda frente de trabalho nesta temática esteve focada na aplicação de fertilizantes fosfatados de biocarvão nanoestruturado de palha de cana e foi desenvolvida em colaboração com o CTBE. Os estudos estão bastante avançados no âmbito de ensaios em casa de vegetação e mostram que a aplicação destes tipos de fertilizante ao solo pode resultar em ganhos na produção de cana-de-açúcar de até 30% a depender do tipo de solo (Figura 12). Este aumento na produção de biomassa da cana decorre do aumento da eficiência na utilização de fósforo pelas plantas devido à presença do biocarvão nanoestruturado. Os resultados parciais deste trabalho foram apresentados no congresso internacional ECO-BIO 2018 na Irlanda, sendo premiado com a láurea de melhor pôster do evento.



Tipo de solo	Massa da parte aérea da cana-de-açúcar (g) após 60 dias		
	Biocarvão nanoestruturado	Sem fertilizante	Fertilizante comercial
Arenoso	63,0	45,5	62,6
Argiloso	99,8	19,9	67,9
Médio	72,8	10,6	64,4

Figura 12. Massa da parte aérea da cana-de-açúcar (g) após 60 dias

Ainda no âmbito deste projeto, foram obtidos avanços significativos no entendimento da estrutura e composição química de bionegros de fumo de lignina de bagaço de cana, que receberam tratamentos termoquímicos para se tornarem condutores utilizando técnicas avançadas de caracterização. Análises de TEM/EELS mostraram que o tratamento termoquímico empregado enriquece a superfície das partículas de bionegros de fumo com espécies de carbono sp², e que este enriquecimento superficial promove a formação de domínios condutores nas partículas que são responsáveis pelas propriedades elétricas observadas anteriormente destes materiais. As próximas etapas prevêm explorar técnicas de microscopia eletrônica de transmissão para avaliar a estrutura de biocarbonos obtidos a partir de nanopartículas de celulose e de lignina. Estas técnicas de caracterização permitirão aprofundar o entendimento acerca dos processos de pirólise das partículas de biomassa também com análises *in situ*, e serão aliadas aos resultados obtidos pelas técnicas de microscopia eletrônica.

Por fim, o LNNano tem explorado a utilização da estrutura celulósica de colmos de cana-de-açúcar e do cerne de madeira balsa para obter materiais de carbono com estrutura hierárquica inspirada na natureza. Neste trabalho, monólitos de colmos de cana ou de madeira são delignificados via tratamento químico e a estrutura de celulose resultante é pirolisada para obtenção das estruturas de carbono. Os

materiais de carbono obtidos mantêm majoritariamente a estrutura da celulose precursora (Figura 13), e a aplicação de métodos de modificação química está sendo explorada para a obtenção de materiais que tiram proveito desta estrutura hierárquica de origem natural para aplicação em energia e descontaminação de água. Resultados preliminares mostram que o tratamento termoquímico do material de carbono em atmosfera de etanol promove a formação de nanotubos de carbono na superfície do suporte, e que há uma anisotropia de condutividade elétrica nos materiais (tabela da Figura 13).

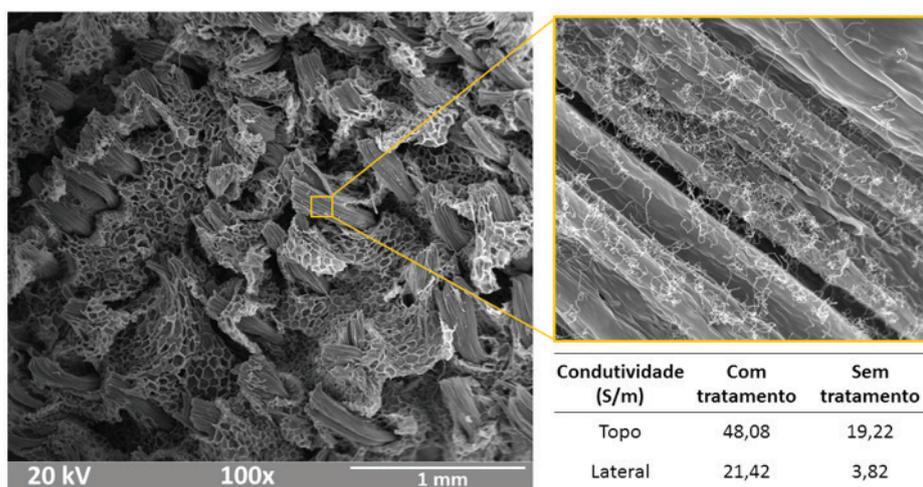


Figura 13. Estrutura da celulose precursora

Foram publicados três trabalhos em periódicos a partir dos resultados das pesquisas de materiais nanoestruturados de carbono de fontes renováveis. O primeiro²⁴ discute a aplicação deste tipo de material em armazenamento e conversão de energia e compósitos leves, levando para a literatura os alicerces chave da estratégia desta linha de pesquisa. Os outros dois artigos versam sobre a produção de espumas de nanocelulose, sendo sua microestrutura controlada pela adição de surfactantes²⁵ ou pelo método de congelamento da dispersão precursora²⁶. Estes trabalhos trazem avanços significativos que suportam esforços futuros acerca da produção de espumas e aerogéis de carbono para aplicações em armazenamento de energia e processos de tratamento de água.

O LNNano deu início ao projeto **“Uso da nanotecnologia em ligas de Ti visando a redução de problemas pós-operatórios na colocação de implantes ortopédicos”**, que visa a utilização da nanotecnologia na forma de nanopartículas de ação bactericida e de nanocelulose combinada a medicamentos para reduzir/inibir inflamações e proliferação de bactérias nas regiões próximas aos implantes ortopédicos de ligas de Ti.

Atualmente a colocação de implantes causa reações adversas no paciente, principalmente nas primeiras semanas após a cirurgia. Estas reações são decorrentes principalmente da proliferação de bactérias e da inflamação nas regiões adjacentes ao implante, gerando queda localizada de pH. Ainda que a esterilização dos componentes usados na cirurgia seja completa, bactérias que residem no próprio paciente podem aderir à superfície do implante, formando redes que se fixam e proliferam. Além disso, a queda localizada do pH pode gerar corrosão no implante, levando à necessidade de outra cirurgia para que seja feita a troca. O objetivo deste trabalho é impedir a fixação de bactérias na superfície do implante evitando sua proliferação, através da adição de nanopartículas de ação bactericida, e da adição de medicamentos (encapsulados em nanocelulose) visando acelerar o processo de cicatrização e impedir a redução de pH.

²⁴ *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 2018, 12, 22-26.

²⁵ *Carbohydrate Polymers* 2018, 195, 153-162

²⁶ *Materials Letters* 2018, 225, 167-170

Deste modo, a necessidade de uma nova cirurgia a curto prazo se tornaria uma possibilidade remota e o tempo de renovação da prótese poderia ser prorrogado. Este projeto se encontra em estágio inicial.

Em 2018 foi finalizado o projeto “Produção de compósitos poliméricos: processamento termoplástico”, em cooperação com o *Fraunhofer Institute for Applied Polymer Research (IAP)*, que visava a obtenção de compósitos poliméricos com utilização de fibras ricas em celulose de bagaço de cana-de-açúcar como fase dispersa. Neste projeto foram produzidos compósitos de polietileno e celulose (modificadas e não modificadas com hexametildisilazano) em diversas concentrações de celulose e analisado o desempenho mecânico de cada compósito. Os resultados revelaram que o melhor desempenho mecânico foi apresentado pelo compósito com 20% de fibras modificadas (Figura 14). Essa melhoria está atrelada a melhor dispersão de fibras de celulose no interior da matriz polimérica, que foi comprovada pelos dados quantitativos de área superficial obtidos por microtomografia de raios-X. O compósito com 20% de celulose modificada possui uma dispersão de fibras superior, com uma área superficial total de fibras 110% maior que o seu compósito correspondente (sem modificação química).

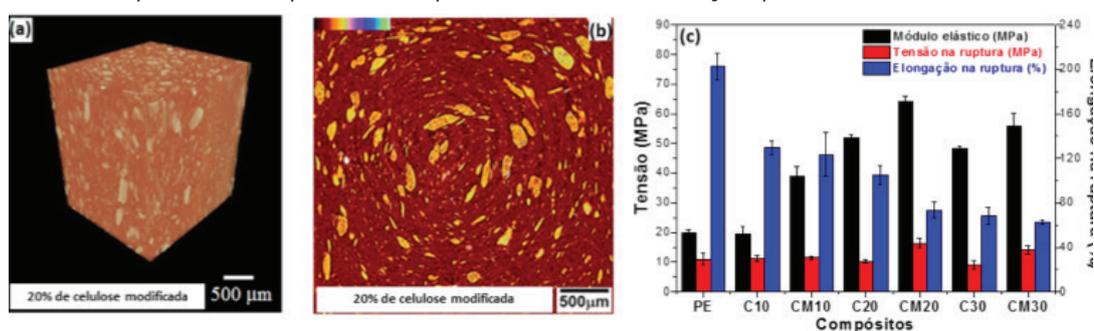


Figura 14. Imagem de microtomografia de raios-X para o compósito com 20% de celulose modificada: (a) reconstrução 3D (b) imagem 2D no interior do compósito. (c) Ensaio de tração dos compósitos. PE: polímero puro. C: celulose e CM: celulose modificada com HMDS.

Também nesta temática, foi desenvolvido em cooperação com a FEQ-UNICAMP, o projeto “Obtenção de nanocelulose para o desenvolvimento de nanocompósitos”. Destacam-se como resultados os avanços na obtenção e caracterização das nanoestruturas de bagaço de cana-de-açúcar, publicados em periódico²⁷. Foram produzidos e caracterizados nanocompósitos de poli (adipato de butileno-co-tereftalato)-PBAT e nanocelulose para aplicações em embalagens. Por fim, estão sendo produzidos nanocompósitos de nanocelulose com biovidro para aplicações biomédicas na regeneração óssea. A Figura 15 mostra fotos e imagens 3D e 2D dos nanocompósitos – os materiais são altamente porosos e leves, possuindo boas propriedades mecânicas. Os testes in vivo destes bionanocompósitos porosos estão sendo desenvolvidos em colaboração com o Instituto de Biologia da UNICAMP. A cirurgia para os implantes dos nanocompósitos nas calvárias dos ratos foram iniciadas (Figura 16) e, posteriormente, sua eficiência na reconstituição óssea será caracterizada por microtomografia, histologia e ensaios biológicos.

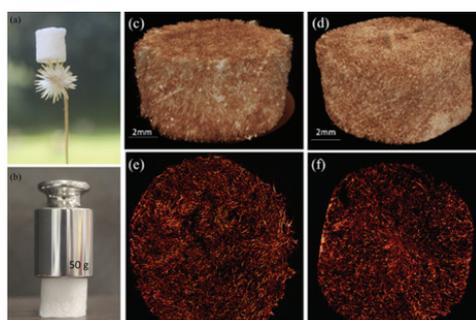


Figura 15. Fotos dos nanocompósitos (esquerda, a e b). Imagens obtidas por microtomografia de raios-X. (c-e): nanocelulose. (d-f): nanocompósitos com nanocelulose e biovidro.

²⁷ F.V. Ferreira, M. Mariano, S.C. Rabelo, R.F. Gouveia, L.M.F. Lona, Isolation and surface modification of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse waste: From a micro- to a nano-scale view, *Appl. Surf. Sci.* 436 (2018) 1113–1122.

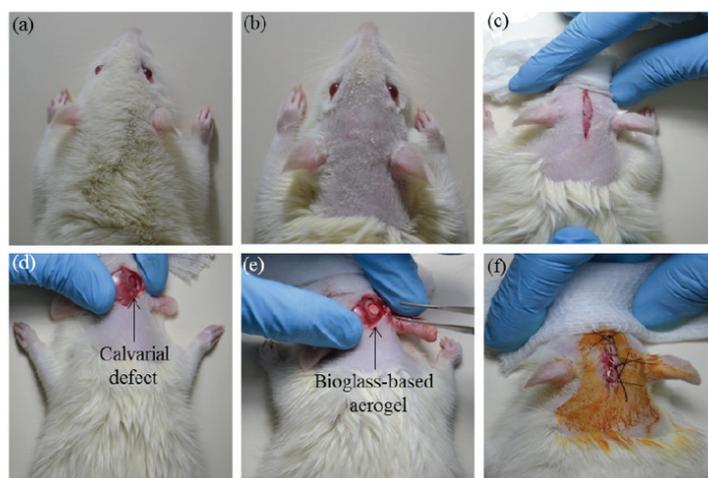


Figura 16. Imagens da cirurgia na calvária dos ratos. (a-c) Início da cirurgia e introdução do corte. (d) Indução do defeito na calvária. (e) Introdução do nanocompósito de nanocelulose e biovidro. (f) Imagem pós-cirúrgica.

Destaca-se como principal resultado do projeto “Produção de bionanocompósitos híbridos e exploração de suas interfaces”, o desenvolvimento de adesivo de contato produzido pela mistura de matérias-primas naturais de látex de borracha natural (seringueira), lignina (bagaço de cana-de-açúcar) e nanocelulose (eucalipto). O adesivo, também denominado “adesivo verde”, é ambientalmente sustentável por ser totalmente à base de água, e não necessita de cura sob temperatura ou sob pressão. Além disso, o adesivo possibilita colar substratos de mesma e de diferentes naturezas, apresentando um excelente potencial de uso. Este desenvolvimento gerou um pedido de patente²⁸. A formulação apresentou desempenho semelhante ao padrão comercial (a base de PVA), como mostram os ensaios de tração para diferentes substratos (Figura 17, topo, direita). Imagens da interface entre as madeiras são visualizadas por microtomografia de raios-X (Figura 17, base, esquerda), mostrando uma interface imperceptível entre os dois substratos. A interface entre o adesivo e a madeira é mais resistente que o próprio substrato, como está apresentado na foto do rompimento da madeira na Figura 17 (base, direita) após o ensaio mecânico de tração.

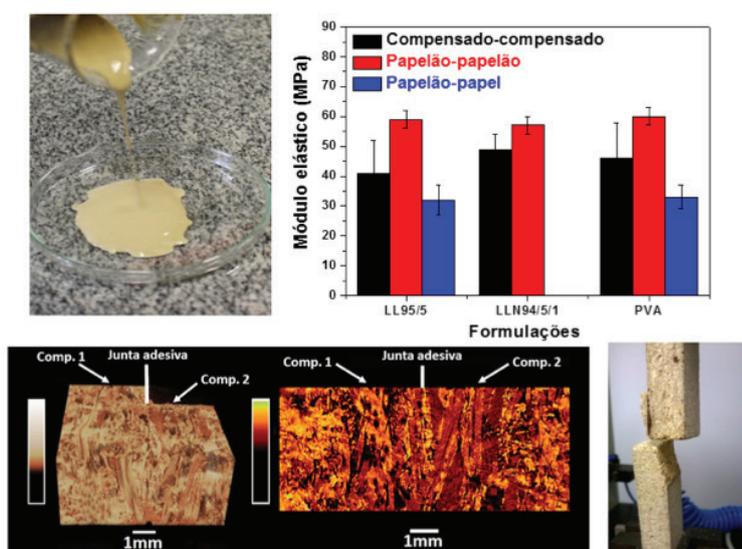


Figura 17. Foto da formulação do adesivo (topo, esquerda). Ensaio de tração para diferentes substratos (topo, direita). Imagens de microtomografia de raios-X (base, esquerda). Foto das madeiras e junta adesiva após o ensaio de tração.

LL: látex e lignina. LLN: látex, lignina e nanocelulose.

²⁸ Depósito realizado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) no dia 11 de maio de 2018, pedido número: BR 102018009673-7, intitulado “Formulação de adesivos verdes para diferentes substratos e seus usos”.

O projeto de “Produção de bionanocompósitos híbridos porosos por mistura” avançou na otimização e preparação das espumas porosas de nanocelulose, com porosidade e espessura de paredes definidas. A Figura 18 mostra a reconstrução tridimensional do nanocompósito poroso e sua respectiva distribuição de espessura de parede obtida por microtomografia de raios-X. Esse material é altamente poroso (porosidade total de aproximadamente 90%), sendo um ótimo candidato para sorção de óleos para descontaminação de óleo em água. Atualmente, experimentos de sorção em diferentes solventes orgânicos estão sendo realizados no laboratório, mostrando que esse material possui uma capacidade de adsorção (g/g) de aproximadamente 20 vezes em relação a sua massa inicial.

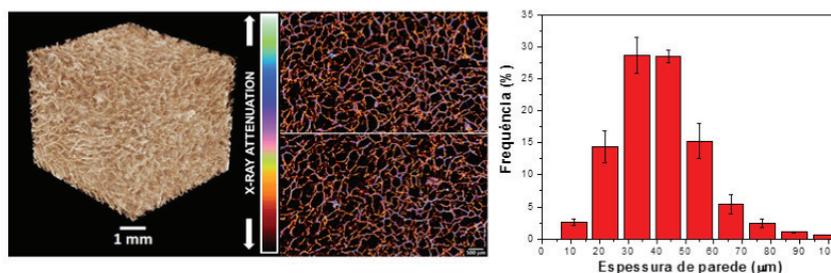


Figura 18. Imagens de microtomografia de raios-X para o nanocompósito poroso de nanocelulose (esquerda). Distribuição de espessura de parede (direita).

Por fim, no âmbito do projeto “Comportamento coloidal de suspensões complexas de nanocelulose”, do LNNano, foram obtidos avanços em três linhas de pesquisa.

No primeiro semestre de 2018, a linha de nanocelulose como espessante de fluidos focou no preparo de nanofibras de celulose (CNF) de bagaço com diferentes graus de oxidação. A adição de grupos iônicos (COO^-) na superfície das fibras celulósicas facilita o processo de fibrilação, pois desfaz ligações de hidrogênio que são responsáveis pela alta coesão fibrilar e promove também a repulsão entre as fibras em água. Foi verificado que aumentando o grau de oxidação da polpa é possível isolar nanocelulose sem a etapa dispendiosa de tratamento mecânico (ultrassonicação ou homogeneização de alta pressão), sendo uma vantagem importante em relação ao custo de produção desses nanomateriais.

Dispersões aquosas de CNF em água formam géis em baixa concentração de sólido (ca 1% m/m) devido ao alto grau entrelaçamento entre as fibras, sendo assim promissor o uso desse nanomaterial como espessante de fluidos. A viscosidade das dispersões de CNF depende de vários fatores, como, por exemplo, tempo de sonicação das fibras, grau de oxidação e pH, como ilustrado na Figura 19.

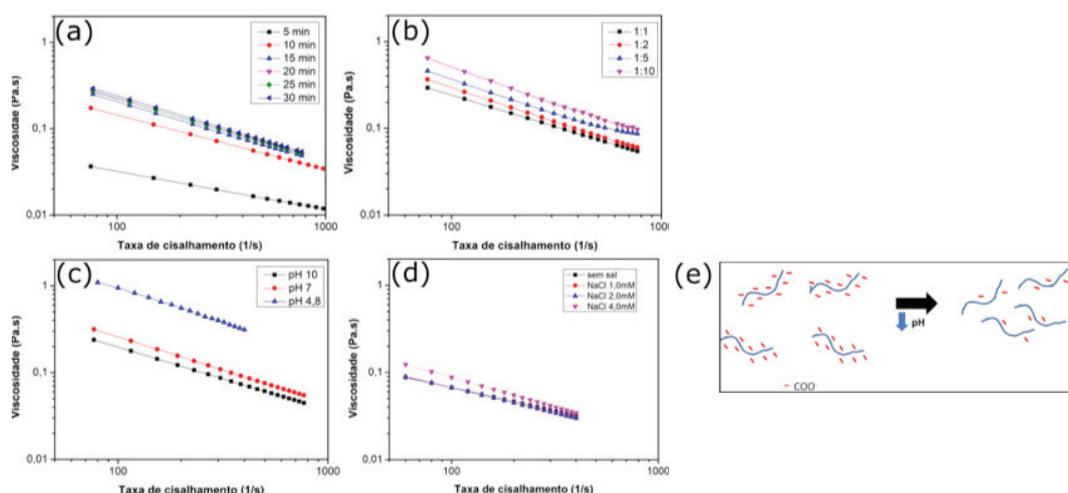


Figura 19. Curvas de viscosidade de dispersões de CNF (1,5% m/m) variando os seguintes parâmetros: (a) tempo de sonicação da dispersão; (b) quantidade de grupos carboxílicos na superfície das nanofibras; (c) pH da dispersão e (d) força iônica do meio. (e) representação esquemática da agregação das fibras em pH 4,8.

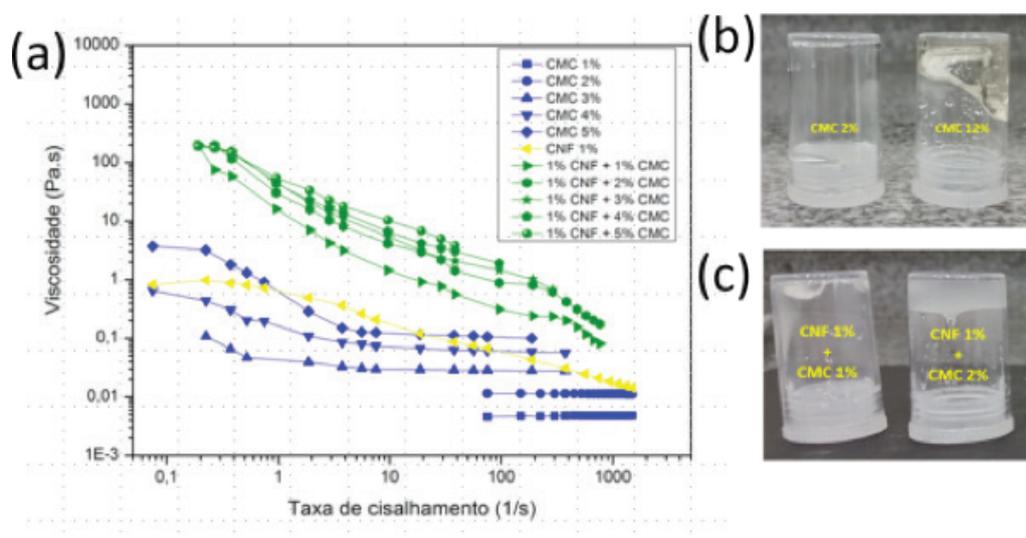


Figura 20. (a) curvas de viscosidade de soluções CMC 90 kDa (1-5% m/m), dispersão de CNF (1% m/m) e misturas CNF (1% m/m) + CMC (1-5% m/m). Fotos de sistemas após testes de inversão de tubo (b) solução de CMC 2 e 12% m/m; (c) misturas CNF (1% m/m) e CMC (1 e 2% m/m).

Foram realizados experimentos de reologia com adições sucessivas de CMC (90 kDa) em dispersão de CNF (1% m/m) a fim de se avaliar o efeito da adição de celulose nanofibrilada em soluções de espessantes usualmente utilizados em formulações – como, por exemplo, carboximetilcelulose (CMC). Os resultados revelaram que a mistura de CMC com CNF leva a um aumento significativo e sinérgico da viscosidade (Figura 20a). Por exemplo, comparando-se os sistemas com 3% m/m de sólido (CMC 3% m/m e CMC 2% + CNF 1% m/m) a viscosidade chega a aumentar em três ordens de magnitude com a adição de CNF, passando de 0,1 para 200 Pa.s, em baixa taxa de cisalhamento. Além disso, através de testes de inversão de tubo, mostrados nas Figura 20b e Figura 20c, verificou-se que a formação de gel em soluções de CMC ocorre somente com 12% m/m de polímero e, adicionando-se 1% m/m de CNF, a formação de gel ocorre com apenas 2% de CMC.

Na linha de aerogéis de nanocelulose, em uma das etapas do projeto, pretendia-se avaliar também CNF de eucalipto comercial como espessante de fluidos. No entanto, quando a amostra foi recebida, verificou-se que era bem diferente da nanocelulose de bagaço produzida em laboratório. Por não possuir grupos carregados na superfície da fibra, o processo de fibrilação da polpa não deve ter sido tão eficiente, resultando em amostras mais opacas em consequência da presença de fibras maiores. Por isso, decidiu-se utilizar a CNF comercial no preparo de espumas contendo surfactantes com diferentes tamanhos de cadeia carbônica. Os resultados revelaram que a adição de surfactantes catiônicos na dispersão de CNF comercial leva a floculação das fibras devido a diminuição do potencial zeta, que em alguns casos passa de -35 para -8mV, afetando assim a morfologia e as propriedades mecânicas dos materiais porosos preparados. Esses resultados foram publicados na *Carbohydrate Polymers*. Também foram preparadas espumas com diferentes morfologias e propriedades mecânicas alterando apenas o molde utilizado durante o congelamento das dispersões de CNF. Os resultados deste trabalho foram publicados na *Materials Letter*.

Por fim, na linha de Nanocelulose em eletrônica flexível, foram preparadas tintas condutoras a base de celulose nanofibrilada (CNF) e negro de fumo, e depositadas por screen printing sobre substratos transparentes e flexíveis de CNF. Os resultados indicam que, além de funcionar como ligante no filme seco, a nanocelulose de bagaço também aumenta a estabilidade coloidal da tinta, fator crucial para uma boa impressão. Também foram desenvolvidas técnicas de hidrofobização da superfície, que se mostraram

bastante promissoras, permitindo uma significativa redução da resposta elétrica advinda de mudanças na umidade relativa do ambiente. O desenvolvimento dessa técnica visa responder um dos grandes desafios relacionados ao uso de CNF em dispositivos, a alta sensibilidade à água, que pode limitar bastante seu uso.

NANOMEDICINA E NANOTOXICOLOGIA

Área que concentra estudos para a produção e caracterização de nanopartículas funcionalizadas para fármacos e agroquímicos, de nanobioconjugados e de nanobiomateriais. Também contempla estudos da interação de materiais nanoestruturados sobre sistemas biológicos com o ambiente, visando o desenvolvimento responsável e sustentável de novos materiais e processos.



O projeto “Na busca pela medicina personalizada”, do LNNano, visa obter nanopartículas biodegradáveis inovadoras que contenham simultaneamente agentes de direcionamento e de proteção na superfície das nanopartículas. As habilidades de direcionamento dessas partículas serão testadas contra células tumorais, bactérias e/ou vírus resistentes a medicamentos. O projeto prevê a investigação de vários agentes de direcionamento e de proteção, bem como a adequada proporção entre eles para fornecer o melhor resultado biológico. Além disso, com base na experiência prévia do grupo, é possível que essas partículas carreguem uma elevada dose de fármacos bem como degrade ao longo do transporte sob condições fisiológicas. Esses dois pontos serão também investigados e otimizados antes de experimentos em animais e humanos. Espera-se que essas partículas sejam capazes de aumentar a eficiência dos tratamentos medicamentosos, diminuindo efeitos secundários indesejáveis.

No primeiro semestre de 2018, foi estabelecido um protocolo de secagem de nanomateriais, capaz de secar nanopartículas e depois dispersá-las mantendo todas as propriedades originais anteriores à secagem. A metodologia desenvolvida foi publicada²⁹ e tem grande apelo técnico-científico, visto que atualmente as nanopartículas utilizadas na clínica são suspensões (nanopartículas dispersas em água) que geram um altíssimo custo de manipulação e transporte, bem como um alto grau de instabilidade das mesmas. Em outro trabalho foi possível demonstrar a morte de bactérias em concentrações ultra-baixas, isto é, utilizando concentrações de 5 a 10 vezes menores que os antibióticos convencionais. Esse resultado comprova que as estruturas e as abordagens desenvolvidas no grupo são muito promissoras e passíveis de utilização na clínica médica³⁰.

Neste primeiro semestre, teve início o projeto “**NanoEcoSafety – Construção de uma plataforma integrada de pesquisa em nanociência, nanosseguurança e nanotoxicologia ambiental**”, que visa construir uma plataforma integrada de pesquisa no LNNano para o estudo da interação de nanomateriais com sistemas biológicos e o ambiente (nanociência, segurança e toxicologia ambiental), visando suportar o desenvolvimento e uso de nanomateriais na direção da inovação responsável e sustentabilidade. Esta plataforma visa posicionar o LNNano como uma referência nacional em nanociência ambiental, nanotoxicologia e nanosseguurança. O projeto prevê um cronograma de execução de 5 anos e está dividido em cinco etapas (*work packages*).

Apesar de estar em estágio inicial, o projeto já obteve importantes resultados. Foram real-

²⁹ *Nanomedicine*, v.13, p. 179, 2018

³⁰ Aceito para publicação na *Nanomedicine*.

izados esforços para entender os potenciais efeitos toxicológicos do óxido de grafeno (GO) sobre diferentes modelos de exposição ambiental, na presença e ausência de matéria orgânica (ácido húmico). Foi realizada uma caracterização avançada do material GO obtido comercialmente através das técnicas de AFM, XRD, Raman, TGA e XPS, e foi monitorada sua estabilidade coloidal em diferentes meios de cultivo através das técnicas de DLS e UV-vis. Também foi realizada a avaliação da ecotoxicidade aguda do GO frente a nove diferentes organismos de exposição ambiental e comumente utilizados como bioindicadores de qualidade de água (*P. subcapitata*, *L. minor*, *L. sativa*, *D. magna*, *A. salina*, *C. sancti-caroli*, *H. attenuata*, *C. elegans*, e *Panagrolaimus sp.*). Os resultados indicam que o GO estudado apresenta baixa ecotoxicidade aguda frente aos organismos estudados e baixa estabilidade coloidal nos meios de cultivo. Contudo, a presença de ácido húmico aumentou a estabilidade das dispersões de GO. Através de estudos estatísticos e abordagens de avaliação de risco, foram determinados valores de PNEC (*Predictive No Effect Concentration*) para o GO, sendo 20 µg/L (na ausência de ácido húmico) e 5 µg/L (na presença de ácido húmico). Estes valores de PNEC colaborarão para futuras tomadas de decisão durante a elaboração de valores máximos permitidos destes nanomateriais em compartimentos aquáticos. Este trabalho foi realizado em colaboração com Embrapa-Ambiente e foi publicado na *Environmental Toxicology and Chemistry* (Figura 21).

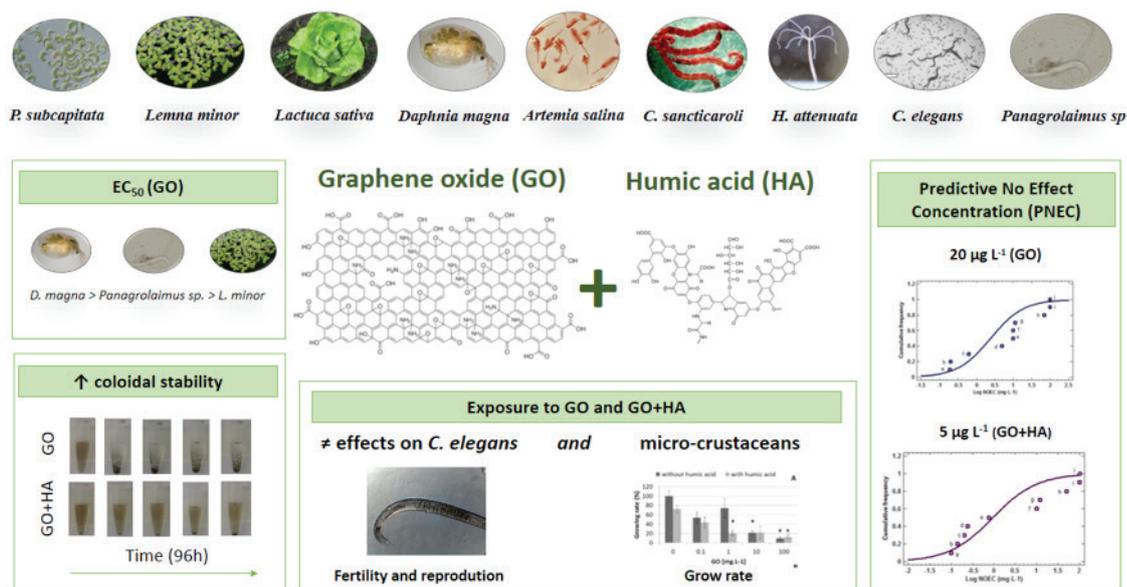


Figura 21. Nanoecotoxicidade do óxido de grafeno na presença e ausência de ácido húmico [Environmental Toxicology and Chemistry, 2018, DOI: 10.1002/etc.4145]

Estudar os impactos das transformações ambientais, como a interação de nanomateriais com poluentes clássicos – tais como metais pesados e pesticidas – é um desafio para nanociência e nanotoxicologia ambiental. Um importante avanço obtido foi a demonstração pela primeira vez que nanotubos de carbono de paredes múltiplas oxidados (ox-MWCNT) podem interagir com íons Cd^{2+} aumentando a toxicidade deste metal para células de fígado de peixe (modelo Zebrafish). Neste trabalho demonstrou-se que é fundamental estabelecer protocolos robustos para estudos *in vitro* de co-exposição de nanomateriais com poluentes, pois o protocolo de incubação no meio de cultura influencia decisivamente na resposta toxicológica obtida. O trabalho foi realizado em parceria com a UFSCar-São Carlos, e colabora na direção do desenvolvimento de métodos robustos para avaliação nanoecotoxicológica (Figura 22).

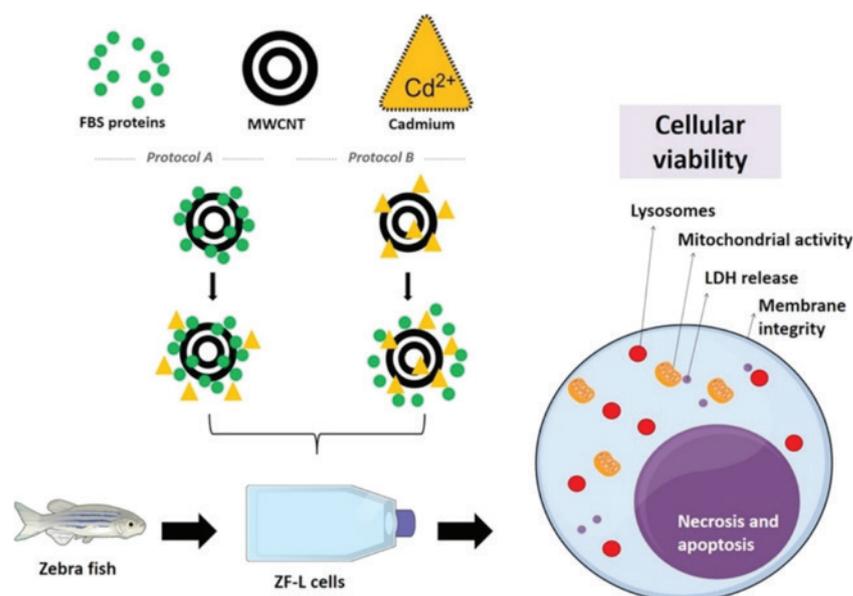


Figura 22. Interação de nanotubos de carbono oxidados com cádmio e avaliação dos impactos da co-exposição em células de fígado do peixe Zebrafish, onde foi demonstrado a influência de dois protocolos na determinação da toxicidade [Aquatic Toxicology, 2018, DOI: 10.1016/j.aquatox.2018.05.002]

Considerando a importância e relevância estratégica de entender a interação de nanomateriais com meio de cultura de células para área de nanotoxicologia, foi demonstrado pela primeira vez que a técnica avançada de Cryo-TEM pode ser empregada para avaliar o comportamento coloidal *in situ* de óxido de grafeno (GO) em meio de cultura (Figura 23). Além do emprego da técnica de Cryo-TEM, foram empregadas outras técnicas de caracterização como AFM, XPS, SDS-PAGE, LC-MS-MS para entendimento da formação da protein corona de soro fetal bovino (FBS) sobre a superfície do GO, dentro de uma perspectiva multi-técnicas de caracterização. Este trabalho está em processo de submissão para publicação na revista *Carbon* e contou com a colaboração de pesquisadores do LNNano, LNBio e UFC.

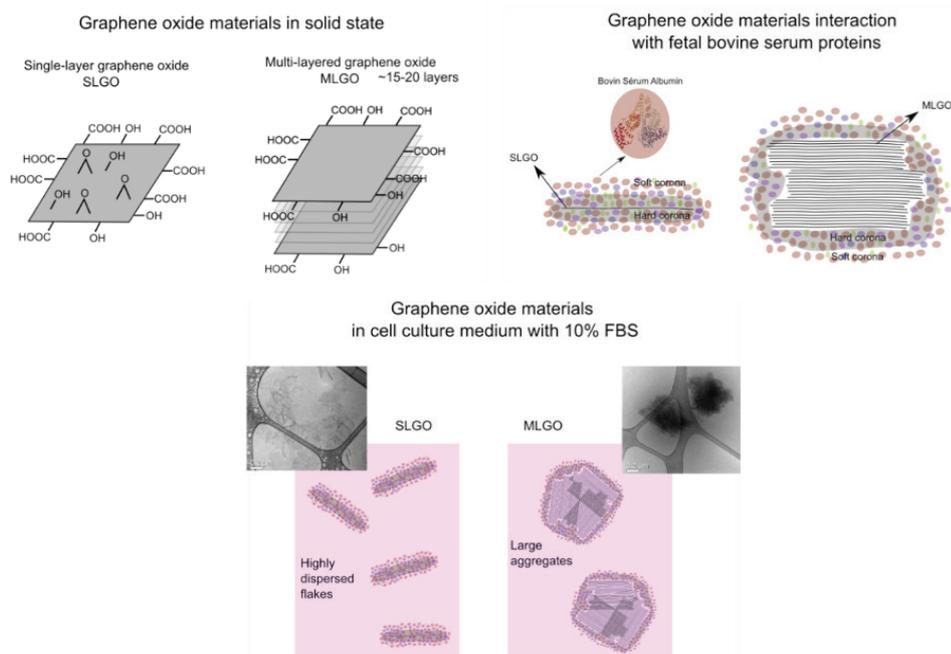


Figura 23. Estudo da interação de óxido de grafeno com meio de cultura de células e a formação da protein corona. Foi verificado neste trabalho a potencial aplicação da técnica de Cryo-TEM para suportar estudos de nanotoxicidade *in vitro*. Imagens de Cryo-TEM de amostras de Single-layer graphene oxide (SLGO) e Multi-layered graphene oxide (MLGO) dispersos em meio de cultura.

CRIOMICROSCOPIA



A criomicroscopia é uma técnica de análise que fornece informação estrutural, com resolução subnanométrica, de macromoléculas biológicas, principalmente complexos de proteínas. É também uma importante técnica para a análise de coloides, micelas e lipossomas, de interesse de grupos de pesquisa e indústrias farmacêuticas e de cosméticos.

O projeto “Estudos estruturais de alta resolução por criomicroscopia eletrônica de partículas isoladas” visa a obtenção de informação estrutural de alta resolução de complexos macromoleculares por criomicroscopia de partículas isoladas, além de aplicações desta técnica em nanomateriais, como o acompanhamento e entendimento do processo de nucleação de nanopartículas. Para estes estudos, serão desenvolvidos procedimentos semiautomáticos para obtenção e validação dos resultados.

Um avanço importante foi obtido no estudo do complexo de iniciação da transcrição (complexo RP), envolvendo RNA polimerase e DNA. A formação deste complexo é o primeiro passo na expressão gênica e um importante ponto de regulação, em todos os organismos vivos. Em bactérias, foi proposto por estudos bioquímicos, que o envolvimento do DNA promotor em torno da RNA polimerase de *E. coli*, fenômeno conhecido como DNA *wrapping*, poderia facilitar a abertura da bolha do DNA promotor, além de atuar como regulador na transcrição do DNA em RNA. Ao longo de 2017 foi obtido o conjunto de dados de microscopia do complexo, preparada por contrastação negativa, e em 2018 foi obtido o primeiro modelo 3D conhecido do mesmo. Para isso, foi utilizada a técnica de análise de partículas isoladas, através da qual foi obtido um modelo a 20 Å de resolução, onde pode ser observado o wrapping do DNA no complexo RP. O DNA foi modelado em torno da RNA polimerase tendo em vista o mapa de densidade do complexo. No modelo obtido, o DNA promotor se envolve cerca de 29 nm ao redor da superfície da RNAP, implicando em 220° de dobramento do mesmo (Figura 24). Estes resultados foram validados com relação às informações bioquímicas existentes para este complexo, estando em completa concordância. Este estudo ocorreu no âmbito de um projeto de mestrado realizado no LNNano e está, no momento, sendo preparado para publicação. Para o próximo período, será feita a coleta de dados de criomicroscopia, permitindo uma maior resolução no modelo obtido e o melhor entendimento dos contatos entre RNA polimerase e DNA.

Outros estudos e desenvolvimentos tecnológicos dedicados ao avanço no uso da técnica de criomicroscopia estão detalhados em Instrumentação Científica.

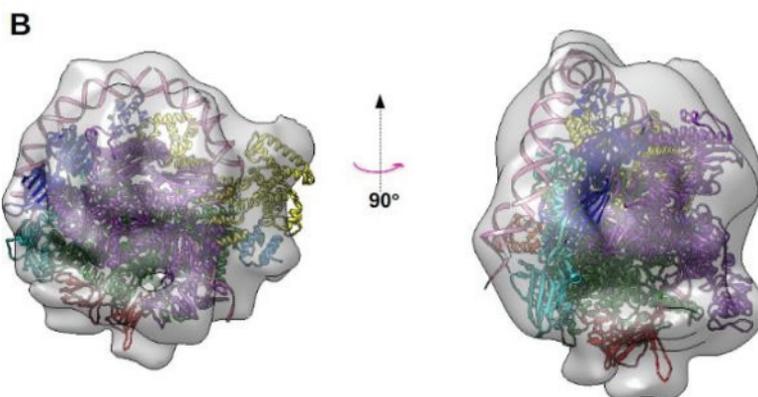


Figura 24. Modelo de coordenadas da RNA polimerase e DNA, ajustado ao mapa de densidade obtido por análise de partículas isoladas. O DNA, em rosa, foi modelado em torno das demais subunidades da RNA polimerase tendo em vista o mapa de densidade do complexo.

INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA



Esta área de atuação compreende o aprimoramento de técnicas instrumentais de alta complexidade em diversas instalações, além de desenvolvimentos e intervenções técnicas para elevar o desempenho do atual acelerador de elétrons, incluindo projetos de melhorias nas áreas de aceleradores e engenharia e melhorias na capacidade de operação e nas características das linhas de luz e suas estações experimentais.

No âmbito do desenvolvimento de experimentos nas linhas de luz do UVX – a atual fonte de luz síncrotron –, executados como testes para as futuras linhas do Sirius, destacam-se os experimentos de difração e espectroscopia em altas pressões, associados ao projeto “**Técnicas de luz síncrotron em condições extremas**”. Este projeto visa desenvolver técnicas de luz síncrotron para estudar diferentes materiais - magnéticos, supercondutores, semicondutores e duros - em condições de alta pressão, temperatura e campo magnético.

No primeiro semestre deste ano, foi realizado o comissionamento do sistema de micro-focalização de uma das estações experimentais da futura linha de luz do Sirius, dedicada a análises em condições extremas, chamada EMA. Esse processo foi realizado utilizando a atual linha de luz XDS em operação no UVX, permitindo adiantar o comissionamento do sistema para a linha EMA, além de abrir novas possibilidades científicas para os atuais usuários da linha XDS.

Apesar das limitações de tamanho do feixe de luz síncrotron de uma fonte de 2ª geração, o UVX, foi possível alcançar foco de dezenas de micrometros, resultando em um aumento da densidade de fluxo de fótons em fatores de até 160 vezes, utilizando células de alta pressão. Portanto, os testes demonstraram que o sistema atingiu as especificações almejadas no projeto, com excelentes resultados. Na Figura 25 observa-se um exemplo de melhoria da relação sinal ruído no espectro de absorção de raios X na borda K do Paládio, e um ganho de tempo e pressão limite em experimentos com amostras de LuFe_4Ge_2 , material que sofre transições estruturais quando submetido a altas pressões.

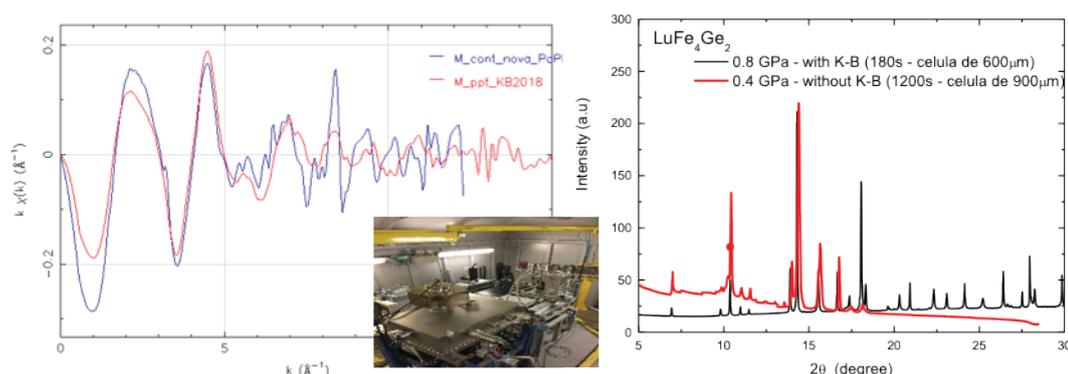


Figura 25. Espectro de XAS na borda do Paládio (esquerda) antes (azul) e depois do sistema KB de focalização instalado. Difratoograma de amostras LuFe_4Ge_2 que revelou informação da evolução da rede cristalina com pressão, antes (vermelha) e depois da instalação do KB (azul). Ambos resultados foram obtidos durante o comissionamento do sistema KB (foto no inset)

Nesta temática, o projeto “**Investigação de aspectos fundamentais limitantes de resolução em criomicroscopia eletrônica**” do LNNano tem como objetivo investigar aspectos limitantes à obtenção de alta resolução em criomicroscopia de partículas isoladas. A partir deste projeto, espera-se compreender os fenômenos associados à interação do feixe de elétrons com a amostra, incluindo os efeitos de fluxo, alterações na estrutura do gelo amorfo e danos diretos às macro-

moléculas. O desenvolvimento de novos materiais para *grids* e o entendimento da interação da amostra com o grid e dos fenômenos na interface ar-água também são alvos deste projeto.

O principal avanço deste projeto foi obtido no âmbito do estudo de dano causado pela interação do feixe de elétrons com as proteínas. Neste estudo, foram coletados dados de Espectroscopia por Perda de Energia do Elétron (*Electron Energy Loss Spectroscopy* – EELS) para investigação de dano causado em uma proteína padrão. Estes resultados mostraram que o dano observado, por EELS, em diferentes grupos químicos da proteína, é equivalente ao que vem sendo reportado através de observação direta em estruturas obtidas pela técnica de criomicroscopia de partículas isoladas. Este estudo introduz o uso da técnica de EELS como importante ferramenta para o entendimento do dano causado em proteínas, em análises de criomicroscopia eletrônica, além de sugerir condições experimentais que causem menor dano. Os resultados estão em fase final de preparação para publicação.

Além disso, foi iniciada a investigação da estrutura do gelo amorfo, onde as proteínas estão imersas durante a análise de criomicroscopia, em função da interação com o feixe de elétrons. Para isso, a técnica de *Pair Distribution Function* (PDF) está sendo utilizada. Resultados preliminares mostram que o uso desta técnica pode ser um importante aliado no entendimento dos processos que ocorrem no gelo amorfo durante a aquisição de dados, entre estes, o efeito do fluxo de elétrons.

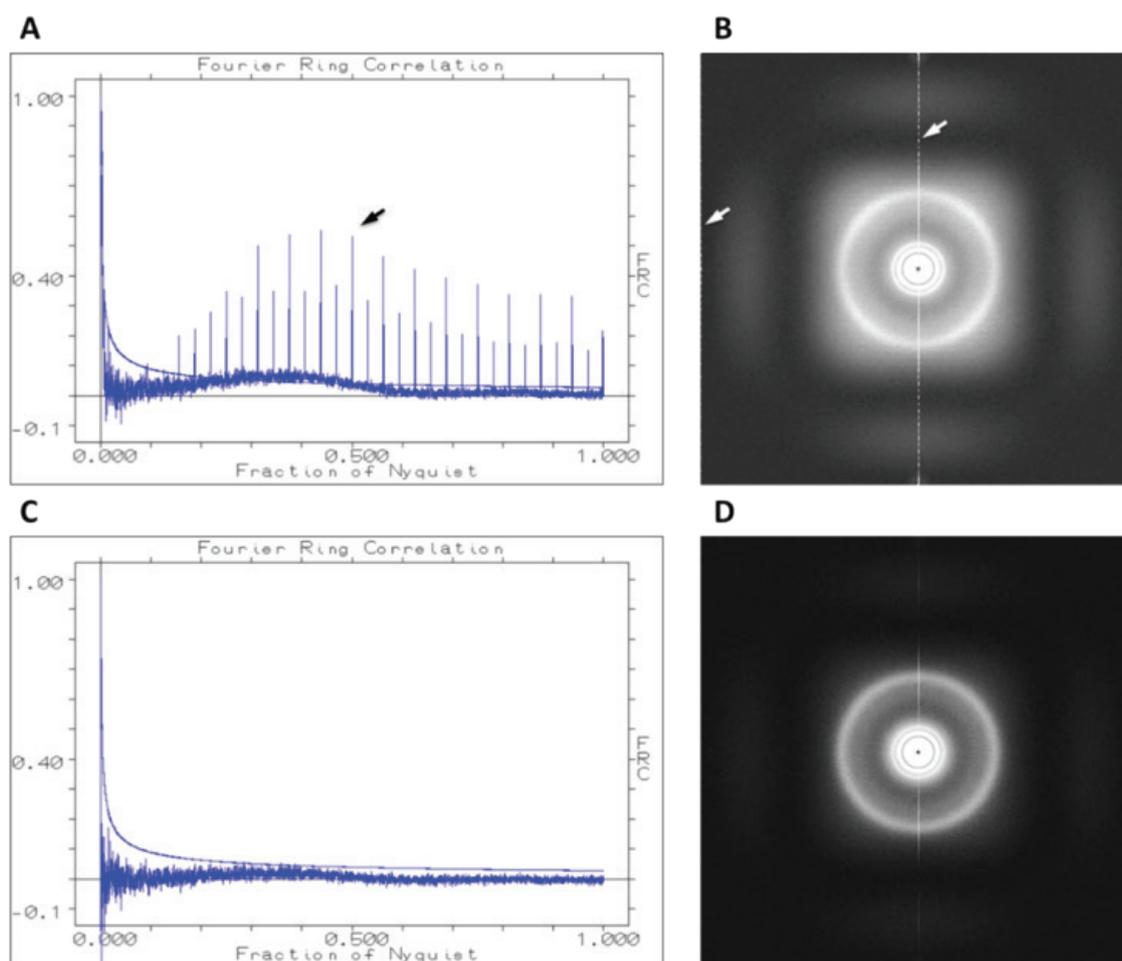


Figura 26. Normalização "a posteriori" da câmera Gatan K2 (conjunto de dados: EMPIAR-10025) em modo de super-resolução. O "P-spectrum" mostra claramente a existência das características de "aliasing", neste modo de coleção de dados (o quadrado escuro em torno do centro do espectro). Vários artefatos foram visualizados: marcado com uma flecha preta em (A), o gráfico de "Fourier Ring Correlation" (FRC) de duas medias de dados coletados em modo filme; em (B) o mesmo artefato periódico causa picos marcado com flechas brancas. Após da correção "a posteriori", esses artefatos somem quase completamente do conjunto de dados (publicação em preparação).

No primeiro semestre de 2018, o LNNano deu início ao projeto “**Desenvolvimento de metodologias orientadas para otimização e integração de instrumentação**”, que visa propor novas metodologias nas áreas de normalização de dados de câmeras, correção de CTF, integração de teorias de *P-spectrum* e *S-spectrum* em microscopia e alinhamento de filmes de dados obtidos por detectores diretos. Neste semestre, foram realizadas análises preliminares de diferentes conjuntos de dados e os resultados estão sendo preparados para publicação (Figura 26). O desenvolvimento interno de novos algoritmos visa explorar as câmeras que serão instaladas nos novos microscópios eletrônicos adquiridos pelo LNNano.

O projeto “**Desenvolvimento de metodologias para processamento de dados de criomicroscopia eletrônica de partículas isoladas**”, do LNNano, visa o desenvolvimento de métodos de processamento que permitam explorar grandes conjuntos de dados provenientes da técnica de criomicroscopia (*Big Data*) e sejam capazes de elucidar questões relacionadas à heterogeneidade estrutural dos dados. Estes métodos devem ser aplicados a amostras de complexos macromoleculares, assim como materiais (ex: nucleação de nanopartículas).

Destaca-se como resultado deste projeto o desenvolvimento de um programa para cálculo da *Fourier Shell Correlation / Ring Correlation* (FSC/FRC), escrito em colaboração com o *Image Science*, Berlin. Este algoritmo permite explorar informação local de uma estrutura. Embora em versão preliminar, esse programa já demonstrou conseguir identificar, por exemplo, as posições em que as proteínas são glicosiladas (Figura 27).

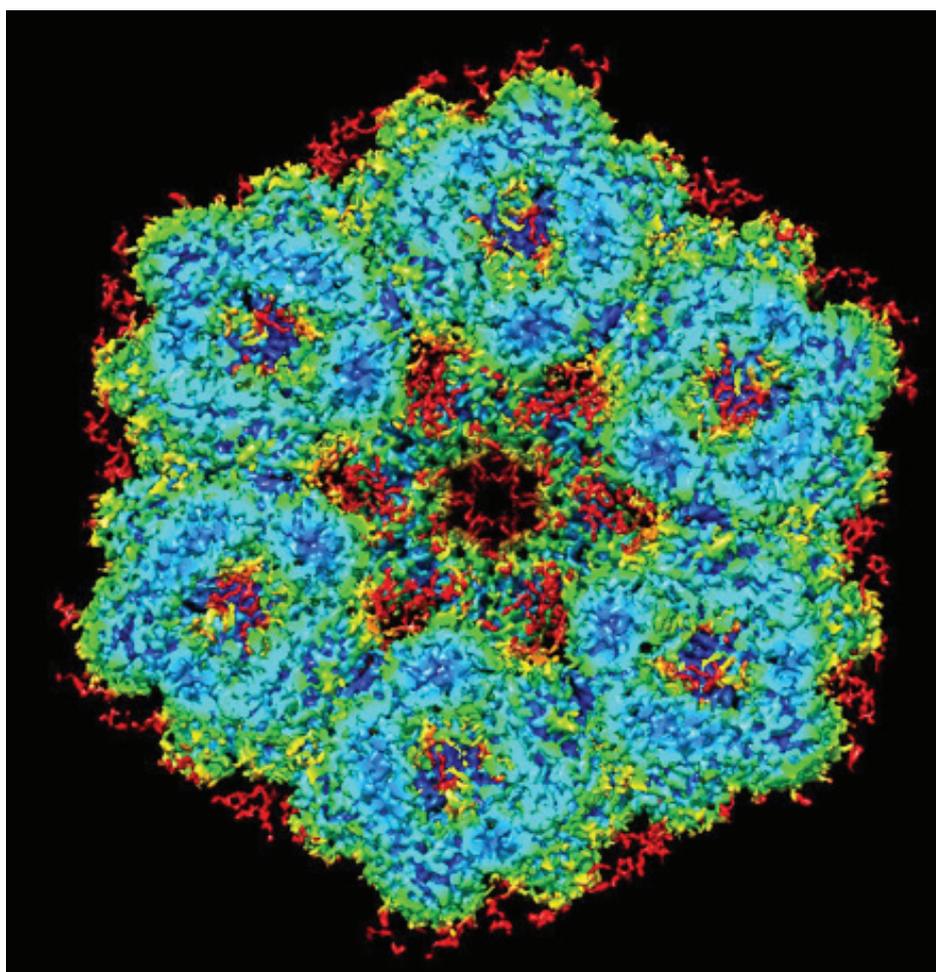


Figura 27. Glicosilações em hemoglobina gigante de *Lumbricus terrestris*. As partes marcadas em vermelho foram quase todas associadas a sítios de glicosilação da proteína. A “textura” desses açúcares é visivelmente diferente da textura típica de proteínas. As partes marcadas em azul são partes mais estáveis, constituídas principalmente por barris beta.

O projeto **“Estudo por microscopia eletrônica de transmissão em nucleação e cristalização de materiais: aspectos cinéticos e termodinâmicos”**, do LNNano, busca utilizar a microscopia eletrônica *in-situ* para estudar o processo de nucleação e crescimento em escala nanométrica. O processo de nucleação está envolvido em toda transformação de fase e por microscopia eletrônica *in-situ* pode-se estudar a solidificação e fusão, explorando materiais líquidos quando se solidificam e sólidos quando se liquefazem. Este projeto viabilizará o aprendizado de como estudar a transformação de fase com o uso da microscopia eletrônica de transmissão *in-situ*. Especificamente, o projeto possibilitará o entendimento do processo de nucleação em vidros, com potencial de aplicações na indústria vítrea.

No âmbito deste projeto, foi realizada a análise *in-situ* durante o aquecimento do vidro $(\text{Na}_2\text{O})_2(\text{CaO})_3(\text{Si}_2\text{O})$, onde foi obtida a taxa de crescimento e nucleação deste vidro aquecido a 590°C durante duas horas permitindo estudar a nucleação e crescimento de núcleos primários (subcríticos). Além disso, foi identificado o tamanho crítico (diâmetro de 1,2 nm) para o qual o núcleo cresce sem que haja redução significativa do seu tamanho. A análise foi realizada em uma amostra fina (lamela) em torno de 5 nm de espessura, ou seja, provavelmente trata-se de análise de nucleação superficial. Esta análise também foi realizada para amostras a 570°C , e o tamanho crítico identificado foi de 1,1 nm de diâmetro. Atualmente, está em fase de execução a análise deste vidro utilizando aquecimento volumétrico a 590°C . Como resultado preliminar, foram observados núcleos ricos em Na mesmo para a amostra original, ou seja, a nucleação ocorre durante o processo de resfriamento do vidro. Outros experimentos serão realizados no segundo semestre.

O projeto **“Obtenção de ‘Pair Distribution Function’ (PDF) por Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM)”**, do LNNano, visa aplicar o método de PDF a nanomateriais e materiais amorfos. Neste projeto, o estudo do método PDF tem caráter inovador, pois utilizará dados de difração de elétrons adquiridos por um microscópio eletrônico de transmissão (TEM), alternativamente a dados de difração de raios X e/ou de nêutrons. Em geral, a maioria dos equipamentos TEM opera entre 200 e 300 keV e, portanto, a energia do feixe de elétrons pode fornecer uma faixa Q adequada para realizar a análise de PDF em nanopartículas.

Para a aplicação das técnicas de PDF, foi desenvolvido um protocolo para obter um padrão de difração calibrado, utilizando como referência nanopartículas de Au. Esses padrões foram processados para corrigir defeitos de projeção não esférica das lentes do microscópio. Após esta etapa, os padrões foram tratados em software livre denominado ePDF. O desenvolvimento desta rotina foi realizado no âmbito do Programa Bolsa de Verão do CNPEM e contou com a colaboração do Departamento de Física da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Figura 28. Esta metodologia foi aplicada em diferentes materiais, incluindo nanopartículas de Au, carbono amorfo e nanopartículas de ZrO_2 . Os resultados são promissores e serão submetidos à publicação.

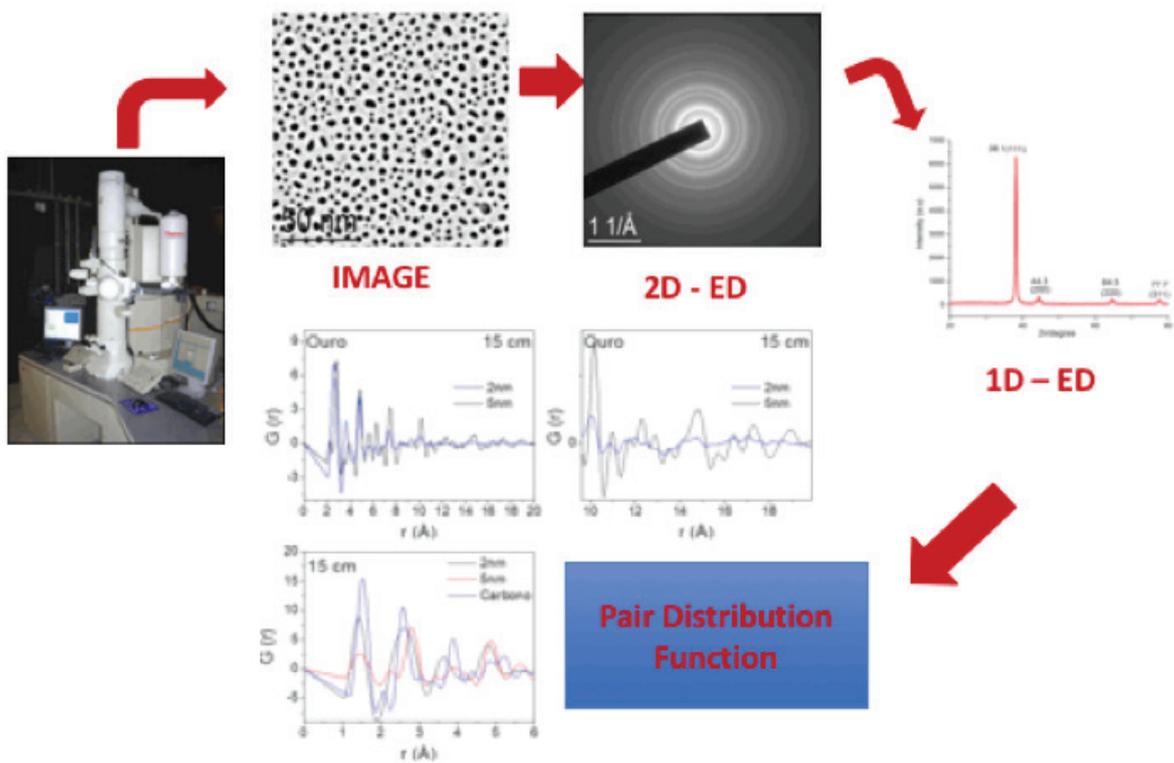


Figura 28. Esquema utilizado para gerar o PDF a partir dos dados de difração de elétrons obtidos em TEM.



Projeto Sirius

ACELERADORES

ÓTICA DA MÁQUINA

Aplicativos de alto-nível: no primeiro semestre de 2018, o software de controle (IOC) das fontes de corrente dos ímãs foi complementado com todos os modos possíveis de operação das fontes, incluindo: a) modos de ajustes sincronizados de rampa de energia do *Booster*, b) de migração de configurações do anel Sirius e c) de ciclagem magnética dos ímãs. Todos os modos passaram por testes de bancada com corretoras do *Booster*. Os testes resultaram em aprimoramentos de firmware dos controladores das fontes e da biblioteca de comunicação serial utilizada nos computadores de controle do tipo *Beaglebone Black*.

Foi iniciado o desenvolvimento da interface para o programa que será usado na configuração da rampa de energia do *Booster*. A implementação deste aplicativo utiliza uma biblioteca que manipula as configurações das fontes dos ímãs ao longo da rampa. Tanto esta biblioteca, que se comunica com um serviço de banco de dados de configurações do Sirius, quanto o próprio banco de dados foram finalizados no primeiro semestre de 2018. Ademais, os seguintes *SoftIOCs* foram criados: correção lenta de órbita a 10 Hz, controle de posição e ângulo de injeção do feixe de elétrons no *Booster* e no anel Sirius, de controle



de sintonia e cromaticidade no *Booster* e no anel *Sirius*, cálculo de tempo de vida do feixe e sistema de sincronismo de alto nível. Para estes SoftIOCs, foi implementada uma primeira versão da interface para acesso às respectivas variáveis de processo.

Instalação e comissionamento do LINAC: no primeiro semestre de 2018, o Linac de 150 MeV do *Sirius*, fabricado pelo SINAP (Shanghai Institute of Applied Physics), foi instalado e comissionado no prédio do *Sirius*, em uma colaboração das equipes do SINAP e do LNLS/CNPEM (Figura 29). Em março de 2018, a equipe de instalação e comissionamento do SINAP chegou para dar início às atividades de montagem dos equipamentos no local definitivo no túnel do Linac e galeria de klystrons. A instalação dos equipamentos foi completada no final de abril, e no início de maio deu-se início ao condicionamento e debug do sistema. No dia 8 de maio, foi obtido o primeiro feixe de elétrons ao final do Linac e, após 10 dias de ajustes e otimização dos parâmetros, todos os indicadores atingiram os parâmetros de desempenho requeridos (Quadro 1).



Figura 29. Fotos do LINAC montado.

Energia	≥ 150 MeV	
Emitância normalizada (rms)	≤ 50 mm.mrad	
Dispersão relativa de energia (rms)	≤ 0.5 %	
Variação de energia pulso a pulso	≤ 0.25 %	
Variação temporal pulso a pulso	≤ 100 ps	
Variação de posição pulso a pulso	≤ 0.2 mm	
Frequência	2997.948 MHz, 499.658 MHz	
Taxa de repetição	2 Hz a 10 Hz	
	Modo de pulso único	Modo de múltiplos pulsos
Carga	≥ 1 nC	≥ 3 nC
Duração	≤ 1 ns	150 – 300 ns

Quadro 1 - Especificações do Linac

SISTEMA DE VÁCUO

A fabricação das câmaras de vácuo do Sirius encontra-se em fase final. Dentre os componentes de grande quantidade, restam ainda a deposição NEG em 36 câmaras de dipolo com saídas de luz do anel e a soldagem de 120 RF shielded bellows. Além disso, para o anel, restam a fabricação de alguns componentes de diagnóstico de feixe e algumas câmaras especiais do trecho de injeção. Todos esses componentes especiais têm elevado nível de complexidade, totalizando 20 unidades e sua instalação está programada para a fase final da montagem dos aceleradores. Para o *booster* foi iniciada a pré-montagem das estações de bombeamento, tornando a montagem geral do sistema de vácuo mais rápida. Além disso, todas as câmaras das linhas de transporte, LINAC-Booster e Booster-Anel, estão prontas e foram entregues.

ANEL DE ARMAZENAMENTO

- Câmaras retas de trechos retos e multipolares: as câmaras retas para os trechos retos e multipolares (aproximadamente 300 unidades de 29 modelos diferentes) foram fabricadas e estão armazenadas, pressurizadas com nitrogênio. Essas câmaras aguardam o início das montagens do anel, previsto para o segundo semestre de 2018.
- Câmaras de dipolo sem saída de luz: as câmaras de dipolo sem saída de luz (aproximadamente 56 unidades de 2 modelos diferentes) foram fabricadas e estão armazenadas, pressurizadas com nitrogênio. Assim como as câmaras retas, essas câmaras aguardam o início das montagens do anel.
- Câmaras de dipolo com saída de luz: foram fabricados todos os componentes dos 3 modelos de câmaras de dipolo. Além disso, os processos de brasagem e soldagem foram concluídos.

Estão em execução os processos de deposição NEG, sendo que 40% de todas as câmaras já foram depositadas. O término das deposições dos 60% das câmaras faltantes deverá ser concluído até o final de julho de 2018.

- Estações de bombeamento/crotch absorbers: as estações de bombeamento/crotch absorbers (56 unidades de 3 modelos diferentes) foram fabricadas e, assim como todas as outras câmaras, aguardam o início das montagens do anel.
- Estação de bombeamento convencional: as 84 estações de bombeamento convencionais foram fabricadas e estão armazenadas em vácuo, apenas aguardando o início das montagens do anel.
- RF shielded bellows: das 410 unidades necessárias, 290 unidades estão prontas e armazenadas em vácuo. As 120 unidades faltantes estão com todos os processos de usinagem e recobrimentos de Ródio nas peças “macho” e Prata nas peças “fêmea” prontos. Esses diferentes recobrimentos são necessários para permitir o adequado deslizamento das peças entre si em ultra-alto vácuo. A fabricação do lote total de bellows foi finalizada no final deste semestre.

Booster: as câmaras de vácuo necessárias para a montagem do *booster* foram fabricadas e entregues, inclusive alguns casos de câmaras especiais e componentes de diagnóstico. Ainda faltam duas câmaras para diagnóstico de feixe, “tela de fluorescência”, que estão sendo fabricadas pela empresa FCA Brasil e serão entregues em meados de julho de 2018. Para acelerar o processo de instalação dos componentes, foi feita a pré-montagem das 150 estações de bombeamento com bombas iônicas, sensores de vácuo e válvula.

Linhas de transporte: as câmaras para as linhas de transporte – LINAC-Booster e Booster-Anel – estão prontas e foram entregues. Estão em fabricação, pela empresa FCA Brasil, 10 câmaras de diagnóstico de feixe, “telas de fluorescência”, que serão entregues em dois lotes em julho e agosto de 2018. As linhas de transporte deverão começar a ser montadas no segundo semestre de 2018 em paralelo com o *booster*.

Infraestrutura auxiliar para as montagens de vácuo: foram projetados equipamentos auxiliares sob medida para a montagem de todas as câmaras e componentes de vácuo dos aceleradores, dentre os quais vale a pena ressaltar as estações de bombeamento móveis e as cabines de fluxo laminar. As estações de bombeamento móveis serão utilizadas durante o bombeamento inicial dos trechos de vácuo após as montagens. Essas estações foram projetadas, especificadas e 10 unidades estão sendo montadas, sendo que 6 estações estão prontas. As cabines de fluxo laminar serão utilizadas durante as montagens e fechamentos dos trechos de vácuo. Essas cabines propiciarão um ambiente mais limpo e tenderão a minimizar o nível de partículas que possam entrar no interior das câmaras durante as montagens. Foram fabricadas 4 cabines de fluxo laminar com classe ISO 7 e área de cobertura de 4,7 m² para cada cabine. As cabines possuem projeto especial que permite uma montagem e desmontagem muito simples, de forma a cobrir e acessar locais de difícil acesso.

SOLDAS ESPECIAIS

No primeiro semestre de 2018, foi finalizada a fabricação (brasagem) dos sensores dos BPM (Beam Position Monitors) do anel de armazenamento de elétrons e do *Booster*. Após a entrega e medições de todos os corpos usinados, pelas empresas anteriormente qualificadas, iniciou-se o processo de solda TIG dos sensores nos corpos.

Nos BPM do anel, para garantir as características elétricas e o melhor rendimento do conjunto corpo/botão, todos os sensores foram submetidos à medida de capacitância e essas medidas foram responsá-

veis pela otimização na escolha sensor/face de cada corpo soldado. No primeiro semestre de 2018, todas as medidas foram realizadas, bem como as soldas TIG (Figura 30). Atualmente, 150 corpos estão prontos e as soldas de mais 30 conjuntos sobressalentes estão sendo finalizadas. A próxima etapa é o processo de baking, após isso estarão prontos para instalação.

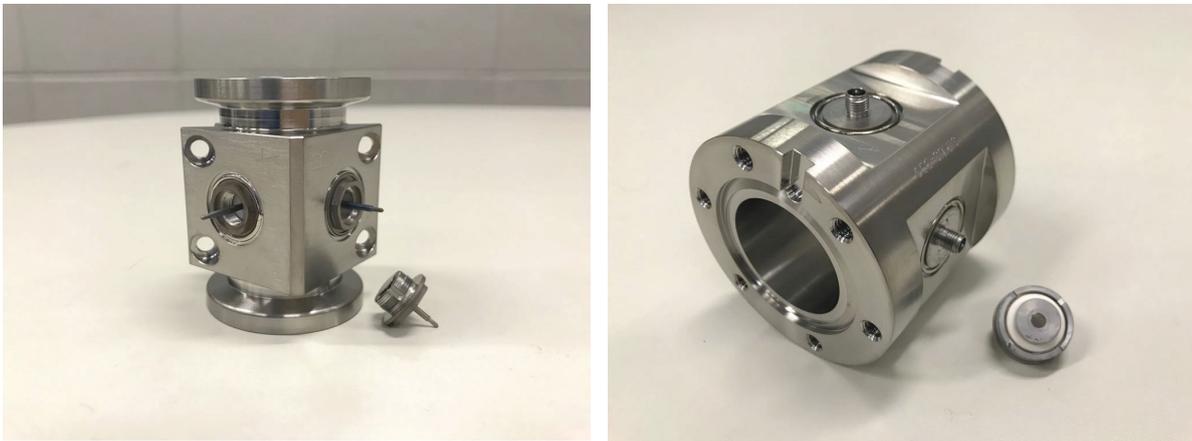


Figura 30. Esquerda: Corpo do BPM do anel após solda. Direita: BPM do booster após solda.

Os BPM do *Booster* foram submetidos ao processo de solda TIG, semelhante aos BPM do anel, porém, suas características elétricas e de construção tornaram desnecessária a otimização das medidas sensor/corpo, facilitando o processo de soldagem. Atualmente, todos os 50 corpos estão aprovados e preparados para baking, e há uma reserva de 20 conjuntos.

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

RF shielded bellows: após a conclusão e aprovação do projeto mecânico dos bellows, foi realizada a eletrodeposição de ródio no diâmetro externo de uma das peças do conjunto. A aderência do ródio sobre o aço-inoxidável requer pré-tratamentos e uma sequência de procedimentos – como preparação da superfície através de ativação ácida, deposição de níquel e ouro. Esse procedimento foi desenvolvido pelo Grupo de Materiais. As 410 peças foram submetidas ao processo de deposição e estão em fase final de baking em forno a vácuo (Figura 31). Os componentes envolvidos na montagem dos bellows com conceito “telescópico” possuem deposição de camadas metálicas em suas superfícies devido ao atrito ao qual será submetido no uso. Todos os componentes foram testados sob aquecimento e cerca de 10% das peças foram reprovadas, sendo necessária nova aplicação de camada e testes térmicos.

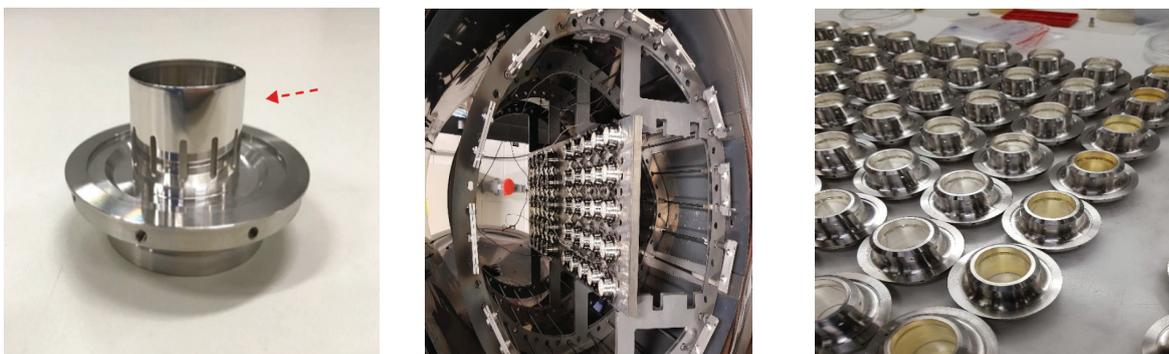


Figura 31. Esquerda: Componente do bellows com região com ródio indicada pela seta. Centro: Montagem dos bellows no forno a vácuo para o baking. Direita: Lote de peças eletro depositadas e prontas para embalagem.

▪ **Kicker Booster:** foram compradas 9 câmaras cerâmicas da empresa Engecer. Foram recebidos 6 tubos cerâmicos e 3 tubos estão em processo de fabricação. Foram iniciadas as brasagens dos tubos com flanges de Ti e Nióbio, fornecido pela empresa brasileira CBMM. O processo de deposição de Ti na parede interna foi definido. Estão prontos um kicker brasado e evaporado com flange de inox com Kovar; um kicker brasado e evaporado com flange de Ti com Nióbio; a terceira câmara está em processo de evaporação e o quarto tubo em brasagem. As duas peças necessárias para instalação no Sirius serão escolhidas dentre as melhores em termos dimensionais e de homogeneidade do filme evaporado.

▪ **Kicker On-axis e NLK:** O projeto prevê a instalação de uma câmara On-Axis e um NLK. Assim, foram adquiridos 8 tubos cerâmicos da empresa Engecer. Para inspeção dimensional foi adquirido o equipamento Magnamike 8600, da Olympus, para realização de medidas de espessura de parede. Após as inspeções dimensionais, 4 tubos foram aprovados no dimensional para os kickers on-axis, 2 aprovados no dimensional para os kickers NLK, 2 reprovados no dimensional que serão usados para testes. Restam ainda 2 tubos a serem recebidos para os kickers NLK.

▪ **Câmaras de vácuo:** no primeiro semestre de 2018 foi realizada a soldagem em baixa temperatura das últimas câmaras de vácuo. A solda realizada em baixa temperatura refere-se à união do tubo de refrigeração com a câmara. Também foram produzidas as últimas seis câmaras que serão utilizadas em conjunto com estações de bombeamento, e 58 câmaras modelo dipolo. Cabe recordar que todos os demais modelos de câmaras de vácuo e unidades foram fabricados anteriormente.

MAGNETOS

Booster: com os magnetos do *booster* entregues em 2017 e validados magneticamente, foram realizadas as montagens e alinhamentos dos quadrupolos e sextupolos do *booster* nos berços e todos estão prontos para instalação no início de julho (Figura 32). Os dipolos do *booster* serão montados direto no túnel para permitir a instalação e conexão das câmaras de vácuo.



Figura 32. Quadrupolos, Sextupolos montados nos berços e prontos para instalação (todos os 50 berços de multipolos já se encontram montados e prontos para instalação).

Anel de Armazenamento: o primeiro semestre de 2018 foi marcado pela produção de magnetos do anel e preparações para a montagem dos aceleradores. Foram realizadas a validação da pré-série dos Sextupolos do Anel e a aprovação dos protótipos dos Dipolos do Anel (B80 e B120), como exibido na Figura 33, e todos os modelos tiveram a produção liberada. Durante o período de produção dos 280 Sextupolos (S15), todos os 270 Quadrupolos (Q14, Q20, Q30) foram caracterizados magneticamente e os dados estão sendo compilados para análise e separação entre as famílias de fontes. No início de junho de 2018, foi entregue o lote completo de produção dos Sextupolos do Anel, que se encontram em fase de caracterização magnética. A entrega dos dipolos B120 deve ocorrer em julho de 2018, sendo que os dipolos B80 já estão concluídos e foram entregues.



Figura 33. Esquerda: Lote de produção dos sextupolos do anel. Direita: Verificação do protótipo do Dipolo B80.

O projeto do dipolo central de 3.2 T de magneto permanente foi finalizado e se encontra em fase de produção – todas as 20 unidades estão em fase de acabamento de usinagem. A entrega da primeira peça para montagem final e validação para liberação do restante dos conjuntos está programada para o início de julho.

Sistemas de Medição: todas as atualizações previstas e a duplicação do sistema de bobina girante foram finalizados, e está disponível um sistema completamente redundante, que permite, se necessário, maior agilidade nas medições. Magnetos de calibração (dipolos, quadrupolos e sextupolos) foram adquiridos para validação, verificação periódica e comparação dos sistemas, e estão sendo preparados para utilização a fim de permitir a correção de eventuais erros sistemáticos.

MAGNETOS PULSADOS

Foi iniciada a integração dos equipamentos que envolvem o sistema de injeção do Sirius. Serão instaladas fontes pulsadas no *Booster*, LT e Anel, com a missão de transferir o feixe de elétrons entre os aceleradores de partículas e assim disponibilizar a Luz Síncrotron nas estações de pesquisa. Para isso, estão sendo concluídas as montagens das fontes tipo Septum e Kicker, que operam com correntes e campos magnéticos de até 10 kA e 1,2 Tesla.

Septum fino de Injeção no Anel: com o conhecimento adquirido nos protótipos 1 e 2, foi iniciada a fabricação da versão final do magneto com o comprimento nominal de 500 mm. Ele foi montado e caracterizado na bancada de medidas conforme a Figura 34. Algumas melhorias mecânicas foram implementadas no projeto para aumentar a confiabilidade durante a operação.



Figura 34. Fabricação da versão final do Septum de Injeção no Anel de Armazenamento.

Medida do Campo de Fuga: Observou-se nas medidas uma redução no valor do campo devido a melhoria na blindagem. Foram utilizadas lâminas de ferro silício montadas ao redor da câmara de vácuo. O campo no gap está dentro das especificações sem apresentar sinal de saturação do núcleo. Na Figura 35 são apresentados os gráficos dessas medidas.

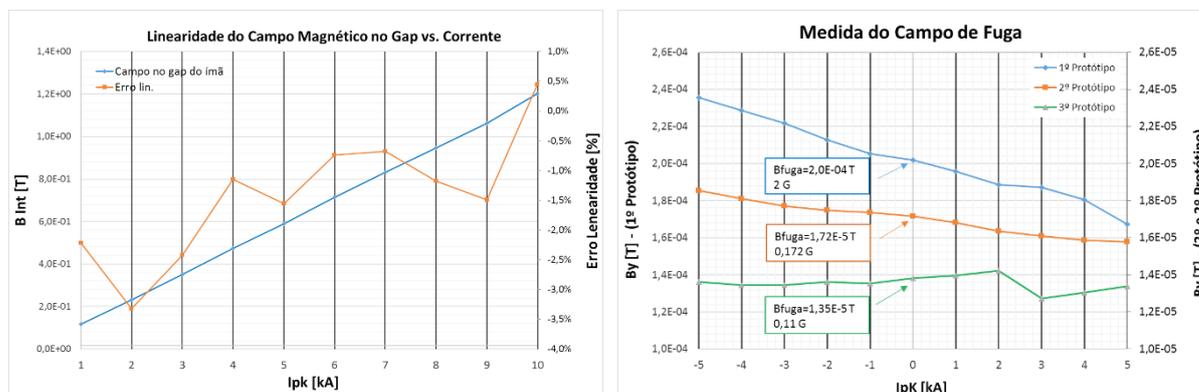


Figura 35. Esquerda: Medida da linearidade do campo magnético versus a corrente de pico. Direita: Medida do campo de fuga na câmara de vácuo do anel de armazenamento.

SISTEMA DE CONTROLE

Os projetos de hardware para o sistema de controle do Sirius, as placas de circuito impresso dos sistemas SPIxCONV, SERIALxxCON e MBTemp, foram recebidos da indústria responsável por sua produção e passaram por testes, calibração e montagem mecânica. As seguintes quantidades já estão prontas para instalação: SPIxCONV, 20 unidades; SERIALxxCON, 400 unidades; MBTemp, 400 unidades. A fim de atender novas demandas, foi iniciado o processo de produção de mais 150 unidades do conversor serial/Ethernet SERIALxxCON. O projeto de hardware para leitura dos monitores de perda de feixe do Sirius foi finalizado e foi iniciada a produção de 150 unidades deste sistema.

Considerando o software para a interface entre a sala de controle e os dispositivos do acelerador, os drivers EPICS para os sistemas de RF, magnetos pulsados, medidores de radiação, monitores de perda de feixe, sensores de vazamento de água e servidores estão operacionais. Refinamentos desses componentes de software ainda serão realizados a partir de interações com toda a equipe de engenharia do LNLS. Estão em desenvolvimento drivers EPICS para as fontes de corrente de eletroímãs e sistemas de vácuo, mas serão concluídos a tempo para a instalação do *booster*.

A interface web para visualização de séries temporais das variáveis de processo do acelerador foi incrementada. O sistema de gerenciamento de alarmes recebeu um novo módulo para notificação de situações anormais via e-mail. Os servidores onde serão executadas essas e outras aplicações de suporte ao sistema de controle do Sirius encontram-se configurados e prontos para instalação.

A especificação de topologia da rede do sistema de controle da máquina foi concluída. Os switches comprados no fim do ano passado foram entregues pelo fornecedor e receberam uma primeira configuração para uso no Sirius. Recentemente, foram comprados mais switches para atender novas demandas. O projeto de cabeamento de rede foi finalizado e todos os componentes de cabeamento óptico e metálico foram comprados. Parte desses itens foi entregue. O processo de contratação do serviço de instalação dos cabos será iniciado em breve.

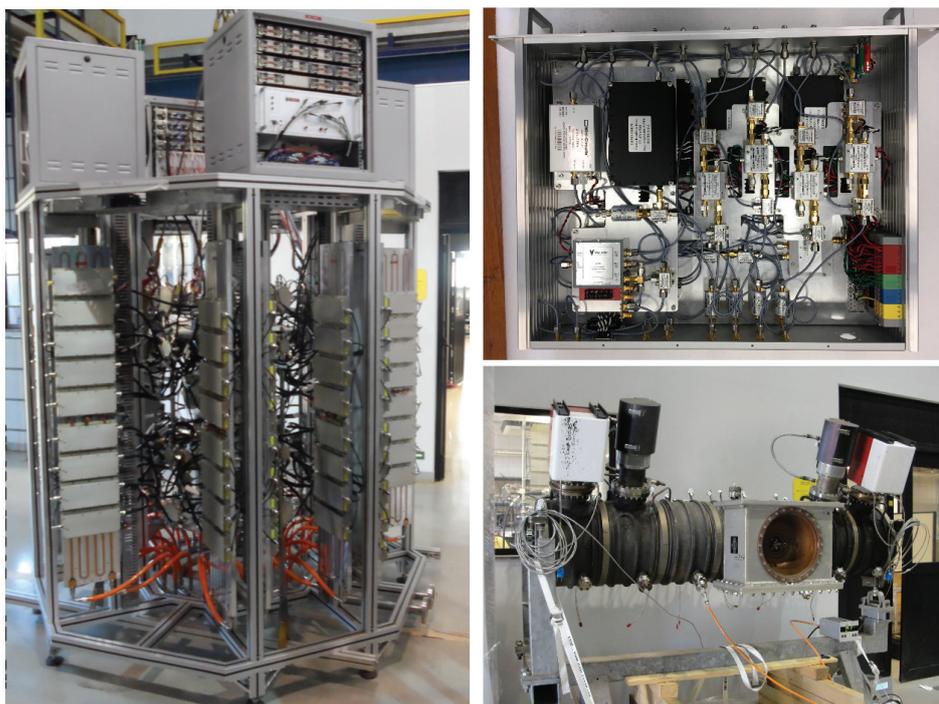
SISTEMA DE RÁDIO FREQUÊNCIA

No primeiro semestre de 2018, foram iniciadas as montagens das torres amplificadoras do sistema de radiofrequência do anel de armazenamento. As torres têm uma topologia diferente da torre do *booster*, que segue um projeto muito similar às torres amplificadoras em operação no anel UVX. A nova arquitetura substitui a fonte de alta potência que alimenta os módulos amplificadores por uma combinação de fontes de baixa potência, agregando mais modularidade e redundância ao sistema. A torre opera em 500 MHz, tem potência nominal de saída de 60 kW, e está em estágio final de montagem para testes de potência. A segunda torre está em estágio inicial de montagem. Os componentes necessários para montagem e teste das torres estão no laboratório de RF (Figura 36).

As eletrônicas do sistema de controle de baixa potência (LLRF) estão sendo montadas em seus bastidores definitivos. O sistema foi testado no final de 2017 nas condições de operação do *booster* e seu projeto consolidado. Um segundo conjunto de LLRF está sendo montado para o sistema de RF do anel de armazenamento.

A cavidade de RF do anel de armazenamento foi recebida e colocada em vácuo. Trata-se de uma cavidade de 7 células que operou por muitos anos no anel colisor PETRA do laboratório DESY, na Alemanha. A cavidade será utilizada para comissionamento e primeiros testes do Sirius até que as cavidades supercondutoras definitivas sejam instaladas.

O contrato para a aquisição das cavidades supercondutoras foi assinado no início de 2018 e a reunião técnica para discussão do projeto preliminar foi realizada em junho. As cavidades foram desenvolvidas para o colisor CESR da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, sendo utilizadas em várias fontes de luz, mas o projeto tem que ser adaptado para cada instalação. Em paralelo, o sistema criogênico necessário para a operação das cavidades também está sendo adquirido. A previsão é de que as cavidades sejam instaladas no anel de armazenamento no primeiro trimestre de 2020. Cavidades supercondutoras foram escolhidas porque apenas duas serão suficientes para manter o feixe na corrente nominal de operação, e por questões relacionadas com a estabilidade do feixe de elétrons. Os componentes de guia de onda para as linhas de transmissão que conectam os amplificadores às cavidades de RF foram recebidos e estão armazenados, aguardando a instalação no Sirius.



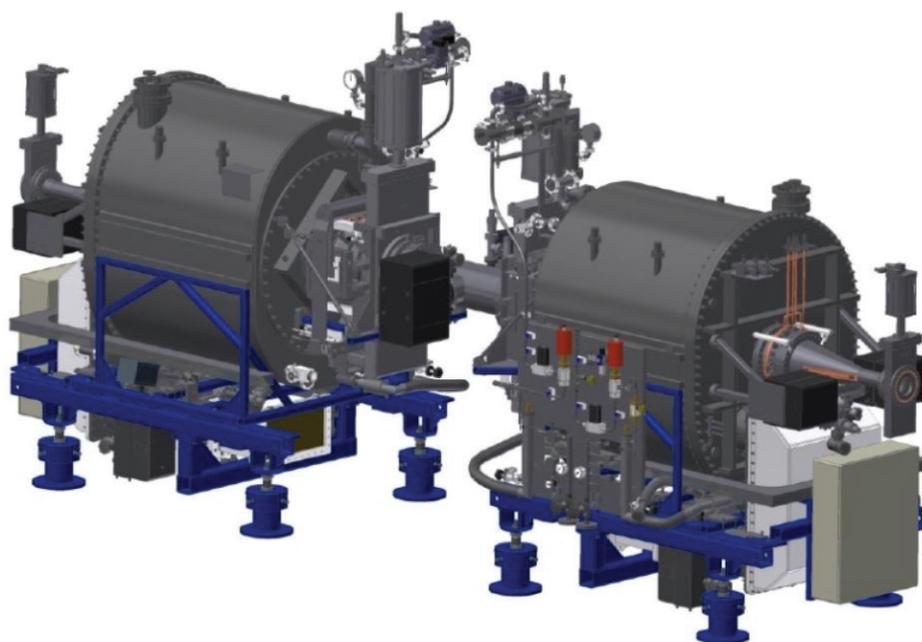


Figura 36. Sup. Esq.: Torre do amplificador de RF de 60 kW do anel de armazenamento em fase final de montagem. Sup. Dir.: Vista do interior de um dos bastidores do LLRF, que prepara os sinais já processados para serem introduzidos no circuito de RF. Centro Dir.: Caverna de RF do anel de armazenamento, em vácuo, pronta para ser instalada. Inferior: Projeto preliminar das cavernas supercondutoras do Sirius, que precisa ser adequado para que possam ser instaladas no espaço disponível no trecho reto do anel de armazenamento.

DIAGNÓSTICO DE FEIXE

O anel de armazenamento, o *booster* e as linhas de transporte, ao todo, possuem quase 300 sensores de posição de feixe. Cada sensor é ligado a um conjunto de eletrônicas desenvolvidas pelo LNLS e produzidas parcialmente no Brasil, cuja função é determinar em tempo real a posição do feixe no interior das câmaras de vácuo, com precisão nanométrica. Estas eletrônicas são acondicionadas em racks (ou armários) padrão 19 polegadas e serão instaladas em salas especiais juntamente com outros sistemas do Sirius. Ao todo, 21 armários são necessários para as eletrônicas de diagnóstico de medida de posição.

A integração e os testes dessas eletrônicas estão sendo feitos pela equipe do LNLS juntamente com a empresa ATMOS Sistemas. Cinco armários já foram montados e testados exaustivamente nas dependências da ATMOS e serão transportados para as dependências do LNLS. Todos os racks devem chegar ao LNLS até meados de agosto.

Além do sistema de medida de posição de feixe, os outros sistemas de diagnóstico seguem em produção. Cinco racks contemplarão medição de corrente, carga, padrão de preenchimento e sintonia e feedback pacote-a-pacote.

Dos componentes de diagnóstico em vácuo – os scrapers, monitor de perfil pós-septa e kicker longitudinal – que serão instalados no anel de armazenamento, estão em fase de prototipagem. Além dos monitores de posição de feixe (BPM), os componentes com instalação no *booster* e linhas de transporte – no caso striplines, fendas de energia e monitores de perfil – tiveram seus protótipos aprovados e se encontram em produção. A Figura 37 abaixo mostra os dois últimos citados, já montados e prontos para automação.

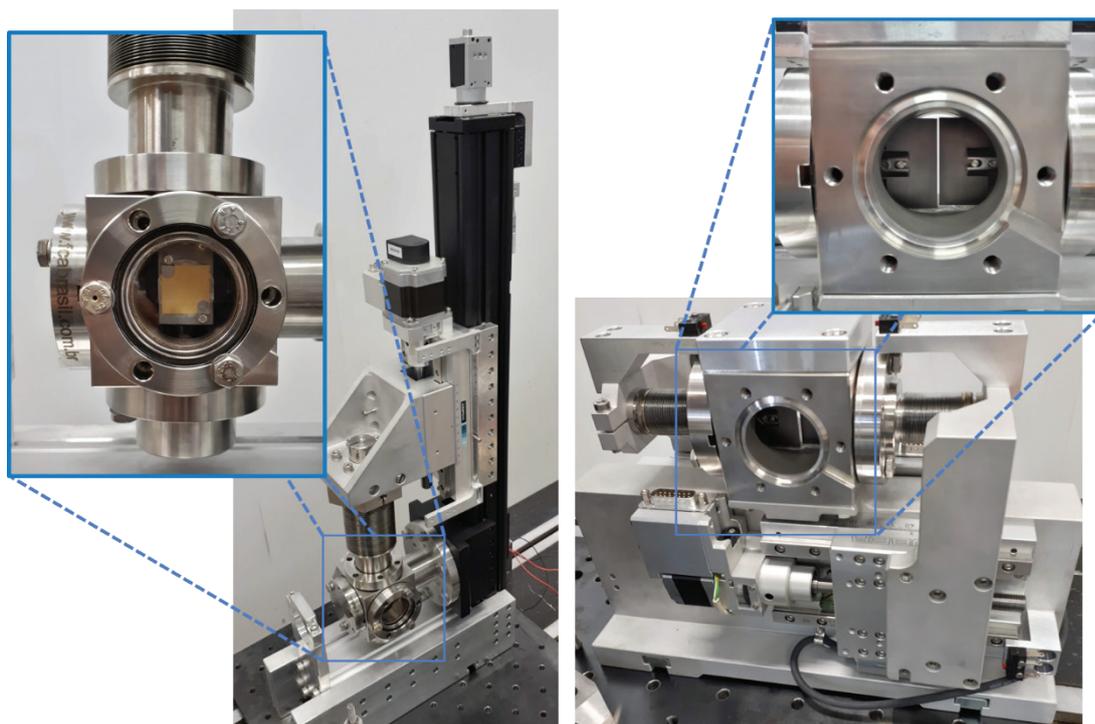


Figura 37. Protótipos finais de dispositivos de diagnóstico em vácuo: monitor fluorescente (à esquerda), que envolve automação de movimento e imagem; fendas de energia (à direita), com automação de movimento.

Ao longo do semestre, foi realizada a automação de 80% dos instrumentos presentes nos racks (analisadores de espectro e geradores de sinais) e componentes de diagnóstico em vácuo (envolvendo imagem e/ou movimento). Suas condições estão próximas às necessárias para comissionamento do Sirius.

FONTES DE CORRENTE

Sistema de Regulação Digital (DRS): em janeiro de 2018, foram finalizados os testes com o lote piloto do DRS, considerado aprovado. A WEG iniciou a produção do lote final, sendo que todos os HRADCs foram entregues, bem como 45 unidades de UDCs (faltam ainda 55 unidades).

Fonte de Baixa Potência (FBP): foi descoberto um problema inesperado durante a produção das fontes FBP pela empresa WEG em março de 2018. Quando as primeiras placas de DCCTs começaram a ser testadas, observou-se um alto índice de falhas, da ordem de 5%. Após a análise das falhas, chegou-se à conclusão que 3 dos 5 lotes de DCCTs produzidos pela empresa LEM estavam com problemas de fabricação e estão em processo de substituição. Foram iniciadas as entregas dos primeiros lotes destas fontes pela empresa WEG, todos eles de 4 canais, sendo 30 bastidores em maio e mais 56 unidades em junho, que somados com os 9 bastidores do lote piloto totalizam 95 bastidores ou 380 fontes, quantidade suficiente para iniciar a operação do Sirius. Faltam ainda 23 bastidores de 4 canais, 100 bastidores de 3 canais e 36 unidades de 2 canais, que deverão ser entregues no segundo semestre. Os bastidores entregues estão passando por testes e nenhum problema foi detectado até o momento.

Fonte de Alta Potência (FAP): após os testes realizados com o lote piloto, a empresa HENSYS foi escolhida para a produção final de 55 módulos, que foram entregues em lotes entre os meses de março e maio de 2018. Algumas unidades foram testadas, e quatro módulos foram integrados em paralelo para formar a primeira unidade deste modelo de fonte – a fonte dos dipolos da linha de transporte Booster-

-Anel. Os demais módulos estão sendo integrados nos racks para formar as demais fontes. Como todos os recursos do laboratório de testes de fontes estão alocados para os testes das fontes do *Booster* (modelo FAC), que são prioritárias, os testes das fontes FAP estão previstos para serem retomados em julho.

Fontes Ciclantes (FAC): em janeiro, foram finalizados os testes com o lote piloto dos módulos FAC e, uma vez aprovado, em fevereiro iniciou-se a produção final, sendo que os últimos lotes foram entregues em maio. Os estágios de entrada, saída, e banco de capacitores foram montados pela empresa UPSYN, e o estágio retificador foi montado pela empresa HENSY. Cada unidade destes estágios está sendo testada, e em seguida as primeiras unidades serão integradas para formar a primeira fonte dos dipolos do *Booster*. Espera-se que todas as fontes do *Booster* estejam montadas e testadas até o final de julho, para instalação em agosto.

SISTEMA DE INTERTRAVAMENTO

O sistema de intertravamento do Sirius baseia-se em hardware da Rockwell, tanto para a proteção da máquina - MPS (*Machine Protection System*) –, quanto para a proteção pessoal – PPS (*Personal Protection System*). Os 25 painéis que serão distribuídos ao redor do acelerador foram fabricados, testados e entregues no LNLS, assim como o rack central de controle. As rotinas de controle e os módulos de visualização das IHMS estão em elaboração e os primeiros testes, previstos para julho, serão realizados no LINAC.

ALINHAMENTO E MONITORAMENTO

No primeiro semestre de 2018, focou-se em 4 grupos de atividades principais: medição da rede de pontos de referência do anel, marcação de furação no piso especial do acelerador e das blindagens (*blueprinting*), posicionamento e alinhamento de componentes e o monitoramento de deformações na estrutura civil do Sirius.

O correto funcionamento da máquina depende do bom posicionamento de seus componentes. Dessa forma, durante boa parte do semestre a equipe de alinhamento realizou marcações para furação e posterior fixação de suportes estruturais dos componentes dos aceleradores – como é o caso das mãos-francesas que receberão os conjuntos de berços e ímãs do *Booster* (Figura 38, esquerda). Também foi realizada a marcação para posicionamento das bases de concreto do Anel (Figura 38, direita). Esses itens serão instalados em breve e constituem o primeiro item de suportação dos ímãs do Sirius.

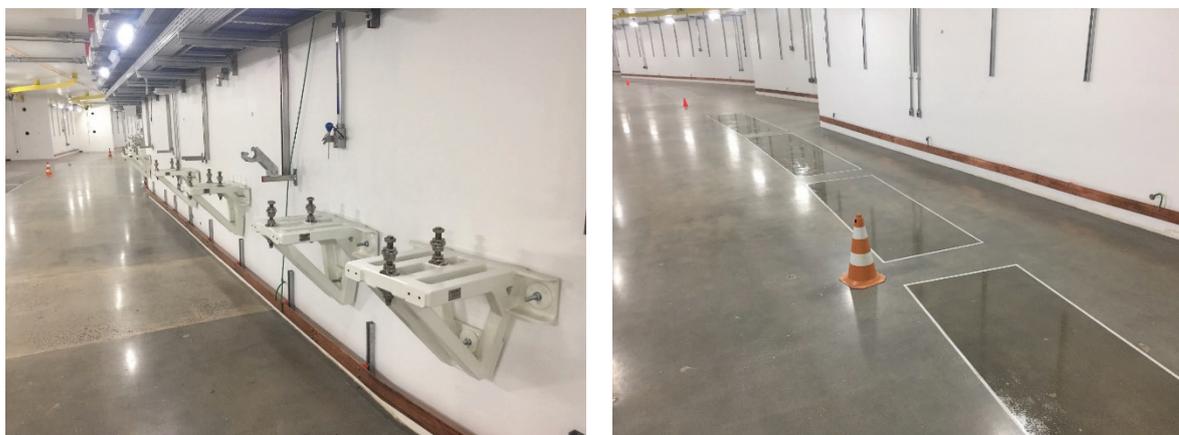


Figura 38. Esquerda: Posicionamento de suportes do *Booster*. Direita: Marcações para posicionamento de bases de concreto do Anel.

Devido principalmente a variações de temperatura, e possíveis efeitos de recalque e cura tardia do concreto do piso especial e blindagem do Sirius, é necessário que sejam realizados monitoramentos periódicos da variação vertical do piso e da variação radial da blindagem. Para prover mais dados úteis nesses

estudos, a equipe de alinhamento vem trabalhando no projeto de instalação de uma rede de sensores de nível hidrostático (HLS), que será instalada sobre a blindagem de concreto do Sirius e permitirá medir variações verticais da estrutura da ordem de milésimos de milímetros.



Figura 39. Esquerda: Monitoramento de variações verticais no piso especial do Sirius. Direita: Início das instalações dos aceleradores.

LINHAS DE LUZ

O primeiro semestre de 2018 foi marcado pelo comissionamento de diversos protótipos de componentes de linhas de luz e o início da instalação dos primeiros componentes de infraestrutura e *front-ends* das linhas de luz no Sirius. Os principais destaques foram:

- Início da instalação das cabanas óticas das primeiras 6 linhas de luz;
- Início da instalação dos primeiros 6 front-ends no túnel do Sirius;
- Metrologia dos primeiros espelhos finais das linhas de ondulator, incluindo aferição das deformações mecânicas devidas a fixação, como previstas em simulações;
- Conclusão do HD-DCM com resultados dinâmicos, em vácuo, melhores do que a expectativa;
- Montagem e comissionamento de componentes da estação experimental da linha CATERETÊ, com sistema criogênico, sistema para simulações de condições operando e sistema para termografia das amostras;
- Conclusão dos projetos mecânicos e encomenda dos sistemas de vácuo e mecânica dos espelhos das primeiras 6 linhas;
- Construção de componentes do espectrômetro da linha IPÊ;
- Evolução da eletrônica e usinagem das partes para construção do protótipo do detector π -M3GA.

INFRAESTRUTURA E COMPONENTES COMUNS ÀS LINHAS DE ONDULADOR

Cabanas óticas e experimentais: foi concluído o projeto executivo da linha MANACÁ, com todos os encaminhamentos de utilidades, EPS, PPS e HVAC. Este projeto serviu de base para os projetos das demais 5 linhas da primeira fase e foi fundamental para estimativas mais precisas de recursos humanos e materiais que serão necessários para a conclusão destes sistemas. Foi realizada a contratação da construção da estrutura de aço de todas as cabanas e foi iniciada a instalação da linha MANACÁ (Figura 40). As demais serão instaladas na sequência. Devido a dificuldades de recursos financeiro, acumulou-se um atraso de quase um mês na compra de partes e peças, com impactos sobre o cronograma previsto.



Figura 40. Início das marcações para instalação das cabanas da linha MANACÁ no Sirius.

Front-ends: os últimos testes de validação do protótipo de front-end, todo instrumentalizado com sensores e atuadores integrados no sistema de controle, permitiram simular como reagiriam seus sistemas de válvulas e shutters para proteção automática do anel em caso de acidente de vácuo na linha. Estes testes são uma validação crucial para todo conjunto da engenharia de front-ends, uma vez que um acidente de vácuo que se propague para o anel tem consequências sérias, tanto para operação de usuários quanto para a durabilidade do sistema de vácuo por NEG. Nas simulações realizadas neste semestre, foi produzido um rompimento de janela, criando uma situação de acidente extremo de quebra de vácuo, com a propagação de uma onda de choque em direção ao anel, como pior cenário. Os resultados destes experimentos demonstraram que sensores e válvulas reagiram com folga de tempo e mantiveram o nível de vácuo na região do anel (simulada pela posição dos últimos sensores de vácuo) inalterado. A produção dos 6 primeiros front-ends está sendo concluída e foram iniciadas as montagens no anel.

MONOCROMADORES

Protótipo do Monocromador de Duplo Cristal de alta performance dinâmica (HD-DCM): neste semestre, foram concluídos os testes dos componentes com vácuo do DCM, a integração com o sistema de refrigeração criogênica, a integração com os goniômetros e a validação do suporte mecânico global (Figura 41). Os testes dinâmicos de estabilidade do DCM foram surpreendentes, ficando melhor que as expectativas simuladas. Além disso, foi iniciada a construção de um segundo exemplar de monocromador que será usado na linha MANACÁ.

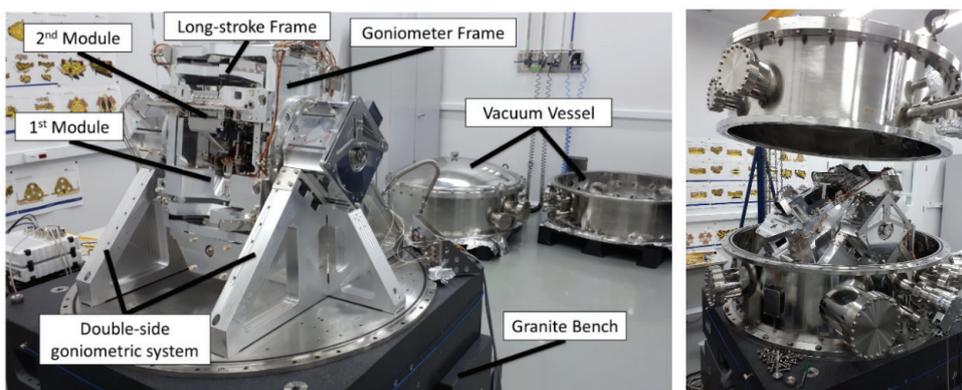


Figura 41. Vista geral do HD-DCM completo, com todos seus componentes montados.

ESPELHOS E METROLOGIA

Prédio de Metrologia: durante o primeiro semestre, foram concluídas melhorias de sistema de ar condicionado, atingindo estabilidades térmicas de 45 mK (pico a pico) e com flutuação RMS < 8 mK. Estas melhorias permitiram maior estabilidade nas medidas dos espelhos, chegando a marcas record de precisão em LTP, como nos exemplos mostrados na Figura 42.

Equipamentos da metrologia óptica: as primeiras medidas dos espelhos polidos pelas empresas Zeiss (Alemanha) e JTEC (Japão) demonstraram que eles estão dentro do padrão estabelecido aos fabricantes, e que os pontos de apoio na mecânica são realmente fundamentais para garantir os erros em relação a figura elíptica ideal dentro das tolerâncias estabelecidas pelas simulações de cada espelho de cada linha (Figura 42).

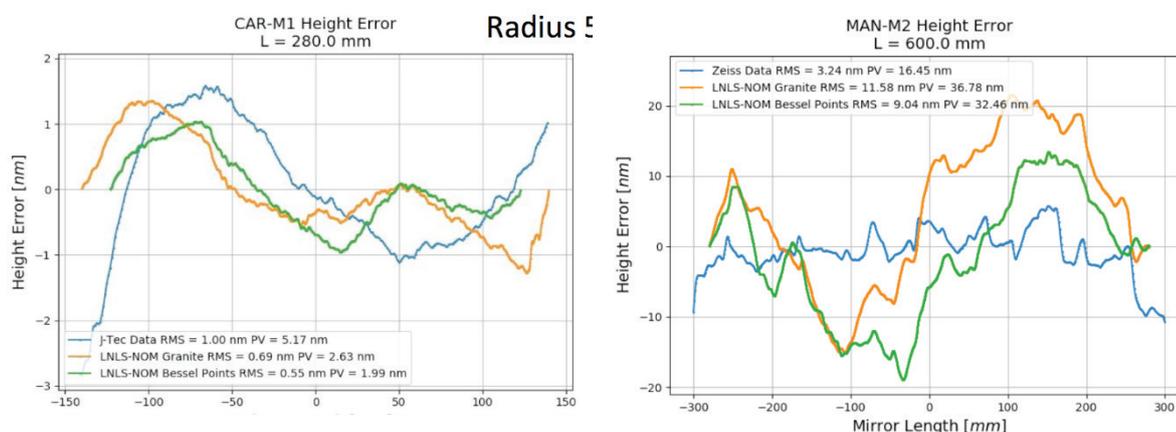


Figura 42. Erros nos perfis elípticos dos espelhos das linhas MANACA e CARNAÚBA medidos no laboratório de metrologia ótica. O sistema de metrologia já é capaz de detectar as deformações causadas pela gravidade quando o espelho é apoiado diretamente no granito ou nos chamados pontos de Bessel.

Mecânica dos espelhos: para que os espelhos possam ser usados nas linhas de luz eles precisam de sistemas de movimentação com precisão, resolução e estabilidade de frações microrradianos ou até nanorradianos. Além disso, eles devem ser refrigerados, para que não se deformem com o aquecimento causado pelo feixe de raios X, e devem ser mantidos em vácuo para que não haja nenhuma contaminação da superfície. O projeto mecânico, termodinâmico e de vácuo destes sistemas é tão importante quanto o polimento dos próprios espelhos. De fato, em certas situações, como a preservação da coerência do feixe do Sirius, a estabilidade mecânica destes sistemas é até mais crucial. Com base nos requisitos de cada linha de luz e na experiência adquirida com os novos conceitos mecatrônicos, como uso de leaf-springs em travamento, aplicados ao projeto do HDDCM, foram projetados sistemas inovadores de mecatrônica de espelhos. Como nos sistemas anteriores, as bases de sustentação (Figura 43) também foram projetadas em granito pela ótima razão entre módulo elástico e densidade e baixo coeficiente de expansão térmica. Apenas os graus de liberdade de movimentação mais essenciais foram mantidos em vácuo, os demais, nas bases. A análise dinâmica destes sistemas suportes apresentou modos normais de vibração todos acima de 450 Hz, mesmo mantendo os graus de liberdades de alta precisão.

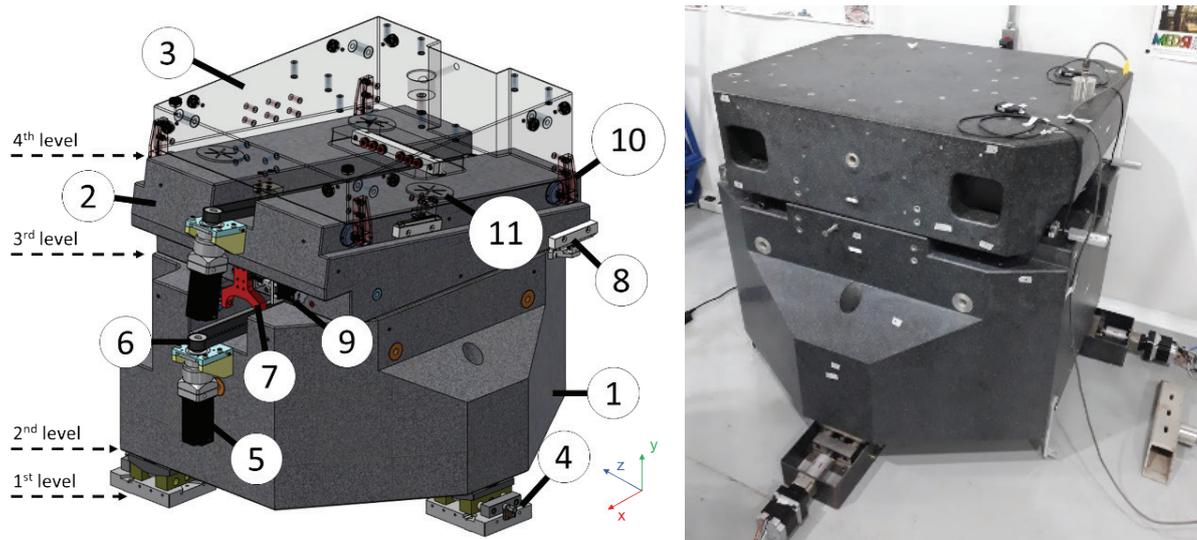


Figura 43. Projeto mecânico das bases dos espelhos. Direita: (1) bottom granite; (2) middle granite; (3) top granite (transparent for visibility); (4) wedge-leveller; (5) stepper motor for Tx; (6) timing belt for Tx; (7) commercial air-bearing guiding for Tx; (8) optical encoder; (9) power screw mechanism for Ry; (10) commercial air-bearing for wedge; and (11) machined air-bearing pad. Esquerda: Protótipo da base de granito construído.

ESPECTRÔMETRO DE RIXS DA LINHA IPÊ

Este espectrômetro é o principal componente da estação experimental da linha IPÊ. Ele permitirá estudar excitações coletivas em sólidos, como fônons e spinons, transferência de cargas em baterias e fotovoltaicos, e dinâmica de dissociação de moléculas em líquidos e gases. A construção do espectrômetro foi iniciada e praticamente todos seus elementos estão em fabricação, alguns deles entregues – como o rolamento que dará o eixo de rotação do espectrômetro (Figura 44); os motores e niveladores para o berço do espectrômetro; o sistema de encoders para movimentação da câmara da grade e câmara do detector –, outros deverão chegar nos próximos meses – como a mecânica interna das grades do espectrômetro (disponível para embarque); berço e suportes em metal; guias lineares; sistema telescópico para sustentação do bellows entre grade e detector; câmaras de vácuo. Alguns itens mais complexos deverão ser entregues no final do ano – como a câmara de amostras rotativa e manipulador, itens de vácuo; air bearings; bellows em tamanhos especiais; EM-CCD e sistema de refrigeração. A base de granito de sustentação da câmara de amostra e a base circular em granito para movimentação dos air pads serão instaladas assim que for finalizado o piso da área da IPÊ, que será uma das últimas entregas da construtora Racional.

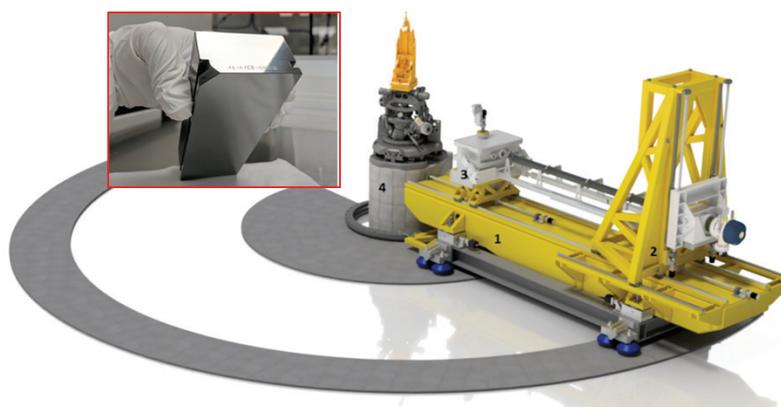


Figura 44. Espectrômetro de RIXS. Inset: o substrato da grade do espectrômetro pronta para rulling

TÚNEL DE VÁCUO DA CÂMARA DE ESPALHAMENTO DA LINHA CATERETÊ

O túnel de vácuo de 30 metros da linha CATERETÊ, responsável por encaminhar o feixe coerente espalhado até o detector de área, encontra-se em fase avançada de fabricação e tem entrega prevista para dezembro (Figura 45). Alguns módulos estão prontos e todos os itens necessários comprados.



Figura 45. Câmara de vácuo do túnel de espalhamento da linha CATERETÊ.

MICROSCÓPIO DE CDI DA LINHA CATERETÊ

O microscópio de difração de raios X coerente da linha de luz CATERETÊ está sendo montado e seu comissionamento foi iniciado. Este microscópio foi projetado para realizar imagens de difração coerente de ondas planas (pwCDI), mas também medidas de ptychografia e poderá ser duplicado para outras linhas de luz do Sirius. Um sistema de interferometria que será acoplado ao microscópio para medidas em ptychografia, como versão atualizada, está previsto para novembro de 2018.

O porta-amostras da linha consiste em uma pilha de estágios de alta precisão (Figura 46). A amostra é posicionada em um estágio piezo XZ (U-751.24, PI) permitindo o posicionamento preciso (resolução de 100 nm) da amostra em $\sim 30 \times 30 \mu\text{m}^2$ feixe de raios X coerente. Abaixo, um rolamento de ar (UPR120, PI) permite medições tomográficas e o hexapode (Bora, Symétrie) é usado para o alinhamento do eixo de rotação com o feixe de raios X.

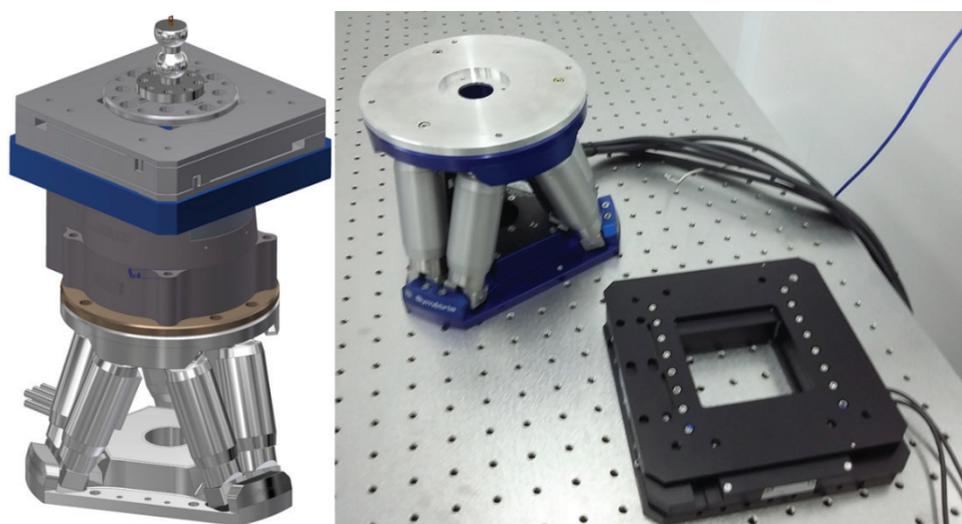


Figura 46. Desenho CAD do microscópio Cateretê dedicado a imagens de difração coerente de ondas planas, com os estágios piezo XZ e hexapode sob comissionamento no laboratório de metrologia.

Os estgios são configurados e operam sob o sistema EPICS de controle. A Figura 47 exibe a metrologia do estágio de rotação do rolamento de ar e os resultados da medição dos erros de movimento rotativo, com uma oscilação de 1,198 μrad , excentricidade de 0,056 μm e um erro axial de 0,093 μm .

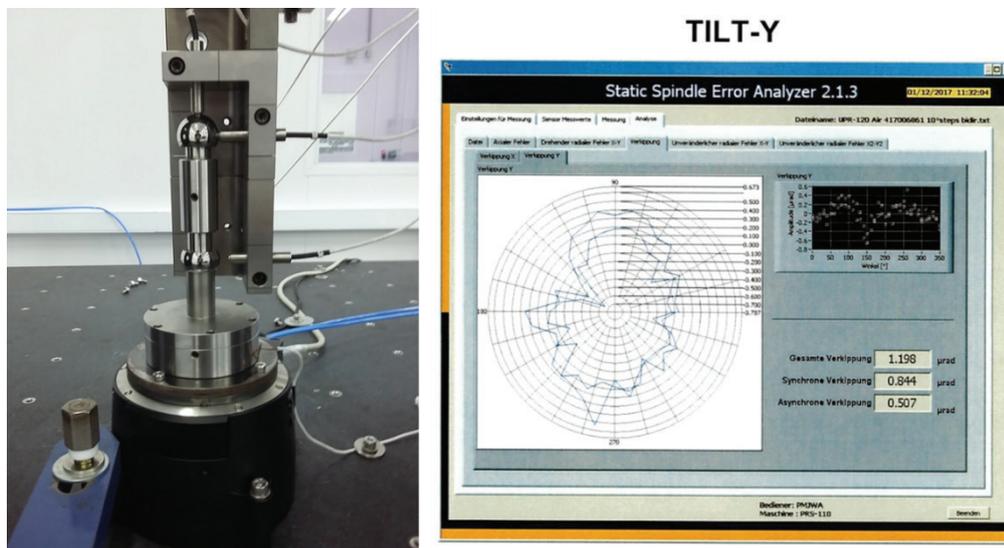


Figura 47. Estgio de rotao do rolamento de ar UPR120-AIR montado no laboratrio de metrologia com a configurao de erro do fuso (esquerda). Medies fornecidas pelo Physik Instrument da mediao de erro de oscilao

Para manter as amostras em temperaturas criogênicas (e evitar danos de radiao em amostras mais sensiveis) foi adquirido o sistema N-HeliX, da Oxford Cryosystems, um dispositivo de fluxo duplo com dois fluxos coaxiais: o fluxo interno de He mantm a amostra em condies criogênicas, enquanto o fluxo externo atua como uma blindagem evitando congelamento e contaminao do ar. Ele permite alcanar um amplo intervalo de temperatura (28 a 353 K) com um arranjo que reduz muito o fluxo de gs hlio necessrio e os custos operacionais. Alm disso, o uso de um fluxo baixo reduz drasticamente as instabilidades da amostra. O sistema foi montado e testado, e sero realizados testes de estabilidade e mapeamento de temperatura ao redor do bocal. A Figura 48 abaixo mostra o sistema durante a primeira operao, atingindo 27,7 K.



Figura 48. Primeiro teste do sistema N-HeliX da Oxford Cryosystems no LMLS, atingindo uma temperatura de 27,7 K.

Para experimentos de imagens *in-situ* e operando, está sendo desenvolvido um ambiente de amostra para executar o CDI sob ambiente de gás controlado e em altas temperaturas na linha CATERETÊ, que poderá ser duplicado para outras linhas de imagem por raios X, como a CARNAÚBA e MOGNO. Os dispositivos serão baseados em blocos de aquecimento de cerâmica ou chips MEMS, desenvolvidos para microscopia eletrônica e possibilitando atingir os 1000 °C. Os chips são compostos de uma membrana de nitreto de silício de 1 mm², 30 nm de espessura, aquecida com uma corrente de μA através de dois eletrodos. A temperatura é registrada com uma câmera de termografia em infravermelho (modelo ImageIR® 8300 HP da InfraTec GmbH, Dresden, Alemanha). A câmara está equipada com uma lente microscópica $M = 1,0\times$, tem uma distância de trabalho de 20 cm e um campo de visão de $9,6 \times 7,7 \text{ mm}^2$ e um tamanho de pixel de 15 μm , o que é suficiente para localizar a amostra e medir indiretamente sua temperatura no porta-amostras. A Figura 49 mostra a câmera e quatro imagens de termografia por infravermelho de MEMS (Temperatura = 21,75; 50,9; 87,2 e 196,25 °C) com uma resolução espacial de 10 μm .

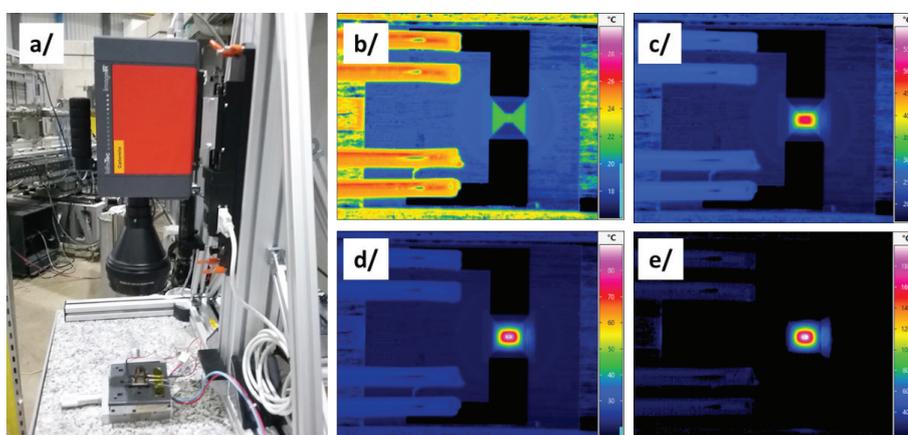


Figura 49. Câmera de termografia a / Infravermelho (IR), chips b / MEMS aquecidos a temperatura = 21,75; 50,9; 87,2 e 196,25 °C, b /, c /, d / e, respectivamente, onde se pode distinguir as diferenças de temperatura, a membrana de nitreto de silício no centro e os eletrodos à esquerda

DETECTORES

O grupo de detectores está desenvolvendo 4 modelos de detectores baseados no chip Medipix 3RX. Destes, 3 são variações do projeto π -M Ξ GA com diferentes números de pixels. O menor, com 800k pixels, chamado de modelo π -M Ξ GA 45D, é formado por duas fileiras de 6 chips, i.e., 1536x512 pixels. O modelo π -M Ξ GA 135D, que está sendo fabricado com a empresa Pi Tecnologia (Figura 50), será usado nas linhas CARNAÚBA, EMA e MOGNO e tem 1536 x 1536 pixels. O modelo π -M Ξ GA 450D composto por 12 linhas de 12 chips (144 chips) será usado nas linhas MANACÁ e CATERETÊ. Além destes modelos do detector π -M Ξ -GA, está em desenvolvimento o detector Mobipix (256x256 pixels) baseado em 4 módulos do Medipix 3RX, que possui um sistema de processamento de imagens integrado ao próprio detector.

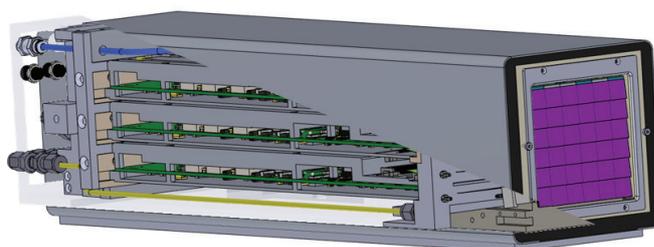


Figura 50. Projeto completo do detector -M Ξ GA 450D com detalhamento das placas e estrutura interna.

Este último semestre foi crucial para o desenvolvimento do detector π -M Ξ GA 450D pois, além de vários avanços em firmware e hardware do detector, foram identificados problemas na placa de circuito integrada flexível, produzida pela empresa Lauquem (em Sorocaba, no interior de São Paulo), e responsável pela ligação dos sensores e as placas de processamento de dados para envio por fibra ótica (MFB e TB). A produção e montagem desta placa com os sensores foi, talvez, o maior risco e maior desafio técnico de micro-eletrônica do projeto. As tecnologias envolvidas, apesar de bem estabelecidas em grandes empresas de micro-eletrônica, não eram dominadas no País, e precisaram ser desenvolvidas praticamente do zero. Os primeiros resultados foram insatisfatórios, porém a equipe conseguiu identificar os problemas e encontrar soluções. Uma segunda versão está sendo fabricada pela Lauquem e deverá atender os requisitos de projeto. Vale notar que embora isso tenha acarretado atraso no protótipo final, foi um desenvolvimento para nacionalização de um produto de alta tecnologia e alto valor agregado, que trouxe grandes ganhos para a indústria nacional.

Ao longo do semestre foram entregues várias das partes do protótipo que estão sendo integradas, como placas dissipadores, cerâmicas de conexão, sensores e mecânica de suporte e dissipação. Algumas destas entregas são ilustradas na Figura 51.

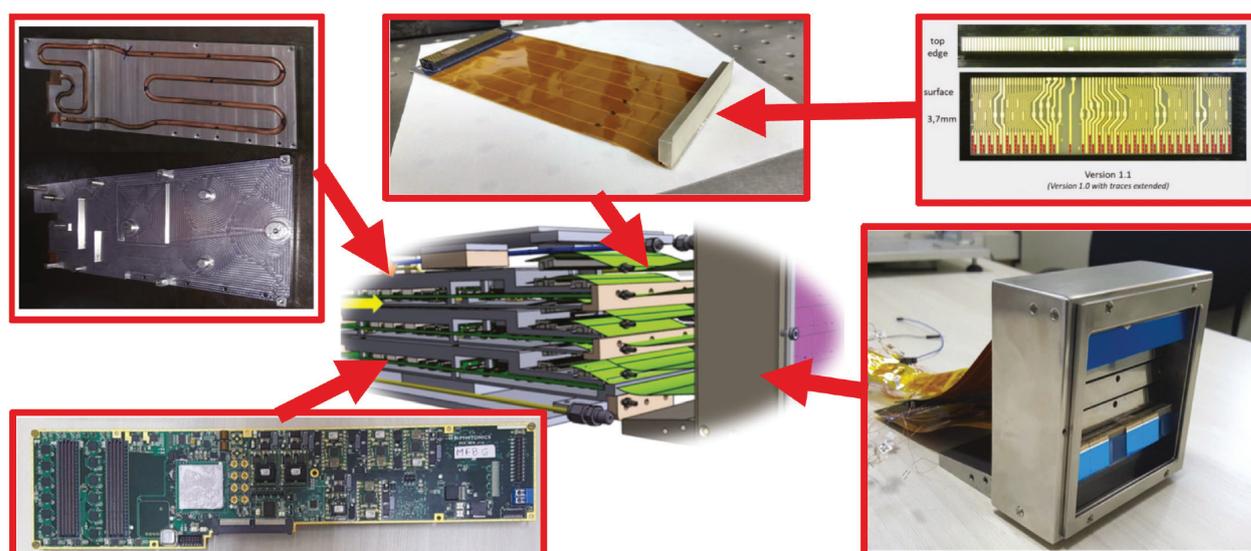


Figura 51. Partes internas do π -M Ξ GA 450D que foram entregues no semestre.



OBRAS CIVIS

No primeiro semestre de 2018, foram realizadas as seguintes etapas relativas às edificações:

- Término das alvenarias da edificação principal com primeira demão de pintura;
- Término da cobertura das linhas longas;
- Término de instalação de pipe-racks metálicos (internos /externos);
- Término da infraestrutura enterrada (drenagem, esgoto, média tensão);
- Término da execução das blindagens em concreto armado dos aceleradores;
- Execução das instalações de utilidades das blindagens;
- Término e comissionamento à frio da subestação de Alta Tensão;
- Instalações elétricas;

- Instalações de ar condicionado;
 - Arruamento e pavimentação;
 - Tanques de termo acumulação;
 - Instalação dos brises;
 - Instalação de caixilharia;
 - Instalação e startup das duas pontes rolantes;
 - Instalação e ligação de 4 chillers;
 - Instalação das casas de máquinas;
 - Execução dos substratos em concreto rolado e parte dos pisos especiais e bases inerciais em linhas longas;
 - Entrega da área de moduladores, salas de apoio e blindagem do LINAC para instalação e comissionamento do mesmo.
- Estas melhorias são mostradas nas fotos abaixo:



Figura 52. Vista aérea da entrada do edifício

Figura 53. Pátio Interno com pipe-racks, quatro chillers e tanques de termo-acumulação



Figura 54. Vista panorâmica do hall experimental e blindagem



Figura 55. Hall Experimental com uma das Pontes Rolantes e Passarela



Figura 56. Blindagem do LINAC

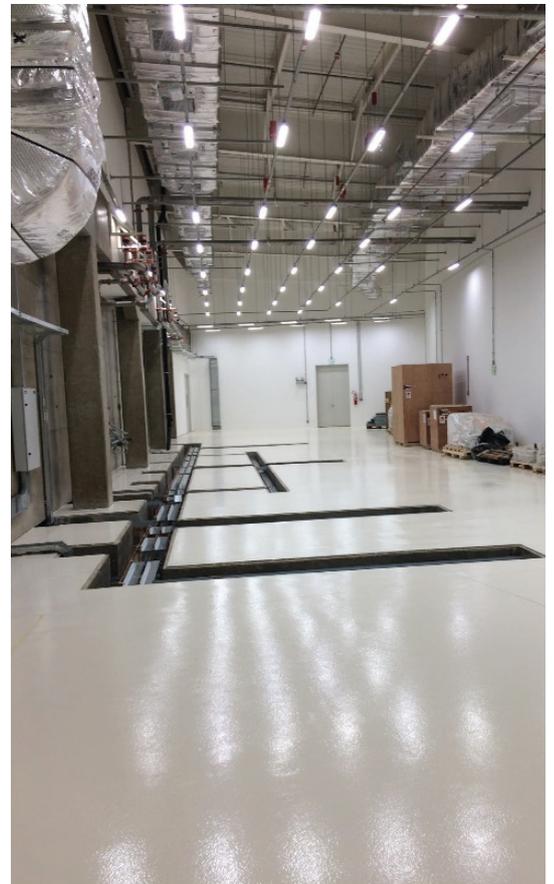


Figura 57. Área de Moduladores



Figura 58. Subestação de Alta Tensão



Figura 59. Interior da Blindagem do Booster e Anel de Armazenamento



Figura 60. Construção da Est. de Tratamento de Esgotos.



Figura 61. Armação de piso especial para linha longa

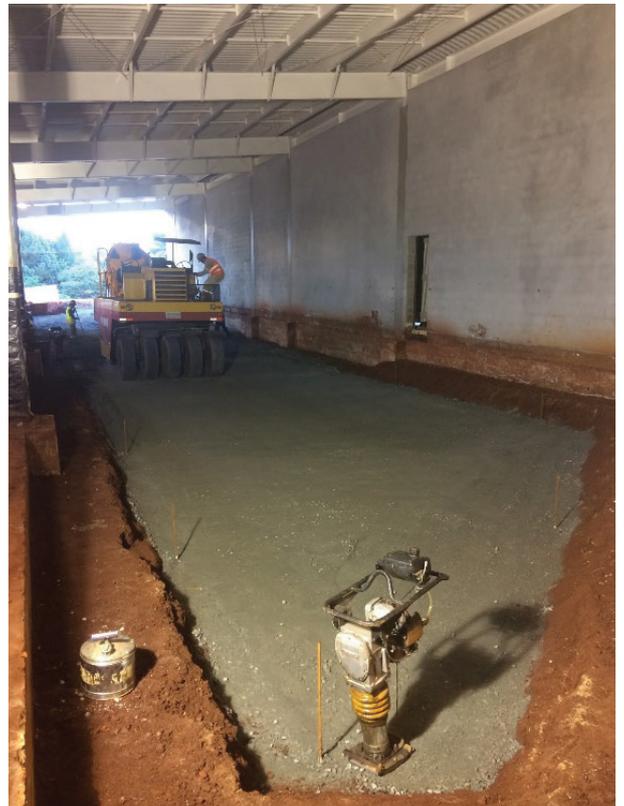


Figura 62. Preparação de CCR Piso Linha longa





APOIO À GERAÇÃO DE INOVAÇÃO

Este capítulo descreve as principais ações relacionadas à promoção da inovação por meio parcerias em PD&I com empresas dos setores produtivos, transferência de tecnologias e materiais e prestação de serviço tecnológicos de alta complexidade.

FÁRMACOS

*Drug Discovery | Biodiversidade | Fármacos | Cosméticos | Renama
Phytobios | Centroflora | Aché | Boticário*



No âmbito do projeto “MPH – Molecular PowerHouse”, desenvolvido no LNBio em parceria com as empresas Phytobios e Centroflora e com o apoio do CNPq, foram realizados avanços na parte da estrutura, RH e parcerias para montagem e análise de bibliotecas químicas de produtos naturais. Os objetivos deste projeto incluem a descoberta e o desenvolvimento de fármacos a partir de compostos naturais da biodiversidade brasileira e estrangeira. Os esforços desta ação têm propiciado ao LNBio o desenvolvimento de ‘knowhow’ específico em ‘drug discovery’ baseado em produtos naturais das biodiversidades brasileira e estrangeira.

Em 2018, deu-se continuidade aos projetos de “Desenvolvimento de insumo farmacêutico ativo (IFA) com ação terapêutica, anticâncer e dermocosmética, a partir da biomassa vegetal” firmados com a farmacêutica Aché, que contam com o apoio da EMBRAPA. Um dos projetos foca na descoberta de novo medicamento anticâncer e o outro, em um dermocosmético antienvhecimento. Neste período, foram descobertos novos produtos naturais bioativos para as aplicações propostas e sua caracterização e avaliação do potencial para inovação está em andamento.

No primeiro semestre, o projeto “Human-on-a-Chip” apresentou avanço significativo, e a meta de nacionalização da tecnologia “Sistemas Microfisiológicos Humanos” foi realizada com sucesso pelo LNBio, com apoio da RENAMA (Rede Nacional de Métodos Alternativos). Por meio desta tecnologia, foi desenvolvida uma técnica de cultivo de tecidos humanos organizados em arquitetura tridimensional, em dispositivos microfluídicos que realizam perfusão tecidual semelhante à circulação capilar. Até o presente momento foram realizados com sucesso o cultivo de organoides de fígado, coração e intestino – além de rim, que está em fase de desenvolvimento – e ensaios de caracterização morfológica dos organoides e de farmacocinética de paracetamol. O desenvolvimento dessa linha de pesquisa integra esforços dos Laboratórios Nacionais LNBio, LNNano e LNLS e tem apoio financeiro do CNPq, MCTIC, MS e do Grupo Boticário. Estão previstos o desenvolvimento de modelos de organoides com melhor capacidade preditiva, capazes de reduzir tempo e custos envolvidos no desenvolvimento de medicamentos aplicáveis à medicina personalizada, além de reduzir o uso de animais em pesquisas biomédicas.

BIOENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS

Bioeletricidade | Etanol

*ÚNICA | Grupo Zilor | Usina Santa Isabel | Usina Alta Mogiana | Pedra Agroindustrial |
Usina Granelli | Cerradinho Bioenergia Grupo São Martinho | Usina Ester | Agrícola BPZ |
Usina São Luiz de Ourinhos | Grupo Santa Therezinha | Granbio | Grupo Raizen | Usina Ferrari |
Usina São José da Estiva | Global Environment Facility (GEF) | Mahle Metal Leve*



O projeto **Sugarcane Renewable Electricity (SUCRE)**, conduzido pelo CTBE³¹, com financiamento do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), visa catalisar o estabelecimento de

³¹ Grandes parcerias permitem a realização dos trabalhos, a citar: União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), UNICAMP, Grupo Zilor, Usina Santa Isabel, Usina Alta Mogiana, Pedra Agroindustrial, Usina Granelli, Cerradinho Bioenergia, Grupo São Martinho, Usina Ester, Agrícola BPZ, Usina São Luiz de Ourinhos, Grupo Santa Therezinha, Granbio/Caeté, Grupo Raizen, Usina Ferrari e Usina São José da Estiva, Global Environment Facility (GEF).

um mercado de energia elétrica, baseado na coleta e no processamento da palha de cana-de-açúcar nas usinas, de forma a substituir fontes fósseis e aumentar a oferta e participação de energia de baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) na matriz energética brasileira.

Durante o primeiro semestre, o projeto SUCRE apresentou uma série de resultados relativos ao recolhimento e processamento da palha. Os resultados preliminares apontam vantagens no emprego de um sistema de processamento com lavagem de palha, permitindo a redução de impurezas minerais e outros contaminantes que prejudicam a queima da palha e geram problemas, como incrustações, nas caldeiras (Tabela 1). Outra vantagem apresentada por esse sistema diz respeito a maior proximidade entre granulometria da palha e do bagaço (Figura 63), favorecendo a alimentação e a queima nas caldeiras. Outro resultado importante se refere à tritura da palha no ato da colheita, que poderá ser direcionada para o solo ou transportada para a usina. A palha picada deve proporcionar melhoria no desempenho dos sistemas de limpeza a seco em funcionamento na usina e otimização no transporte de biomassa (colmos + palha) pelas usinas, devido a menor granulometria. Todas estas hipóteses da lavagem e do picador estão sendo testadas em campo e em bancada, de modo a obter resultados mais conclusivos e direcionar os novos investimentos para os interessados em implantar um sistema de recolhimento, processamento e queima da palha para geração de eletricidade.



Figura 63. Aspecto da mistura bagaço + palha na saída da moenda, após lavagem e dosagem no último terno.

	Palha Soprada	Palha lavada	Redução (%)
Cinzas (%)*	16,7	9,0	46,1
SiO₂	8,87	4,89	44,9
K₂O	1,07	0,93	13,3
MgO	0,36	0,24	34,2
SO₃	0,28	0,25	12,1

Tabela 1 - Porcentagem de redução de contaminantes da palha após lavagem. *Base Seca

Também houve avanços nos balanços (custos, emissões de GEE e outros indicadores). Destaca-se a melhoria nos dados de entrada do CanaSoft. Os parâmetros operacionais e variáveis envolvidos nestes balanços vêm sendo sistematicamente reavaliados, de modo a ajustá-los para intervalos mais representativos das condições de campo e, conseqüentemente, levando a obtenção de cenários de viabilidade econômica mais coesos com a realidade. Este trabalho está, neste momento, focado na Usina Quatá e será replicado para os outros parceiros até o fim do projeto. Outro resultado importante foi o início das avaliações para um novo conjunto de usinas parceiras no projeto. Informações e resultados das análises efetuadas durante os últimos três anos de projeto estão sendo sistematizados nos modelos, de modo a possibilitar a avaliação de novos empreendimentos para a produção de eletricidade através da palha em novas unidades. Até o momento, pelo menos sete usinas já confirmaram a participação nesta nova etapa sendo elas: Usina Santa Isabel, Usina São Luiz de Ourinhos, Grupo Santa Therezinha, Usina São José da Estiva, Usina Boa Vista, Granbio/Caeté e Usina Ferrari. Um evento será realizado para apresentação da metodologia de avaliação e definição de cenários de interesse para

cada um dos integrantes desta etapa. Também nesse período aconteceu a importante Reunião anual do Project Advisory Committee (PAC) em que aspectos técnicos são discutidos e aprovadas pelo comitê (CTBE/CNPEM, Agência Brasileira de Cooperação (ABC), MCTIC, PNUD, UNICA, Usina da Pedra, Grupo Zilor, Grupo Raizen e Usina Alta Mogiana).

O projeto do CTBE “**Novas tecnologias para o processo fermentativo de primeira geração de etanol**”, em parceria com a Mahle Metal Leve, analisa e otimiza os efeitos da tecnologia de fermentação alcoólica desenvolvida pela empresa, com foco em aumento do rendimento fermentativo. O objetivo é comprovar a funcionalidade do processo fermentativo, em testes de fermentação alcoólica em diferentes condições. Nesse período a tecnologia referida foi aplicada em processo fermentativo de primeira geração de milho. Os resultados revelaram um aumento de produtividade nas primeiras horas de fermentação, comparativamente ao processo padrão, e uma tendência de aumento de rendimento ao final do processo.

O CTBE assinou também dois novos acordos de cooperação: i) acordo de cooperação com IEA *Bioenergy*, instituição ligada a *International Energy Agency*, que visa o estudo do potencial de redução de custos para novos biocombustíveis; ii) acordo com a Petrobras para o desenvolvimento de rotas de produção de etanol de segunda geração.

BIOPRODUTOS E QUÍMICA VERDE

Nutrição Animal | Bebidas e Alimentos
Eli Lilly | TecBeer



No projeto “**Desenvolvimento de plataforma tecnológica multifuncional visando a obtenção de energia e nutrientes de biomassa para etanol e nutrição de animais**” em parceria com Eli Lilly e CTBE, com financiamento da FINEP, foram empregadas técnicas de sequenciamento em larga escala e abordagem computacional intensiva para a identificação de enzimas e/ou micro-organismos capazes de proporcionar aumento na disponibilidade de energia e de nutrientes extraídos de biomassa fibrosa. Neste semestre, as enzimas previamente identificadas foram racionalmente modificadas, de forma a propiciar aumentos ainda mais significativos na hidrólise de biomassa lignocelulósica quando comparados a coquetéis não suplementados.

O CTBE assinou um acordo de cooperação com a startup TecBeer para a produção de coquetéis enzimáticos para indústria de bebidas e alimentos. Além disso, em um trabalho conjunto do LNBio e do CTBE foram licenciadas duas patentes relacionadas a indústria de alimentos e bebidas para a TecBeer. As patentes envolvem o desenvolvimento de coquetéis enzimáticos, que atuarão no melhoramento do processo de produção de cerveja e de extrato de guaraná, e se prevê a chegada ao mercado em até três anos.

BIOMASSA

Qualidade do Solo | Compósitos Poliméricos
Zylor |Embrapii | SP Pesquisa e Tecnologia



O CTBE assinou o acordo de cooperação com a Usina Zilor para estudo de qualidade dos solos das unidades Barra Grande (Lençóis Paulista-SP) e São José (Macatuba-SP), usinas geridas pela empresa. O projeto prevê a avaliação de histórico de uso da terra, práticas de manejo, análises de solos e das produtividades obtidas nas áreas pré-selecionadas.

O projeto "**Cargas Poliméricas Verdes**", desenvolvido pelo LNNano no âmbito da Unidade Embrapii CNPEM no tema "*Transformação e processamento de biomassas*", tem como parceira a empresa SP Pesquisa e Tecnologia Ltda. O projeto almeja produzir materiais sustentáveis de elevado desempenho, baixo custo e baixo impacto ambiental para serem usados como cargas para materiais compósitos poliméricos, em substituição a matérias-primas tradicionalmente usadas nas indústrias de transformação, materiais de engenharia, construção civil, bens de consumo, automotivo, entre outros. O projeto teve início no primeiro semestre de 2018 e destaca-se como resultado a produção de materiais carbonáceos, por processo controlado de pirólise, com diferentes características físico-químicas, atendendo requisitos essenciais para aplicação como carga, enchimento ou reforço de polímeros. No período, iniciou-se a fabricação de compósitos poliméricos variando o teor mássico destas cargas incorporadas a uma matriz poliolefínica. Os primeiros resultados indicam ganhos significativos nas propriedades mecânicas, mantendo as propriedades térmicas necessárias para processamento e pós-utilização dos compósitos (Figura 64).

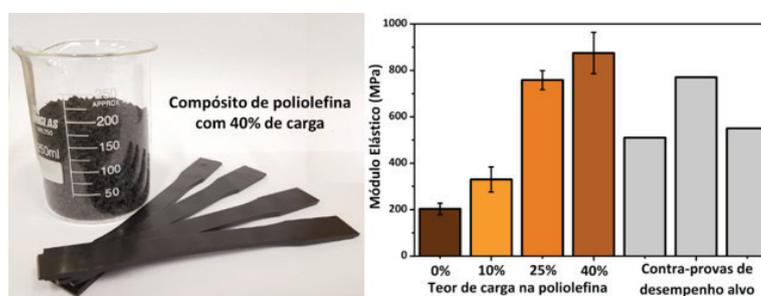


Figura 64. Corpos de prova dos compósitos obtidos pela incorporação de material carbonáceo obtido por pirólise a uma matriz poliolefínica e módulo elástico após teste de carga, comparativamente a material de referência

SENSORES E DISPOSITIVOS

Sensores eletroquímicos | Dispositivos microfluídicos | Sensores de vibração e deformação
Sibratec |CompLine | IMBP | Fiocruz | Petrobras



Outro projeto da rede Sibratec, chamado "**Sensor de atividade de água baseado em ondas acústicas superficiais com elemento sensível feito com nanofilme de óxido de grafeno**" é realizado pelo LNNano em parceria com a empresa CompLine e almeja desenvolver um dispositivo portátil para medir com alta precisão a atividade de água em diferentes substratos (alimentos e produtos

da cadeia do agronegócio). O elemento sensor é construído a partir da deposição de um filme fino de óxido de grafeno reduzido sobre uma estrutura microfabricada. O projeto que está em fase final teve seu protótipo testado com sucesso neste primeiro semestre.

Também no âmbito da rede Sibratec foi finalizado o projeto “**Dispositivo nanoestruturado para avaliação e controle da qualidade de água e detecção de Microcistina-LR**”, parceria do LNNano com o IBMP – Instituto de Biologia Molecular do Paraná e Fiocruz. Este projeto desenvolveu com sucesso um sensor portátil para rápida e precisa detecção de microcistina-LR, uma das principais toxinas contaminantes de águas urbanas e extremamente hepatotóxicas. O sensor permite seu uso em campo, sem a necessidade de infraestrutura laboratorial complexa e de mão de obra altamente qualificada. Desta forma é uma solução tecnológica viável e de baixo custo para um importante problema de saúde pública do País.

O LNNano deu início ao projeto “**OH - Desenvolvimento de metodologia para identificação e quantificação de oxigenados em derivados por abordagem microfluídica**”, em parceria com a Petrobras, que pretende desenvolver plataformas inovadoras em microfluídica para preparo de amostras de materiais oxigenados obtidas a partir dos processos de destilação, extração líquido-líquido e separação assistida por difusão em fase gasosa. Esses processos estão usualmente presentes no processamento do petróleo. Os dispositivos fabricados possibilitarão minimizar custos, reduzir consumo de reagentes, simplificar as metodologias analíticas e acelerar seus resultados. Dentre os resultados para o primeiro semestre de 2018, foi possível testar quatro plataformas microfluídicas eletroquímicas e SLE, cujos resultados serão aplicados na escolha do melhor sistema para análise simultânea de etanol e do MEG em soluções individuais e misturas. Dentre as plataformas desenvolvidas, a eletro-oxidação de álcoois parece ser promissora, uma vez que concentrações muito baixas (6 ppm) puderam ser detectadas, sem saturação do sinal eletroquímico. As próximas etapas do projeto contemplam a otimização deste sistema e a avaliação de outras amostras, tais como o DEG e o TEG.

O projeto “**E-TONGUE - Dispositivo eletroquímico microfluídico para determinação de insumos químicos empregados na indústria de petróleo**” é outra parceria do LNNano com a Petrobras e tem por objetivo o desenvolvimento de métodos eletroanalíticos instrumentais em dispositivos microfluídicos para análises preliminares (*screening analyses*), quantitativas e semi-quantitativas, de diversos insumos químicos usados no processamento do petróleo, incluindo inibidores de corrosão e incrustação, sequestrantes de H₂S e O₂ e biocidas. A solução consiste em línguas eletrônicas elétricas ou eletroquímicas em microfluídica, que poderão se converter em sensores portáteis para substituir análises químicas convencionais.

No primeiro semestre de 2018 foi desenvolvida uma nova plataforma analítica baseada no método PSR para fabricação do microdispositivo. Este método confere agilidade para a realização de medidas além da redução do custo associado. Adicionalmente, foi aplicada uma técnica de impedância elétrica, contribuindo para a simplificação do método. Observou-se que microdispositivos cujos capacitores foram associados em paralelo são mais sensíveis na separação e classificação dos componentes presentes nos insumos petroquímicos.

Em junho de 2018 o LNNano iniciou, em parceria com a Petrobras, o projeto “**Desenvolvimento de microdestiladores de petróleo**”, que visa gerar um destilador microfluídico para identificação e separação dos componentes mais frequentes no petróleo. Espera-se que este dispositivo possa ser integrado a equipamentos mais sofisticados de caracterização, como espectrômetro de massas e cromatógrafos gasosos e líquidos, eliminando a necessidade de fracionar as amostras por destilação convencional. Além disso, espera-se reduzir consumo de reagentes, automatizar e reduzir erros na caracterização e preparação de amostras. Os primeiros resultados técnicos do projeto estão previstos para o segundo semestre de 2018.

Também em parceria com a Petrobras, deu-se início neste semestre ao projeto “**SAP II - Desenvolvimento de sistemas microfluídicos para a extração de espécies presentes no petróleo e separação de fases presentes em emulsões, e análises subsequentes**”, cujo objetivo é separar a água presente em baixa concentração na fase oleosa em amostras de petróleo para posterior caracterização da fase aquosa utilizando técnicas de alta sensibilidade. O desenvolvimento desta plataforma em tecnologia microfluídica é inédito e os primeiros resultados técnicos estão previstos para o segundo semestre de 2018.

MATERIAIS

Processos de soldagem | Tintas condutivas | Nanocompósitos

Sibratec | Ticon | Petrobras | FMC Technologies | Omnis Biotecnologia



O projeto “**Produção e caracterização de nanocristais de celulose de bagaço de cana-de-açúcar, e obtenção e caracterização de materiais nanocompósitos preparados a partir de nanocristais comerciais, modificados e não modificados**”, em parceria com uma empresa multinacional do setor automotivo, está em andamento e visa desenvolver formulações de materiais compósitos com propriedades mecânicas diferenciadas a partir da incorporação de nanocelulose a matrizes poliméricas, para o desenvolvimento de materiais leves, de alta performance e baixo custo. Após produção e caracterização morfológica, térmica e química da nanocelulose de bagaço de cana-de-açúcar realizadas em 2017, foi aplicado neste semestre o mesmo protocolo para nanocristais comerciais da empresa *Celluforce* (Canadá). Espera-se que as diferentes rotas de modificação química permitam gerar uma superfície hidrofóbica compatível com a matriz polimérica fornecida pela empresa. Estão em andamento processos de fusão/extrusão dos nanocompósitos usando nanocristais modificados e não modificados.

No âmbito da rede Sibratec (Sistema Brasileiro de Tecnologia do MCTIC), o projeto “**Tintas condutivas para impressão a jato de tinta**”, parceria do LNNano com a empresa Ticon prevê o desenvolvimento da tecnologia de fabricação de tintas condutivas para impressão por jato de tinta. Esta tecnologia permitirá produzir formulações inovadoras para aplicação em substratos flexíveis, além da aplicação como tintas de alta performance. A impressão de dispositivos condutores com linhas micrométricas, utilizando impressoras a jato de tinta controladas por computador, é uma etapa fundamental para novas aplicações em IoT - Internet das coisas. Potenciais aplicações incluem casas inteligentes, carros conectados, e prevenção de falhas em equipamentos, requerendo alta resolução dos circuitos impressos. Nanopartículas metálicas, componente principal das tintas, foram obtidas e caracterizadas durante o ano de 2017, quando também foram formuladas as tintas exploratórias (Figura 65). Neste semestre, foram realizados os primeiros testes de impressão, a partir do qual o processo passará por otimizações para obtenção de um produto comercializável.



Figura 65. Tinta condutiva produzida com as nanopartículas metálicas

O projeto “**CO₂ DUPLEX - Estudo da Soldabilidade de Aços Inoxidáveis**”, realizado em parceria entre o LNNano e a Petrobras, foi encerrado em março de 2018. Este projeto estudou a soldabilidade de diferentes aços utilizados como matérias-primas para manufatura de tubulações para transporte e reservatórios para o armazenamento de CO₂ em estado supercrítico, avaliando o desempenho de aços inoxidáveis *lean duplex*, *duplex*, *superduplex* e *hiperduplex* soldados por processos de soldagem a arco e por atrito com pino não consumível (FSW - *friction stir welding*). Como resultado final, foram entregues parâmetros para soldagem a arco e por FSW dos aços inoxidáveis duplex 2507 e 9Ni (melhores performances), além da caracterização das modificações microestruturais geradas por ambos os processos (Figura 66). As propriedades mecânicas das soldagens foram avaliadas por meio de ensaios Charpy, CTOD, tração e dobramento, indicando uma superioridade nas soldagens realizadas por FSW. Ainda, foi realizada simulação física do processo de soldagem a arco no sistema Gleeble, e o modelo obtido aproximou-se satisfatoriamente dos resultados experimentais referentes a microestrutura e propriedades mecânicas destes aços, confirmando sua adequação como matéria-prima para produção de componentes não só para exploração *subsea*, mas também para o *topside* em plataformas petrolíferas.



Figura 66. Tubos de aço inoxidável do Projeto CO₂. Esquerda: tubos durante processo de soldagem FSW. Direita: tubo soldado

O projeto “**FSW Clad - Desenvolvimento de processo de soldagem por atrito com pino não consumível (SAPNC) destinado à união circunferencial de tubos de aço com *cladding* interno de liga de níquel**”, em cooperação entre o LNNano e a empresa FMC Technologies do Brasil, encerrou-se em maio de 2018. O projeto tratou sobre o estudo exploratório da aplicação da soldagem por atrito com pino não consumível (FSW) para união de materiais destinados a produção de equipamentos *subsea*. Os resultados obtidos demonstraram potencial de redução de custos de fabricação, além de redução no peso dos equipamentos e tempo de produção, quando comparados com processos industriais tradicionais.

O LNNano deu continuidade ao projeto “**FSW4 - Soldagem por atrito com pino não consumível, consolidação do processo visando sua aplicação em campo**”, em parceria com a Petrobras, visando estudar o processo de soldagem por atrito com pino não consumível (FSW) para aplicações em campo. Dentre os principais aspectos explorados estão os estudos de descontinuidades e métodos para eliminação de defeitos de soldagem, otimização de ferramentas de soldagem, elaboração de normas e certificação, desenvolvimento de materiais com baixa susceptibilidade ao hidrogênio, além do desenvolvimento de um protótipo para construção de um equipamento de soldagem orbital. Este projeto poderá garantir à Petrobras um importante diferencial competi-

vo no mercado de óleo & gás com ganhos de produtividade, qualidade, confiabilidade e custo, visto que o processo SAPNC permite unir materiais tradicionalmente não soldáveis, além de realizar diferentes tipos de uniões dissimilares. Neste semestre, foram realizados ensaios de tenacidade à fratura em solução salina comparável à água do mar e atividades para elaboração de uma norma brasileira de FSW. Destacam-se ainda avaliações comparativas de custos relacionados ao processo de soldagem FSW *versus* solda a arco, no que tange à substituição das ferramentas de soldagem que sofrem desgaste.

O “**Consórcio C2PA - P&D em processamento por atrito**”, do qual faz parte o LNNano, integra empresas, institutos de pesquisa e universidades para o desenvolvimento de tecnologias pré-competitivas para o processamento de materiais por processo de soldagem por atrito. Essa iniciativa contempla estudos em P&D e a execução de projetos tecnológicos cujos resultados são compartilhados entre os membros do consórcio³². Entre os principais desenvolvimentos estão tecnologias para a fabricação de componentes estruturais de aeronaves, especialmente à base de alumínio, que sejam particularmente resistentes ao desgaste, à corrosão, e à nucleação de trinca por fadiga.

No âmbito desta iniciativa foram obtidos parâmetros (força, velocidade de rotação, velocidade de avanço, taxa de alimentação da haste, etc.) para depósito de uma liga AA2024 sobre o substrato do mesmo material via *Friction Surfacing*. Além disso realizou-se caracterização microestrutural e ensaios mecânicos da região depositada.

O projeto “**NANOFe+: Produção de Nanopartículas de óxido de ferro**” é uma parceria do LNNano com a empresa Omnis Biotecnologia, no âmbito da rede Sibratec e fomentado por recursos FUNDEP. Este projeto tem como objetivo a produção de nanopartículas de óxido de ferro para aplicação em biodigestores anaeróbios de vinhaça para produção de biogás/bioenergia, visando redução de impacto ambiental e produção de energia limpa e sustentável. Em 2017, demonstramos que as nanopartículas de óxido aumentam a produção de biogás e neste semestre foram realizados avanços no desenvolvimento do protocolo para escalar a síntese das nanopartículas e experimentos para determinação da dose-ideal de nanopartículas a ser adicionada aos biodigestores, trabalhando em uma escala laboratorial de 2L.

NANOMEDICINA E NANOTOXICOLOGIA

Ecotoxicologia | Óxido de grafeno
Embrapa Meio Ambiente



No primeiro semestre de 2018, foi encerrado o projeto “**Avaliação nanoecotoxicológica do óxido de grafeno**”, desenvolvido pelo LNNano em cooperação com a EMBRAPA Meio Ambiente e com apoio da FAPESP, que visava avaliar os efeitos ecotoxicológicos do óxido de grafeno (GO) na presença e na ausência de ácido húmico. Os resultados confirmaram que a adição de ácido húmico em dispersões de nanopartículas de óxido de grafeno em água reduz sua ecotoxicidade.

Este projeto permitirá futuros estudos de avaliação de risco ambiental considerando o crescente uso de nanomateriais a base de carbono pela indústria.

³² LNNano, Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa, e as empresas Votorantim Metais e Embraer S.A



No primeiro semestre de 2018, os projetos vigentes com empresas paulistas para o desenvolvimento de produtos, processos e serviços para o projeto Sirius apresentaram avanços importantes, incluindo entregas de protótipos. Ao todo são 10 empresas parceiras que, por meio da segunda chamada do edital FAPESP e Finep, receberam aportes financeiros de recursos de subvenção econômica. Destacam-se alguns desses projetos.

Desenvolvimento do trem de monitoramento de túnel

Wisersoft Tecnologia em Sistemas

Desenvolvimento de veículo não tripulado, capaz de se locomover sobre trilhos (suspensos ou não), ser controlado remotamente e executar missões pré-programadas de forma autônoma. Esse veículo deverá auxiliar nas atividades de monitoramento, inspeção e manutenção do túnel da blindagem do Sirius, incluindo a coleta de imagens de alta definição, imagens térmicas e informações sonoras, de temperatura, radiação e vibração. Além disso, deverá ser capaz de monitorar suas próprias condições de funcionamento (carga da bateria, velocidade, etc.), bem como conter e gerenciar dispositivos que garantam sua própria integridade.

A proposta de desenvolvimento deste veículo é composta por dois vagões: locomotiva e vagão de energia. O primeiro deverá conter o computador de bordo, atuadores e sensores (colisão, temperatura, umidade, etc.) e os sistemas de transmissão e recepção de dados, de imagem, de comunicação por voz e de aquisição de dados, o segundo vagão conterá as baterias, conversores de tensão, sensor de corrente, estação de recarga e uma estação de controle e monitoramento do trem.

Neste semestre, foram finalizados o projeto mecânico, chassi, engate entre os vagões e os sistemas de fixação dos equipamentos, fixação ao trilho, de tração e de acoplamento à estação de recarga. A empresa também concluiu o desenvolvimento do protocolo de comunicação com a estação de monitoramento, a interface de controle do sistema de tração e posicionamento e interface de software com a câmara de vídeo.

Desenvolvimento de cabanas experimentais para proteção radiológica

Biotec Solução Ambiental

Projeto civil/mecânico de cabanas para proteção radiológica, desenvolvimento de processos produtivos, confecção de protótipos, bem como serviços de instalação na área experimental da nova fonte de luz síncrotron do LNLS.

Neste semestre, a empresa iniciou o processo de montagem da primeira cabana experimental na obra (Figura 67). Está prevista para 2019 a entrega final da cabana leve em chumbo e módulo lateral de uma cabana em chumbo, com sua estrutura e colagem.



Figura 67. Fotos da montagem do protótipo e alguns testes da cabana de proteção radiológica pela empresa BIOTEC

Cabanas experimentais e óticas de blindagem radiológica

RF COM Sistemas

Projeto civil/mecânico de cabanas para proteção radiológica, desenvolvimento de processos produtivos, confecção de protótipos, bem como serviços de instalação na área experimental da nova fonte de luz síncrotron do LNLS.

Neste semestre, foi entregue um protótipo em aço com dimensão reduzida (1 m³) apresentando todos os parâmetros de projeto (Figura 68). Os testes foram realizados pela equipe do LNLS dedicada a instrumentação para as linhas de luz e o resultado foi satisfatório. Uma das inovações do projeto foi o desenvolvimento do processo de colagem em vácuo utilizado para atenuar a radiação dentro da cabana.



Figura 68. Fotos do desenvolvimento das cabanas pela empresa RF Com

Pesquisa, desenvolvimento e validação de um banho termostatzado inovador produzido no Brasil – Tecnal

Desenvolvimento de banho térmico capaz de manter a refrigeração de elementos óticos das linhas de luz com alta confiabilidade e estabilidade.

Atualmente, os sistemas de controle, diagnóstico e de refrigeração encontram-se em fase de testes na empresa (Figura 69), com entrega de protótipo prevista para o próximo agosto de 2018.



Figura 69. Testes iniciais realizados na sede da empresa Tecnal.

Sistema de baking modular para câmaras de vácuo e outras aplicações ACT Ion

Desenvolvimento de sistema modular de baking para aquecer as câmaras de vácuo a temperaturas superiores a 100°C, podendo chegar a até 200 °C.

O primeiro protótipo encontra-se em teste em uma câmara de espelho no Laboratório de Metrologia do LNLS (Figura 70).



Figura 70. Testes do protótipo no Laboratório de Metrologia do LNLS

Desenvolvimento de processo e teste de conceito aplicando manufatura aditiva e tecnologias adicionais para fabricação de soluções inovadoras e funcionais para linhas de ultra-alto vácuo – Tecno-How Engenharia Industrial

Aplicar tecnologias de Manufatura Aditiva (MA) baseadas em laser e em feixe de elétrons aplicadas a materiais metálicos e cerâmicos para o desenvolvimento de peças com alta complexidade geométrica, acabamento superficial e qualidade dimensional capazes de atender a demandas de operação nas linhas de ultra alto vácuo.

Foram entregues neste semestre, as primeiras peças – corpo de prova – para testes em ultra-alto vácuo no grupo de materiais do LNLS.

Sensor hidrostático com três graus de liberdade para medição de nível e inclinação de água de alta pressão – Setup Automação Controle de Processos

Desenvolvimento de sensores de posição vertical (nível) e inclinação em relação à vertical gravitacional (inclinômetro bidimensional).

Foi desenvolvido o software de gestão e interpolação de dados para cada sensor da rede hidrostática, considerando um valor de referência de 200 sensores, além do modelo matemático para visualização e identificação de *outliers*, caso ocorram. A empresa também finalizou os primeiros protótipos de sensores interligados por vasos comunicantes. A entrega do sensor, em sua versão final, está prevista para dezembro de 2018. A partir deste marco, serão realizados os testes de validação final e ensaios em campo.





TREINAMENTO, EDUCAÇÃO E EXTENSÃO

Neste capítulo é apresentada com detalhe a agenda de eventos científicos e de capacitação promovidos pelo Centro no primeiro semestre de 2018.

A programação do CNPEM neste eixo de atuação inclui ações de capacitação em áreas técnico-científicas e de divulgação científica, além da formação complementar de jovens, incluindo estágios de nível técnico e superior, apoio a programas de pós-graduação, mestrado e doutorado, além de programas de pós-doutorado³³.

Eventos Científicos e de Capacitação

No primeiro semestre de 2018, o CNPEM promoveu 10 eventos, sendo 7 de capacitação e 3 científicos, reunindo mais de 400 pesquisadores externos. Além desses eventos cabe destacar o Programa Bolsas de Verão que em sua vigésima sétima edição contou com 16 jovens estudantes.



Introdução aos Métodos de Microfabricação & Microscopias como Ferramentas em Nanotecnologia
21 de março

No âmbito da 1ª Conferência em Materiais de Aplicações Multidisciplinares, realizada no campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), em Manaus, o LNNano ofereceu dois minicursos: *Introdução aos Métodos de Microfabricação e Microscopias como Ferramentas em Nanotecnologia*. No total, estiveram presentes 129 participantes, entre estudantes de graduação, pós-graduação e pesquisadores das áreas de Ciências dos Materiais, Física e Química.

Workshop em Crescimento Epitaxial (WCE)
27 e 28 de junho

O Workshop em Crescimento Epitaxial (WCE), realizado pelo LNNano, reuniu 50 participantes externos das áreas de crescimento e caracterização de filmes finos e materiais 2-D, incluindo as técnicas de Molecular Beam Epitaxy (MBE); Chemical Vapor Deposition (CVD); Pulsed Laser Deposition (PLD); Chemical Beam Epitaxy (CBE) e Sputtering. O evento buscou integrar a comunidade científica, estimular colaborações, discutir políticas e formas de o LNNano, como instalação aberta aos usuários, apoiar o desenvolvimento de projetos de pesquisa.

Workshop em Técnicas Ortogonais para Caracterização de Biomoléculas
12 de abril

O LNBio promoveu, no Campus do CNPEM, o Workshop em Técnicas Ortogonais para Caracterização de Biomoléculas, que contou com 56 participantes externos e discutiu conceitos e aplicações de diferentes técnicas de caracterização utilizadas no processo de descoberta e desenvolvimento de fármacos baseados em pequenas moléculas e biofármacos. Este evento foi realizado em parceria com a Malvern Panalytical e a Pensabio

ABRIL

Sirius BPM Workshop
19 a 22 de março

Foi realizada nas instalações do LNLS a primeira edição do Sirius BPM Workshop. O evento contou com apresentações orais, estudos dirigidos, atividades práticas e discussões sobre o desenvolvimento de aplicações eletrônicas de monitoramento de posição de feixe (Beam Position Monitoring - BPM) para aceleradores síncrotron. As estratégias de desenvolvimento de hardware, gateway FPGA e software de controle para BPMs adotadas no projeto BPM do Sirius foram abordadas. Os participantes são pesquisadores associados ao Institute of High Energy Physics (IHEP), em Beijing.

JUNHO

Curso para Operação de Biorreatores de Bancada
06 a 08 de junho

O CTBE promoveu a 1ª edição do Curso para Operação de Biorreatores de Bancada. O evento apresentou conceitos teóricos de classificação de biorreatores, com ênfase em biorreatores agitados mecanicamente (Stirred Tank Reactor – STR). As atividades práticas do evento abordaram calibração, configuração, montagem, monitoramento e operação do biorreator.

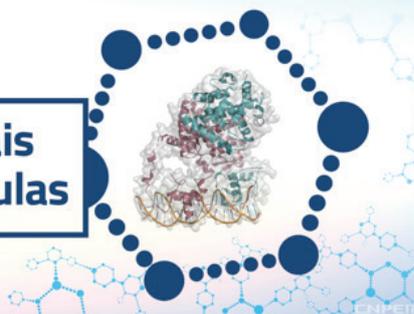
³³ O detalhamento dos resultados de formação complementar de jovens pesquisadores está detalhado no capítulo de Recursos Humanos.





12/abril - 2018

Workshop em Técnicas Ortogonais para Caracterização de Biomoléculas



CURSO PARA OPERAÇÃO DE BIORREATORES DE BANCADA

6 - 8 | JUNHO / 2018

CTBE | CAMPINAS | BRASIL







DELICATE
SCIENTIFIC
INSTRUMENTS

INFRAESTRUTURA E OPERAÇÃO

Este capítulo apresenta os principais avanços de infraestrutura ou sistemas de operação realizados no período.

Laboratório de Imagens Biológicas

Em 2018, foram adquiridos dois novos microscópios para o Laboratório de Imagens Biológicas do LN-Bio. O primeiro, adquirido com recursos do Programa de Apoio aos Centros Nacionais Multiusuários da Finep, é um microscópio de super-resolução (Leica - modelo TCS SP8 STED 3X), com configuração única na América do Sul. Este equipamento permitirá alcançar resoluções da ordem de poucos nanômetros, possibilitando pesquisas na fronteira do conhecimento em biologia celular. O segundo microscópio, Leica DM6, foi adquirido com recursos do Ministério da Saúde (convênio MS-SICONV), e é dedicado às técnicas de fluorescência em campo claro, com especificações que permitirão observar embriões vivos por períodos superiores a 24 horas.

Tanto o microscópio DM6 quanto o STED 3X já se encontram nas dependências do LN Bio, com previsão de instalação ainda em 2018. Após o comissionamento desses equipamentos, previsto para meados de 2019, toda a plataforma do LIB será aberta e disponibilizada para a comunidade científica nacional e internacional.

Ainda neste contexto, e com recursos do Programa Biotec e do Programa de Centros Nacionais Multiusuários (FINEP), uma sala do laboratório teve sua infraestrutura readequada, permitindo abrigar os novos equipamentos adquiridos, além de um microscópio trazido da UNICAMP, em regime de comodato. A sala apresenta atualmente as especificações necessárias para o perfeito funcionamento dos microscópios, com destaque para os sistemas de condicionamento de ar e de fornecimento de energia elétrica. O sistema "dutado" de ar-condicionado garante não só a estabilidade térmica, com variação máxima de um grau centígrado, mas também a distribuição homogênea do ar na sala, evitando turbulências que poderiam interferir na captura de imagens. Quanto ao sistema de manutenção de energia elétrica, ininterrupta e sem ruídos, foram instalados módulos 'nobreaks' com redundância de cargas. Por fim, um controle de umidade do ar previne a proliferação de fungos e microrganismos que podem danificar os equipamentos.

Laboratório de Purificação de Proteínas

Foi adquirido em 2018 um novo purificador de proteínas.

Laboratório de Espectroscopia e Calorimetria

Por meio de um contrato de comodato com a empresa Flowscience, o LN Bio instalou um novo equipamento DynaPro Plate Reader III, que permite realizar medidas de espalhamento de luz associado a rampas de temperatura em placas de 96, 384 e 1536 poços.

Biotério

Foi realizada, no primeiro semestre de 2018, a reforma do Biotério de camundongos, contemplando dois biotérios denominados 'Biotério de Produção' e 'Biotério de Experimentação', além de uma área destinada à limpeza e esterilização dos materiais que são utilizados nos biotérios (Figura 71). O primeiro biotério hospeda linhagens matrizes de camundongos e linhagens geneticamente modificadas em expansão/manutenção, enquanto o segundo hospeda camundongos em fase de experimen-



Figura 71. Imagens do novo Biotério do LNBio. (A) Porta de entrada com sistema de acesso eletrônico às pessoas autorizadas e usuários treinados. (B) 'Biotério de Produção' e 'Biotério de Experimentação'. (C) Racks contendo os microinsuladores para os animais. (D) Sala de apoio e preparo de materiais.

tação científica. Comparado ao antigo biotério, cuja capacidade era para 606 animais, o novo biotério terá capacidade para gerar e acomodar mais de 1040 animais. O local foi estruturado para atender às exigências de Nível de Biossegurança II (NB-2) da CTNBIO, bem como da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-CNPEN). Atualmente, colaboradores de sete grupos de pesquisa do LNBio estão sendo treinados para a utilização do novo Biotério e área de experimentação animal.

Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol



Planta Piloto de Desenvolvimento de Processos

A Planta Piloto de Desenvolvimento de Processos (PPDP) contou com a instalação de dois novos equipamentos que ampliarão o escopo de seu atendimento a usuários internos e externos. O primeiro deles é um refinador de discos (Figura 72), equipamento que processa, por meio de refino mecânico, biomassas de diferentes origens, como madeira, bagaço e palha de cana-de-açúcar. Este equipamento permitirá avaliar o impacto dos processos de refino nas etapas subsequentes ao pré-tratamento, como hidrólise enzimática, processos de separação/purificação e fermentação. O equipamento encontra-se operacional e tem a capacidade de refinar de 10 a 100 kg de biomassa (base seca) por hora.



Figura 72. Refinador de discos (capacidade: 10-100 kg/h - base seca - potência 48 kW).

Outro equipamento instalado é um Secador Multipropósito de Biomassa (Figura 73). Este equipamento apresenta funções de secagem e limpeza a seco, resultando na redução do teor de impurezas minerais. O equipamento, com capacidade para alimentação de 50 a 100 kg de biomassa por hora (dependendo da densidade do material), está em instalação e seu comissionamento está previsto para o segundo semestre.



Figura 73. Secador Multipropósito de Biomassa (secagem e limpeza a seco) em finalização de montagem.

Central Analítica

Em 2018, deu-se início a operação do Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente (Figura 74), instalado no final de 2017. Este equipamento permitiu ampliar o portfólio de análises realizadas no CTBE, incluindo a quantificação de diferentes elementos – alumínio, cálcio, cromo, chumbo, selênio, zinco, arsênio, cádmio, ferro, molibdênio, estrôncio, berílio, cobalto, lítio, níquel, titânio, boro, cobre, manganês, magnésio e vanádio. Destaca-se a utilização deste novo equipamento em experimentos desenvolvidos pelo projeto SUCRE e em análises de amostras pelo LNNano.



Figura 74. Equipamento Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente da marca Perkinelmer (ICP OES/Optima 8000).

Biorrefinaria Virtual de Cana-de-açúcar

Destaca-se a atualização e ampliação do banco de dados da plataforma Biorrefinaria Virtual de Cana-de-Açúcar (BVC), incluindo dados regionalizados de preços de etanol, açúcar e eletricidade (ambiente de comercialização livre), além de um maior detalhamento nos custos de insumos.

Destaca-se outra importante atualização da BVC, que permite seu uso na avaliação social, incluindo cálculo de métricas sociais relacionadas aos trabalhadores em cenários de produção de etanol de cana-de-açúcar.

Laboratório Nacional de Nanotecnologia



Expansão das Instalações do LNNano

No primeiro semestre de 2018, foram concluídas as obras de expansão do prédio que abriga os laboratórios de microscopia eletrônica. Com isso, o LNNano passa a contar com uma nova área para acomodar as novas instalações do Laboratório de Microscopia Eletrônica, incluindo os equipamentos dedicados à criomicroscopia eletrônica³⁴. Neste prédio, já está em operação, no atendimento a usuários externos e pesquisa interna, o microscópio JEM-1400 Plus (JEOL), que foi adquirido em 2016 com recursos do SisNANO (MCTIC) e vinha operando em outra área do LNNano.

Criomicroscopia eletrônica

Em 2018, deu-se início ao processo de aquisição de um novo criomicroscópio eletrônico, Titan Krios G3i (Thermo Fischer Scientific), com previsão de instalação no segundo semestre deste ano e comissionamento programado para 2019. Este microscópio representa o estado da arte na área de criomicroscopia eletrônica e estará equipado com acessórios que possibilitarão experimentos e estudos avançados na área.

Além disso, ao longo do primeiro semestre de 2018 foi comissionado o microscópio Talos Arctica G2 (Thermo Fischer Scientific). Este equipamento passará a operar no segundo semestre para atendimento da comunidade científica externa e de projetos internos de pesquisa e desenvolvimento.

Estas ações consolidam a atuação do LNNano no desenvolvimento de técnicas de criomicroscopia, singular na América Latina, voltadas para materiais e biologia molecular estrutural. Estes avanços contaram com recursos financeiros do SisNANO e de auxílio FAPESP no âmbito do Programa Equipamentos Multiusuários (EMU).

³⁴ Técnica que recebeu o Prêmio Wiley de Ciências Biomédicas e o Prêmio Nobel de Química em 2017.





ANEXOS

Compreende os seguintes anexos: quadro detalhado dos indicadores do Contrato de Gestão, indicadores específicos de projetos (Sirius e SisNano) e acompanhamento das recomendações da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão

Anexo 1: Indicadores de Desempenho do Contrato de Gestão

ID	Indicador	Eixos de Atuação	Unidade	Tipo	Peso	Qualificação	Meta	Resultado
01	Taxa geral de ocupação das instalações	Todos	%	Uso	01	Eficácia	70%	45%
02	Confiabilidade da fonte de luz síncrotron	Todos	%	D	04	Eficácia	95%	99%
03	Taxa de ocupação das instalações por usuários	Eixo 1	%	Uso	01	Eficácia	40%	26%
04	Beneficiários externos das instalações abertas	Eixo 1	Número absoluto	Uso	01	Eficácia	1.800	1.495
05	Propostas realizadas por usuários externos nas instalações abertas	Eixo 1	Número absoluto	Uso	03	Eficácia	900	605
06	Índice de satisfação dos usuários externos	Eixo 1	%	D/Uso	02	Efetividade	85%	98%
07	Artigos publicados de pesquisadores externos	Eixo 1	Razão	Uso	04	Efetividade	0,75	0,63
08	Taxa de publicação da pesquisa interna	Eixo 2	Razão	Uso	04	Efetividade	2	1,2
09	Qualidade da produção científica interna	Eixo 2	%	Uso	01	Efetividade	50%	52%
10	Taxa de coautoria internacional	Eixo 2	%	Uso	01	Efetividade	30%	32%
11	Parcerias em projetos de P&D com instituições de ensino e pesquisa	Eixo 2	Número absoluto	D	02	Eficiência	20	27
12	Parcerias em projetos de PD&I	Eixo 3	Número absoluto	D	02	Eficiência	35	39
13	Recursos associados à inovação	Eixo 3	%	D	02	Eficiência	8%	12%
14	Tecnologias protegidas	Eixos 2 e 3	Número absoluto	D	01	Efetividade	8	3
15	Horas de capacitação de pesquisadores externos	Eixo 4	Número absoluto	Uso	02	Eficácia	300	138
16	Número de pesquisadores externos capacitados	Eixo 4	Número absoluto	Uso	02	Eficácia	270	271
17	Eventos científicos	Eixo 4	Número absoluto	Uso	02	Eficácia	4	3
18	Pesquisadores de outras regiões capacitados pelo CNPEM	Eixo 4	Número absoluto	Uso	01	Eficácia	80	153

Indicador 1:			
Taxa geral de ocupação das instalações			
Eixos de Atuação:			
Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Eixo 3 – Apoio à geração de inovação			
Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Medir a taxa de ocupação das instalações dos Laboratórios Nacionais do CNPEM, no ano de referência, por usuários externos, P&D <i>in-house</i> , interação com empresas e atividades de treinamento, educação e difusão.			
Descrição:			
Razão entre o número total de horas efetivamente utilizadas nas atividades mencionadas e o número total de horas planejadas para utilização, sendo retiradas as horas de manutenção e paradas programadas das instalações. Consideram-se no cálculo todos os usuários (internos e externos) em atividades relacionadas aos quatro eixos de atuação do CNPEM.			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de horas efetivamente utilizadas no período}}{\text{Horas previstas de disponibilidade para uso das instalações no período}}$			
Tipo: Uso	Peso: 1	Unidade: Percentual	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			70%
Resultado 1º Semestre 2018:			45%
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, o resultado apurado deste indicador foi de 45%, valor equivalente ao obtido para o mesmo período no ano anterior. O desempenho do indicador aponta a perspectiva de cumprimento da meta anual.			

Indicador 2:			
Confiabilidade de fonte de luz síncrotron			
Eixo de Atuação:			
Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Eixo 3 – Apoio à geração de inovação			
Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Aferir a capacidade do atendimento técnico da fonte de luz síncrotron aos usuários externos, dentro dos prazos e períodos programados nos agendamentos de realização dos experimentos, estabelecendo padrão de comparação internacional.			
Descrição:			
Razão entre as horas de luz síncrotron entregues aos usuários no tempo programado e as horas previstas na programação de operação da fonte de luz síncrotron.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Horas entregues no período</i> <i>Horas previstas no período</i>			
Tipo: Desempenho	Peso: 4	Unidade: Percentual	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			95%
Resultado 1º Semestre 2018:			99%
Comentário:			
O desempenho apurado deste indicador no primeiro semestre de 2018 supera a meta pactuada para o ano e corresponde ao maior valor obtido para o mesmo período nos anos anteriores. Tradicionalmente este indicador apresenta resultados que excedem a expectativa de meta, o que reflete o elevado padrão de qualidade da fonte de luz síncrotron.			

Indicador 3:			
Taxa de ocupação das instalações por usuários externos			
Eixos de Atuação:			
Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Medir a ocupação dos Laboratórios Nacionais do CNPEM por usuários externos no período de referência			
Descrição:			
Razão entre o número de horas efetivamente utilizadas por usuários externos e o número de horas totais disponibilizadas para todos os eixos de atuação			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de horas efetivamente utilizadas por usuários externos no período}}{\text{Horas previstas de disponibilidade para uso das instalações no período}}$			
Tipo: Uso	Peso: 1	Unidade: Percentual	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			40%
Resultado 1º Semestre 2018:			26%
Comentário:			
O resultado apurado deste indicador para o primeiro semestre de 2018 mostra performance superior em comparação ao resultado obtido para o mesmo período no ano anterior (24%). Assim, o resultado parcial aponta perspectiva de cumprimento da meta anual pactuada.			

Indicador 4:			
Beneficiários externos das instalações abertas			
Eixo de Atuação:			
Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Medir o universo de pesquisadores externos beneficiados pelo uso das instalações abertas do CNPEM, no ano de referência.			
Descrição:			
Número de beneficiários externos identificados nas propostas de pesquisa realizadas nas instalações abertas do CNPEM. Para esse cálculo, são considerados os pesquisadores que utilizaram diretamente as instalações e/ou integraram o grupo de pesquisa que realizou a proposta.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de beneficiários externos das instalações abertas do CNPEM no período</i>			
Tipo: Uso	Peso: 1	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			1.800
Resultado 1º Semestre 2018:			1.495
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, 1.495 pesquisadores externos foram beneficiados pelo uso das instalações abertas do CNPEM. Este indicador alcançou 83% da meta anual pactuada, apontando a perspectiva de cumprimento da meta anual.			

Indicador 5:			
Propostas realizadas por usuários externos nas instalações abertas			
Eixo de Atuação:			
Eixo 1 - Instalações abertas a usuários externos			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Medir o número de propostas realizadas nas instalações abertas do CNPEM.			
Descrição:			
Propostas realizadas por usuários externos nas instalações abertas do CNPEM, no ano de referência.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de propostas externas realizadas no período</i>			
Tipo: Uso	Peso: 3	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			900
Resultado 1º Semestre 2018:			605
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, o resultado para este indicador foi 7% superior à média dos três anos anteriores e indica a perspectiva de alcance da meta anual.			

Indicador 6:			
Índice de satisfação dos usuários externos			
Eixo de Atuação:			
Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Medir a satisfação dos usuários das instalações abertas de modo sistemático e periódico.			
Descrição:			
O indicador mede o índice de satisfação dos usuários externos com a utilização das instalações abertas do CNPEM, no ano de referência, com base em questão específica do formulário aplicado na realização da proposta de pesquisa.			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de respostas "muito satisfeito" e "satisfeito" no período}}{\text{Número total de respostas no período}}$			
Tipo: Desempenho e Uso	Peso: 2	Unidade: Percentual	Qualificação: Efetividade
Meta 2018:			85%
Resultado 1º Semestre 2018:			98%
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, 102 pesquisadores responsáveis por propostas realizadas responderam ao questionário de satisfação e, 98% deles se declararam satisfeitos ou muito satisfeitos com o uso das instalações do CNPEM. Este indicador tem superado continuamente à meta anual.			

Indicador 7:			
Artigos publicados por pesquisadores externos			
Eixo de Atuação:			
Eixo 1 – Instalações abertas a usuários externos			
Objetivo Estratégico do CG:			
Prover e manter infraestrutura nacional de classe mundial para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas suas áreas de atuação disponibilizada à comunidade de pesquisa acadêmica e industrial.			
Finalidade:			
Aferir resultados das atividades de pesquisa realizadas por pesquisadores externos, decorrentes do uso das instalações abertas do CNPEM, no ano de referência.			
Descrição:			
Razão entre o número de artigos de pesquisadores externos ao CNPEM que decorreu do uso das instalações no ano X, indexados na base <i>Web of Science</i> nos anos x, x+1, x+2, e o número de propostas realizadas no ano X.			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de artigos de pesq. externos na base WoS nos anos } x, x + 1, x + 2}{\text{Número de propostas realizadas no ano } X}$			
Tipo: Uso	Peso: 4	Unidade: Razão	Qualificação: Efetividade
Meta 2018:			0,75
Resultado 1º Semestre 2018:			0,63
Comentário:			
O resultado apurado deste indicador no primeiro semestre de 2018 foi de 0,63. Embora este resultado seja inferior à média observada no primeiro semestre dos últimos três anos (0,64), há expectativa de cumprimento da meta anual. É importante destacar o aumento no número de propostas realizadas nos últimos anos (denominador da fórmula de cálculo).			

Indicador 8:			
Artigos publicados por pesquisadores internos			
Eixo de Atuação:			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Objetivo Estratégico do CG:			
Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.			
Finalidade:			
Aferir resultados das atividades de pesquisa interna realizadas por pesquisadores e especialistas do CNPEM envolvidos com essas atividades.			
Descrição:			
Razão entre o número de artigos publicados por pesquisadores e especialistas do CNPEM em periódicos indexados na base <i>Web of Science</i> , no ano de referência, e o número de pesquisadores e especialistas considerados.			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de artigos de pesq. e especialistas internos na base WoS no período}}{\text{Número de pesquisadores e especialistas internos no período}}$			
Tipo: Uso	Peso: 4	Unidade: Razão	Qualificação: Efetividade
Meta 2018:			2
Resultado 1º Semestre 2018:			1,2
Comentário:			
O resultado deste indicador no primeiro semestre de 2018 é equivalente ao resultado obtido no mesmo período do ano anterior, confirmando a tendência de cumprimento da meta anual.			

Indicador 9:			
Qualidade da produção científica interna			
Eixo de Atuação:			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Objetivo Estratégico do CG:			
Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.			
Finalidade:			
Aferir resultados das atividades de pesquisa interna realizadas por pesquisadores e especialistas do CNPEM envolvidos com essas atividades.			
Descrição:			
Razão entre número de artigos publicados por pesquisadores/especialistas internos classificados no Quartil 1 e número total de artigos publicados (indexados na base WoS).			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de artigos de pesq. e especialistas internos classificados no Quartil 1}}{\text{Número total de artigos publicados}}$			
Tipo: Uso	Peso: 1	Unidade: Razão	Qualificação: Efetividade
Meta 2018:			50%
Resultado 1º Semestre 2018:			53%
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, o resultado apurado deste indicador superou a meta anual. Espera-se que a expectativa de cumprimento da meta seja confirmando para os resultados do segundo semestre deste ano.			

Indicador 10:			
Taxa de coautoria internacional			
Eixo de Atuação:			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Objetivo Estratégico do CG:			
Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.			
Finalidade:			
Medir o esforço de cooperação dos Laboratórios Nacionais com instituições de ensino e pesquisa, voltado ao fortalecimento da capacidade mútua de solução de problemas científicos e tecnológicos.			
Descrição:			
Razão entre o número de artigos publicado por pesquisadores internos (indexados na base WoS) com coautor filiado a instituições internacionais e o número total de artigos publicado por pesquisadores internos (indexados na base WoS).			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Número de artigos de pesq. e especialistas internos com coautoria internacional}}{\text{Número total de artigos publicados}}$			
Tipo: Uso	Peso: 1	Unidade: Razão	Qualificação: Efetividade
Meta 2018:			30%
Resultado 1º Semestre 2018:			32%
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, o desempenho deste indicador superou a meta anual. Espera-se que a expectativa de cumprimento da meta seja confirmada para os resultados do segundo semestre deste ano.			

Indicador 11:			
Parcerias em projetos de P&D com instituições de ensino e pesquisa			
Eixo de Atuação:			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão.			
Finalidade:			
Medir o esforço de cooperação dos Laboratórios Nacionais com instituições de ensino e pesquisa, voltado ao fortalecimento da capacidade mútua de solução de problemas científicos e tecnológicos.			
Descrição:			
Para a apuração deste indicador são contabilizados acordos de cooperação e contratos formalizados com instituições de ensino e pesquisa, vigentes no ano de referência.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de acordos e contratos com instituições de ensino e pesquisas vigentes no período</i>			
Tipo: Desempenho	Peso: 2	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficiência
Meta 2018:			20
Resultado 1º Semestre 2018:			27
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, este indicador alcançou 135% da meta pactuada. Tradicionalmente este indicador tem apresentado desempenho superior à meta anual.			

Indicador 12:			
Parcerias em projetos PD&I			
Eixo de Atuação:			
Eixo 3 – Apoio à geração de inovação			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão.			
Finalidade:			
Medir o esforço de cooperação dos Laboratórios Nacionais com empresas para o fortalecimento da capacidade de inovação no País.			
Descrição:			
Para a apuração deste indicador serão contabilizados acordos de cooperação formalizados com empresas, vigentes no ano de referência.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de acordo com empresas vigentes no período</i>			
Tipo: Desempenho	Peso: 2	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficiência
Meta 2018:			35
Resultado 1º Semestre 2018:			39
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, o CNPEM apresentou 39 projetos vigentes em parceria com empresas, resultado que já supera a meta anual.			

Indicador 13:			
Recursos associados à inovação			
Eixo de Atuação:			
Eixo 3 – Apoio à geração de inovação			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão.			
Finalidade:			
Aferir o volume de recursos associados a projetos de parceria e contratos de prestação de serviços envolvendo empresas dos setores de agricultura, indústria e serviços.			
Descrição:			
Razão entre o volume de recursos associados a projetos de parceria e contratos de prestação de serviços diretamente relacionados à inovação e o volume de recursos recebidos, no ano de referência.			
Fórmula de cálculo:			
$\frac{\text{Recursos de projetos e contratos com empresas recebidos no período}}{\text{Recursos totais recebidos no período}}$			
Tipo: Desempenho	Peso: 2	Unidade: Percentual	Qualificação: Eficiência
Meta 2018:			8%
Resultado 1º Semestre 2018:			12%
Comentário:			
O resultado parcial deste indicador alcançado no primeiro semestre de 2018 superou a meta pactuada para o ano. Este resultado é desprovido de significado devido à ausência de repasses financeiros do Contrato de Gestão no período.			
Data base: 30/06/2018			
<hr/>			
Recursos de Projetos e Contratos com empresas			3.599
Convênios com Inovação			6.934
Devolução de Convênios e Projetos			-3.737
Prestação de Serviços			401
<hr/>			
Recursos Totais Recebidos			30.475
Contrato de Gestão - 2018			-
Restos a pagar 2017 - Operação			19.677
Convênios e Projetos			10.515
Devolução de Convênios e Projetos			-3.737
Prestação de Serviço			401
Rendimento Financeiro			1.966
Outras Receitas			852
Auxílios Individuais (Recursos executados)			801

Indicador 14:			
Tecnologias protegidas			
Eixo de Atuação:			
Eixo 2 – Pesquisa e desenvolvimento <i>in-house</i>			
Eixo 3 – Apoio à geração de inovação			
Objetivo Estratégico do CG:			
Realizar e difundir pesquisa própria, desenvolvimento e inovação em nível dos melhores laboratórios similares no mundo, em áreas previstas na Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.			
Finalidade:			
Aferir resultados das atividades de pesquisa e desenvolvimento próprias dos Laboratórios Nacionais do CNPEM.			
Descrição:			
Para a apuração deste indicador são contabilizados pedidos de patentes, registros de <i>software</i> e modelos de utilidade depositados no Instituto Nacional de Propriedade industrial ou em outros escritórios de patentes, no ano de referência.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de pedidos de propriedade intelectual depositados no período</i>			
Tipo: Desempenho	Peso: 1	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Efetividade
Meta 2018:			8
Resultado 1º Semestre 2018:			3
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, o CNPEM registrou 3 pedidos de propriedade intelectual, o que corresponde a 37,5% da meta pactuada para o ano. Apesar do resultado inferior à expectativa do semestre, três outros registros de PI estão em fase final de submissão e há a perspectiva de outras patentes para o próximo semestre, estas últimas estão em fase de avaliação do Comitê interno de Inovação.			

Indicador 15:			
Horas de capacitação de pesquisadores externos			
Eixo de Atuação:			
Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão.			
Finalidade:			
Medir o esforço dos Laboratórios Nacionais na capacitação de pesquisadores da comunidade científica e tecnológica brasileira.			
Descrição:			
Número total de horas de eventos de capacitação organizados pelo CNPEM			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total horas de eventos de capacitação organizados pelo CNPEM</i>			
Tipo: Uso	Peso: 2	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			300
Resultado 1º Semestre 2018:			138
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, este indicador alcançou 46% da meta anual pactuada, demonstrando expectativa de cumprimento da meta.			

Indicador 16:			
Número de pesquisadores externos capacitados			
Eixo de Atuação:			
Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão.			
Finalidade:			
Medir o esforço dos Laboratórios Nacionais na capacitação de pesquisadores da comunidade científica e tecnológica brasileira.			
Descrição:			
Número total pesquisadores externos capacitados em eventos organizados pelo CNPEM			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de pesquisadores externos capacitados em eventos de capacitação organizados pelo CNPEM</i>			
Tipo: Uso	Peso: 2	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			270
Resultado 1º Semestre 2018:			271
Comentário:			
O desempenho apurado deste indicador no primeiro semestre de 2018 cumpre 100% da meta pactuada para o ano.			

Indicador 17:			
Eventos científicos			
Eixo de Atuação:			
Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão			
Finalidade:			
Medir o número de eventos científicos promovidos pelo CNPEM direcionados à comunidade científica e tecnológica brasileira.			
Descrição:			
Para a apuração deste indicador é contabilizado o número de eventos de grande porte (acima de 50 participantes), de caráter científico, realizados pelo CNPEM no ano de referência - exceto cursos de capacitação envolvendo participantes externos.			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número de eventos científicos do período</i>			
Tipo: Uso	Peso: 2	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			4
Resultado 1º Semestre 2018:			3
Comentário:			
No primeiro semestre de 2018, este indicador atingiu 75% da meta pactuada para o ano. Este resultado aponta perspectiva de cumprimento da meta.			

Indicador 18:			
Pesquisadores de outras regiões do país capacitados pelo CNPEM			
Eixo de Atuação:			
Eixo 4 – Treinamento, educação e extensão			
Objetivo Estratégico do CG:			
Implantar e gerir a infraestrutura do CNPEM, visando ganhos de eficiência e eficácia mediante mecanismos de gestão, informação e difusão			
Finalidade:			
Medir o número de participantes em eventos científicos e de capacitação do CNPEM provenientes das regiões norte, nordeste, sul e centro-oeste.			
Descrição:			
Número total pesquisadores externos provenientes das regiões norte, nordeste, sul e centro-oeste capacitados em eventos (cursos, seminários e workshops) realizados no Campus do CNPEM ou em outras regiões (fora da região sudeste).			
Fórmula de cálculo:			
<i>Número total de pesquisadores externos capacitados em eventos organizados pelo CNPEM</i>			
Tipo: Uso	Peso: 1	Unidade: Número Absoluto	Qualificação: Eficácia
Meta 2018:			80
Resultado 1º Semestre 2018:			153
Comentário:			
O indicador alcançou 191% da meta pactuada para o ano, demonstrando os resultados dos esforços envidados na realização de ações de capacitação em colaboração com instituições de outras regiões do país. Neste semestre, ressalta-se dois minicursos realizados pelo LNNano em colaboração com a Universidade Federal do Amazonas que atraiu mais de 120 participantes.			

Anexo 2: Indicadores Específicos de Projetos: Sirius e SisNano

Projeto SIRIUS

Atividade	Meta	Indicador % execução física	Prazo	Status em 30.06.2018	% execução física em 30.06.2018
Obras e instalações					
Fase 6A (Esquadrias e vidros; Revestimentos; Pintura; Instalações; e Área Externa)	Conclusão da colocação de esquadrias e vidros e execução de parte dos demais itens	100%	Ago/18	Esquadrias e vidros em fase de teste de estanqueidade. Falta instalação das linhas longas.	98 %
Fase 6B (Pintura; Instalações e Área Externa)	Conclusão da pintura e execução dos demais itens	100%	Ago/18	Pintura em fase de aplicação da última demão. Falta pintura total das linhas longas, e pisos epóxis.	98 %
Fase 7 (Instalações e Área Externa)	Conclusão do prédio principal	100%	Ago/18	Instalações do prédio principal em fase de comissionamento. Faltam linhas longas, com bases inerciais concluídas aguardando piso para instalação. Área externa, falta parte da iluminação externa (aguarda material) e última camada de asfalto.	95 %
Subestação	Construção e instalação da subestação	100%	Ago/18	Subestação construída, instalada e comissionada a frio. Aguarda conexão à rede da concessionária para comissionamento com energia. Previsão outubro de 2018	100 %
Aceleradores					
Fontes	Fabricação das fontes (FAC, FAP, FBP), controladores e compras de equipamentos	100%	Ago/18	Em fase de montagens finais e testes. Previsão de conclusão 10/18	70%
Instalação	Instalação e montagem de máquina	100%	Ago/18	Início das instalações do Booster. Previsão de conclusão de montagem 11/18	20%
Rede Magnética	Produção de BC, Peças fixação berços	100%	Ago/18	Em processo de usinagem e pré-montagem.	60%
Rede Magnética	Compra de equipamentos de medição	100%	Ago/18	Ainda resta a aquisição de equipamentos reservas e sensores hall para dispositivos de inserção.	80%
Sistema de Diagnóstico e controle	Conclusão dos sistemas de correção e sincronismo do feixe de elétrons	100%	Ago/18	Restam instalações e testes finais.	75%

Sistema de Injeção Pulsada	Construção dos Magnetos pulsados (corte a laser e matérias) e infraestrutura	100%	Ago/18	Lâminas em processo de corte e montagem. Previsão de entrega 17/08.	80%
Sistema de Posicionamento	Usinagem dos berços (B1/B2 e BC) e niveladores	100%	Ago/18	Berços e niveladores em fase de conclusão e aguardando liberação para entrega.	90%
Sistema de RF	Fabricação dos amplificadores par Petra-7 (sem os módulos amplificadores) e cabos	100%	Ago/18	Módulos entregues e em fase de montagem.	90%
Sistema de Proteção Radiológica	Construção e automação do teto da blindagem	100%	Ago/18	Não será instalada automação nas aberturas. Todos os blocos já estão concluídos e aguardando autorização para entrega no Sirius.	80%
Sistema de Proteção Radiológica	Compra de monitores de Área Gama / Neutron	100%	Ago/18	Entregues	100%
Sistema de Vácuo	Conclusão da construção das câmaras de vácuo e equipamentos auxiliares	100%	Ago/18	Falta saídas de luz devido a dificuldades de deposição. Previsão 09/18	90%
Sistemas Auxiliares	Compra de componentes do sistema de intertravamento do anel	100%	Ago/18	Restam pequenas compras de caixas para IHM, dutos de fixação de infraestrutura, eletrocalhas, etc.	95%
Linhas de luz e estações experimentais					
Onduladores	Aquisição e fabricação de onduladores e sistemas para suas medições e caracterizações	100%	Dez/18	Em análise. Dois protótipos em fase de validação.	20%
Detectores	Aquisição de detectores para 5 linhas de luz	100%	Dez/18	O contrato de aquisição está pronto porem não foi assinado por falta de orçamento que permita o comprometimento financeiro.	0%
Aquisição do restante das instalações, equipamentos e dispositivos necessários para o conjunto de cabanas experimentais	Itens necessários para implantação do restante das cabanas experimentais encomendadas, incluindo goniômetros, suportes, manipuladores, porta-amostras e infraestrutura interna	100%	Dez/18	Aquisição apenas parcial dos itens por falta de orçamento.	30%
Aquisição do restante das instalações, equipamentos e dispositivos necessários para	Itens necessários para implantação do restante das cabanas óticas encomendadas, incluindo espelhos,	100%	Dez/18	Aquisição de 80% dos espelhos concluída- o restante parou por falta de orçamento. Aquisição de 30% das partes dos monocromadores concluída –	50%

o conjunto de cabanas óticas	monocromadores, suportes de espelhos, fendas e infraestrutura interna			o restante parou por falta de orçamento Aquisição de 30% das partes dos suportes de espelhos concluída – o restante parou por falta de orçamento Fendas não encomendadas por falta de orçamento. Aquisição de 30% das infraestruturas internas concluídas – o restante parou por falta de orçamento	
Cabanas Fase 2	Aquisição de cabanas para linhas de ondulado	100%	Dez/18	Nenhuma cabana da fase 2 adquirida por falta de orçamento.	0%

Projeto SisNano

Instalação	Meta	Indicador	Prazo	Status em 30.06.2018
Dispositivos e Sistemas Funcionais	Obras para infraestrutura de salas limpas para nanofabricação	Projeto Executivo concluído e contratação da empresa	Dez/18	Foram iniciadas as especificações técnicas para o projeto executivo, bem como para aquisição das nanolitografias. A ausência de repasses financeiros referentes ao ano de 2018 impactou diretamente a efetivação dos compromissos junto aos fornecedores.
	Aquisição de nanolitografia de elétrons e nanolitografia por íons	Acordo firmado junto ao fornecedor para aquisição de nanolitografia	Dez/18	

Anexo 3: Recomendações da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão

Recomendação: a CAA observa, com preocupação, a frequente mudança de Diretores tanto na Diretoria Geral, como nos Laboratórios que constituem o CNPEM. Certamente a troca frequente não contribui para políticas e estratégias de longo prazo visando atender, por exemplo, um conjunto de ações que contemple áreas estratégicas convergentes com as necessidades nacionais. Dessa forma, a CAA acredita que o CNPEM deva envidar esforços para identificar aspectos que aprimorem o processo de busca e permanência dos Diretores do Centro.

Comentários da CAA na Reunião Semestral 2017: Recomendação mantida. A CAA mantém a recomendação mesmo diante do momento crítico da ciência e tecnologia no país.

Comentário da CAA na Reunião Anual 2017: Recomendação em atendimento. Foi instaurado pelo Conselho de Administração do CNPEM, o Comitê de Busca para a seleção do novo diretor-geral da instituição, o qual deve seguir seus prazos e procedimentos. A CAA deve revisitar essa recomendação em sua próxima reunião.

Providências: o CNPEM partilha a preocupação da Comissão de Avaliação com a execução de ações estratégicas de longo prazo e, ao longo dos últimos anos, tem envidado esforços na consecução de três ações estruturantes bem-sucedidas: o Projeto Sirius, a Plataforma para desenvolvimento de Fármacos e a expansão e atualização de laboratórios de referência em nanotecnologia no âmbito do Programa Nacional de Nanotecnologia (SisNano). Estas ações tiveram início em 2009, 2011 e 2013, respectivamente, e seus resultados (detalhados neste relatório) demonstram a capacidade institucional de sustentar a execução de projetos estratégicos, cumprindo todos os compromissos assumidos no Contrato de Gestão com o Ministério de Ciência Tecnologia, Inovações e Comunicações. No caso específico do CTBE, chama-se a atenção para o fato de a estratégia de produção de bioetanol de segunda geração ter sido impactada nos últimos anos por mudanças sofridas pelo setor em razão da condução das políticas públicas.

Destaca-se que, ao longo dos últimos anos, todas as atividades e indicadores pactuados no âmbito do Contrato de Gestão têm apresentado excelentes resultados, cumprindo ou superando as metas pré-estabelecidas.

Adicionalmente, informa-se que, ao final do primeiro semestre, o Comitê de Seleção desenvolvia seus trabalhos para submeter ao Conselho de Administração a indicação de nome para Diretor-Geral.

Recomendação: Dimensão Nacional do Centro - desenvolver mecanismos e instrumentos de descentralização e ação nacional dos laboratórios junto aos institutos de pesquisa e inovação nas diversas regiões brasileiras.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2016: Recomendação mantida.

Comentário da CA na Reunião Anual de 2016: Recomendação mantida. A CA reconhece as iniciativas que vêm sendo realizadas, mas acredita que há ainda outras ações possíveis. A CA recomenda que no próximo relatório de acompanhamento semestral, o CNPEM explicita as iniciativas que estão sendo realizadas.

Comentário da CA na Reunião Semestral de 2017: Recomendação mantida. A CA reconhece, mais

uma vez, que iniciativas vêm sendo realizadas, mas enfatiza a necessidade de ampliar a divulgação das atividades do Centro, por exemplo, junto às sociedades de pesquisa, às instituições de ensino e pesquisa, entre outras, no país.

Comentário da CAA na Reunião Anual 2017: Recomendação mantida. A CAA reconhece, mais uma vez, que iniciativas vêm sendo realizadas (inclusive avaliadas por meio de um novo indicador), mas volta a enfatizar a necessidade de ampliar a divulgação das atividades e da possibilidade de acesso aos Laboratórios do Centro. Ações podem ser viabilizadas, por exemplo, junto às sociedades de pesquisa, às instituições de ensino e pesquisa, às FAPs, aos INCTs, aos coordenadores dos PPGs das áreas de conhecimento afins da Capes, bem como aos líderes de grupos de pesquisa do CNPq, entre outros, no país.

Providências: destaca-se, no primeiro semestre de 2018, a realização de ações específicas para expandir a divulgação das competências científicas e tecnológicas do CNPEM.

Em março deste ano, o LNNano realizou dois minicursos *in-loco* na Universidade Federal do Amazonas, abordando métodos e ferramentas associadas a microfabricação e nanotecnologia. Estes eventos reuniram mais de 120 pessoas e permitiram ao CNPEM alcançar ainda, no primeiro semestre, a meta do Indicador referente a capacitação de pesquisadores fora da região Sudeste. Ações similares estão sendo planejadas para execução ainda no segundo semestre deste ano, em colaboração com instituições sediadas nessas regiões. No âmbito das ações de capacitação destaca-se a Escola Brasileira de Síncrotron que será realizada no Campus do CNPEM no mês de julho e conta com mais de 300 inscritos externos. Espera-se que para este evento aproximadamente 30% das vagas sejam destinadas a pesquisadores associados a instituições ensino e pesquisa de outras regiões do país.

Destaca-se, dentre as iniciativas para ampliar a divulgação do CNPEM, a produção de seu primeiro Anuário, com periodicidade anual, que apresenta atividades e resultados do Centro. O Anuário está em fase final de produção e será divulgado nacionalmente.

Além dessas ações, o CNPEM tem dado continuidade aos esforços de divulgação, por meio do *mailing list* dos grupos de pesquisa do CNPq, de suas ações e de seus projetos. Nesse sentido, todos os eventos são divulgados para os integrantes dos grupos de pesquisa em áreas correlatas. Também cabe menção à *Newsletter* do Centro, com periodicidade trimestral, que apresenta matérias e informativos sobre resultados alcançados e avanços obtidos pelos Laboratórios Nacionais. Vale ressaltar ainda que as Fundações de Amparo dos diferentes estados do País fazem parte da lista de e-mails e são constantemente atualizadas sobre as atividades realizadas pelo CNPEM.

Não obstante, o CNPEM entende que questões associadas a pauta de diversificação geográfica de suas ações devem ser pautadas por estudos que permitam melhor compreender a diversificação temática da pesquisa desenvolvida nos diferentes estados do país e sua potencial intercessão com as técnicas e competências do Centro. Esta iniciativa deverá auxiliar a elaboração de soluções internas mais efetivas, incluindo possíveis interações com as políticas públicas já existentes.

Recomendação: Apresentar, na próxima reunião da CAA, uma proposta preliminar de revisão do quadro de metas e indicadores, tendo em vista as sugestões acima e a proximidade do novo Ciclo do Contrato de Gestão.

Providências: com a finalidade de balizar o processo de discussão para a revisão de metas e indicadores do Contrato de Gestão, conforme recomendação da Comissão de Avaliação, cabe recuperar, brevemente, o contexto e as motivações da revisão realizada entre os anos de 2012 e

2013. Essa revisão esteve associada a um amplo processo de revisão da estratégia institucional, visando adequar seu modelo de gestão à nova configuração do CNPEM. Cabe chamar a atenção que o início das atividades da então Associação Nacional de Tecnologia de Luz Síncrotron – denominação anterior do CNPEM –, em 1997, tinha como objeto exclusivo o comissionamento e a operação da primeira fonte de luz síncrotron brasileira, pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Ainda no final dos anos 1990, em resposta às demandas da investigação científica do País, foram criados, em torno do LNLS, laboratórios auxiliares e instalado um parque de microscopia eletrônica. A partir desses núcleos foram criados na década atual, o Laboratório Nacional de Biociências e o Laboratório Nacional de Nanotecnologia. A eles se integrou o CTBE, estimulado pelas políticas públicas do Governo Federal, com a missão de realizar pesquisas básicas e aplicadas em todo o ciclo produtivo do biocombustível.

O esforço de revisão dos indicadores, que se seguiu, também estimulado pela Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão, foi orientado pelo processo de planejamento institucional realizado ao longo do ano de 2012, tendo por base por base o crescimento do Centro, a ampliação de seu corpo técnico e a extensão de seu campo de atuação. O principal desafio dessa iniciativa era o fortalecimento de um modelo de quatro laboratórios integrados a um centro de pesquisa avançado e de grande porte. Nessa linha, tratava-se, naquele momento, de migrar do quadro de indicadores quase totalmente focalizado no LNLS e no atendimento a usuários externos para um quadro mais abrangente, que refletisse os resultados obtidos pelo conjunto dos laboratórios nacionais do CNPEM, que contribuem de formas distintas para a execução dos quatro eixos de atuação, a saber: : atendimento a usuários externos (eixo 1), pesquisa e desenvolvimento internos (eixo 2), apoio à geração de inovação (eixo 3) e capacitação e divulgação (eixo 4).

A revisão do Plano Diretor do Centro, abrangendo missões, objetivos estratégicos e macroatividades desenvolvidos pelo CNPEM também constituiu uma referência fundamental para a seleção e o detalhamento do Quadro de Indicadores.

Nesta mesma oportunidade foi criada a Assessoria de Planejamento e Avaliação, ligada diretamente ao Diretor-Geral, com a responsabilidade de dar suporte técnico ao processo de planejamento, acompanhamento e avaliação do modelo de gestão do CNPEM.

De forma geral, estas ações vêm proporcionando melhora contínua das bases de informação e do processo de avaliação de resultados do Centro.

Mais recentemente, em 2016, foi apresentada à Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão nova proposta de revisão do quadro de indicadores. Destaca-se, nessa revisão, a inclusão de dois novos indicadores com objetivo de auferir resultados qualitativos associados à produção científica interna (Eixo 2), “*Qualidade da produção científica interna*” e “*Taxa de coautoria internacional*”, além da introdução de um indicador específico para monitoramento da abrangência regional das ações de capacitação do Centro (Eixo 4), “*Pesquisadores de outras regiões capacitados pelo CNPEM*”.

Os primeiros dois indicadores refletem a preocupação de incorporar “métricas de qualidade”, conforme também recomendado pelo Tribunal de Contas da União por meio do acordo 3225/2014, enquanto o indicador vinculado ao Eixo 4 está associado ao atendimento de demanda específica da Comissão, para ampliar o alcance regional das atividades de capacitação. Trata-se, portanto, de indicadores recentes, que demandam acompanhamento para melhor análise de sua utilidade e de suas limitações.

É importante destacar que, no âmbito da renovação do Contrato de Gestão MCTIC-CNPEM, previsto para 2019, deverá ocorrer um processo de discussão sobre os termos de continuidade dessa parceria, que deverá envolver uma reavaliação de diretrizes e de objetivos estratégicos para a atuação dos quatro Laboratórios Nacionais. Em particular, a operação do novo acelerador

sincrotron, Sirius, será parte do escopo deste documento. Nessa oportunidade deverá também ser revisto e aprovado, pelo Conselho de Administração, o Plano Diretor do CNPEM, o que representará um novo marco para a revisão do processo de avaliação de resultados e conseqüentemente impactará o quadro de indicadores.

Este breve histórico atesta o reconhecimento institucional quanto à relevância de implantar, e continuamente revisar, melhores práticas de avaliação de desempenho. Nessa direção, o CNPEM deverá elaborar estudos prospectivos que permitam balizar as futuras discussões acerca deste tema. Inicialmente, atendendo a sugestões da CACG optou-se por abordar o tema “Bibliometria”, a partir de um levantamento bibliográfico de métricas e indicadores utilizados por especialistas da área, a ser objeto de discussão na Reunião da Comissão de Avaliação, no segundo semestre de 2018.

Sugestões da Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão

Produção Científica

“Revisão de indicadores relacionados à variável de qualidade da produção científica, visando metas mais ambiciosas no que diz respeito ao impacto e à visibilidade da pesquisa realizada, que reflita a peculiaridade dos investimentos e expertises do CNPEM.”

Comentário: conforme providências detalhadas na recomendação 2, descritas no quadro anterior, o CNPEM tem envidado esforços para promover melhorias contínuas em todas as atividades relacionadas a divulgação e avaliação de seus resultados. Os relatórios apresentados à Comissão de Avaliação e disponibilizados ao público por meio da *webpage* institucional têm apresentado informações quantitativas detalhadas e complementares ao quadro atual de indicadores. Esta iniciativa corrobora a preocupação do Centro em divulgar de forma transparente seus esforços e resultados. Destaca-se também a elaboração de textos incluídos como destaques da pesquisa científica, dos esforços de apoio à geração de inovação e das ações de capacitação e divulgação. Anualmente, o relatório apresenta também um conjunto detalhado de informações em seus anexos, cumprindo as diferentes recomendações da Comissão de Avaliação e dos Órgãos de Controle.

No que tange à revisão do atual quadro de indicadores, é importante realçar que a base para a avaliação de resultados são diretrizes e objetivos institucionais, que se desdobram em estratégias de atuação e respectivas metas de desempenho. No caso das organizações sociais vinculadas ao MCTIC é possível encontrar descrito no Contrato de Gestão e respectivos termos aditivos o detalhamento dos macroprocessos institucionais, do plano de ação e da vinculação dos objetivos institucionais ao quadro de indicadores.

Entretanto, em atendimento às sugestões Comissão de Avaliação, o Centro elaborará para a reunião do segundo semestre estudos prospectivos sobre a temática “*indicadores de produção científica*”, buscando, sempre que possível, analisar prós e contras na aplicação dos indicadores e condições necessárias de acesso às bases de informações (ver Anexo 4).

Gestão da Inovação

“Melhorar a estrutura da gestão da inovação, negociando o licenciamento de propriedades intelectuais, a criação de *spin offs* e outros itens, abrindo novas frentes de valorização da pesquisa, fortalecendo, inclusive, a receita e sustentabilidade do Centro.”

“Tecnologias protegidas – sugere-se refletir sobre estratégias para o licenciamento de tecnologias e iniciar a discussão sobre agregação de valor das tecnologias e conhecimentos produzidos no CNPEM.”

Comentário: desde 2013 o CNPEM conta com uma política de inovação, aprovada pelo Conselho de Administração. Este modelo surgiu a partir do Planejamento Institucional realizado entre os anos de 2012 e 2013 e teve o intuito de institucionalizar e uniformizar a atuação do Centro no apoio à geração de inovação. Estão previstos neste modelo quatro tipos de interação, a saber: (i) cooperação em PD&I; (ii) transferência de tecnologia e materiais; (iii) prestação de serviços tecnológicos; e (iv) fornecimento especializado por parte de fornecedores atendendo encomendas do CNPEM.

A implantação, gestão e revisão desta política está sob responsabilidade de um Comitê de Inovação, composto pelos gestores de inovação de cada um dos Laboratórios Nacionais, por um representante da Diretoria Geral, da área administrativa e da área jurídica.

No âmbito das estratégias para o licenciamento de tecnologias ressaltam-se dois resultados importantes:

- Em junho de 2018, duas patentes de coquetéis enzimáticos com aplicação na indústria de bebidas e alimentos foram licenciadas para uma empresa *start-up*, a Tecbeer. Esta empresa, criada por um engenheiro químico, ex-diretor de P&D da Brasil Kirin, foi especialmente constituída para explorar as tecnologias do CNPEM no mercado. Com a finalidade de escalar um dos coquetéis enzimáticos licenciados, a empresa formalizou um projeto em cooperação com o Centro e co-financiado pela Embrapii para realizar a etapa intermediária entre o desenvolvimento experimental em bancada e a aplicação do produto na indústria. A previsão é que a comercialização seja iniciada em até três anos. Essas duas licenças irão gerar *royalties* de 5% sobre a receita líquida das vendas dos coquetéis ou, em caso de sublicenciamento para grandes fabricantes de enzimas, o CNPEM receberá 50% dos *royalties*. Este resultado foi divulgado na página web do Centro e o acesso pode ser realizado pelo link: <http://cnpem.br/industria-de-bebidas-e-alimentos-se-beneficia-de-patente-com-tecnologia-desenvolvida-pelo-cnpem/>.
- Está em negociação um novo contrato de fornecimento de tecnologia para a empresa Comp Line. Trata-se de tecnologia resultante de projeto realizado em colaboração com a empresa na área de sensores aplicados no controle da qualidade de processos alimentícios e agrícolas. Este projeto teve início em 2016 e contou com recursos da rede Sibratec. Como forma de remuneração pelo direito de licenciamento exclusivo no uso e exploração comercial da tecnologia, a empresa pagará ao CNPEM um prêmio de R\$ 157.500,00 a cada 5 anos de uso da tecnologia.

Em relação às políticas de estímulo à criação de *spin-off* e ao processo de criação de incubadoras de empresas de alta tecnologia, a política institucional do CNPEM prevê:

“O objetivo geral do CNPEM é promover e contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil por meio de seus Laboratórios Nacionais e de outras unidades a ele associadas, que atuarão na pesquisa e no desenvolvimento científico e tecnológico, sendo também responsáveis pela operação de equipamentos acessíveis a pesquisadores originários de outras instituições e empresas públicas ou privadas, tendo por objetivos específicos:

... incubar e implantar, por sua iniciativa ou em associação com outras organizações ou empresas, novos laboratórios, unidades de pesquisa, ou empresas de alto conteúdo tecnológico”, Estatuto Social do CNPEM, Artigo 4º.

“Apoiar o empreendedorismo de base científica e tecnológica por meio do encorajamento à criação de empresas, compartilhamento de laboratórios e escritórios e atração de investidores.

- *O CNPEM poderá participar de figuras jurídicas criadas a partir desse estímulo (sociedades, associações, fundações, entre outras), com ou sem finalidade lucrativa, desde que essa participação guarde pertinência com o seu objeto social e desde que todas as receitas auferidas sejam reaplicadas de acordo com as finalidades do Centro.*
- *Esta participação deverá ser sempre minoritária e precedida de estudo de interesse institucional e dos riscos envolvidos nas esferas civil, tributária e trabalhista.*
- *O CNPEM não participará na gestão de empresas ou outras organizações privadas criadas a partir de seus Laboratórios.*
- *Pesquisadores do CNPEM poderão ser sócios nestes empreendimentos, com possibilidades de ajustes no contrato de trabalho do colaborador.”, Política de Inovação do CNPEM, pg 4.*

“O CNPEM incentivará o empreendedorismo, encorajando a criação de empresas, compartilhando laboratórios e escritórios, fazendo a intermediação com investidores e apoiando a sua contratação com o CNPEM, quando esta for a melhor forma de transferir as tecnologias desenvolvidas.”, Regulamento de Propriedade Intelectual, Capítulo IX.

“Será responsabilidade do CNPEM contribuir para o desenvolvimento das empresas de base tecnológica apoiadas pela instituição, podendo, nestes casos, deter participação societária nas referidas empresas.”, Regulamento de Propriedade Intelectual, Capítulo IX.

Indicadores Específicos de Projetos

“Quanto aos Indicadores Específicos, estes são ferramentas tanto de gestão e controle, como de transparência da aplicação de recursos públicos nas atividades do CNPEM. Devem ser mantidos.”

Comentário: a apresentação de indicadores específicos de projetos está explicitada no primeiro termo aditivo ao atual Contrato de Gestão e tem sido continuamente disponibilizada à Comissão nos anexos ao Relatório Anual. O primeiro projeto estratégico acompanhado por meio de indicadores específicos foi a implantação do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Em 2011, a Comissão de Avaliação do Contrato de Gestão reiterou em seu relatório anual a importância desta prática, a saber:

“Incluir nos próximos relatórios:

...

Apresentar os resultados pactuados no 1º Termo Aditivo ao Contrato de Gestão, celebrado em dezembro de 2010, para os indicadores específicos do Laboratório de Ciência e Tecnologia do Bioetanol e do Projeto da Nova Fonte de Luz Síncrotron – Sirius.”

Atualmente, estão em andamento dois projetos estruturantes do CNPEM, monitorados por indicadores específicos: o Projeto Sirius e o SisNano. Ambos contam com ações específicas no Orçamento da União, respectivamente, 13CL e 14XT. Estas ações também são

acompanhadas pelo Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP), sob responsabilidade do Ministério do Planejamento.

Indicadores de Economicidade

“Indicadores de Economicidade da Produção Científica e das Linhas de Luz do LNLS, em fase experimental, são boas iniciativas de avaliação das atividades do Centro por meio da comparação com outras instituições e organizações similares ao CNPEM, nacionais e internacionais. Seu refinamento e acertos podem representar um grande ganho não apenas para a comunidade científica, mas também como uma forma de legitimar a existência dos Laboratórios Nacionais junto à sociedade brasileira.”

Comentário: a partir do Relatório Anual de 2015, o CNPEM passou a apresentar o acompanhamento de dois Indicadores de Economicidade associados a atividades-fim da Organização. Esta iniciativa responde a recomendação de dois acórdãos do TCU: 3304/2014 e 3225/2014. Ressalta-se que o relatório que acompanha o acórdão 3304/2014 explicita que a medida de economicidade deve estar diretamente associada ao desempenho das atividades-fim, pactuadas no âmbito do respectivo Contrato de Gestão. Este é um desafio permanente para a composição de tais indicadores por tratar-se de cenários comparativos, que devem apurar resultados de organizações com escopos similares. Na oportunidade de sua implantação, optou-se por destacar dois aspectos principais do Centro: a produtividade científica e a operação da fonte de luz síncrotron.

Os trechos referentes a este tema encontram-se transcritos a seguir:

*“9.1.3. somente pactue novos contratos de gestão ou termos aditivos aos contratos já firmados com as organizações sociais a partir do exercício de 2015, após serem definidos e especificados indicadores, critérios e demais instrumentos necessários a subsidiar a avaliação dos resultados pactuados, nos moldes definidos no art. 7º da Lei 9.637/1998 c/c os arts. 2º, 23, 27, 28 e 30 do Anexo I da Portaria MCTI nº 967/2011, considerando, na elaboração e na revisão dessa sistemática, as recomendações já emanadas das comissões de avaliação dos contratos de gestão, da Controladoria Geral da União (CGU) e deste Tribunal, em especial, quanto à necessidade de avaliar a eficácia e a qualidade dos resultados, a eficiência e a economicidade na alocação dos recursos e a efetividade ou o impacto real ou potencial para o Sistema Nacional de CT&I;”, **Acórdão nº 3304/2014 – TCU***

“5.3. Ausência de avaliação da economicidade
194. A própria Lei 9.637/98 (art. 7º) estabelece que a elaboração de CG deve observar o princípio da economicidade. A avaliação desse aspecto deve constituir subsídio para a administração analisar a alternativa mais vantajosa, sob o aspecto financeiro, para a prestação dos serviços em questão, vez que há possibilidade de serem prestados diretamente pelo poder público ou contratados mediante contratos administrativos.
195. Nesse sentido, a adoção de indicadores de desempenho que permitam mensurar a economicidade relacionada ao desempenho dos CG configuraria aperfeiçoamento da sistemática de avaliação adotada e facilita conhecer os índices de custos associados a sua execução, por conseguinte, subsidiar eventual exame no que diz respeito a ponderar se a adoção do modelo é a opção ainda vantajosa à administração.”, **Acórdão nº 3304/2014 – TCU.**

“9.1. recomendar ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) que:
9.1.1. revise o quadro de indicadores de desempenho pactuados no âmbito do contrato de gestão celebrado com o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, com o intuito de permitir a avaliação equilibrada das dimensões e dos aspectos do desempenho preconizados na Lei nº 9.637, de 15 de maio de 1998, e na Portaria MCTI nº 967, de 21 de dezembro de 2011, em especial, quanto à:

9.1.1.1. eficiência dos produtos e serviços entregues em relação aos insumos ou recursos aplicados;

9.1.1.2. economicidade do contrato de gestão;

9.1.1.3. qualidade dos produtos e serviços relativos aos principais macroprocessos finalísticos da entidade, em especial, dos relacionados com tecnologias protegidas, memorandos técnicos, supervisão de pós-doutores, capacitação de pesquisadores externos e realização de eventos científicos;”, **Acórdão nº 3225/2014 – TCU.**

Financiamento

“Estudar a viabilidade de modelos de financiamento para a sustentabilidade das facilities.”

Comentário: a discussão de modelos de financiamento do CNPEM tem sido, sistematicamente, objeto de discussão do Conselho de Administração, órgão máximo de deliberação e de orientação estratégica da Organização Social. Essa discussão é bastante complexa frente ao caráter singular dos Laboratórios Nacionais no País, à missão institucional diversificada do Centro e à própria natureza do financiamento do Contrato de Gestão, voltado ao cumprimento de um conjunto de atividades de interesse público. Corrobora para esse entendimento, por exemplo, dispositivo do Decreto de Regulamentação da Lei nº. 9637 (“Lei das OS”), que estabelece a necessidade de fixação de critérios e limites para prestação de serviços e a assunção de outras responsabilidades pela organização social, que poderiam, em certas circunstâncias comprometer o seu desempenho.

A Direção do CNPEM e o Conselho de Administração estão atentos aos riscos que o cenário de severas restrições orçamentárias e financeiras traz para as atividades do Centro, em particular no que diz respeito a seus possíveis impactos sobre a capacidade de atualização das instalações. As restrições de orçamento impõem severas dificuldades para a aquisição de novos equipamentos no estado da arte e a manutenção de equipamentos sofisticados. Outro aspecto crítico envolvido se refere à retenção de talentos, principal ativo de uma instituição de pesquisa e desenvolvimento.

Nesse sentido, qualquer novo modelo de financiamento deverá ser avaliado com vistas a assegurar o cumprimento da missão institucional do CNPEM e a própria razão de ser da *facilities*, resultado de investimentos públicos continuados para viabilizar um amplo conjunto de projetos de pesquisa científicos e tecnológicos. O Sirius, por demanda externa, iniciou processo de discussão de um modelo de financiamento mais amplo envolvendo pautas estratégicas de pesquisa em vários setores de atuação governamental. No segundo semestre de 2017, em articulação com a Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos do Ministério do Planejamento e a Casa Civil, foi iniciada uma agenda de discussões, coordenada pela Secretaria-Executiva do MCTIC, com ministérios setoriais, instituições governamentais e agências reguladoras, com o objetivo de estruturar programas estruturantes de pesquisa e desenvolvimento nessas áreas, que viabilizariam uma estratégia mais ampla de utilização do potencial de aplicação do Sirius e o seu financiamento.

Certamente, a experiência adquirida no âmbito dessas negociações deverá ser aproveitada na concepção de possíveis novos modelos de financiamento para todos os Laboratórios Nacionais do Centro.

Instalações abertas a usuários externos

“Propostas realizadas por usuários externos – sugere-se buscar identificar de forma mais qualitativa o impacto da sinergia entre a pesquisa do Centro e dos usuários sobre a pesquisa no CNPEM.”

Comentário: A exemplo do que ocorre com a gestão de *facilities* no mundo, o uso das instalações do Centro por usuários externos passa por processo de avaliação de mérito e da viabilidade técnica do experimento. A agenda de pesquisas interna, por sua vez, é determinada com base no Plano Diretor aprovado pelo Conselho de Administração e nos objetivos estratégicos e planos de ação pactuados no Contrato de Gestão com o MCTIC. Nesse sentido, não há, *a priori*, conexão temática direta entre as pesquisas dos usuários externos e as pesquisas executadas pelos pesquisadores do CNPEM.



Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM Rua Giuseppe Máximo
Scolfaro 10.000 – Polo II de Alta Tecnologia
Caixa Postal 6192 – CEP 13083-970
Campinas – São Paulo
Telefones: +55 (19) 3512-1010 | Fax: +55 (19) 3512-1004
www.cnpem.br