

acelerando  
o futuro da  
ciência

# SIRIS



**CNPq**

ORGANIZAÇÃO SOCIAL DO MCTI

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL



**SIRIUS** acelerando  
o futuro da  
ciência





MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



SEGUNDA EDIÇÃO  
2020

---

**PRESIDENTE DA REPÚBLICA**

Jair Messias  
Bolsonaro

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES**

Marcos Cesar Pontes  
*Ministro de Estado*

Julio Francisco Semeghini Neto  
*Secretário-Executivo*

---

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO DO CNPEM**

Rogério Cezar de Cerqueira Leite  
*Presidente*

Reginaldo dos Santos  
*Vice-Presidente*

Carlos Eduardo Sanches da Silva

Fernando Ferreira Costa

Helena Bonciani Nader

João Evangelista Steiner - *in memoriam*

José Fernando Perez

Liu Lin

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Marcelo Knobel

Marcia Cristina Bernardes Barbosa

Maurilio Biagi Filho

---

Oswaldo Luiz Alves

Paulo Roberto Gandolfi

Victor Rafael Rezende Celestino

---

**ESTRUTURA EXECUTIVA DO PROJETO SIRIUS**

Antonio José Roque da Silva  
*Diretor do Projeto*

Antonio Ricardo Droher Rodrigues - *in memoriam*

James Francisco Citadini  
*Coordenadores da Engenharia de Aceleradores*

Cleonice Ywamoto  
*Gestora Administrativa*

Harry Westfahl Jr.  
*Coordenador das Linhas de Luz*

Oscar H. Vigna Silva  
*Coordenador das Obras Civis*

---

**FOTOGRAFIA**

Assessoria de Comunicação do CNPEM

Giancarlo Gianelli

Guilherme Galembeck

---

Julio Fujikawa

Nelson Kon

Bancos de Imagens: Unsplash, Pexels, Pixabay

---

**EDIÇÃO E REVISÃO**

Luciana Noronha C. de Oliveira  
MTB 0026595/RJ

Maria Livia M. R. Gonçalves

Renan Picoreti Nakahara

Ariane de Freitas Almeida

---

**DESIGN GRÁFICO**

Amanda Kokol Coltro

---





Proibido a venda. Distribuição gratuita.

MIT

UFR-180 AIR  
Pimicos

# A Excelência Científica no Brasil a Serviço da Humanidade

No fim de 2019, já era evidente a qualidade da pesquisa científica realizada no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), uma organização social vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Isso ficou ainda mais claro no cenário de pandemia da Covid-19 deste ano, que mostrou mais uma vez que os recursos aplicados na ciência não são gastos, e sim, investimentos. Com o surgimento do novo coronavírus e sua disseminação por todo o planeta, vimos a importância de ter infraestrutura de pesquisa de qualidade, com cientistas e colaboradores capacitados e prontos para atender ao chamado da humanidade.

Com a criação da RedeVírus MCTI em fevereiro, o ministério trouxe à tona a gravidade do problema mundial, criando uma estrutura colaborativa de especialistas brasileiros com o objetivo de desenvolver soluções para as diversas frentes de atuação contra a pandemia, seja na pesquisa com o vírus, no desenvolvimento de soluções inovadoras para o fornecimento de insumos e equipamentos ou na mitigação dos impactos sociais e econômicos.

Dessa maneira, logo no início da pandemia, o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) prontamente aplicou tecnologia de ponta em sua área de expertise para a pesquisa com o reposicionamento de fármacos. Com ajuda de inteligência artificial, o laboratório foi capaz de analisar 2 mil compostos já existentes no mercado para compatibilidade no combate ao vírus. Cinco desses fármacos foram identificados como candidatos a testes in vitro e um composto se mostrou especialmente eficaz: a nitazoxanida. A partir desse resultado, o MCTI elaborou dois protocolos de ensaios clínicos promissores com voluntários para verificar a eficácia da nitazoxanida no combate à Covid-19, tanto em estágios iniciais quanto avançados da doença.

Da mesma forma, a mais avançada infraestrutura de pesquisa do País, do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), o Sirius, embora ainda seja um projeto em andamento, se encontrava pronto para atender ao chamado. A fonte de luz síncrotron de quarta geração foi usada para revelar a estrutura em 3D de uma das principais proteínas que compõem o novo coronavírus, permitindo assim o estudo mais aprofundado dos mecanismos relacionados à sua patogênese.

O maior acelerador de partículas do Brasil também acelerou seus trabalhos para desvendar os mistérios da Covid-19. Sua primeira linha de luz foi aberta antecipadamente para experimentos de pesquisadores externos, especificamente no estudo do vírus SARS-CoV-2, realizado por pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos, da USP. Mesmo com equipes reduzidas e jornadas diferentes de trabalho em razão da quarentena, o CNPEM redobrou seus esforços e trouxe resultados expressivos para o benefício da comunidade científica e da população mundial.

A missão do MCTI é produzir conhecimento, produzir riquezas para o Brasil e contribuir para a qualidade de vida dos brasileiros. Tanto o estudo com fármacos como as pesquisas desenvolvidas no Sirius têm o potencial de salvar milhares de vidas, assim como a o trabalho do CNPEM em múltiplas áreas do conhecimento tem a capacidade de levar nosso país a um novo patamar de desenvolvimento. Por isso, nosso compromisso é o de apoiar nossas instituições de pesquisa, para que a excelência científica brasileira continue se expandindo e estejamos cada vez mais preparados para enfrentar os desafios do futuro.

**MARCOS CESAR PONTES**

Ministro de Estado da Ciência,  
Tecnologias e Inovações

# Carta do Diretor

A humanidade se depara hoje com grandes desafios, cujas soluções são fundamentais para o desenvolvimento sustentável de uma população mundial de mais de 7 bilhões de pessoas, e com perspectivas de atingir 11 bilhões até o final do século. Questões relacionadas a saúde, epidemias, água potável, alimentação, energia, mudanças climáticas, e meio ambiente, por exemplo, demandam a compreensão das propriedades da matéria na escala dos seus átomos e moléculas.

Essas novas fronteiras do conhecimento trazem o nível atômico para a realidade da engenharia, de modo que o domínio das ferramentas científicas usadas para investigar o nível fundamental da matéria tem impacto direto sobre o grau de inovação e de desenvolvimento de uma nação.

Sirius, a nova fonte de luz síncrotron brasileira, é a maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País. Este equipamento de grande porte usa aceleradores de partículas para produzir um tipo especial de luz, que é usado para investigar a composição e a estrutura da matéria em suas mais variadas formas. Sirius foi projetado para produzir a luz síncrotron mais brilhante dentre todos os equipamentos na sua faixa de energia, e a ciência desenvolvida com o auxílio dessa luz terá aplicações em praticamente todas as áreas do conhecimento.

Instalado no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas (SP), o Sirius é uma infraestrutura aberta, que está à disposição da comunidade científica brasileira e internacional, permitindo que centenas de pesquisas acadêmicas e industriais sejam realizadas anualmente, por milhares de cientistas.

Por meio dessas pesquisas, o Sirius contribuirá para a solução de grandes desafios científicos e tecnológicos, como o desenvolvimento de vacinas, medicamentos e tratamentos para doenças, novos fertilizantes, espécies vegetais mais resistentes e adaptáveis e novas tecnologias para agricultura, fontes renováveis de energia, entre muitas outras potenciais aplicações, com fortes impactos econômicos e sociais.

Ao longo de seu desenvolvimento, o Sirius mostrou-se um projeto estruturante para o Brasil. Além de posicionar o País na fronteira da ciência mundial, ele teve um impacto positivo sobre a inovação da indústria nacional, que foi envolvida na construção de grande parte de seus sofisticados componentes. Sirius também alavancou a formação de recursos humanos altamente qualificados, como cientistas, engenheiros e técnicos e, por fim, impactou enormemente a internacionalização e a visibilidade positiva do País.

O desenvolvimento deste projeto – e o sucesso obtido por ele até agora – tem sido resultado do esforço de milhares de pessoas, envolvidas em seu desenho e construção. É também resultado dos esforços de financiamento realizados ao longo dos últimos anos pelo Governo Federal, por meio do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

Neste livro, apresentamos um pouco da história e dos desafios envolvidos no desenvolvimento desta infraestrutura, que promete inaugurar um novo capítulo da história da ciência brasileira, trazendo benefícios para toda a sociedade. Sirius aponta para um futuro em que esperamos encontrar, por meio da ciência, respostas para os grandes desafios que teremos pela frente.

**ANTONIO JOSÉ ROQUE DA SILVA**

Diretor-Geral do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais e do Projeto Sirius





# O CNPEM

## UMA INSTITUIÇÃO ÚNICA NO PAÍS

Ambiente de pesquisa e desenvolvimento sofisticado e efervescente, único no País e presente em poucos polos científicos no mundo, o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTI).

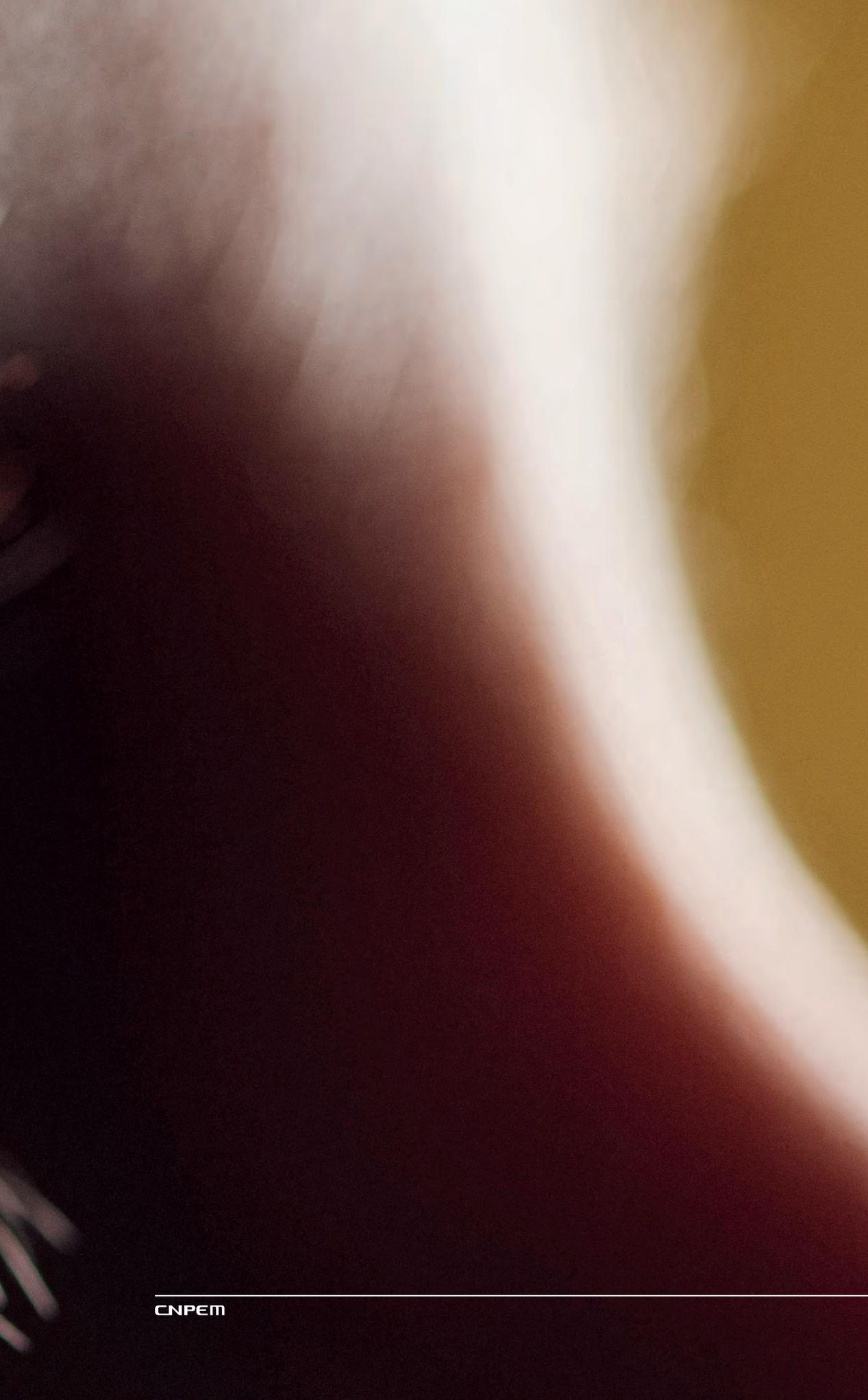
O Centro opera quatro Laboratórios Nacionais e é berço do mais complexo projeto da ciência brasileira – o Sirius – uma das mais avançadas fontes de luz síncrotron do mundo. O CNPEM reúne equipes multitemáticas altamente especializadas, infraestruturas laboratoriais mundialmente competitivas e abertas à comunidade científica, linhas de pesquisa em áreas estratégicas, projetos inovadores em parcerias com o setor produtivo e ações de treinamento para pesquisadores e estudantes. O Centro constitui um ambiente movido pela busca de soluções com impacto nas áreas de saúde, energia, meio ambiente, novos materiais, entre outras. As competências singulares e complementares presentes nos Laboratórios Nacionais do CNPEM impulsionam pesquisas e desenvolvimentos nas áreas de luz síncrotron; engenharia de aceleradores; descoberta de novos medicamentos, inclusive a partir de espécies vegetais da biodiversidade brasileira; mecanismos moleculares envolvidos no surgimento e na progressão do câncer, doenças cardíacas e do neurodesenvolvimento; nanopartículas funcionalizadas para combate de bactérias, vírus, câncer; novos sensores e dispositivos nanoestruturados para setores diversos, como saúde e óleo e gás, soluções biotecnológicas para o desenvolvimento sustentável de biocombustíveis avançados, bioquímicos e biomateriais.





**LUZ  
PARA  
O  
CONHECI  
\_MENTO**





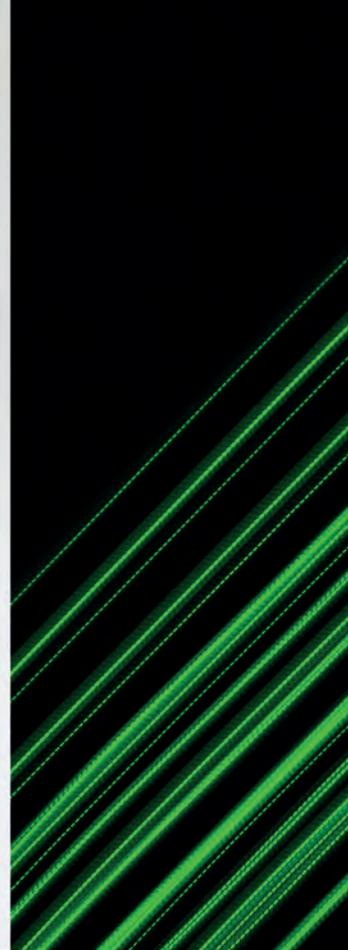
**N**osso cérebro dá movimento, forma e cor ao mundo por meio da luz que é produzida pelo Sol, por lâmpadas ou chamas, que é refletida pelos objetos ao nosso redor e captada por nossos olhos.

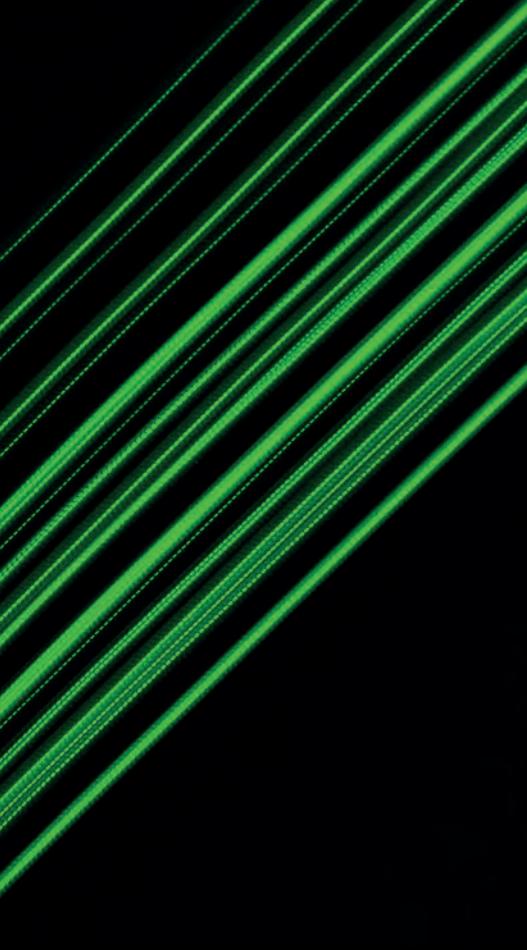
No entanto, as cores que vemos não são uma propriedade intrínseca da luz que chega aos nossos olhos. Elas são a interpretação que nosso cérebro dá para o sinal elétrico produzido na retina, em resposta à incidência de luz.

As células da retina, por sua vez, são sensíveis a apenas uma pequeníssima fração de todos os tipos de luz que existem: as chamadas ondas eletromagnéticas.

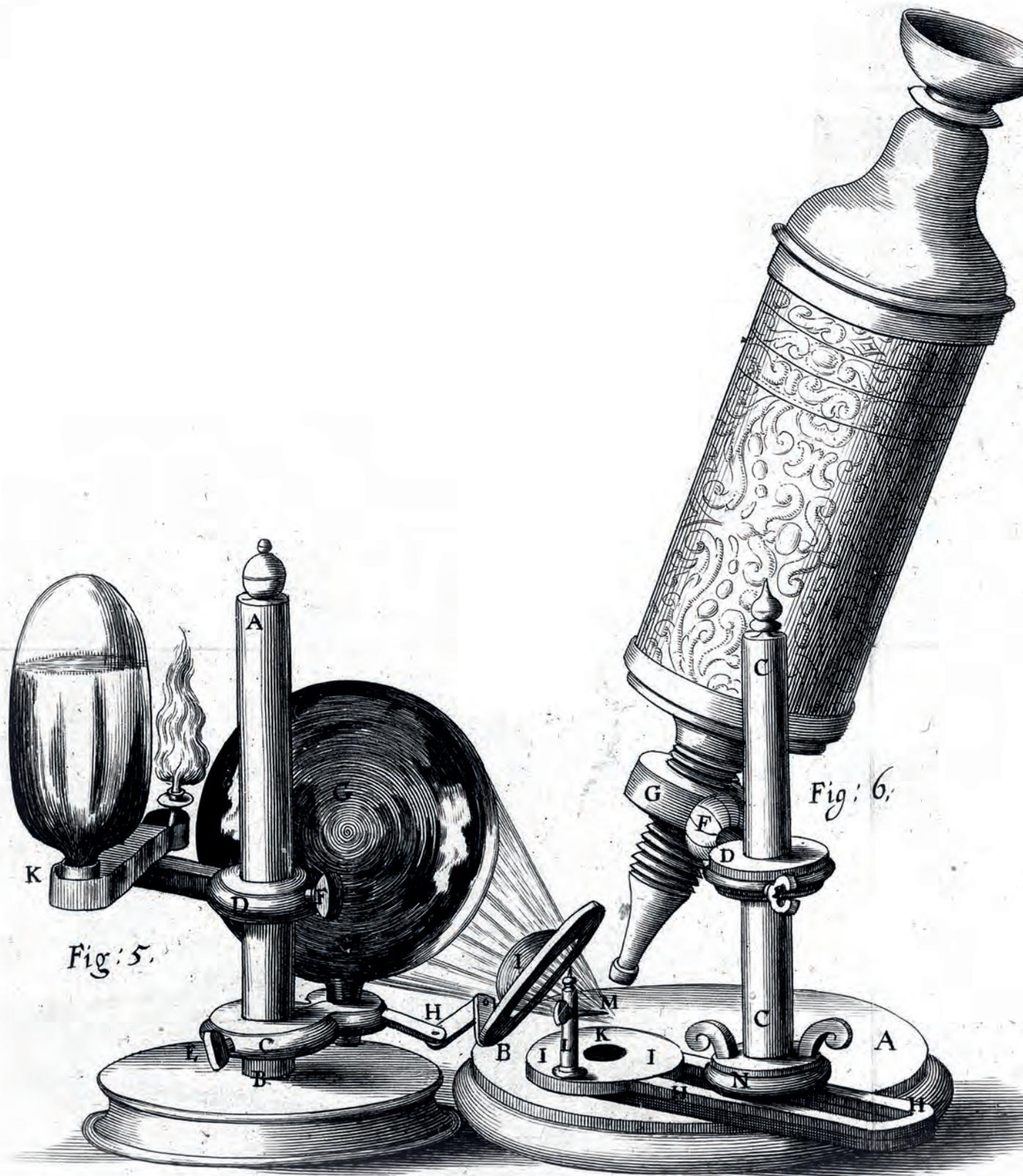
Além da luz que nos é visível, e que nos fornece muitas informações sobre o mundo à nossa volta, existem ainda outras tantas ondas eletromagnéticas, outros tantos tipos de luz, que não podemos ver. Esse é o caso, por exemplo, da luz ultravioleta produzida pelo Sol. Apesar de não podermos vê-la, ela é capaz de causar danos aos nossos olhos, além de ser um dos fatores responsáveis pela ocorrência de câncer de pele.

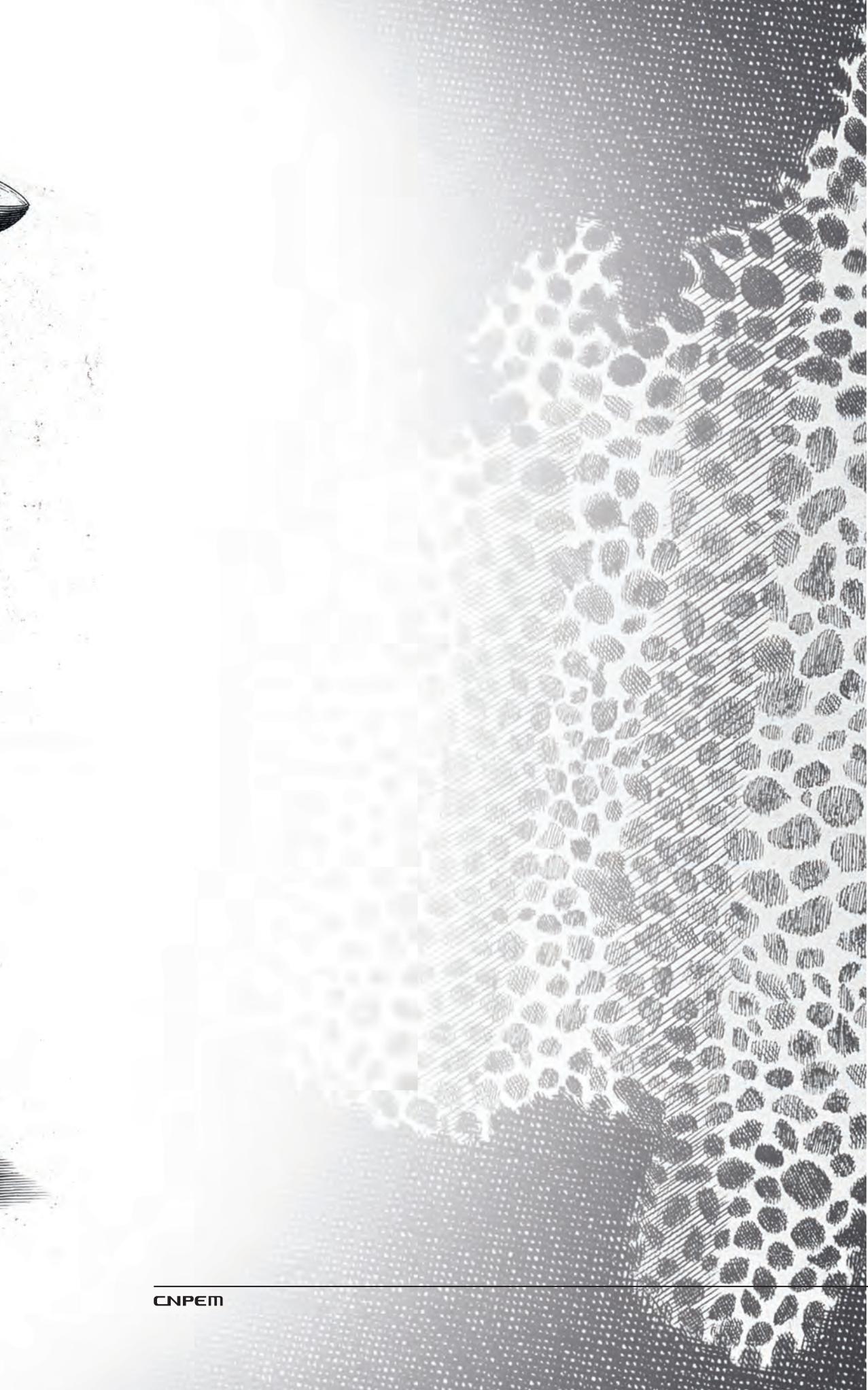
Por outro lado, abelhas e borboletas têm olhos capazes de detectar essa radiação ultravioleta e se guiam por ela em busca de alimento, ao verem nas flores cores que nós não podemos ver.





O estudo desses tipos invisíveis de luz permitiu o desenvolvimento das mais diversas tecnologias que as utilizam, como as ondas de rádio transmitidas por aparelhos de rádio e redes Wi-Fi, as micro-ondas de fornos e das redes de celulares, a luz infravermelha de controles remotos e portas automáticas, a radiação ultravioleta utilizada na esterilização de objetos e no tratamento de água, os raios X das radiografias e tomografias hospitalares e os raios gama utilizados em terapias contra o câncer.





Essas tecnologias são resultado do avanço do conhecimento científico, que está intimamente ligado ao desenvolvimento de ferramentas que permitam visualizar e compreender a estrutura da matéria em escalas que normalmente nossos olhos não podem ver.

Por exemplo, para sabermos que os seres vivos são compostos por células, foram necessários a invenção e aprimoramento do microscópio Óptico, entre o final do século XV e ao longo do século XVI. Nesse equipamento, a luz é refletida pelo material que se deseja observar e em seguida atravessa um conjunto de lentes que amplifica a imagem para que nossos olhos possam perceber detalhes antes inacessíveis. Mais tarde esse conhecimento serviu de base, por exemplo, para entendermos que muitas doenças são causadas por microrganismos invisíveis a olho nu.

Nossa capacidade de observar e compreender o mundo ao nosso redor avança à medida que novas ferramentas se tornam disponíveis.

*Microscópio utilizado por Robert Hooke para estudar cortes de cortiça. Hooke descreve o que chamou de “células” (do latim “cella”, pequena cavidade). Essa observação dá origem à palavra usada até hoje para descrever a menor unidade de um organismo vivo. No entanto, as estruturas observadas por Hooke são, na verdade, as paredes de células vegetais mortas.*



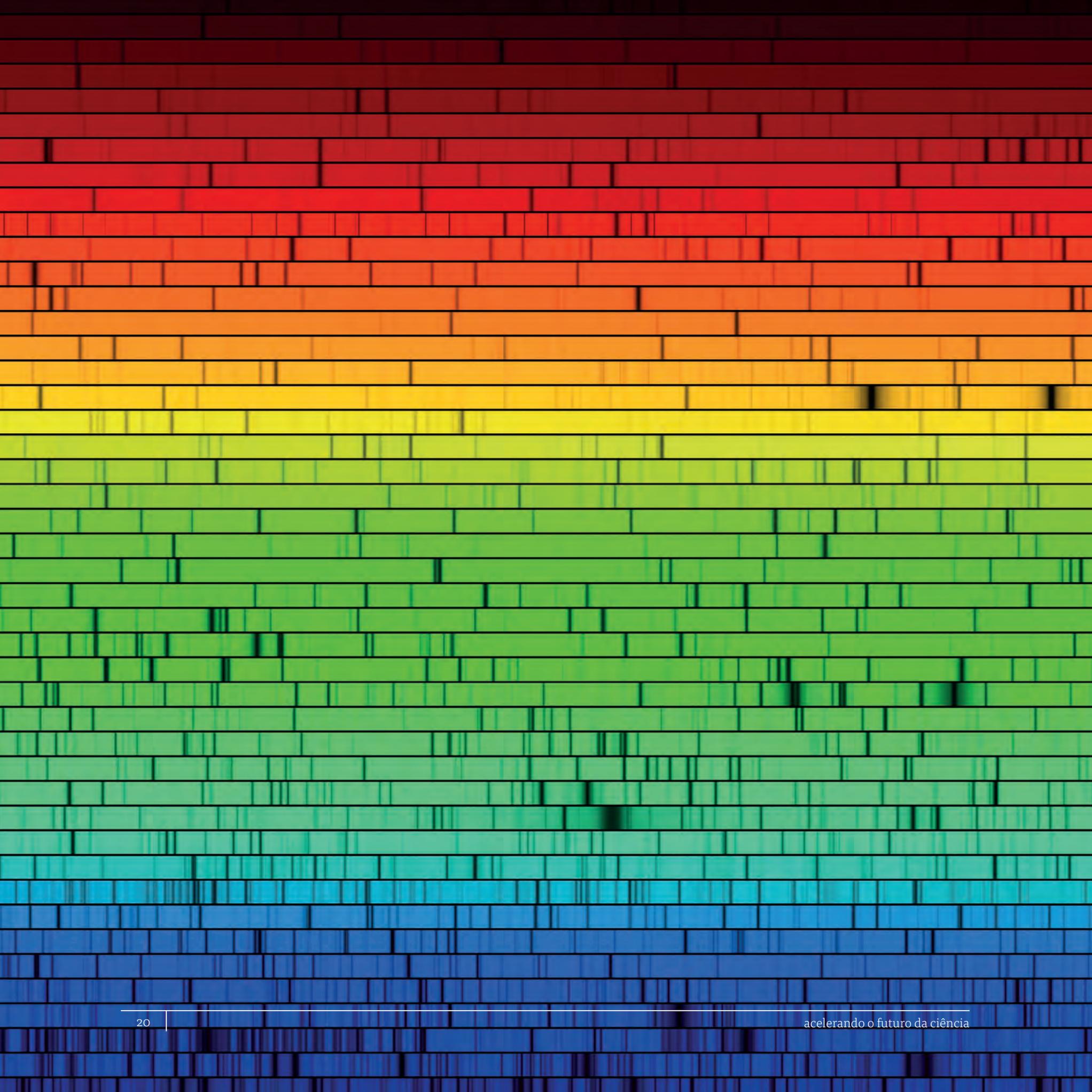


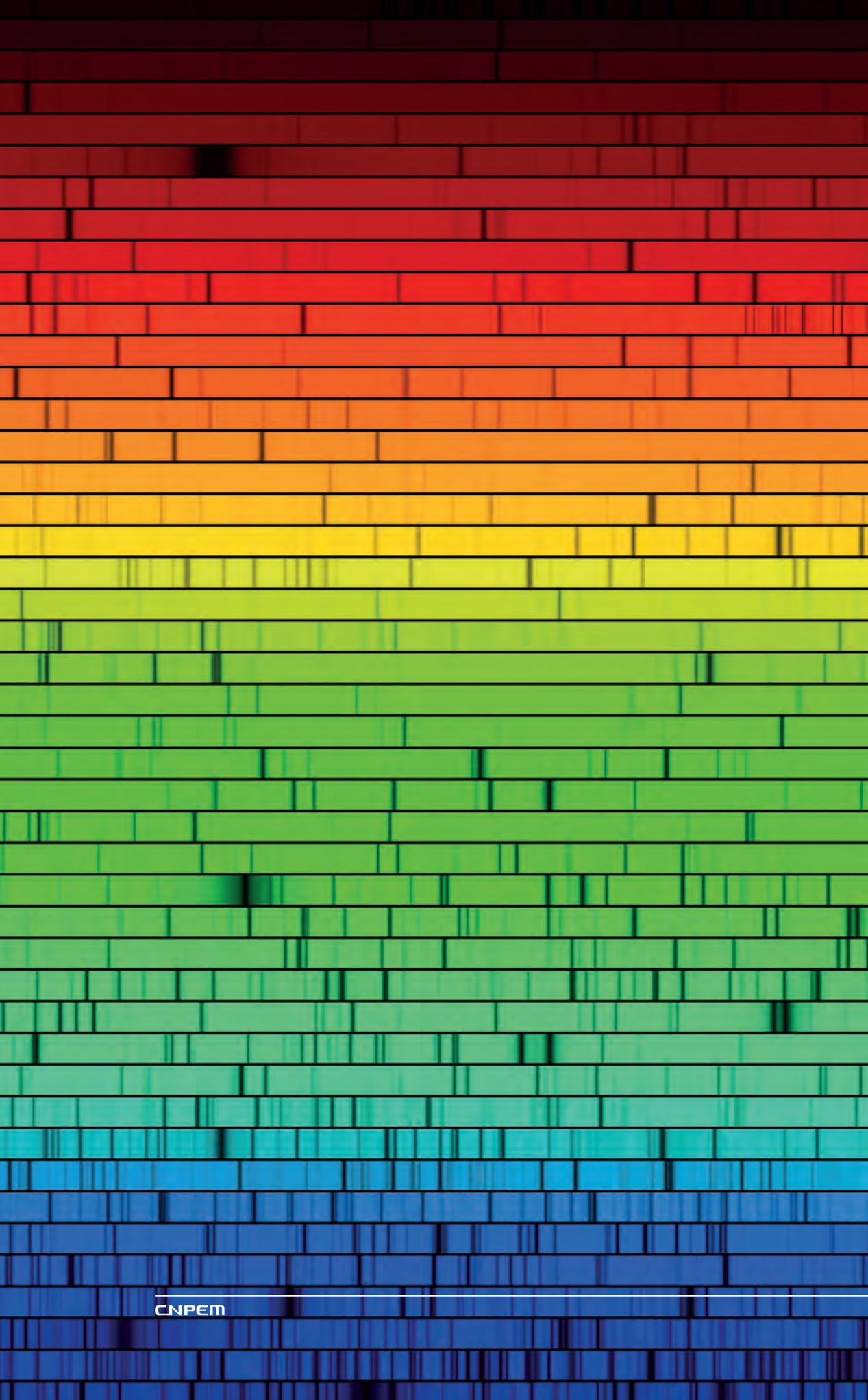
**H**oje sabemos ainda que todas as coisas, vivas ou não, são formadas de átomos. Estes átomos são compostos por um núcleo, positivamente carregado, e elétrons, negativamente carregados, que orbitam de maneira estável o entorno do núcleo. Cada material é composto por diferentes tipos de átomos, isto é, diferentes elementos químicos, que se ligam de diferentes formas.

A forma como os átomos de uma substância se distribuem no espaço vai então definir a distribuição dos elétrons ao longo do material – sua estrutura eletrônica. Dessa estrutura dependem as propriedades macroscópicas de um material – se ele será rígido ou maleável, opaco ou transparente, ou ainda condutor, semicondutor ou isolante.

Por exemplo, diamante e grafite, dois materiais com propriedades completamente distintas, são compostos pelos mesmos átomos de carbono, tendo como única diferença sua disposição espacial.

A compreensão das propriedades dos materiais requer, portanto, que conheçamos os átomos que os compõem e como estão distribuídos.





A forma como as ondas eletromagnéticas interagem com os materiais – se são refletidas ou absorvidas pelos objetos – depende, entre outros fatores, dos átomos que os constituem. Não só isso, como cada elemento químico possui uma espécie de impressão digital que permite que ele seja identificado pela forma como interage com as ondas eletromagnéticas, sejam visíveis ou não.

Assim, da mesma forma como a luz visível permite que observemos características macroscópicas das coisas, é possível utilizar tanto a luz visível como todas as outras diversas ondas eletromagnéticas para investigar a estrutura, a composição e as propriedades das coisas na escala microscópica. Elas nos permitem abrir uma nova janela para a observação do mundo ao nosso redor.

*Ao passar a luz do Sol por um equipamento semelhante a um prisma é possível observar todos os diferentes tipos de luz visível emitidos pela Estrela. As faixas escuras correspondem à luz absorvida pelos gases na superfície do Sol. Cada elemento químico absorve faixas muito específicas da luz e, por isso, a partir da análise dessa luz faltante, é possível identificar quais são os elementos químicos presentes na superfície do Sol. Por exemplo, o elemento químico Hélio foi descoberto primeiro no Sol, a partir de uma análise desse tipo em 1870, anos antes da descoberta de sua presença na Terra.*





Muitos dos desafios que o Brasil e o mundo enfrentam hoje exigem desenvolvimentos científicos e tecnológicos cada vez mais sofisticados. Seja na criação de fármacos contra novas doenças, no aproveitamento da biomassa como fonte de energia renovável, ou no desenho de novos fertilizantes para uma agricultura mais sustentável, é essencial a compreensão e a manipulação dos mecanismos microscópicos por trás de processos macroscópicos.

Para isso são necessárias ferramentas avançadas, que permitam investigar todo tipo de material, seja biológico ou sintético, com alta resolução espacial para a visualização de detalhes micro e nanométricos. É importante, ainda, investigar materiais em diferentes escalas de tamanho e com alta resolução temporal, para o estudo de fenômenos que ocorrem em frações de segundos. Por fim, tudo isso deve ser investigado nas condições reais em que o material será utilizado, se possível com o detalhamento de diferentes informações, como a concentração e distribuição dos seus elementos químicos e de suas ligações químicas.



# A LUZ SÍNCRON \_TRON

A luz síncrotron é um tipo de radiação eletromagnética extremamente brilhante que se estende por um amplo espectro, isto é, ela é composta por diversos tipos de luz, desde o infravermelho, passando pela luz visível e pela radiação ultravioleta e chegando aos raios X.

Com o uso dessa luz especial é possível penetrar a matéria e revelar características de sua estrutura molecular e atômica para a investigação de todo tipo de material. O seu amplo espectro permite realizar diferentes tipos de análise com as diferentes radiações que a compõem. Já seu alto brilho permite experimentos extremamente rápidos e a investigação de detalhes dos materiais na escala de nanômetros. Com a luz síncrotron é também possível acompanhar a evolução no tempo de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em frações de segundo.

As características desta luz permitem ainda que essas análises sejam feitas enquanto os materiais são submetidos a diversas condições de temperatura e pressão, de vácuo e fluxo de diferentes gases, de campos elétricos e magnéticos, e muitas outras variáveis. Dessa forma, é possível realizar experimentos nas mesmas condições em que as amostras se encontram na natureza – como no interior da crosta terrestre – ou nas condições em que os materiais serão utilizados, como em processos industriais, por exemplo.





# SOLOS

**N**a agricultura, um ou mais nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas são fornecidos ou suplementados através de fertilizantes, que podem ser substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas. No entanto, o caminho físico-químico percorrido pelos nutrientes desde sua dispersão no solo até sua absorção e incorporação no metabolismo vegetal ainda não é bem compreendido, o que provoca o uso ineficiente de fertilizantes, muitas vezes de forma excessiva e nociva ao meio ambiente.

O solo é uma combinação sólida e heterogênea de compostos orgânicos e inorgânicos, imersos em soluções aquosas e em meio a raízes de plantas. Os processos químicos, físicos e biológicos que ali acontecem em nível atômico e molecular controlam o transporte, a disponibilidade e a absorção de nutrientes, assim como o transporte de poluentes e a contaminação do solo.

A luz síncrotron permite a investigação da estrutura desta região, chamada de rizosfera, em diversas escalas e em alta resolução. Ela é capaz de revelar como os átomos e moléculas tanto de nutrientes quanto de poluentes “caminham” no solo, e como mudam quimicamente ao interagirem com outras moléculas. Dessa forma, os processos que ocorrem no solo podem ser mais bem conhecidos e controlados, contribuindo para uma produção agrícola mais eficiente e menos agressiva ao meio ambiente.





# NOVOS FÁRMA \_COS

A partir do momento em que uma molécula relacionada a alguma doença é identificada, seja ela produzida por um agente infeccioso ou pelo próprio organismo humano, ela pode se tornar um alvo terapêutico, isto é, um alvo para a ação de um fármaco. Como em um quebra-cabeças, a molécula do fármaco deve se encaixar à molécula alvo para impedir sua ação em nosso organismo.

Por isso, a busca por um fármaco se torna mais eficiente se conhecermos o formato das moléculas que devem se encaixar. No entanto, nesse jogo da descoberta de novos medicamentos, diferentemente de um quebra-cabeças, as peças não são visíveis a olho nu.

A luz síncrotron é uma ferramenta essencial na investigação da estrutura tridimensional de moléculas, que permite entender a fundo sua ação no organismo e os processos pelo quais um potencial fármaco deve ligar-se a ela. Dessa forma, é possível descobrir novos fármacos, ou entender o funcionamento de medicamentos já conhecidos e aumentar sua efetividade.





# CATALISADORES

Catalisadores são substâncias facilitadoras de reações químicas utilizadas em praticamente todos os processos industriais que envolvem a transformação de produtos primários. A busca por catalisadores mais eficientes e mais acessíveis tem impacto direto sobre a economia e o meio ambiente, por exemplo, ao baratear processos produtivos e ao proporcionar uma produção industrial mais limpa.

Essa investigação, no entanto, exige que os catalisadores sejam estudados em condições de operação, isto é, simulando as mesmas condições em que serão aplicados nos processos industriais. Essas condições incluem altas temperaturas, altas pressões, e a presença de diferentes reagentes.

A luz síncrotron permite estudar essas reações químicas em tempo real, com o acompanhamento das modificações na estrutura tanto dos reagentes quanto dos catalisadores. Isso permite a compreensão detalhada do funcionamento de determinado catalisador, e guia modificações que podem ser feitas para aprimorar seu desempenho, tornando-o, por exemplo, mais barato para ser produzido, mais seletivo ao produto de interesse, e mais ativo a menores temperaturas e pressões.



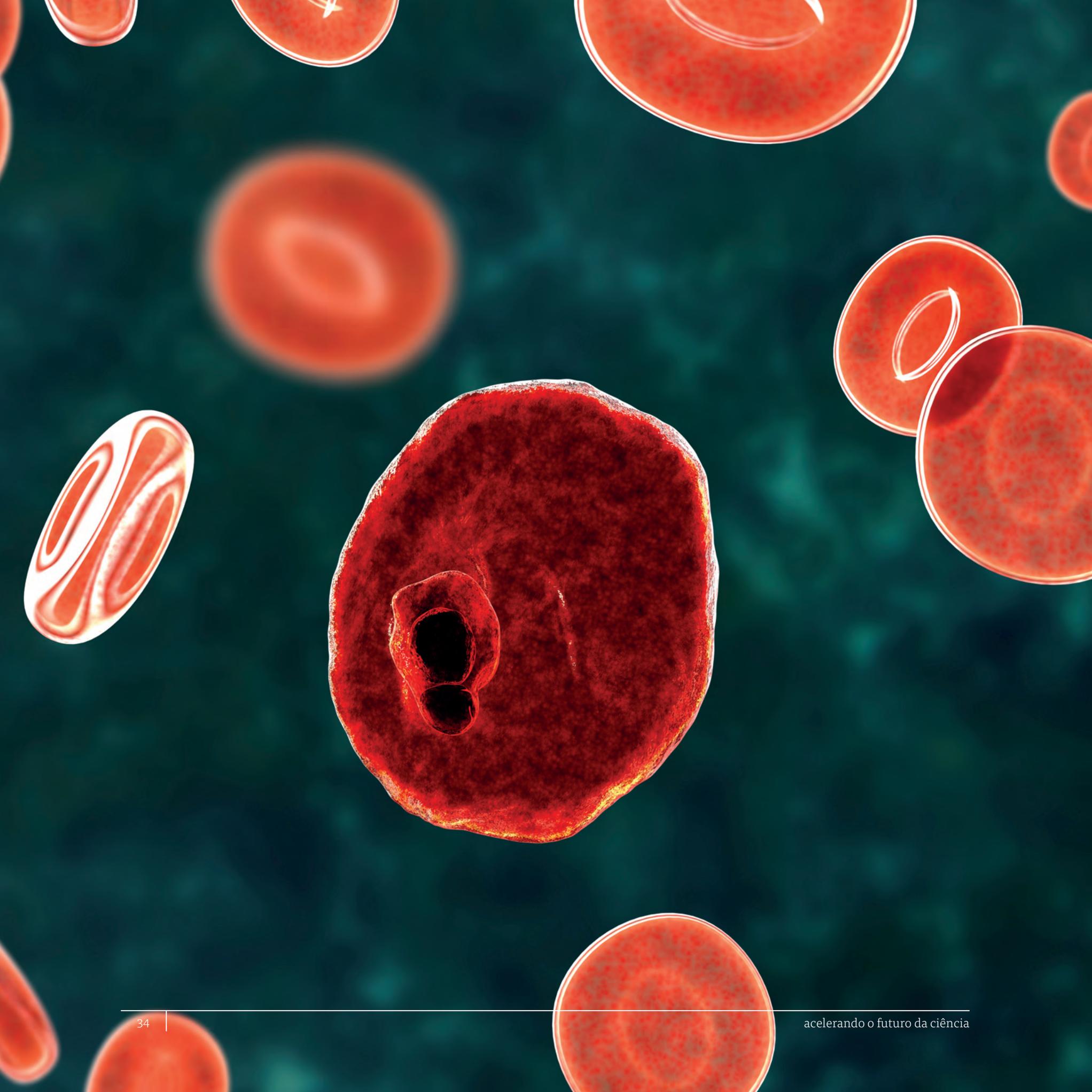


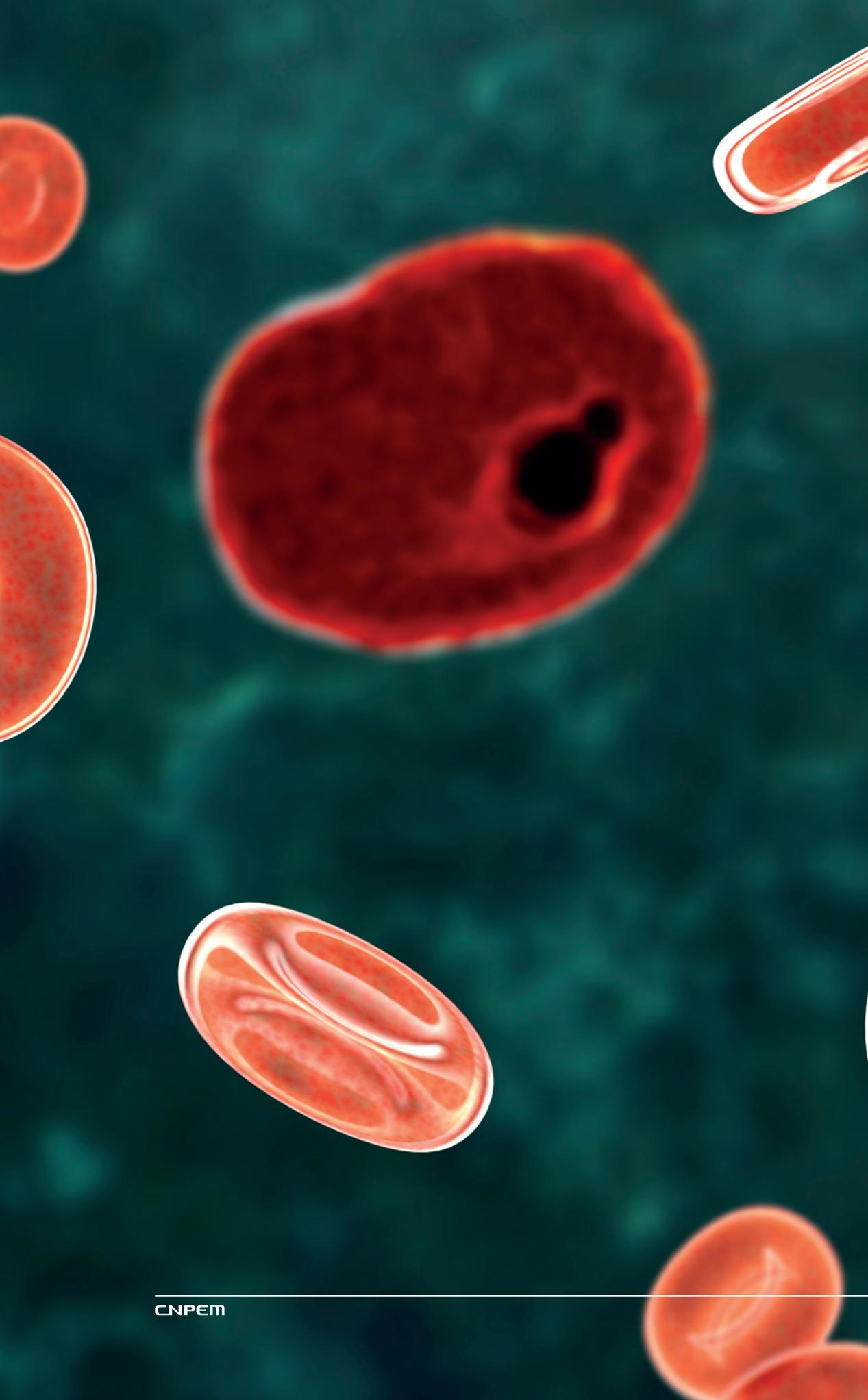
# FERTILI \_ZANTES

O nitrogênio é um importante elemento químico para as plantas, componente de proteínas e da clorofila. No entanto, embora o gás nitrogênio ( $N_2$ ) seja abundante na atmosfera, ele não pode ser absorvido diretamente do ar pelas plantas. Antes, o gás nitrogênio precisa ser transformado em outras formas químicas, como a amônia ( $NH_3$ ).

Da mesma forma, fertilizantes sintéticos contendo nitrogênio são obtidos através de reações químicas entre o nitrogênio atmosférico e matérias-primas provenientes das indústrias petrolífera e da mineração. Essa reação requer condições extremas de temperatura e pressão, e estima-se que o processo consuma entre 1 e 2% da produção mundial de energia.

Por outro lado, essa transformação de nitrogênio em amônia já ocorre no próprio solo em pressão e temperatura ambiente, proporcionada por enzimas, chamadas nitrogenases, que são produzidas por bactérias. A luz síncrotron permite investigar não só a estrutura tridimensional do arranjo dos átomos que compõem essas enzimas, mas também sua interação com outras moléculas e seu mecanismo de ação na quebra do nitrogênio e formação da amônia. A compreensão desse mecanismo é essencial para seu uso industrial na produção mais eficiente e sustentável de fertilizantes.



A microscopic view of red blood cells and a malaria parasite. The background is a dark teal color. Several red blood cells are visible, some in focus and some blurred. A large, dark, irregularly shaped parasite is the central focus, showing internal structures. A smaller, more elongated parasite is visible in the lower left. A portion of a red blood cell is visible in the upper right corner.

# DOENÇAS NEGLÍGEN \_CIADAS

Um problema importante para a medicina são as chamadas doenças tropicais negligenciadas. Essas são doenças endêmicas de regiões tropicais, que afetam especialmente as populações de baixa renda. Além disso, são doenças contra as quais há investimento insuficiente em pesquisa, produção de medicamentos e controle de transmissão.

Uma delas é, por exemplo, a Malária. Esta é uma doença infecciosa, febril, potencialmente grave, causada pelo parasita do gênero *Plasmodium*, transmitido principalmente pela picada de mosquitos infectados. Durante o desenvolvimento do parasita nos glóbulos vermelhos, ele passa por várias transformações que permitem sua propagação no hospedeiro e a infecção de outros mosquitos, dando continuidade a seu ciclo de vida.

A luz síncrotron permite o conhecimento da estrutura tridimensional das diferentes fases do desenvolvimento deste e de outros parasitas, o que guia o desenvolvimento de formas de atacá-los, impedindo a transmissão da doença. A luz síncrotron permite também uma visão global dos mecanismos de metabolismo celular, desde o nível atômico até o nível de tecido, abrindo não só perspectivas em parasitologia como também na compreensão de processos ligados a outras doenças, nutrição e atividade enzimática.





# MATERIAIS AVANÇADOS

Os desafios para se alcançar um desenvolvimento sustentável passa pela disponibilidade de energia abundante, limpa e barata. Deste modo, novos materiais precisam ser desenvolvidos para aprimorar a conversão de biomassa em combustíveis e para canalizar de forma eficiente a energia luminosa do sol, energia cinética dos ventos ou energia potencial dos recursos hídricos.

Neste sentido também é essencial uma produção industrial mais eficiente e menos poluente, através da criação de catalisadores mais baratos e seletivos, de materiais renováveis mais leves e resistentes – como plásticos, vidros e fibras –, assim como componentes para dispositivos eletrônicos cada vez mais potentes e ao mesmo tempo econômicos.

A luz sincrotron oferece uma enorme variedade de formas de enxergar, em detalhe, as interações dos elétrons entre si e com a luz, as ligações entre elementos químicos e suas interações com outras substâncias. A combinação dessas ferramentas é essencial para o desenvolvimento de novos materiais.



# ENERGIA RENOVÁ \_VEL

A transformação da biomassa – como a palha e o bagaço da cana-de-açúcar, que são resíduos da indústria sucroalcooleira – em combustíveis e produtos químicos tem o potencial de se tornar uma alternativa viável aos combustíveis fósseis, como o petróleo e o gás natural. Tornar essa transformação eficiente e economicamente viável é um dos grandes desafios deste século.

Para que a conversão da biomassa aconteça, é preciso que os carboidratos que a compõem, como a celulose, sejam quebrados em açúcares menores. Catalisadores são interessantes neste processo porque são facilmente separados do meio em que ocorre a reação química, podem ser reciclados e são também resistentes ao meio agressivo necessário para a transformação da biomassa. Outra alternativa é a utilização de coquetéis enzimáticos produzidos por microrganismos especializados na degradação de biomassa vegetal.

A luz síncrotron auxilia no desenvolvimento tanto de catalisadores como de coquetéis enzimáticos de baixo custo, que promovam elevada conversão do reagente e seletividade ao produto de interesse.



# NOVOS TRATA- \_MENTOS

O câncer é um conjunto de doenças caracterizadas pela multiplicação descontrolada de células, e um dos principais métodos para seu tratamento é a quimioterapia, que utiliza fármacos para bloquear o crescimento dessas células ou destruí-las. A maioria das drogas utilizadas age interferindo na mitose, o mecanismo celular pelo qual novas células são produzidas. Por isso, tanto células cancerosas quanto saudáveis são afetadas, levando a diversos efeitos colaterais.

Mundialmente, esforço considerável tem sido direcionado ao desenvolvimento de novos métodos que minimizem os danos para o organismo. Um desses métodos é a utilização de nanopartículas, aglomerados de poucas centenas de átomos, que funcionam como pílulas que carregam e entregam o medicamento diretamente às células doentes. Nanopartículas desse tipo também oferecem grande potencial no combate a bactérias – inclusive aquelas que apresentam resistência a antibióticos – e a vírus.

A luz síncrotron contribuiu no estudo de nanopartículas de forma geral, e no desenvolvimento deste e de outros novos métodos para o tratamento do câncer, para o combate a bactérias resistentes, vírus e muitas outras novas formas inovadoras de tratamento.





# PETRÓLEO E GÁS NATURAL

**M**esmo com a intensa busca de fontes alternativas de energia, a matriz energética mundial ainda é majoritariamente dependente do petróleo. Assim, novos materiais são necessários não só para aprimorar sua extração e refino, como também para a utilização mais eficiente dos combustíveis fósseis e para a reciclagem do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outras substâncias resultantes de seu consumo.

A exploração de óleo e gás em águas profundas necessita, por exemplo, da compreensão das propriedades mecânicas e de transporte dos materiais sob os quais são encontrados o óleo e o gás. A heterogeneidade e propriedades multifásica e multiescala desses materiais impõem inúmeros desafios para seu estudo.

A luz síncrotron permite análises que fazem a conexão entre a escala micro e a macroscópica, incluindo medidas em diferentes condições de pressão e temperatura presentes no interior dos reservatórios.





# BENEFÍ CIOS PARA A INDÚSTRIA

A luz síncrotron é uma aliada do setor produtivo mundial e já beneficiou o desenvolvimento de inúmeros produtos. A farmacêutica Abbott usou a luz síncrotron no desenvolvimento do Kaletra, um dos medicamentos prescritos para tratamento da infecção pelo HIV. A P&G usou a tecnologia para o desenvolvimento de condicionadores, detergentes, e outros produtos, enquanto a Dow Chemical utilizou a luz síncrotron no desenvolvimento de materiais para melhorar a absorção de fraldas descartáveis.

A luz síncrotron já foi – e ainda é – utilizada no desenvolvimento de baterias mais duráveis, resistentes e baratas para carros elétricos, celulares e laptops e para o desenvolvimento de novos semicondutores, capazes de aumentar a eficiência de células solares orgânicas para a produção de energia elétrica.

Muitas das maiores empresas dos EUA utilizaram a luz síncrotron em seus produtos. Exxon Mobil, Chevron, General Electric, Ford, HP, GM, IBM, Boeing, Johnson & Johnson, Pfizer, Novartis, Intel e 3M estão entre essas empresas. No Brasil, empresas como Vale, Braskem, Petrobras e Oxiteno também buscaram na luz síncrotron apoio na solução de sofisticados desafios tecnológicos.





**SIRIUS,  
A NOVA  
FONTE  
DE LUZ  
SÍNCROTRON  
BRASILEIRA**





**S**irius, a nova fonte de luz síncrotron brasileira, é a maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País, projetada para produzir a luz síncrotron mais brilhante dentre todos os equipamentos na sua faixa de energia.

Fontes de luz síncrotron são equipamentos científicos de grande porte, que produzem radiação eletromagnética de forma controlada. Essa radiação é então usada para a investigação da composição e estrutura da matéria em suas mais variadas formas, com aplicações em praticamente todas as áreas do conhecimento.

Por ser uma infraestrutura aberta de pesquisa, Sirius estará à disposição da comunidade científica brasileira e internacional, permitindo que centenas de pesquisas acadêmicas e industriais sejam realizadas anualmente, por milhares de pesquisadores. Por meio da investigação de fenômenos e resolução de problemas de naturezas diversas, as mais variadas áreas do conhecimento poderão ser beneficiadas.

Sirius irá contribuir para a solução de grandes desafios científicos e tecnológicos, como o desenvolvimento de vacinas, medicamentos e novos tratamentos para doenças, por exemplo. Na área de agricultura, poderão ser pesquisados novos fertilizantes, espécies vegetais mais resistentes e adaptáveis e novas tecnologias de cultivo. Sirius também permitirá estudos visando um melhor aproveitamento de fontes de energia renovável, melhores processos de extração de petróleo em águas profundas e muitas outras aplicações, com potencial para gerar grandes impactos econômicos e sociais.



*Confira o vídeo “Sirius: Luz para o conhecimento”, que apresenta o projeto e sua importância para áreas de pesquisa estratégicas.*





# COMO FUNCIONA O SIRIUS?

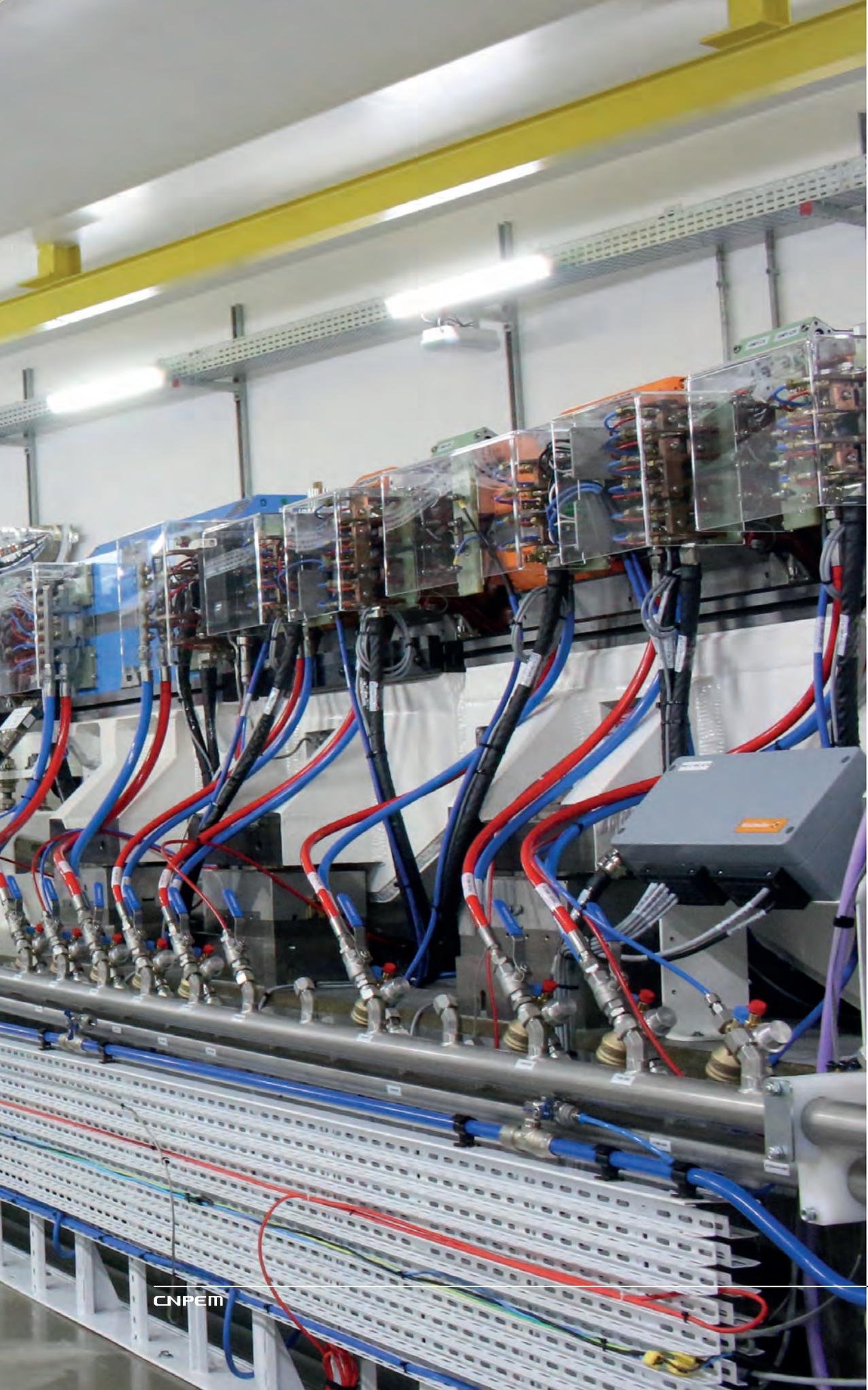
**F**ontes de luz síncrotron são, em essência, grandes máquinas produtoras de luz, e funcionam de forma semelhante a diversas tecnologias bastante familiares.

Em telefones celulares, por exemplo, o circuito eletrônico do aparelho faz com que uma corrente elétrica – que é formada pelo movimento de elétrons – oscile de um lado para o outro no material condutor da antena. Esse processo, de aceleração e desaceleração das partículas, produz as ondas de rádio e micro-ondas que são emitidas pelo telefone, e que são responsáveis pela transmissão de informação.

Já nas máquinas hospitalares de raios X, elétrons são acelerados no vácuo até a altas velocidades e, a seguir, se chocam contra um alvo metálico. Ao atingi-lo, as partículas são freadas pelos átomos constituintes do alvo e a energia perdida nessa desaceleração é emitida na forma de raios X. Ambos os exemplos ilustram um fato fundamental da natureza: partículas carregadas, como os elétrons, emitem ondas eletromagnéticas quando são aceleradas.

Os tipos de onda eletromagnética produzidos dependem da velocidade em que essas partículas estejam viajando ao serem aceleradas ou desaceleradas. No celular, os elétrons correm na antena a velocidades relativamente baixas, e por isso a radiação produzida é na faixa das ondas de rádio e micro-ondas. Por outro lado, no raio-X hospitalar, os elétrons têm velocidades extremamente altas, e, ao serem freados, a radiação emitida é na faixa dos raios X.





As fontes de luz síncrotron tem em seu coração um conjunto de aceleradores de partículas, especificamente aceleradores de elétrons. Essas grandes máquinas são projetadas para gerar feixes de partículas subatômicas, como os elétrons, e acelerá-las até velocidades altíssimas, muito próximas da velocidade da luz, com movimento controlado.

Em uma fonte de luz síncrotron, os aceleradores de elétrons mantêm essas partículas circulando em órbitas estáveis por várias horas, em ultra-alto vácuo. Durante esse processo, os elétrons têm sua trajetória guiada por eletroímãs. Sempre que os elétrons são desviados pelos campos magnéticos e forçados a fazerem uma curva, isto é, sempre que sofrem uma aceleração centrípeta, eles emitem radiação eletromagnética. Essa radiação eletromagnética é a chamada luz síncrotron.

A luz síncrotron não é emitida em todas as direções, mas sim concentrada na direção tangente à curva feita pelos elétrons. Por isso, ao redor dos aceleradores de partículas são instaladas estações de pesquisa, chamadas linhas de luz, que acondicionam e focalizam a luz síncrotron para que ela ilumine as amostras dos materiais que se quer analisar.



Confira o timelapse que mostra o processo de instalação dos aceleradores de elétrons, entre agosto de 2018 e julho de 2019!

## 1. ACELERADOR LINEAR - LINAC

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

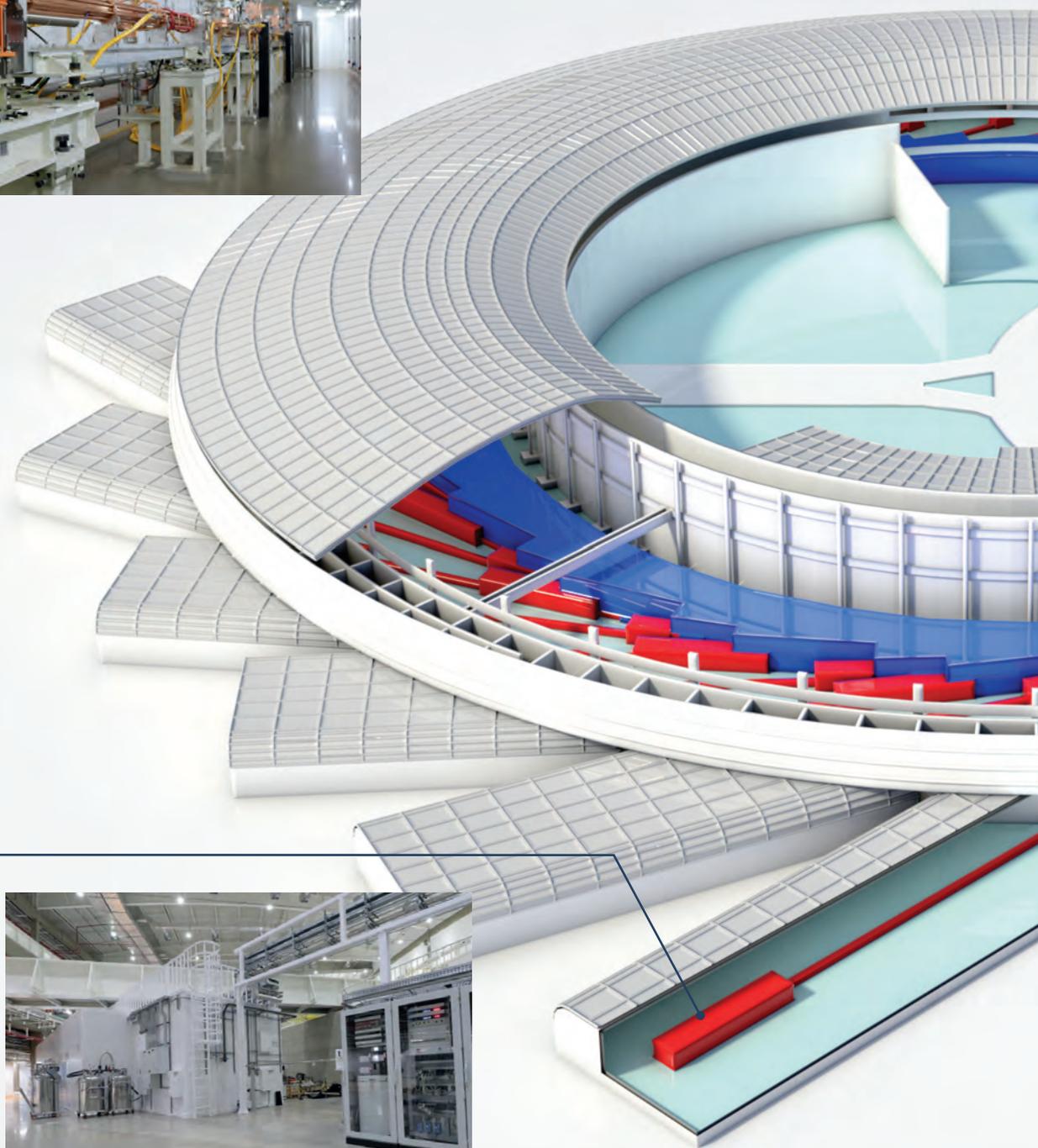


## 4. ESTAÇÕES DE PESQUISA | LINHAS DE LUZ

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

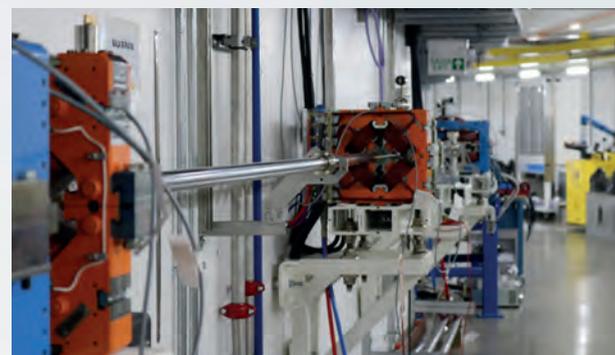
A partir do modo como a luz síncrotron é absorvida, refletida ou espalhada pelo material, é possível avaliar os tipos de átomos e de moléculas que o constitui, seus estados químicos, sua organização espacial e propriedades elétricas, eletrônicas, magnéticas, entre outras características.

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



## 2. ACELERADOR INJETOR - BOOSTER

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

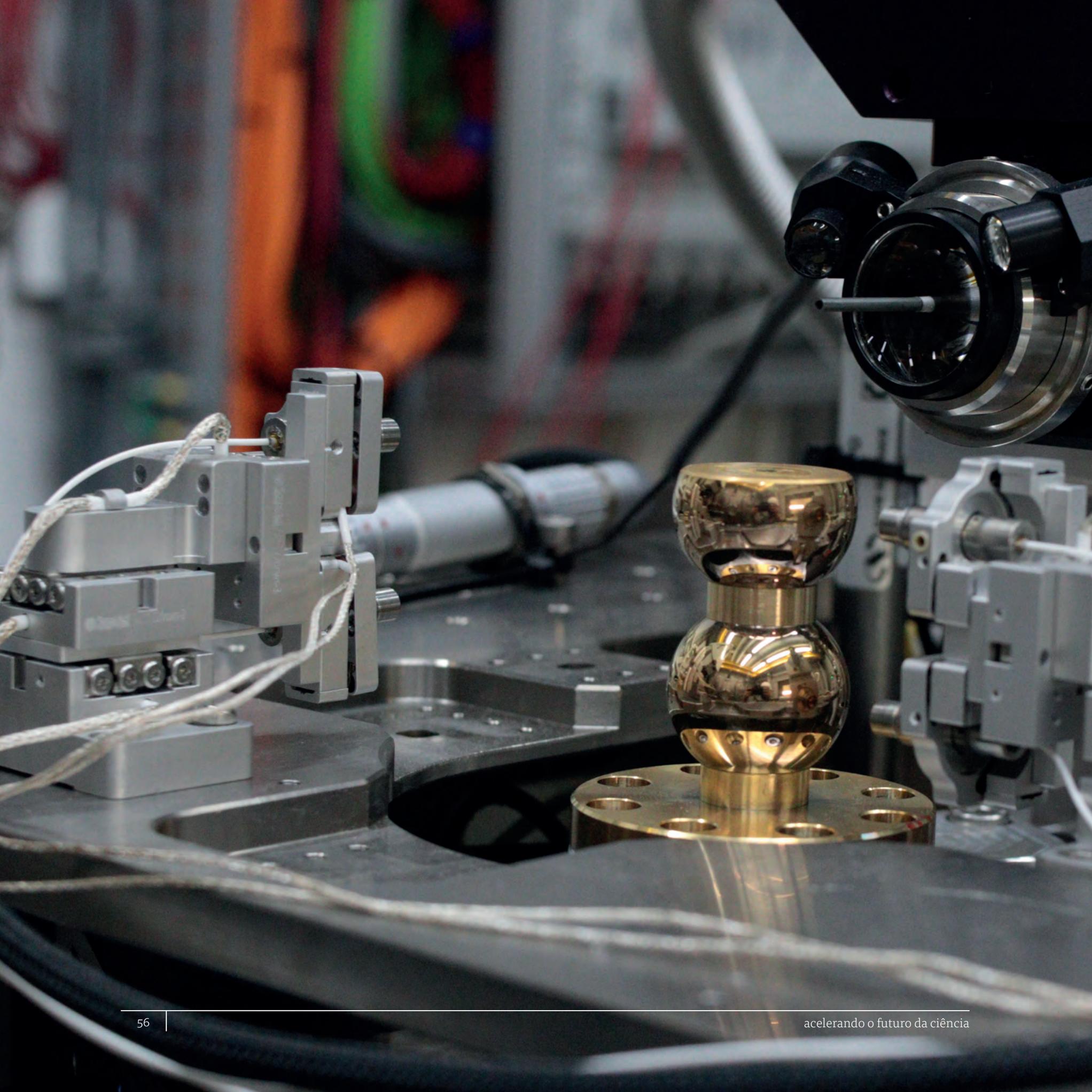


## 3. ACELERADOR PRINCIPAL - ANEL DE ARMAZENAMENTO

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

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





# LINHAS DE LUZ

**E**m uma fonte de luz síncrotron, como o Sirius, as linhas de luz são as estações de pesquisa onde são feitos experimentos. As diferentes técnicas experimentais disponíveis neste tipo de infraestrutura permitem observar aspectos microscópicos dos materiais, como os átomos e moléculas que os constituem, seus estados químicos e sua organização espacial, além de acompanhar a evolução no tempo de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em frações de segundo.

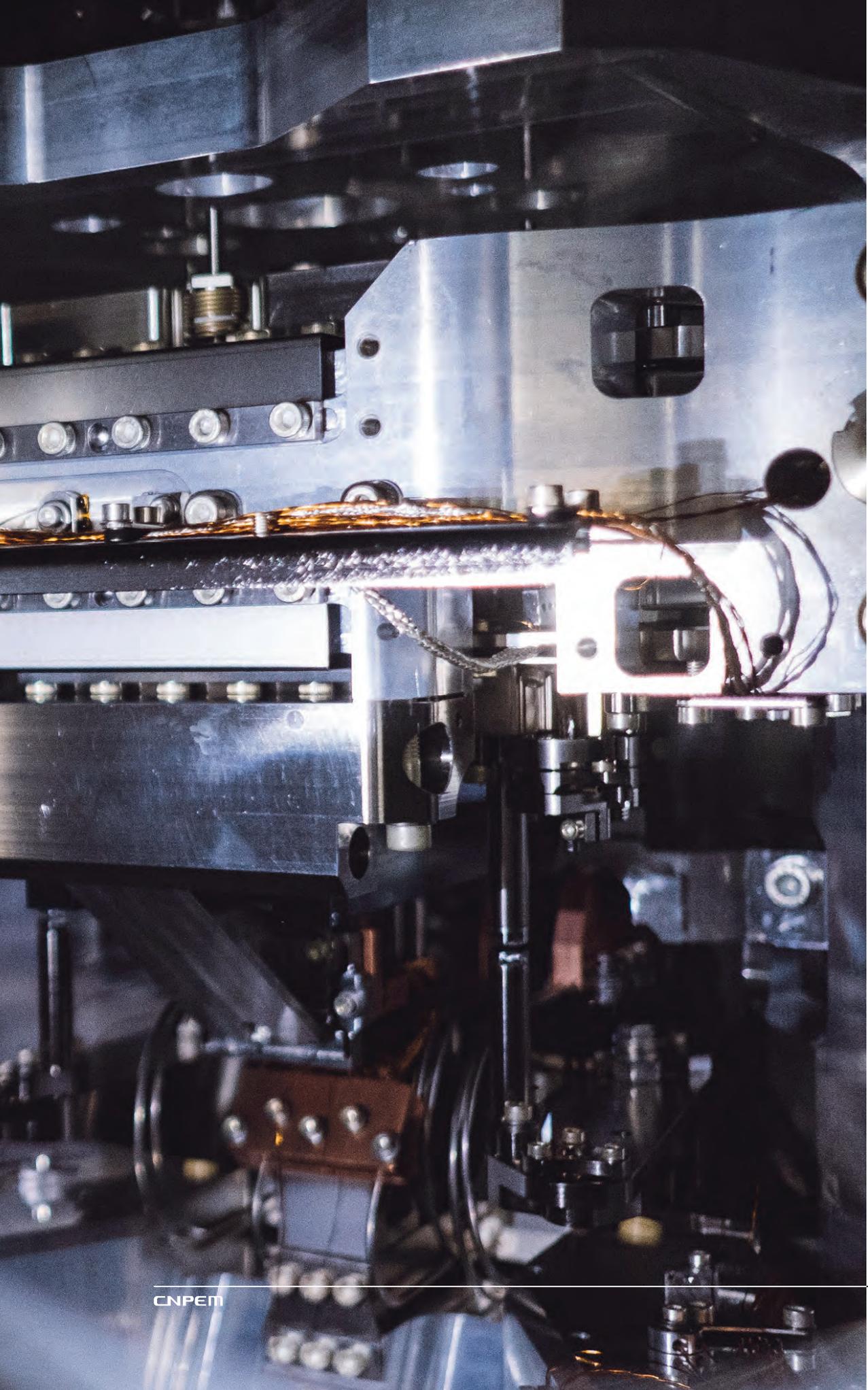
Em uma linha de luz é possível acompanhar também como essas características microscópicas são alteradas quando o material é submetido a diversas condições, como temperaturas elevadas, tensão mecânica, pressão, campos elétricos ou magnéticos, ambientes corrosivos, etc., em uma classe de experimentos denominada *in situ*. Essa capacidade é uma das principais vantagens das fontes de luz síncrotron, quando comparadas a outras técnicas de alta resolução, como a microscopia eletrônica.

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



*Confira o vídeo que mostra o processo de montagem de uma das linhas de luz do Sirius!*

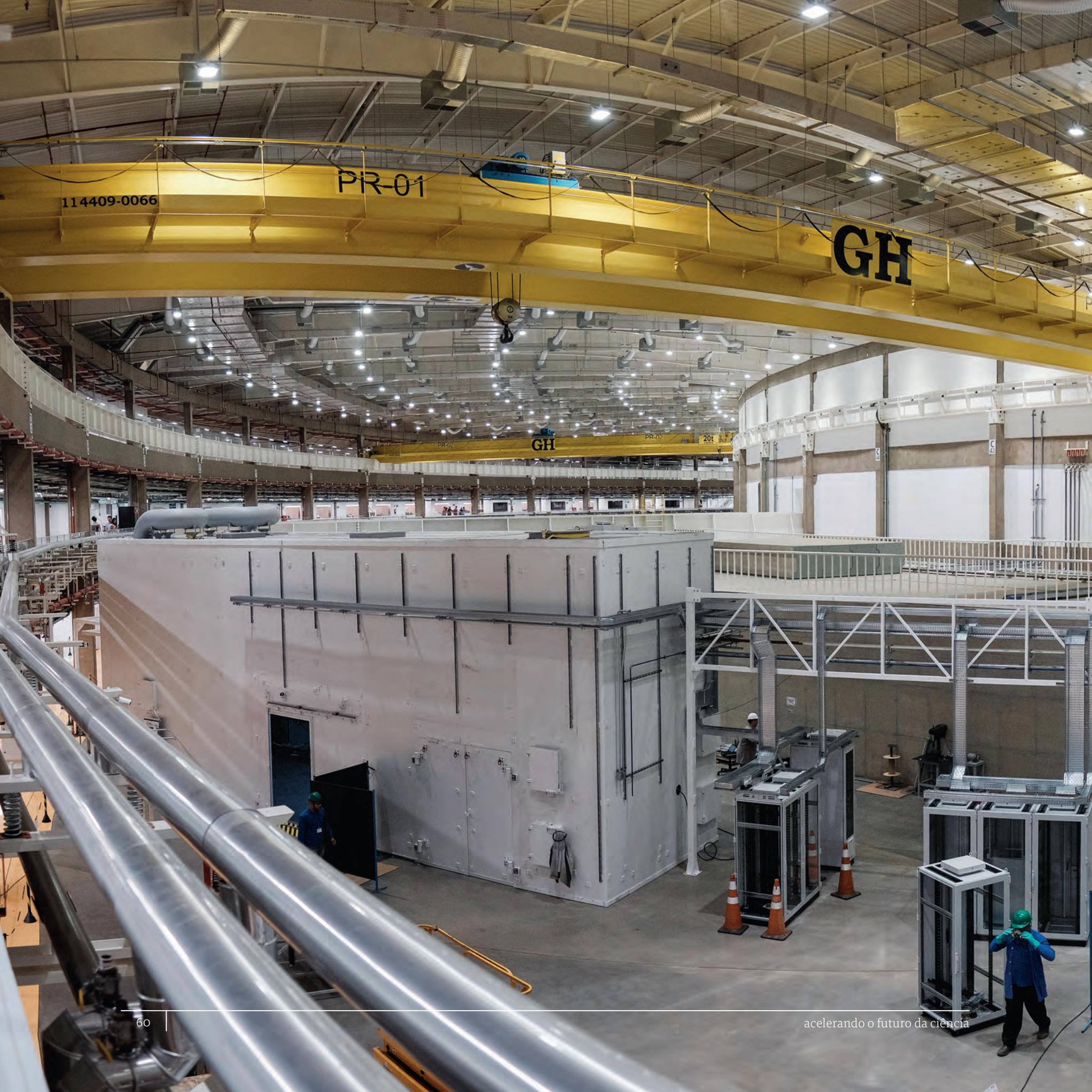




**E**m uma fonte de luz síncrotron, quanto mais intensa e focalizada for a luz produzida, maior é o detalhamento que se obtém sobre a amostra analisada. Essas qualidades constituem o brilho desta fonte, de modo que quanto mais brilhante for a luz, maior é a qualidade e a variedade das pesquisas que podem ser realizadas em suas estações de pesquisa. Assim, há uma busca constante pela construção de fontes de luz cada vez mais brilhantes.

Sirius se destaca por ter o maior brilho, entre as fontes de luz síncrotron com sua faixa de energia no mundo. Por isso, ele permitirá a realização de experimentos até então impossíveis no Brasil, e em alguns casos impossíveis em todo o mundo.

Além disso, esse alto brilho permitirá que experimentos que já são feitos hoje sejam muito aprimorados, seja pela redução no tempo de aquisição de dados, pela melhora da precisão dos resultados das medidas ou pelo aumento do número de amostras que podem ser analisadas em um mesmo intervalo de tempo.



114409-0066

PR-01

GH

GH

PR-02

20t



Batizadas com nomes da fauna e flora brasileiras, as linhas de luz do Sirius são planejadas para abrigar instrumentação científica avançada, adequada para solucionar problemas em áreas estratégicas para o desenvolvimento do País. Inicialmente, um conjunto de 14 linhas de luz foi planejado para cobrir uma grande variedade de programas científicos.

Dessas 14 linhas, seis estão em montagem avançada, e fazem parte de uma primeira fase de entregas. Em seguida, outras oito estações de pesquisa serão construídas até o final do projeto, previsto para ocorrer em 2021. Ao todo, Sirius poderá abrigar até 38 linhas de luz, das quais seis serão linhas longas, com comprimento de 100 a 150 metros.

Além de permitir experimentos extremamente avançados, Sirius irá proporcionar toda a infraestrutura necessária para que os pesquisadores realizem suas investigações. Para isso, laboratórios de apoio, instalados ao redor das linhas de luz, atenderão as demandas de usuários quanto ao preparo e condicionamento de amostras, realização de reações químicas controladas e uso de equipamentos eventualmente indisponíveis na instituição de origem do pesquisador.



# CARNAÚ \_BA

O solo é uma combinação heterogênea de compostos orgânicos e inorgânicos, imersos em soluções aquosas e em meio a raízes de plantas. Os processos químicos, físicos e biológicos que ali acontecem em nível atômico e molecular controlam o transporte e a disponibilidade de nutrientes. Dessa forma, o conhecimento dessa região na escala nanométrica é essencial para se alcançar uma produção agrícola mais eficiente e sustentável.

Na linha de luz Carnaúba poderão ser realizadas análises dos mais diversos materiais nanoestruturados, visando a obtenção de imagens 2D e 3D com resolução nanométrica da composição e estrutura de solos, materiais biológicos e fertilizantes, por exemplo, além de outras investigações nas áreas de ciências ambientais. Isso é possível porque esta será a linha de luz mais longa do Sirius, com 150 metros de comprimento. A grande distância entre a fonte de raios X e a amostra permite produzir um feixe de luz síncrotron com foco de apenas 30 nanômetros.

*Carnaúba (Copernicia prunifera) é uma árvore endêmica do nordeste do Brasil, símbolo do estado do Ceará e popularmente conhecida como árvore da vida. O nome provém do tupi karana'iwa, "árvore do caraná".*



# CATERETÊ

A compreensão de problemas relacionados às ciências da vida e medicina passa pelo estudo de seres vivos em escalas que vão desde proteínas e enzimas, moléculas biológicas ativas e organelas, células, tecidos e órgãos, até organismos inteiros.

A linha de luz Cateretê será otimizada para a obtenção de imagens tridimensionais com resolução nanométrica de materiais de diferentes tamanhos, desde uma macromolécula de dezenas de nanômetros até o tecido de alguns milímetros na qual ela se encontra. Assim, essa linha de luz permite a investigação da dinâmica de fenômenos biológicos em diferentes escalas.

Uma das principais características da Cateretê é o seu feixe de raios X coerente e focalizado em uma região de cerca de 40 micrômetros. Com ele será possível obter imagens de células de mamíferos de dezenas de micrômetros, em três dimensões, de forma não destrutiva e em ambiente líquido, semelhante a seu ambiente natural. Esse tipo de imagem ainda não foi obtido por nenhum outro método no mundo, e deve ser gerado pela primeira vez nesta linha de luz.



*Cateretê, ou jacarandá branco (Machaerium vestitum), é uma árvore encontrada nas regiões sudeste e sul do Brasil. Seu nome tem origem Tupi e também batiza uma dança brasileira.*





# EMA

Quando a matéria é submetida a condições extremas de temperatura, pressão ou campo magnético, ela pode apresentar novas propriedades físicas e químicas, passando, por exemplo, de condutor para isolante, de magnético para não magnético, e vice-versa.

A linha de luz Ema possibilitará a realização de experimentos em amostras de materiais submetidos a condições extremas. O estudo da matéria nessas condições permite investigar novos materiais com características que não existem em condições normais. Este é o caso, por exemplo, dos materiais supercondutores, capazes de conduzir correntes elétricas sem resistência, com o potencial de revolucionar a transmissão e o armazenamento de energia.

As temperaturas e pressões simuladas nesta linha de luz, através de aquecimento por lasers intensos e células de pressão com diamante, poderão chegar a mais de 8000 graus celsius e pressões equivalentes ao dobro da pressão no centro da Terra. Os campos magnéticos, que serão aplicados por ímãs supercondutores, poderão chegar a quase 14 tesla. Tais condições só são realizáveis em ambientes de tamanho muito reduzido, e só podem ser desvendados por um feixe de raios X de alto brilho, como o produzido pelo Sirius.

*Ema (Rhea americana) é uma ave que não voa, nativa da América do Sul e considerada a maior ave brasileira. Os machos da espécie são responsáveis pela incubação e cuidados com os filhotes.*



# IPÊ

Quando átomos se juntam para formar materiais sólidos e líquidos, a interação entre seus elétrons pode originar propriedades que são muito diferentes das características individuais de cada elemento constituinte, e que definem como os materiais transportam calor, eletricidade, magnetismo, som, luz etc. O conhecimento preciso dessas interações auxilia o desenvolvimento de novas tecnologias de armazenamento e transporte de informações, eletrônica com alta eficiência energética e muitas outras.

A linha de luz Ipê será dedicada a estudar a distribuição dos elétrons em átomos e moléculas presentes em interfaces líquidas, sólidas e gasosas, e de como ela afeta as propriedades dos materiais.

Dessa forma, Ipê permitirá sondar como as ligações químicas ocorrem nas interfaces de materiais como catalisadores, células eletroquímicas, materiais sujeitos a corrosão, ou ainda como a corrente elétrica se propaga em diferentes materiais, desde isolantes até supercondutores.

*Ipê é o nome popular de diversas espécies de árvores do gênero Handroanthus. Disputa a posição de árvore-símbolo do País com o Pau-Brasil. De origem Tupi, seu nome significa árvore cascuda.*



# MANACÁ

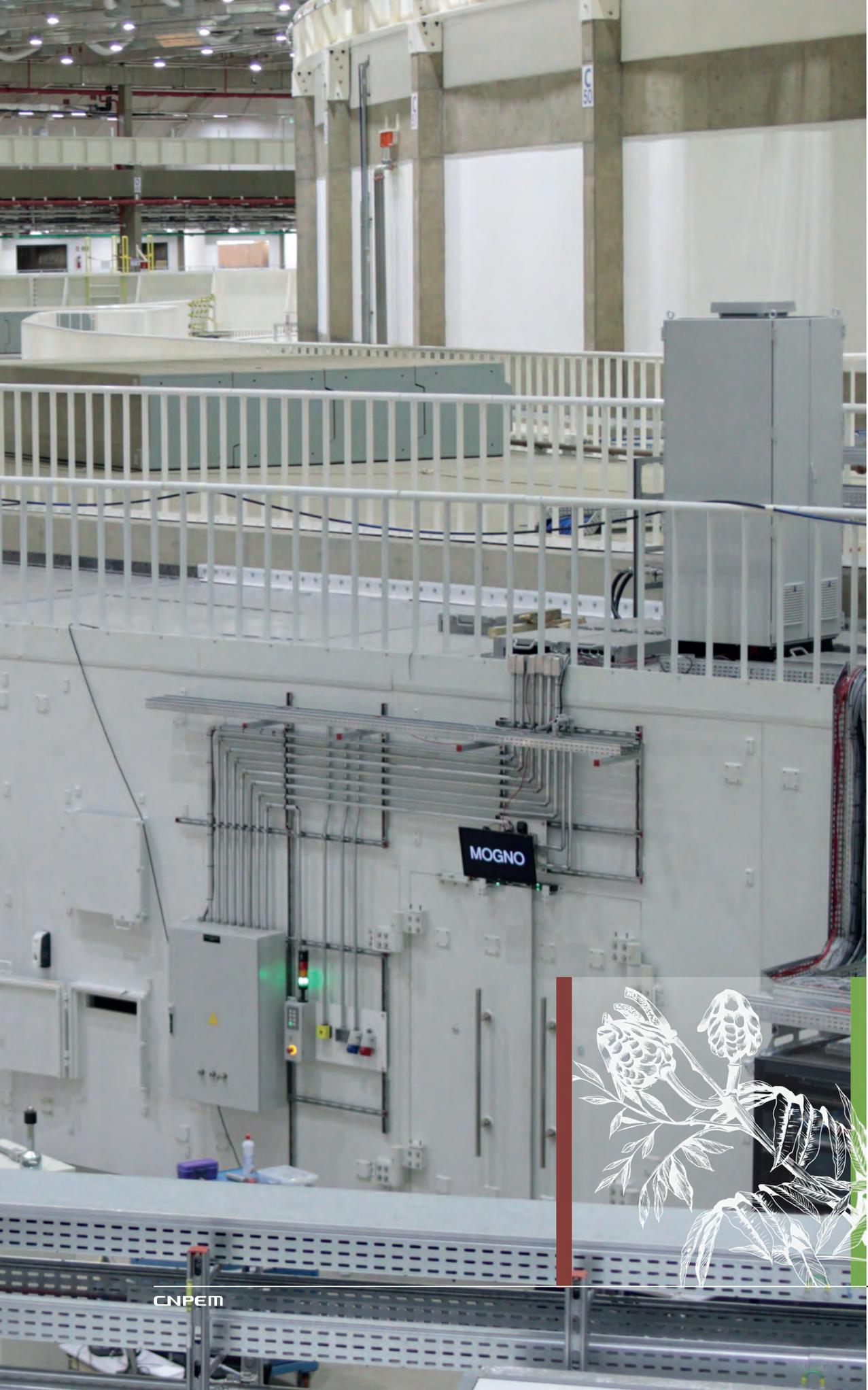
Quando uma molécula é identificada como alvo terapêutico, a investigação de sua estrutura tridimensional, isto é, a posição de cada um dos átomos que a compõe, permite entender a sua ação no organismo e sua interação com as candidatas a fármaco. Dessa forma, é possível tornar a busca por novos medicamentos mais eficiente.

A linha de luz Manacá, por meio da técnica chamada cristalografia de macromoléculas, permite o estudo da estrutura de proteínas e enzimas humanas e de patógenos com resolução micrométrica e submicrométrica, capaz de guiar o desenvolvimento de potenciais novos fármacos ou a compreensão do funcionamento de fármacos já conhecidos para aumentar sua efetividade. Informações sobre a estrutura de proteínas são importantes não apenas na área da saúde, mas também para o desenvolvimento de biocombustíveis, defensivos agrícolas, alimentos e cosméticos.

A Manacá é especialmente dedicada ao novo método de cristalografia em série, que permitirá a elucidação das estruturas de proteínas mais complexas, que não podem ser desvendadas pela cristalografia convencional.

*Manacá-de-cheiro é o nome dado à árvore da família Solanaceae, encontrada na Mata Atlântica brasileira. Está sempre rodeada pela borboleta-do-manacá, um inseto cujas larvas só se alimentam das folhas dessa planta.*





# MOGNO

O Brasil é um país pioneiro na exploração de petróleo em águas profundas. No entanto, uma grande quantidade desse combustível fóssil está armazenada no espaço poroso de rochas carbonáticas, especialmente na camada do pré-sal. Essas rochas são muito heterogêneas e têm sistemas complexos de poros, que precisam ser bem conhecidos para tornar a exploração de óleo e gás mais eficiente.

A linha de luz Mogno será dedicada à obtenção de imagens tomográficas tridimensionais com resolução micro e nanométrica. Estruturas internas de diversos materiais poderão ser estudadas de forma não invasiva, em diferentes escalas espaciais, variando entre centenas de nanômetros e dezenas de micrômetros. Além disso, será possível submeter os materiais a diferentes condições mecânicas, térmicas ou químicas e acompanhar alterações em tempo real. Assim, a Mogno permitirá estudos detalhados de fenômenos complexos como, por exemplo, a passagem de fluidos através dos poros das rochas do pré-sal.

Além disso, diversos outros tipos de materiais poderão ser estudados nessa linha de luz: solos, fósseis, materiais para dispositivos eletrônicos, produtos de reações químicas e amostras biológicas.



*Mogno, ou mogno-brasileiro é o nome popular da espécie Swietenia macrophylla, nativa da Amazônia. É uma árvore de madeira castanho-avermelhada, que por ser muito explorada, resiste apenas em regiões de difícil acesso e em áreas protegidas.*

# CEDRO

**P**roteínas são macromoléculas biológicas formada por cadeias de moléculas menores, chamadas de aminoácidos. Após sua formação, a cadeia de aminoácidos se enovela e se dobra sobre si, adquirindo formatos chamados de estruturas secundárias e terciárias, que possibilitam sua função no organismo. A investigação da estrutura tridimensional de uma proteína ou enzima permite entender sua ação e sua interação com outras moléculas.

A compreensão de como essas estruturas se comportam no ambiente biológico e de como se dá a formação de complexos proteínas-fármacos possibilita a solução de diversos problemas médicos e científicos.

A linha de luz Cedro permitirá investigar essa estrutura secundária de proteínas e de complexos proteínas-fármacos, identificar as regiões desordenadas dessas proteínas, bem como analisar as interações de proteínas com pequenas moléculas, o que contribuirá para o desenvolvimento de fármacos. Associado a isso, a linha Cedro permitirá que as medidas sejam realizadas em condições semelhantes às encontradas no ambiente biológico onde essas moléculas são encontradas.



*O cedro brasileiro ou cedro-cheiroso (Cedrela odorata) é uma árvore de grande distribuição natural, que no Brasil ocorre na Mata Atlântica, na Amazônia e mesmo na Caatinga. Seu nome deve-se à boa qualidade da sua madeira e ao odor característico, semelhantes ao do centro original, conhecido por cedro-do-libano.*

# IMBÚIA

**I**nvestigações de morfologia e composição química são fundamentais para a compreensão da fisiologia de sistemas biológicos em diversos níveis. A realização desses estudos em sistemas similares aos fluidos biológicos permite que se obtenha informações representativas do funcionamento desses sistemas em seus ambientes naturais. Esses resultados, mesmo que em ambiente de pesquisa, serão representativos para a medicina ou a indústria farmacêutica.

A linha de luz Imbuia é dedicada a experimentos utilizando a luz infravermelha, que permite a identificação dos grupos funcionais de moléculas e a análise da composição de praticamente qualquer material, com resolução nanométrica. A Imbuia permitirá, assim, a realização de pesquisas de fronteira tanto em novos materiais sintéticos como para o entendimento de materiais naturais, como os biológicos.

Nesta linha de luz poderá ser realizado o mapeamento químico de tecidos e sistemas biológicos de dimensões milimétricas. Em especial, ela permitirá a análise química de células animais isoladas, no contexto de reações químicas locais, e a entrega de nanofármacos a organelas ou compartimentos celulares específicos.



*Imbúia é o nome popular da espécie Ocotea porosa, típica das florestas de araucárias da região sul do Brasil. Antes abundante, a Imbuia está ameaçada de extinção devido à exploração predatória de sua madeira nobre.*



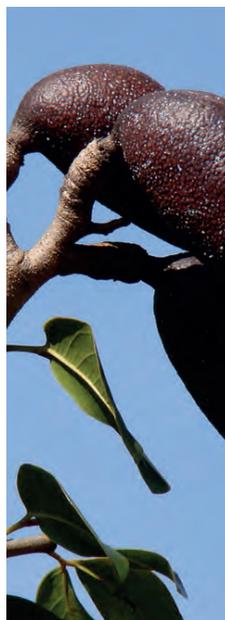


# JATOBÁ

**M**ateriais chamados complexos têm como característica o fato de que suas propriedades e funcionalidades dependem da organização e interação de suas estruturas em várias escalas de comprimento, desde a estrutura atômica, passando pelas escalas nanométrica, mesoscópica e macroscópica.

Tais materiais têm papel central na sociedade moderna, e estão presentes, por exemplo, em baterias, dispositivos eletrônicos, processos industriais, e em muitas outras aplicações. O conhecimento da estrutura desses materiais no nível atômico é de particular interesse, já que as propriedades físicas macroscópicas são reflexo do efeito cumulativo das interações entre átomos próximos, a chamada estrutura local.

A linha de luz Jatobá será dedicada a experimentos para determinar a estrutura de materiais, desde sua estrutura local até a forma e o tamanho de nanoestruturas, tanto de materiais cristalinos e como de não-cristalinos, tais como líquidos, materiais amorfos e nanopartículas. A linha Jatobá permitirá, ainda, realizar experimentos resolvidos no tempo para analisar a cinética das modificações estruturais que ocorrem nos materiais complexos quando submetidos a estímulos externos.



*Jatobá é o nome popular de árvores do gênero *Hymenaea* L., comuns em toda América Latina e, em especial, na Floresta Amazônica. Seu nome pode ser traduzido do tupi como “árvore dos frutos duros”.*

# PAINEIRA

**A** busca por fontes renováveis de energia tem se intensificado nos últimos anos, com o crescente consenso de que a elevação na temperatura média do planeta é causada pela ação humana. No entanto, é imprescindível que essa busca esteja aliada ao desenvolvimento de novos sistemas de armazenamento de energia eficientes e de baixo custo.

Entre esses novos sistemas de armazenamento estão, por exemplo, as chamadas baterias de lítio-ar. Essas baterias armazenam energia elétrica por meio da reação entre o lítio e o oxigênio e apresentam uma maior capacidade de armazenamento, em comparação com as baterias utilizadas comercialmente, como as de lítio-íon. No entanto, um dos principais desafios para o desenvolvimento de baterias mais eficientes está em compreender a correlação entre a estrutura dos materiais que as compõem e o desempenho desses dispositivos.

A linha de luz Paineira possibilitará, por exemplo, o estudo das mudanças estruturais dos materiais que compõem dispositivos para armazenamento de energia em condições de operação, ou seja, durante os ciclos de carga e descarga da bateria.



*Paineira é o nome popular de diversas espécies do gênero *Ceiba*. Suas sementes são envoltas em fibras finas e brancas, chamadas de paina, e são aproveitadas no preenchimento de travesseiros e pelúcias.*

# QUATI

Catalisadores são substâncias utilizadas como facilitadores de reações químicas em praticamente todos os processos industriais que envolvem a transformação de produtos primários. A busca por catalisadores mais eficientes e mais acessíveis impacta não só a economia, mas também o meio ambiente e a qualidade de vida das populações.

Essa investigação, no entanto, exige que os catalisadores sejam estudados nas mesmas condições em que serão aplicados, tipicamente em altas temperaturas e pressões, na presença de diferentes gases, entre outras variáveis. Assim, são necessários equipamentos científicos sofisticados para a realização dessas pesquisas.

A linha de luz Quati permitirá a análise em tempo real de uma enorme variedade de processos físicos e químicos que acontecem na escala temporal de milissegundos, tornando possível acompanhar, por exemplo, as modificações estruturais que acontecem nos materiais durante as reações químicas relacionadas ao funcionamento de catalisadores.



*Quatis são mamíferos diurnais do gênero Nasua, comuns da América do Sul ao sul da América do Norte. Os quatis são conhecidos pelo fato de as fêmeas viverem em bandos e os machos adultos viverem solitários.*

# SABIÁ

Materiais magnéticos são a base de uma grande variedade de tecnologias, de fones de ouvido a discos rígidos para o armazenamento de dados. Essa diversidade de aplicações faz com que materiais magnéticos inovadores sejam ativamente pesquisados, por exemplo, para a entrega de fármacos diretamente até áreas tumorais, para o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos mais compactos e que consumam menos energia, ou para a chamada refrigeração magnética, que tem o potencial de substituir a tecnologia baseada em gases nocivos ao ambiente, entre outras.

O estudo de materiais magnéticos passa por compreender aspectos até hoje desconhecidos e fundamentais do magnetismo. Assim, a linha de luz Sabiá será otimizada para a investigação de propriedades estruturais e magnéticas desses materiais, principalmente suas superfícies e interfaces. A Sabiá permitirá medidas magnéticas com sensibilidade à identificação dos elementos químicos que compõem a amostra.



*Sabiá (Mimosa caesalpiniaefolia) é uma árvore encontrada nativamente na Região Nordeste e em parte da Região Norte do Brasil, e que é cultivada pela durabilidade de sua madeira. Suas folhas também são utilizadas como alimento para animais em épocas de escassez hídrica.*

# SAPÊ

O desenvolvimento de dispositivos eletrônicos cada vez mais potentes e eficientes exige a contínua miniaturização de seus componentes. Para isso, é necessária a busca por materiais que possuam propriedades estruturais, eletrônicas e ópticas adequadas.

Um exemplo desses novos materiais são os chamados isolantes topológicos. Esses materiais têm a característica especial de serem isolantes elétricos em seu volume e, ao mesmo tempo, condutores elétricos em superfícies com baixa resistência elétrica. Além disso, esses materiais permitiriam a construção de transistores e bits de memórias quânticas extremamente robustos, ajudando a alavancar a computação quântica, o que pode levar a uma revolução na velocidade de processamento de dados.

A Linha de Luz Sapê se dedicará ao estudo da estrutura eletrônica desses isolantes topológicos e de uma grande variedade de outros materiais, permitindo a investigação, por exemplo, de propriedades de supercondutores, do grafeno e estudo de estados eletrônicos de interfaces entre sólidos e filmes ultrafinos.



*Sapê é o nome popular da gramínea Imperata brasiliensis cujos caules, após secos, são utilizados na construção do telhado de casas rústicas. Seu nome deriva do termo tupi ssa'pê, "o que alumia", em referência à sua fácil queima.*



# SAPUCAIA

**N**anopartículas, por seu tamanho extremamente reduzido e propriedades adaptáveis a todo tipo de aplicação, têm atraído a atenção das mais diversas áreas de pesquisa. A atuação dessas minúsculas partículas pode ser controlada através de sua composição, tamanho e formato. Por exemplo, nanopartículas podem ser usadas como pílulas que carregam e entregam medicamentos diretamente a células doentes, como em cânceres, ou no combate a vírus e a bactérias resistentes a antibióticos.

A linha de luz Sapucaia permitirá, por exemplo, a investigação sobre a forma, organização e dinâmica das nanopartículas em uma grande variedade de campos de pesquisa da física, química e biologia, além de aplicações industriais.

Sapucaia permitirá, ainda, responder a diversas questões relacionadas a ciências da vida (aplicações biológicas e médicas), biologia estrutural (proteínas, lipídios, macromoléculas) e a um vasto campo de ciências dos materiais, incluindo nanotecnologia, polímeros, catálise, reologia e ciências ambientais.



*Sapucaia é o nome popular da espécie *Lecythis pisonis*, comum na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica. Seu fruto é duro e contém pequenas castanhas, muito apreciadas por macacos, sendo a provável origem do ditado "Macaco velho não põe a mão em cumbuca".*

# COM A PALAVRA, OS CIENTISTAS

Ao longo do desenvolvimento do projeto Sirius, muitos membros da comunidade científica repararam com o CNPEM seus planos, seu orgulho e suas expectativas pelas novas possibilidades de investigação com o uso do Sirius, nas mais diversas áreas do conhecimento. Confira algumas delas:

“O Sirius abre portas. Porque a velocidade que agora a gente consegue coletar um conjunto [de amostras] muda. O que você conseguia fazer em horas, agora você faz em minutos, e isso torna a técnica escalonável do ponto de vista de quantas amostras você consegue analisar, e também permite fazer novas técnicas. Fazer uma análise dessa complexidade no Brasil é uma oportunidade. Antes, obter 200 ou 300 conjuntos de uma amostra era impraticável, porque seria preciso muito tempo. Agora isso pode ser feito em dois ou três dias.

É uma honra estar participando deste momento de comissionamento do Sirius. Eu tenho já bastante experiência em análise com luz síncrotron e a linha [Manacá] está melhor do que eu esperava. Eu já tinha expectativas boas, e o Sirius superou minhas expectativas. Ter uma máquina dessas aqui é uma conquista para o País.”

**ANDRÉ GODOY**

**Pesquisador do Instituto de Física de São Carlos (IF-USP), que fez parte do primeiro grupo de usuários que usou a estação experimental Manacá, no Sirius**



**GLAUCO ARBIX**  
Professor do Departamento de Sociologia, Observatório da Inovação Universidade de São Paulo – USP

“Meu curso e campo de pesquisa lidam com tecnologia, inovação e desenvolvimento e, acredito, é muito difícil qualquer reflexão sobre a ciência brasileira sem conhecer um pouco do CNPEM por dentro. A visão atual do Sirius, ainda em fase de comissionamento, desperta a esperança de que a ciência brasileira ainda receberá o mesmo reconhecimento e tratamento que levaram vários países a se tornarem avançados. É bom lembrar que os obstáculos foram gigantescos, tanto financeiros, tecnológicos e de estratégias de C&T. A ambição inicial, no entanto, superou esses desafios, qualificou uma nova geração de pesquisadores, abriu campos novos de pesquisa, alcançou resultados que repercutiram na vida econômica e ajudaram até mesmo a capacitar uma malha de empresas brasileiras. Falamos de ciência de ponta, mais necessária do que nunca no mundo de hoje, em que o conhecimento é chave para a construção de um país educado, justo e decente. É base e exemplo para uma educação de qualidade. O CNPEM é a ponta mais avançada da ciência brasileira.”



**LUIZ DAVIDOVICH**  
Presidente da Academia Brasileira de Ciências e Professor no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

“A realização do ambicioso projeto Sirius, uma das primeiras fontes de luz síncrotron de quarta geração e a mais brilhante de todos os equipamentos em sua classe de energia, é uma vitória da ciência e da engenharia nacionais. Com pesquisadores de alta competência em diversas áreas da ciência e da tecnologia, trabalhando cooperativamente, demonstra que é possível realizar projetos no País que estejam na fronteira do conhecimento internacional. O CNPEM é uma grande conquista do Brasil e da ciência brasileira. Alia a ciência básica e aplicada de qualidade internacional em diversas áreas do conhecimento a uma forte interação com a indústria, uma combinação que se mostrou vitoriosa em diversos países.”



**SIMONE COUTINHO CARDOSO**  
Professora associada da UFRJ e usuária do LNLS há mais de dez anos

“Deve fazer uns dez anos que uso o LNLS, a gente já mediu células-tronco, já estudamos esquizofrenia, Síndrome de Dravet, na IMX (linha de microtomografia do UVX) a gente estudou minicérebros infectados com zika vírus, então tenho todo um histórico de medidas aqui no LNLS. E o uso do síncrotron é fundamental, não dá pra fazer esses estudos em outro lugar. Se não tivesse um aqui teríamos que viajar e encontrar um síncrotron em outro lugar pra fazer essas medidas. Não é possível fazer o que a gente faz aqui no laboratório da universidade. E a gente vai agora planejar medidas pro Sirius, com melhor resolução espacial e melhor intensidade do feixe. Hoje a gente consegue ver, em média, um conjunto de células, e com o Sirius a gente vai conseguir enxergar até uma organela dentro da célula, e isso abre um mundo novo de pesquisas que podem ser feitas, e que até então não era possível fazer.”



# UMA EDIFICAÇÃO ÚNICA

Sirius tem em seu coração aceleradores de partículas, responsáveis por acelerar feixes de elétrons até velocidades altíssimas, muito próximas da velocidade da luz, e por mantê-los circulando em órbitas estáveis por várias horas em ultra-alto vácuo, enquanto produzem a luz síncrotron. Cada um desses feixes tem, em alguns trechos do acelerador, apenas 1,5 micrômetros de tamanho vertical, ou seja, é cerca de 50 vezes menor que um fio de cabelo.

Esses minúsculos pacotes de elétrons devem percorrer uma trajetória circular de 500 metros de circunferência, por 600.000 vezes a cada segundo, durante horas, sem que sua posição oscile mais que um décimo de seu tamanho. Isso é importante porque quanto mais estáveis e focalizados forem os feixes de elétrons circulando nos aceleradores de partículas, melhor e mais brilhante será a luz síncrotron produzida e entregue para os pesquisadores.

Foram muitos os desafios para a construção das instalações que abrigam o Sirius, desde a estabilidade do piso contra deformações e o cuidado com o isolamento das vibrações internas e externas até a estabilidade térmica dos ambientes e componentes. Todos os aspectos construtivos, da fundação à cobertura, tiveram que levar em consideração exigências de estabilidade mecânica e térmica sem precedentes.



*Confira no timelapse a evolução das obras de construção do Sirius, ocorridas entre outubro de 2015 e novembro de 2018.*





O edifício que abriga o Sirius é parte essencial para o funcionamento desta complexa máquina, motivo pelo qual ele é uma das construções civis mais avançadas já realizadas no País.

- 1.** A fundação da edificação é dividida em duas bases totalmente independentes entre si: a primeira suporta a estrutura do prédio e a segunda suporta o piso da área dos aceleradores e da região experimental.
- 2.** A fundação da área dos aceleradores é composta por cerca de 1300 estacas de concreto, de 15 metros de comprimento, cuidadosamente dispostas sob quase três metros de solo modificado com alto grau de compactação.
- 3.** Os pisos que suportam a área dos aceleradores e a região das linhas de luz são feitos em concreto armado, com 90 e 60 centímetros de espessura, respectivamente.
- 4.** Os pisos são extremamente planos: em toda sua área, de 17 mil metros quadrados, a diferença de altura entre o ponto mais baixo e o ponto mais alto do piso é menor que dois centímetros.
- 5.** O túnel que abriga os aceleradores de elétrons tem comprimento de mais de 500 metros, construído como uma peça monolítica de concreto armado.
- 6.** O túnel dos aceleradores tem paredes e cobertura com espessuras que variam entre 80 centímetros e 1,5 metro.
- 7.** A temperatura dentro do túnel dos aceleradores deve ser muito bem controlada, com variação máxima de  $0,1^{\circ}\text{C}$  para mais ou para menos.
- 8.** Também na área experimental é necessário um bom controle de temperatura, com variação máxima de  $0,5^{\circ}\text{C}$  para mais ou para menos.
- 9.** As tubulações de utilidades são superdimensionadas, o que diminui a velocidade de deslocamento de fluidos e a geração de vibrações durante sua propagação.
- 10.** Tubulações de utilidades são também suspensas por molas para diminuir a propagação de vibrações.

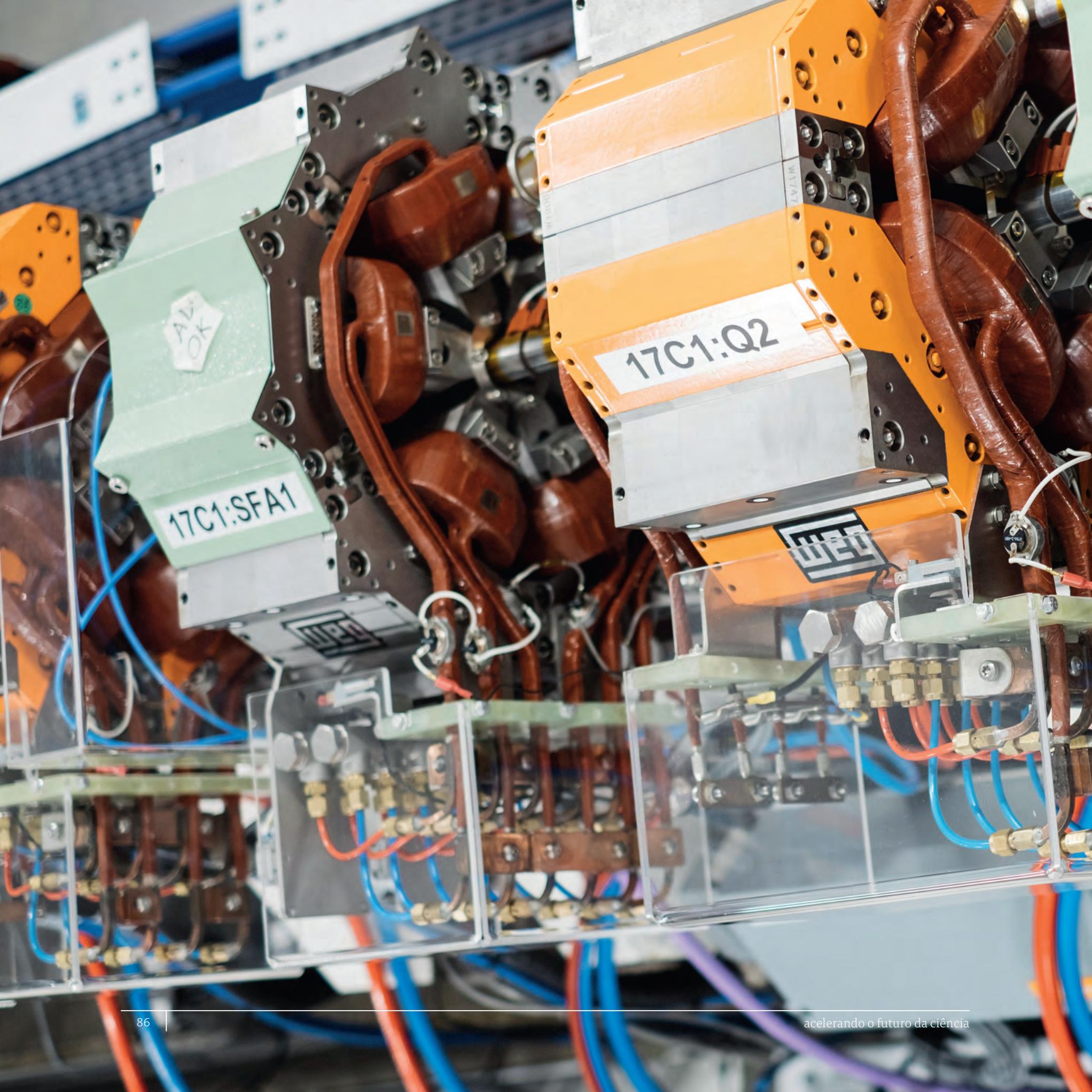


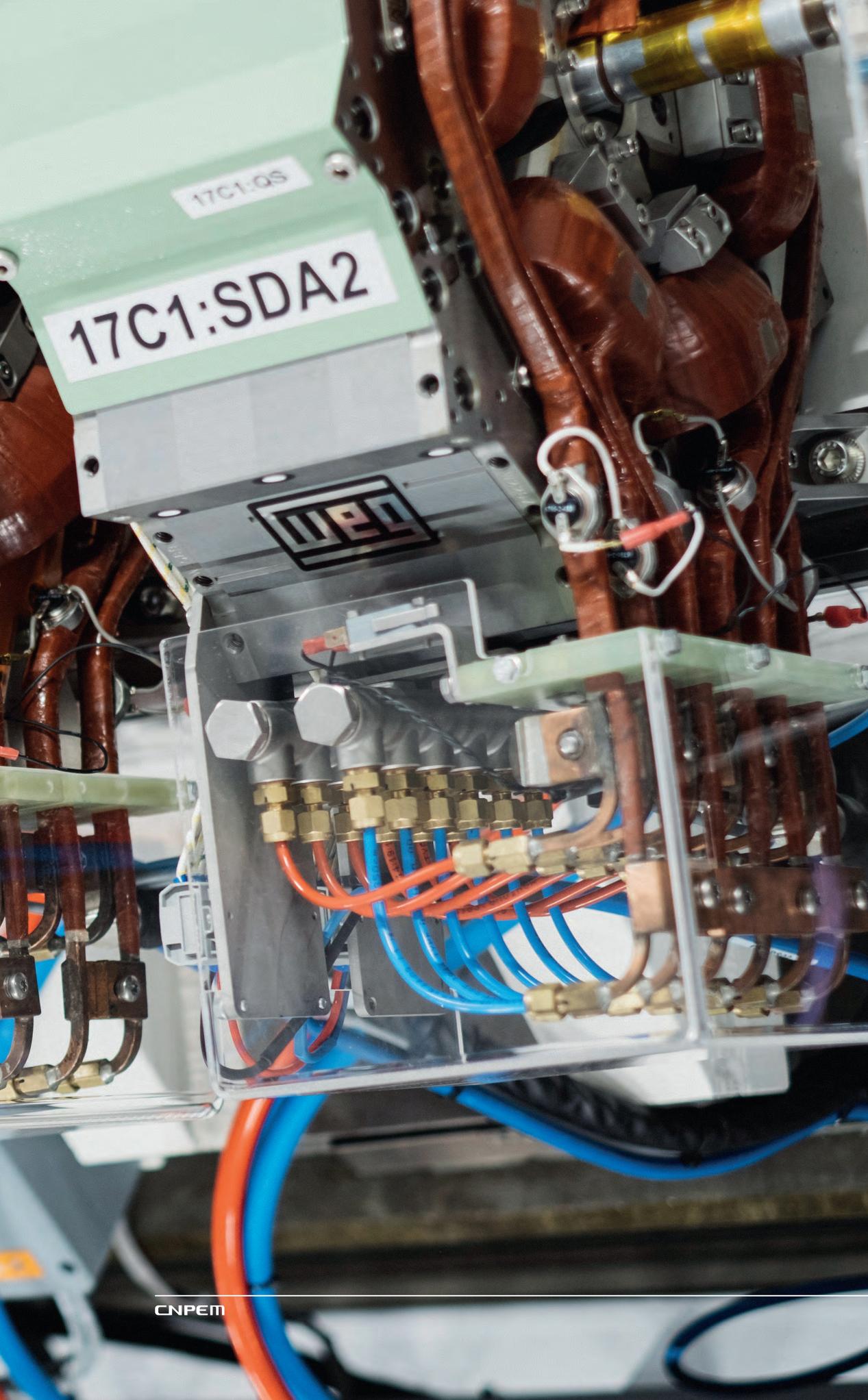


# PARCERIAS TECNOLO \_GICAS

O Sirius teve como um dos seus objetivos estimular o desenvolvimento da indústria brasileira, por meio da indução de demandas de serviços, matérias-primas e equipamentos. Graças ao envolvimento das empresas brasileiras, foi alcançado um índice de nacionalização do projeto – ou seja, dos recursos investidos dentro do País – de cerca de 85%.

Somados, os diferentes tipos de parceria envolvem um universo de mais de 300 empresas brasileiras, de pequeno, médio e grande portes – sem contar aquelas envolvidas em demandas para as obras civis, que foram gerenciadas pela construtora Racional Engenharia. Em meio a este universo, mais de 40 empresas trabalharam em desenvolvimentos tecnológicos especialmente para o Projeto Sirius.





# WEG

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

O Sirius nos obrigou a buscar soluções que a gente nunca havia imaginado. Quando começamos a ver as necessidades técnicas para o fornecimento de eletroímãs para o projeto, percebemos que tínhamos vantagens em relação aos fornecedores do exterior. Isto é um motivo de orgulho para a WEG e mostra o alto nível técnico da indústria nacional. A grande maioria dos equipamentos necessários para o Sirius pode ser fornecido pela nossa indústria. Não é algo simples, mas o desafio obriga as empresas a buscarem soluções para a inovação. Assim, a indústria se desenvolve.

A palavra que define o que sentimos por fazer parte do Sirius é orgulho. Quando a gente fala para um público que não está envolvido em um projeto desta magnitude, um acelerador de partículas parece uma coisa um pouco etérea. Porém, quando a gente começa a explicar como esse equipamento abrirá novas oportunidades para o desenvolvimento de novos medicamentos, para a indústria química, para o avanço da agricultura, as pessoas começam a perceber a importância de participar de um projeto desses, e sentem orgulho pelo desenvolvimento desta tecnologia no próprio País.”

**LUIS ALBERTO TIEFENSEE**  
*Ex-Diretor Superintendente  
da WEG Motores*





# TOYO MATIC

“A Toyo Matic atua no mercado de usinagem de alta precisão, e é responsável pelo fornecimento de niveladores dos ímãs e componentes dos monitores de posição dos feixes de elétrons nos aceleradores. As peças têm, além de formas complexas, tolerâncias muito apertadas, na ordem de três a cinco milésimos de milímetros. Isso exige muito desenvolvimento e muito esforço de nossa parte para conseguir atingir a necessidade de precisão de que o Sirius necessita para ter um bom funcionamento.

Sirius está trazendo muitos benefícios para nossa empresa, mas também para toda a sociedade brasileira, de geração de empregos, na forma de recolhimento de impostos. É muito positiva a abertura dada a empresas brasileiras no fornecimento para o Sirius. É um grande orgulho para nós da Toyo Matic poder fazer parte desse projeto histórico para a ciência brasileira.”

**EDVALDO ROSA**  
Diretor Industrial da Toyo Matic





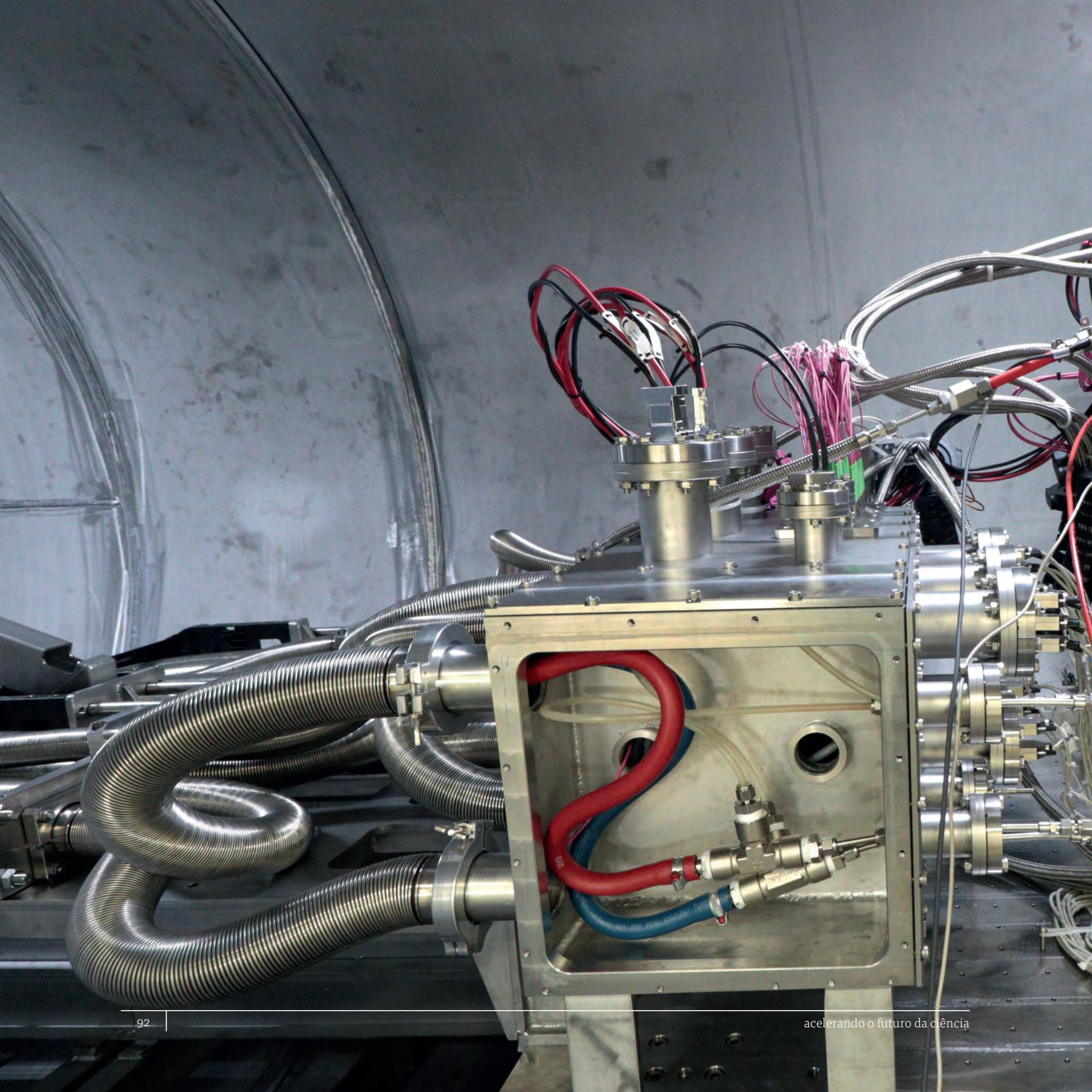
# RACIONAL ENGENHA \_RIA

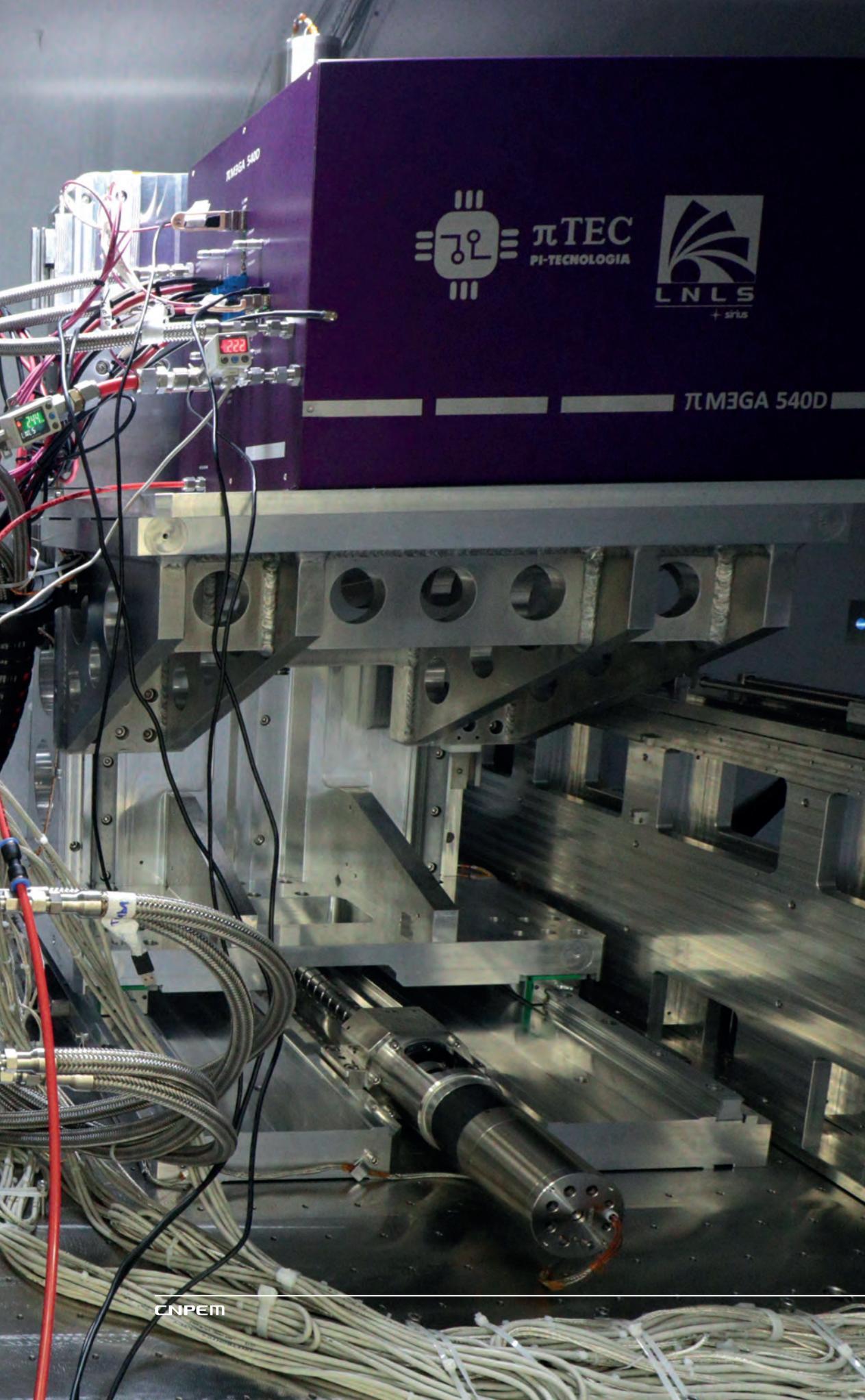
“**T**oda a estratégia da Racional é pautada em atingir níveis de qualidade cada vez maiores em projetos desafiadores. E, com certeza, o Sirius é um projeto diferenciado, no Brasil e quiçá no mundo, por toda a tecnologia embarcada e toda a sua dificuldade de execução. Na Racional, costumamos dizer que, com o Sirius, nós construímos um equipamento, e não uma edificação, já que a construção tem que ter a mesma qualidade e precisão dos equipamentos que vão ser instalados dentro do prédio.

O ineditismo desse projeto elevou o patamar de todos os envolvidos. A Racional contou com vários parceiros, que foram fundamentais para que alcançássemos esse patamar de qualidade, e isso se traduz no sucesso do projeto. Parceria não só dos terceiros envolvidos conosco na engenharia e na construção, mas também com o próprio CNPEM. Tenho certeza de que esse trabalho de fato elevou o padrão de qualidade da Racional e todos os parceiros envolvidos.

Eu acho que orgulho é a única palavra que eu posso levar, em nome da equipe da Racional e em nome dos parceiros. Este é um projeto para dar muito orgulho para o País e para todos os envolvidos.”

**ÉRIKA MATSUMOTO**  
Ex vice-presidente  
da Racional Engenharia





# PI TECNOLOGIA

“A Pi Tecnologia está desenvolvendo uma tecnologia chamada Pi-Mega, que é um detector de raios X de área larga, com alta contagem de frames e com transferência de dados de alta capacidade. Nosso objetivo é obter a melhor solução de detecção em instrumentação científica do mundo para utilização no Sirius.

Eu acredito que a grande beleza de se relacionar com uma instituição como o CNPEM é a multidisciplinaridade. Você acaba aplicando seus conhecimentos em áreas que você nem imaginava que seriam possíveis. O conhecimento que nós encontramos no CNPEM e no Sirius, aliado à capacidade de engenharia e de construção que nós temos aqui, formou o ambiente ideal para que a gente conseguisse resolver problemas de alta complexidade.

Nós imaginamos esses cientistas muito distantes do mundo da indústria, mas na verdade, a gente encontrou um ambiente bem diferente, um ambiente de pessoas que conhecem fisicamente os detalhes do que estão fazendo, e que estão abertos para se conectar com engenheiros e técnicos para transformar aquilo, conjuntamente, em uma solução.

Para nós, é um grande orgulho participar de um projeto de tão alta complexidade e de ser parte do maior desenvolvimento científico da história do Brasil. É uma grande felicidade para nós, como engenheiros e como pessoas, passar em frente àquele grande monumento que é o Sirius e conseguir mostrar para os nossos filhos e nossos familiares que nós fazemos parte de algo tão grandioso.”

**JÚLIO CÉSAR**  
CEO Pi Tecnologia





# BIOTEC SOLUÇÃO AMBIENTAL

“As cabanas de proteção radiológica garantem a saúde de todos os pesquisadores e de todos os transeuntes no entorno. Elas também viabilizam as pesquisas porque mantêm o ambiente interno estável com, por exemplo, controle de temperatura com variação máxima de 0,1 grau celsius.

Nosso envolvimento no projeto de cabanas de proteção radiológica é extremamente importante, estruturante, essencial para nossa empresa. Ele está abrindo diversos outros mercados além daqueles que a gente já tinha, de sistemas de ar-condicionado especiais, biotérios e sistemas para indústrias farmacêuticas. Ele está nos capacitando a buscar outros mercados, buscar outros desafios na área de proteção radiológica, hospitalar, industrial e outros ramos.

A gente fica impressionado, fica com brilho nos olhos. Talvez o brilho de nossos olhos seja comparável ao brilho do Sirius, porque a gente sabe que uma máquina dessa vai poder dar as ferramentas para os pesquisadores alcançarem conhecimentos que a gente sequer imagina hoje em dia.

Poder participar de uma coisa assim tão bonita, tão relevante, que pode trazer tantas transformações positivas para todos nós, isso não tem dinheiro que pague. A gente com certeza vai se lembrar desta data daqui a décadas, vai poder contar histórias, e vai ter a felicidade de ter participado com um tijolinho, com uma pequena contribuição para este orgulho da ciência do País, que é o projeto Sirius.”

**MOISÉS COSTA**  
Diretor de Engenharia da Biotec



# HISTÓRIA DE PIONEIRISMO



# BIG SCIENCE À BRASI \_LEIRA

A história do LNLS e, portanto, do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) começa na década de 1980, com o primeiro grande projeto da ciência brasileira. Nessa época, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) requisita ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) propostas para a construção de um laboratório dotado de um equipamento científico que pudesse beneficiar pesquisadores de todo o País.

Em 1982, é iniciado o Projeto Radiação Síncrotron, responsável por desenvolver os estudos de viabilidade do projeto de construção de um acelerador de elétrons para a produção de luz síncrotron, o primeiro equipamento do tipo no Hemisfério Sul. Em 5 de dezembro de 1984 é formalmente criado o Laboratório Nacional de Radiação Síncrotron (LNRS).

## >1985

Em janeiro de 1985, um grupo de pesquisadores viaja para o Stanford Synchrotron Radiation Laboratory (SSRL), da Universidade de Stanford (EUA), para desenvolver o projeto conceitual da fonte de luz brasileira.

## >1986



Em setembro de 1986, o laboratório é renomeado como Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS).



Da esquerda para a direita: Helmut Wiedemann (pesquisador do SSRL que supervisionou os brasileiros na ocasião), e os pesquisadores Liu Lin, Hélio Tolentino e Ricardo Rodrigues.

# >1987



Galpão adquirido pelo CNPq para a sede do LNLS.

# >1990

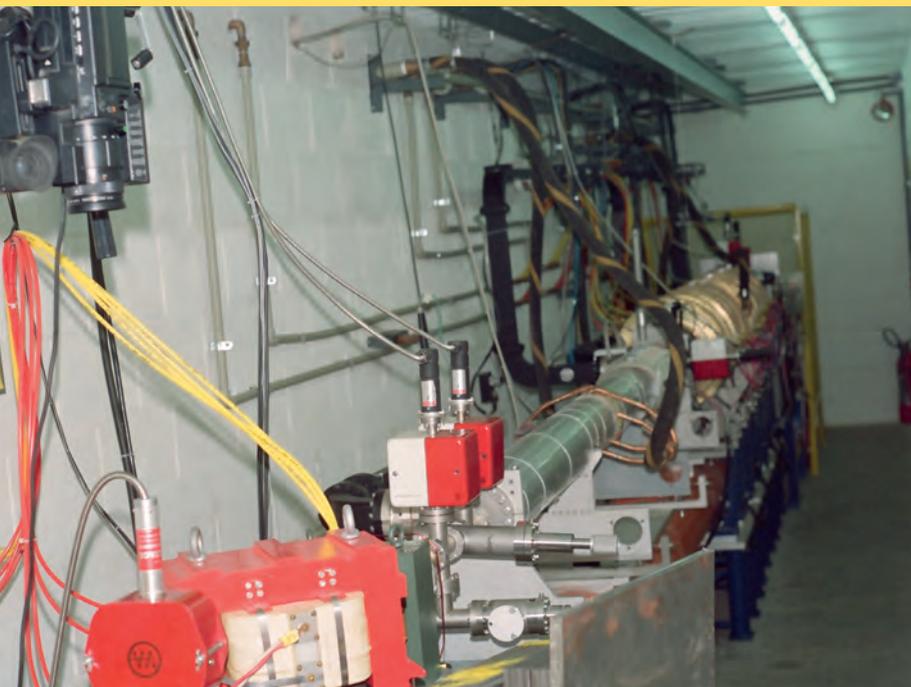
A implantação do LNLS se inicia em 1987 e, em julho, ele passa a ter como sede um galpão adquirido pelo CNPq, em Campinas, SP. Ali, um grupo de engenheiros, técnicos e pesquisadores começa a projetar e desenvolver os componentes desta complexa máquina.

Equipe do LNLS durante a cerimônia de assentamento da Pedra Fundamental do futuro campus do LNLS.



Em 19 de fevereiro de 1990 é inaugurado o primeiro dos aceleradores de elétrons para a futura fonte de luz: o acelerador linear, ou linac, o que marca a conclusão da primeira etapa do desenvolvimento do projeto.

No mesmo ano, o Laboratório recebe uma área de 380 mil metros quadrados, cedida pelo Governo do Estado de São Paulo, para a instalação de sua sede definitiva.



Primeira foto aérea do futuro campus do LNLS, já com área ter-  
raplanada para cons-  
trução dos prédios.

O acelerador linear, ou linac, em uma versão com energia de 50 MeV.



## >1992

Em 1992 é concluída a montagem da primeira das estações experimentais (chamadas de linhas de luz) planejada para operar na futura fonte de luz brasileira. Essa linha de luz é instalada no Center for Advanced Microstructures and Devices (CAMD), na Universidade da Louisiana (EUA), para permitir a realização dos primeiros testes antes da conclusão da máquina do LNL.



*Equipe presente nos testes da primeira linha de luz: Cylon Gonçalves da Silva, Antonio Rubens Britto de Castro, Eize Morikawa, José Geraldo Pacheco e Paulo de Tarso.*

*Linha de montagem dos ímãs dipolos do Anel de Armazenamento da futura fonte de luz síncrotron UVX. Todos os ímãs e grande parte dos demais componentes do acelerador foram fabricados internamente, pela própria equipe do LNL.*



## >1994

*Vista parcial do campus já com estrutura metálica do Prédio da fonte de luz síncrotron, prédios destinados à fabricação de ímãs e outros componentes do acelerador.*



>1995



Imagem aérea do prédio da Fonte de Luz Síncrotron com alvenaria já completa.

>1996

Em outubro de 1995 é concluída a construção do prédio que abrigará a fonte de luz. A equipe do LNLS começa a se transferir para o local e dá início à instalação da máquina.

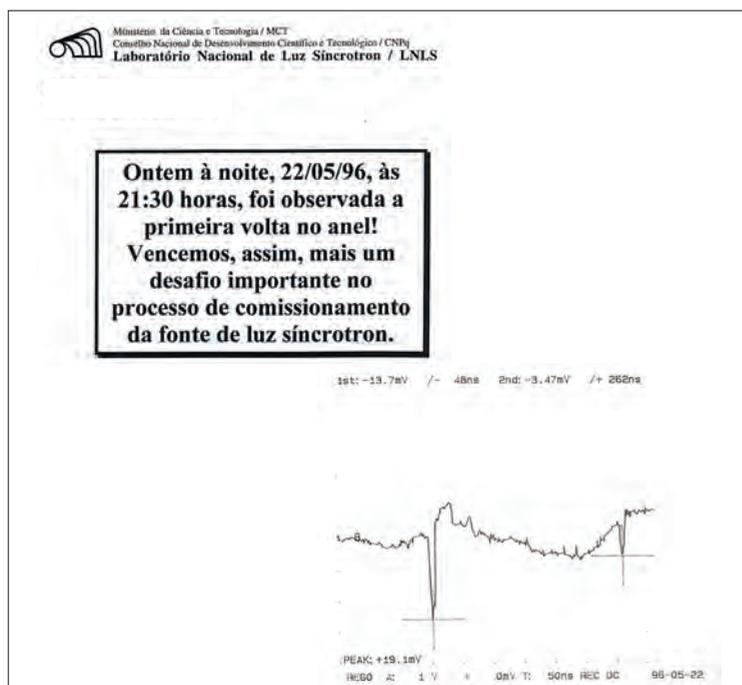
Em maio de 1996, com a instalação finalizada, acontece a primeira volta de elétrons no acelerador principal e as primeiras linhas de luz começam a ser instaladas. Em outubro, é observada pela primeira vez a luz síncrotron em uma das linhas de luz.



Visão interna do Prédio da Fonte de Luz Síncrotron com alguns componentes do acelerador de elétrons já assentados.



Na foto, Ricardo Rodrigues, Ruy H. A. Farias e Cylon Gonçalves da Silva (à frente), Pedro Tavares, Liu Lin, Lúcia Jahnell, Aldo Craievich, Fernando da Silva Rafael e Carlos Scorzato, na sala de controle da fonte de luz síncrotron, em 1996.



Notificação enviada aos funcionários do LCLS na ocasião da primeira volta de elétrons no anel de armazenamento.

>1997

Finalmente, em 1º de julho de 1997, a primeira fonte de luz síncrotron do Hemisfério Sul, chamada de UVX, é aberta pelo LCLS para uso das comunidades de ciência e tecnologia.



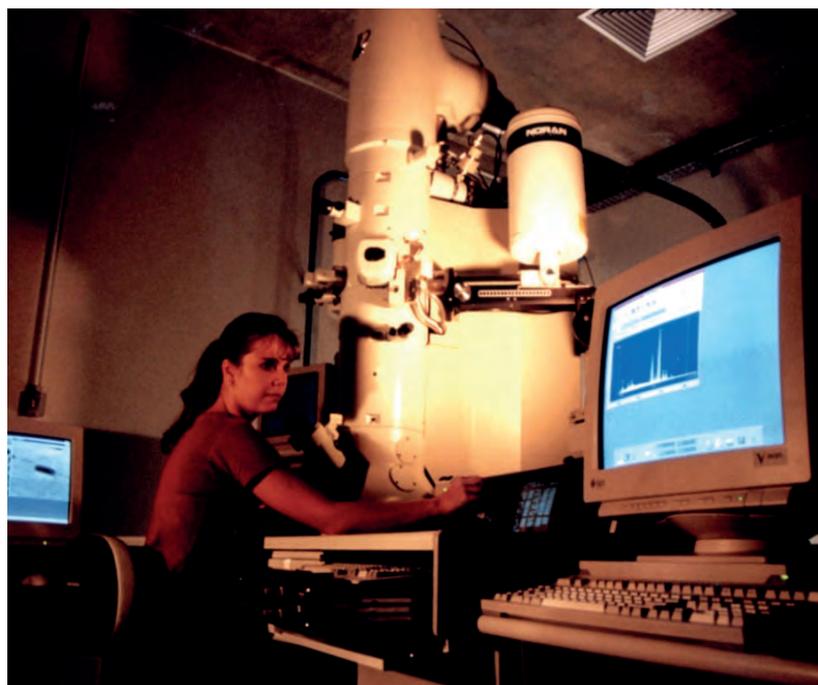
No momento de sua inauguração, UVX contava com sete linhas de luz: Estrutura fina da absorção de raios X (XAS), espectroscopia de raios X moles (SXS), espalhamento de raios X a baixos ângulos (SAXS), difração de raios X (XRD), cristalografia de proteínas (PCR) e duas linhas de espectroscopia no ultravioleta.

# A SEMENTE DO CNPEM

Paralelamente, o Laboratório deixa de existir como instituto do CNPq e se transforma na primeira instituição científica brasileira a ser administrada por uma Organização Social (OS), com a criação da Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron (ABTLuS).

>1998

Em 1998 é iniciada a implantação do Centro de Biologia Molecular e Estrutural (CeBiME), como um centro de pesquisa associado ao LNLS. Mais tarde, em 2009, o CeBiME se tornaria o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio).



Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME).

>1999

Em 1999 o Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME) é inaugurado e aberto a usuários. Assim, o LNLS passa a abrigar cada vez mais instalações com diferentes ferramentas experimentais, dedicadas à pesquisa em diversas áreas do conhecimento.



Primeira equipe do CeBiME.

Vista parcial do campus, já com Alojamento de Visitantes, Prédio da Administração, Refeitório, Prédio Vermelho e prédio destinado ao Centro de Biologia Molecular e Estrutural (CeBiME).

# UM BRILHO A MAIS

A partir de sua inauguração, a fonte de luz síncrotron UVX recebeu diversos aprimoramentos, com o objetivo de melhorar a qualidade da luz síncrotron produzida. Além disso, novas estações experimentais foram sendo construídas ao longo dos anos, de acordo com as necessidades da comunidade científica.

*Instalação do acelerador injetor de 500 MeV, que permitiu aumentar a produção de luz síncrotron pela fonte de luz.*



## >1999

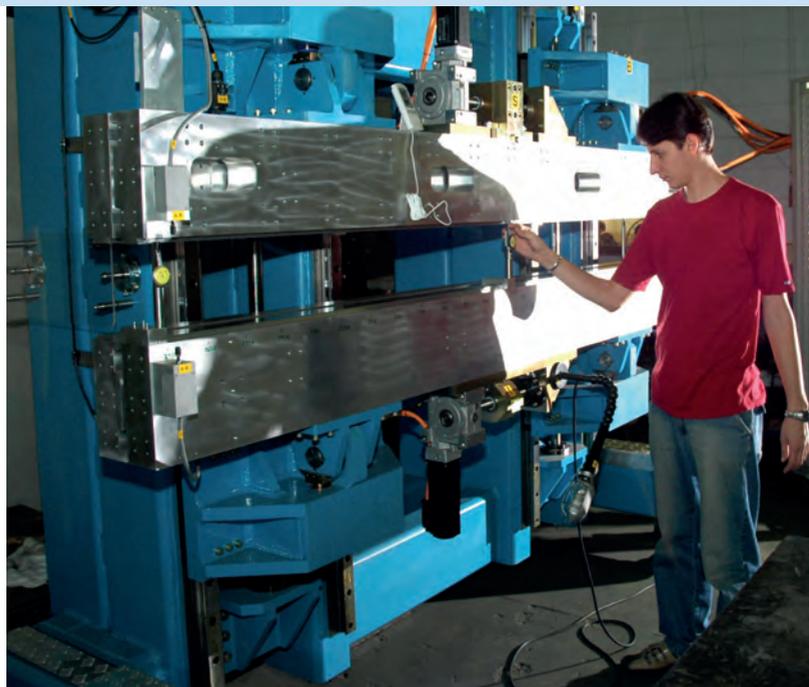
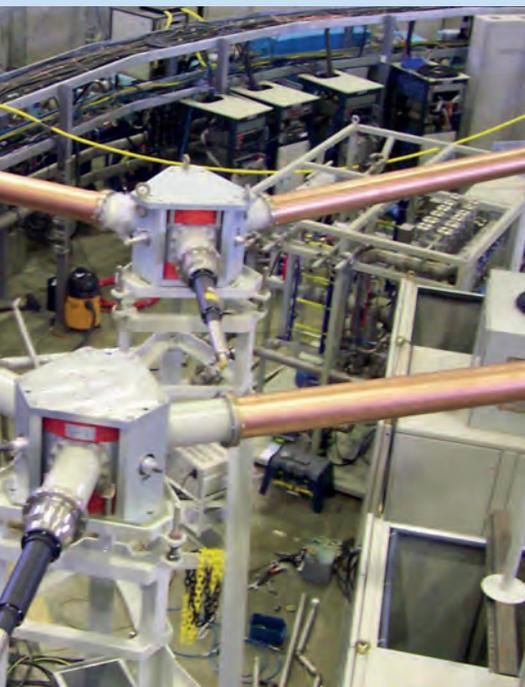
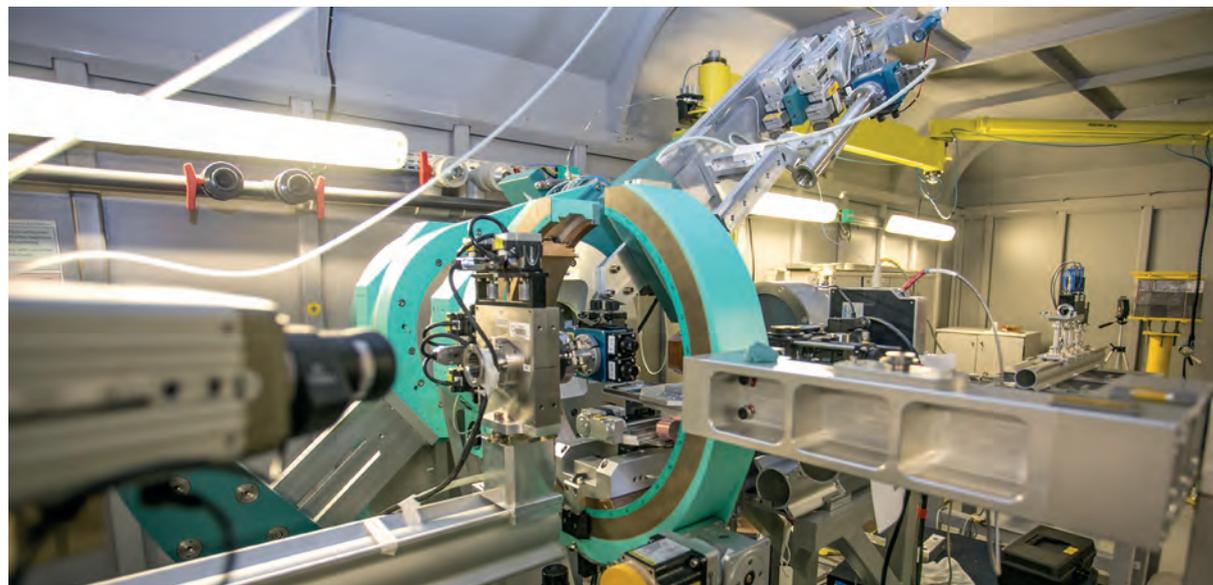
*Atualização do sistema de radio-frequência, responsável por aumentar e repor a energia dos elétrons circulantes no acelerador, para que ele pudesse comportar a instalação de equipamentos visando uma maior produção de luz síncrotron.*



*Novo sistema de blindagem e proteção radiológica da Fonte de Luz Síncrotron, que melhorou as condições de trabalho dos usuários.*



*Abertura de novas linhas de luz para usuários.*



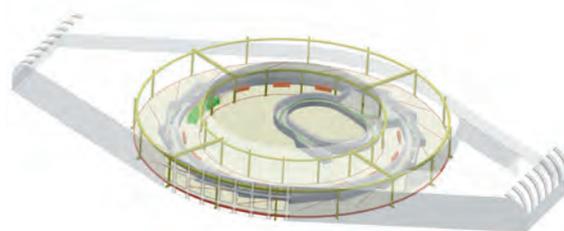
*Desenvolvimento de equipamentos para melhorar a produção de luz síncrotron.*

# UM CENTRO DE PESQUISAS EM ÁREAS ESTRATÉ \_GICAS

**E**m 2009, o campus assume o nome de Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), e os centros de pesquisa até então vinculados ao LNLS tornam-se Laboratórios Nacionais. Assim, o CNPEM passa a comportar três Laboratórios Nacionais: o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), nova denominação do CeBiME, e o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), que em 2019 é renomeado Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), com a diversificação de suas áreas de atuação.

## >2008

Em 2008, tem-se o início dos estudos preliminares para construção de uma nova fonte de luz síncrotron para o LNLS, provisoriamente chamada LNLS-2, ilustrada abaixo. O primeiro conceito é entregue ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e a continuidade desses estudos é aprovada.



Em 2010, a partir de um concurso interno, o projeto LNLS-2 é renomeado como projeto Sirius, inspirado no nome da estrela mais brilhante do céu noturno. Assim como a estrela, o projeto Sirius era planejado para ser uma fonte de luz extremamente brilhante. Inicia-se então a busca por uma área apropriada para a instalação da nova fonte.

## >2010

## >2007

Em dezembro de 2007 a ABTLuS passa a incubar o Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), que em 2009 dará origem ao Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol, mantendo a sigla CTBE.



*Construção do prédio que abrigaria o CTBE.*



Logotipo  
Sirius.



Em 2012, o primeiro projeto desenvolvido para o Sirius é apresentado a um comitê internacional de especialistas. Convidado para avaliar o projeto, o comitê então recomenda um equipamento mais ousado, que estivesse na vanguarda tecnológica e que pudesse se manter competitivo por muitos anos. O LNLS aceita o desafio proposto e concentra seus esforços no desenho de um novo projeto.

Projeto arquitetônico do Sirius, já como uma fonte de luz síncrotron de quarta geração.



>2011



Laboratório de Microscopia Eletrônica do LNNano

Em 2011 é criado o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), a partir de instalações anteriormente vinculadas ao LNLS: o Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME), de Microscopia de Tunelamento e Força Atômica (MTA) e de Microfabricação (LMF). O LNNano torna-se então o quarto Laboratório Nacional do CNPEM.



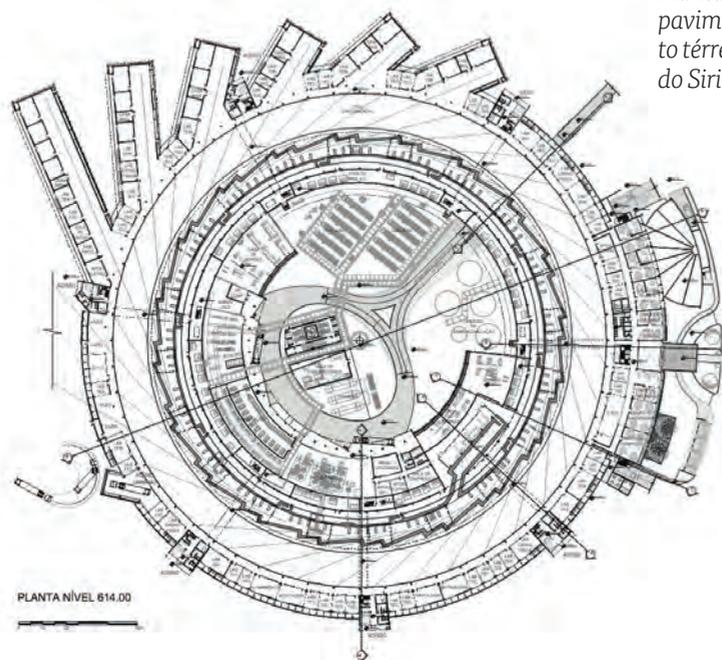
Apresentação do novo projeto do Sirius para a comunidade do CNPEM.

>2012

Antes classificado como uma fonte de luz síncrotron de terceira geração, Sirius é redesenhado para que o equipamento produza a luz síncrotron mais brilhante do mundo em sua categoria de energia. Assim, Sirius passaria a ser considerado pioneiro da quarta geração, ao lado da fonte de luz MAX-IV, na Suécia. Tal aperfeiçoamento demanda revisões nos projetos das obras civis, dos aceleradores de elétrons e de suas estações experimentais.

# MÃOS À OBRA

Em 2013, uma área de 150.000 m<sup>2</sup>, adjacente ao campus do CNPEM, é desapropriada pelo Governo do Estado de São Paulo para construção do Sirius. No ano seguinte são concluídas as obras de terraplanagem e, em 19 de dezembro ocorre a cerimônia de lançamento da pedra fundamental das edificações que abrigarão a nova fonte de luz.



Planta do pavimento térreo do Sirius.



Ao final de 2015, quase 20% das obras civis do Sirius estão completas.

>2013 >2015

Em janeiro de 2015, com a conclusão da terraplanagem e do projeto executivo, são iniciadas as obras de construção.



Conclusão da fase de terraplanagem



Construção do primeiro trecho da blindagem dos aceleradores.



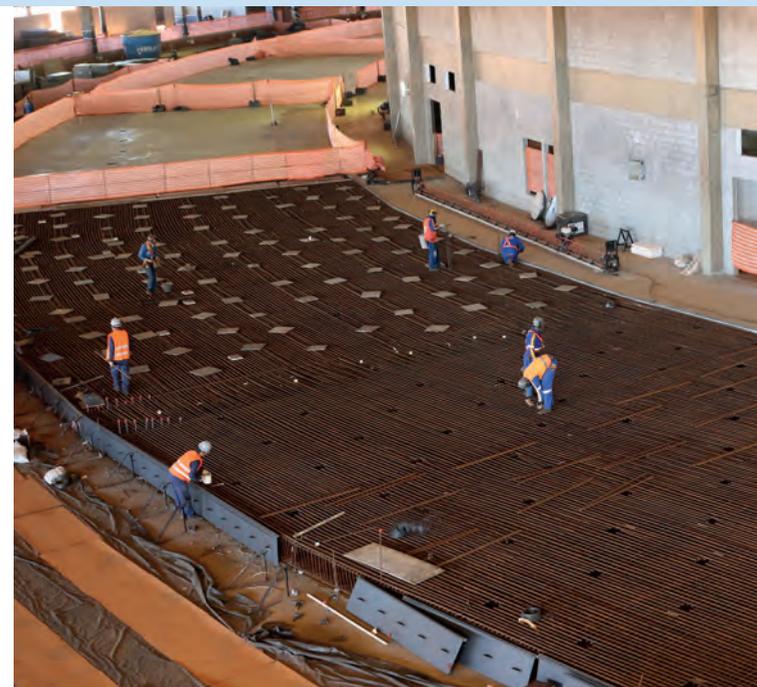
>2017

Em 2017 as obras civis alcançam 75% de conclusão, com destaque para a execução bem-sucedida da fase mais crítica da construção: a implantação do piso especial sobre o qual posteriormente foram instalados os aceleradores e as linhas de luz.



Operários trabalham na preparação da estrutura metálica para a concretagem do piso especial na região dos aceleradores do Sirius, em julho de 2017.

Recolocação do solo modificado na região do piso dos aceleradores, em abril de 2017



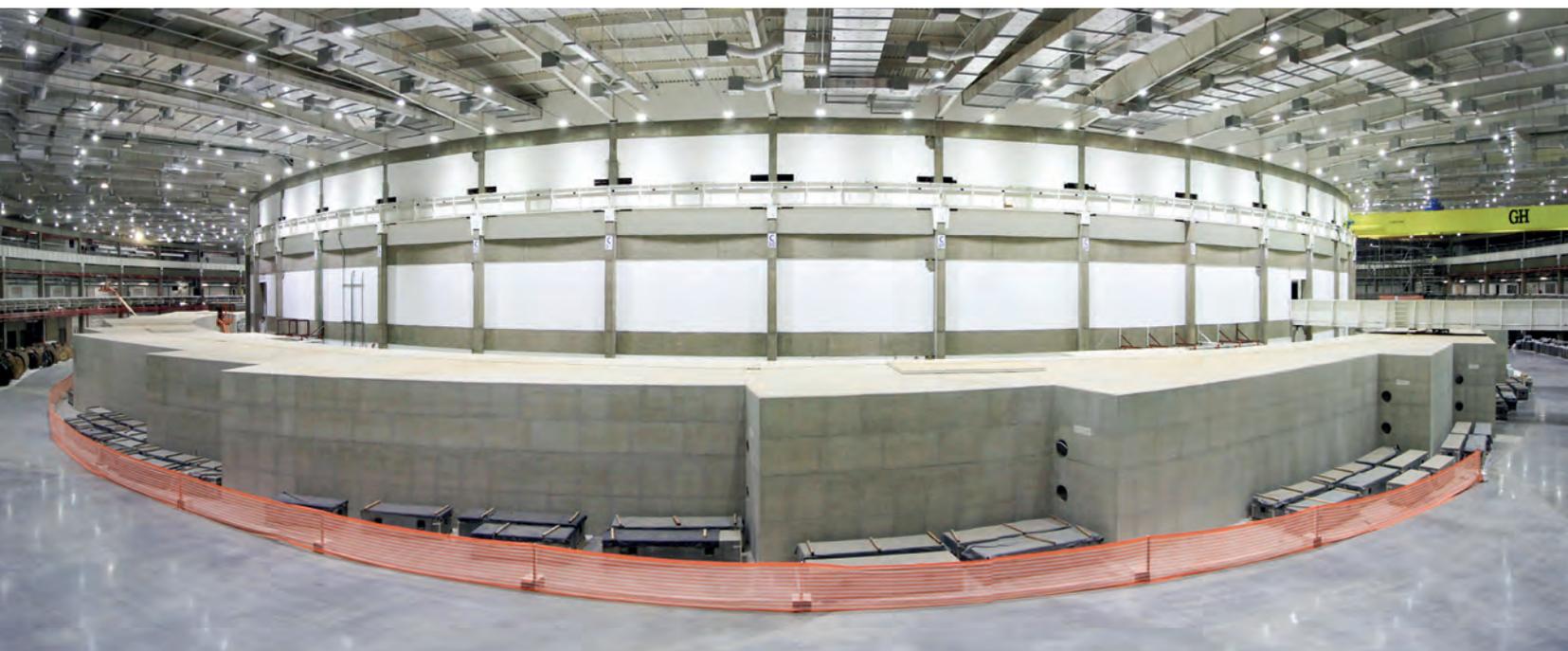


Imagem panorâmica do hall experimental do Sirius praticamente pronto.

## >2018

Em 2018 são finalizadas as obras civis e dá-se início à instalação dos equipamentos no prédio do Sirius. O acelerador linear é instalado e o primeiro feixe de elétrons percorre com sucesso toda a extensão do Linac em 8 de maio.

Em seguida, tem início a instalação de componentes do acelerador injetor, chamado de booster, e do anel de armazenamento. Em 11 de novembro, este processo culmina na chegada do primeiro feixe de elétrons na entrada do booster.

Entre 2017 e 2018 acontece a maior parte da fabricação de componentes dos aceleradores de elétrons e das linhas de luz do Sirius por empresas brasileiras, a partir dos projetos desenvolvidos pelas equipes do CNPEM.



Equipe do LNLs e do SINAP (Shanghai Institute of Applied Physics) no momento da geração do primeiro feixe de elétrons no acelerador linear do Sirius.

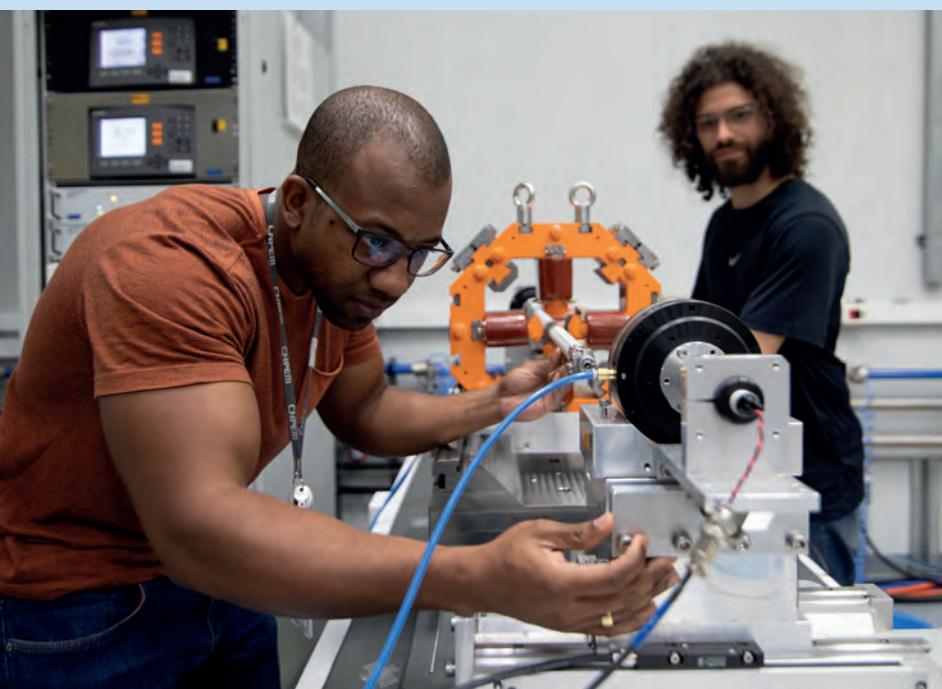
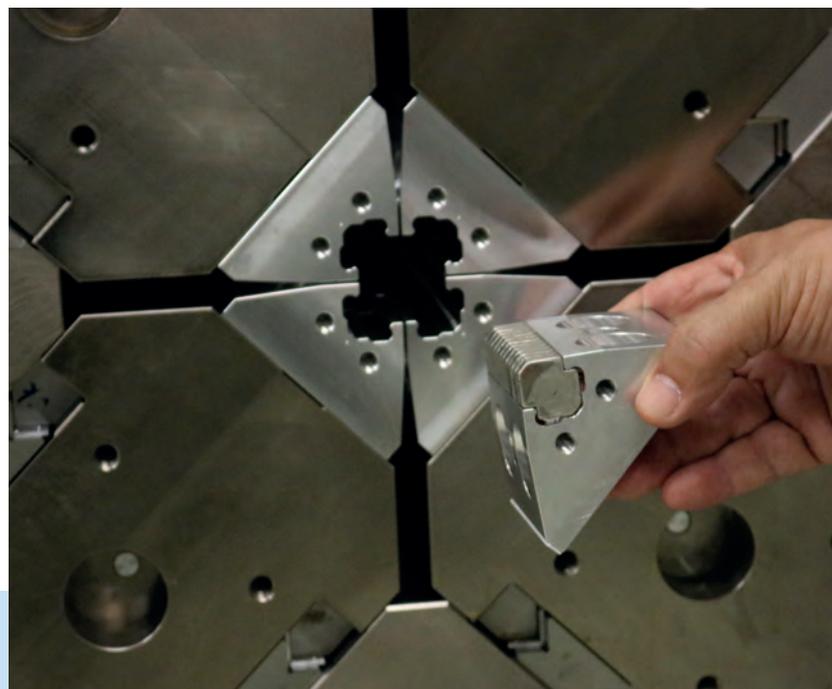


Início da montagem do acelerador injetor (booster) do Sirius.



Montagem do monocromador de raios X de uma das estações experimentais do Sirius.

Detalhe do protótipo de ondulator, uma das estruturas responsáveis pela geração da luz síncrotron.



Profissionais do CNPEM verificam a qualidade dos ímãs que compõem os aceleradores.

Processo de instalação das câmaras de vácuo do acelerador principal.

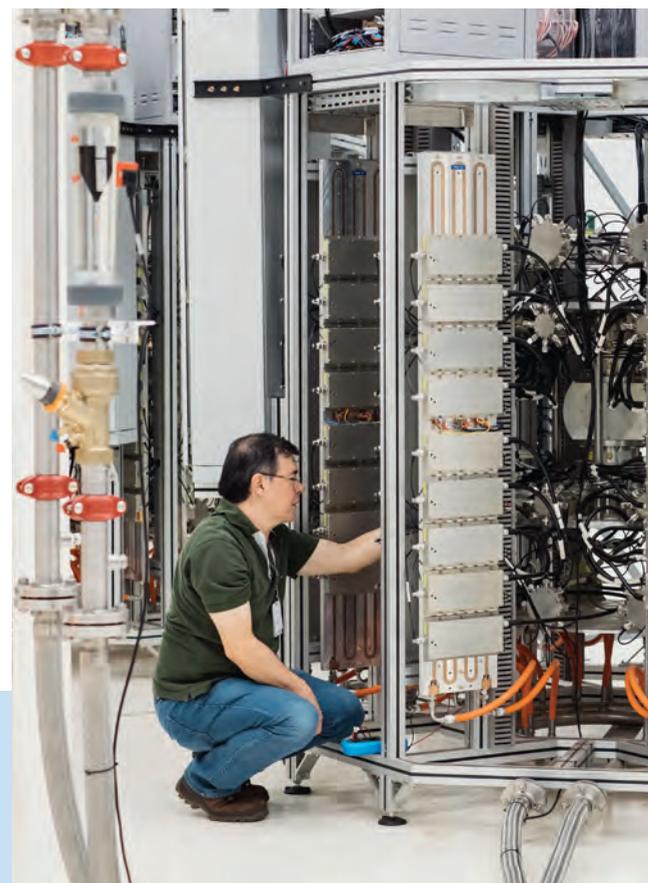
A equipe veste roupas especiais para evitar a contaminação dos componentes em vácuo por poeira e outros particulados.



Equipe realiza ajustes nos aceleradores durante comissionamento.



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



## >2019

Poucos meses depois, em 8 de março de 2019, ocorre a primeira volta completa de elétrons no booster.

Mais tarde, em 22 de novembro, é alcançada a primeira volta de elétrons no anel de armazenamento.



Equipe na sala de controle do Sirius na ocasião da primeira volta de elétrons no acelerador principal.

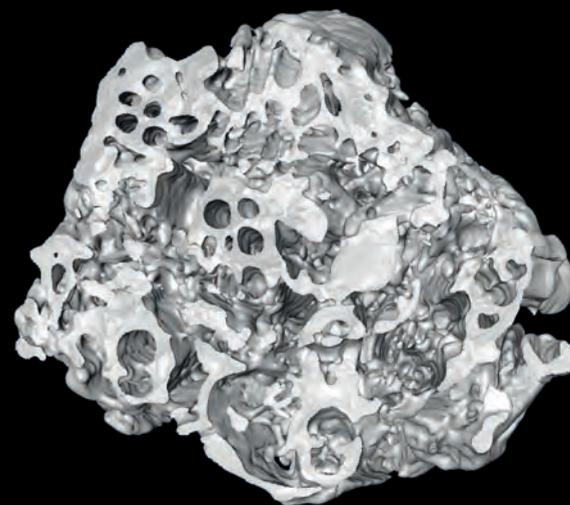


Este marco demonstra que milhares componentes, como ímãs, câmaras de ultra-alto vácuo e sensores funcionavam de modo sincronizado, e que toda a estrutura, incluindo peças de centenas de quilogramas, havia sido alinhada dentro dos padrões micrométricos necessários para se controlar a trajetória das partículas.

# FEZ-SE A LUZ

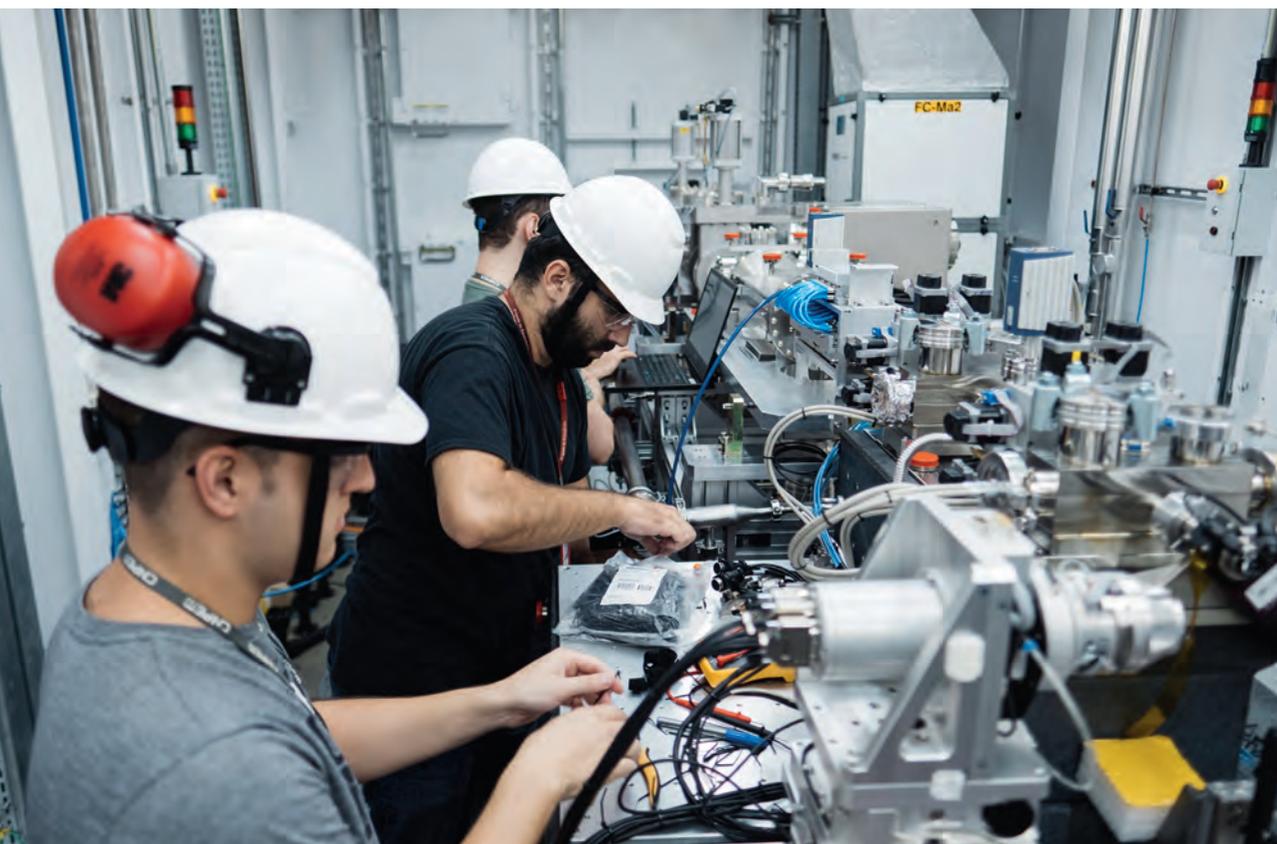
Rapidamente, em 14 de dezembro de 2019, a equipe conseguiu, pela primeira vez, manter elétrons circulando no acelerador principal por várias horas, condição essencial para a produção de luz síncrotron com a qualidade adequada para a realização de experimentos científicos.

*Reconstrução tridimensional de uma rocha carbonática, que tem a mesma composição das rochas de reservatórios de petróleo do pré-sal brasileiro. Uma das primeiras imagens produzidas em uma das linhas de luz do Sirius, ainda em caráter de testes.*



## >2019

Apenas dois dias depois, a equipe do CNPEM obtém as primeiras imagens com raios X gerados pelo Sirius. Tal conquista foi possível com a chegada da luz síncrotron pela primeira vez em uma estação de pesquisa montada provisoriamente para testes, e demonstrou o potencial da ferramenta para a geração de imagens com alta resolução, mesmo que ainda a uma potência 13 mil vezes inferior à projetada para a máquina.



Equipe do CNPEM monta a linha de luz Manacá.

**>2020**

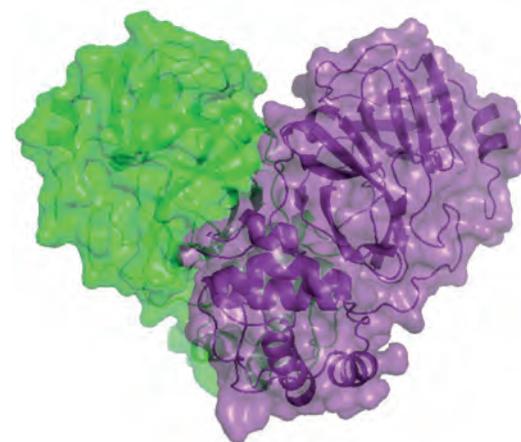


Visão do hall experimental do Sirius durante a instalação das primeiras linhas de luz.



*Pesquisadoras do CNPEM trabalham nos primeiros experimentos científicos realizados no Sirius.*

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



A equipe do CNPEM se dedica agora a alcançar correntes elétricas mais altas nos aceleradores de elétrons. Isso é necessário para que se produza luz síncrotron em condições adequadas para a realização de experimentos científicos cada vez melhores.

Atualmente, as primeiras linhas de luz do Sirius estão em fase final de construção, para que em breve possam ser disponibilizadas para a realização de pesquisas pelas comunidades científica e industrial do Brasil e do mundo.







# RUMO AO FUTURO

O mundo enfrenta atualmente uma das maiores pandemias de todos os tempos, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, com previsões extremamente preocupantes, tanto em relação à perda de vidas humanas quanto às consequências para a economia mundial.

Neste contexto, é necessário que sejam implantadas políticas sanitárias e sociais eficientes ao redor do mundo, capazes de promover a redução das taxas de contaminação. Ao mesmo tempo, ferramentas de diagnóstico rápidas e confiáveis devem ser produzidas para fornecer informações adequadas ao planejamento de políticas públicas. Além disso, medicamentos capazes de contribuir com o tratamento da doença devem ser encontrados, reduzindo as taxas de internação que desafiam a capacidade dos sistemas de saúde ao redor do mundo. Finalmente, é urgente que seja desenvolvida uma vacina capaz de imunizar a população mundial.

Cada uma dessas medidas exige o investimento maciço em ciência, tecnologia e inovação, em infraestruturas científicas e na formação de recursos humanos qualificados. Investimento este que é capaz de trazer soluções para a atual pandemia e também de mitigar suas diversas consequências negativas. Da mesma forma, a ciência é fundamental para enfrentar os grandes desafios com os quais a humanidade se depara, sejam eles relacionados à saúde, ao acesso a fontes renováveis de energia, ou no combate aos efeitos das mudanças climáticas.

No contexto brasileiro, é de especial importância ainda que as diretrizes políticas em prol da inovação estimulem a criação de infraestruturas científicas de ponta, que operem de forma aberta e que estejam disponíveis para a comunidade acadêmica e para os setores produtivos da agricultura, indústria e serviços, permitindo a análise de materiais nas suas mais variadas formas.

Sirius, a nova fonte de luz síncrotron brasileira, é a maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País. Sirius irá disponibilizar para as comunidades acadêmica e industrial brasileiras o melhor que este tipo de tecnologia tem atualmente a oferecer, e permitirá que centenas de pesquisas acadêmicas e industriais sejam realizadas anualmente, por milhares de pesquisadores, nas mais variadas áreas do conhecimento.

Este livro foi composto em Tisa Pro e URW DIN, e impresso em Papel  
Couché pela VPrint na Primavera de 2020.



Tela de Dose (uSv/h)	
0,419 uSv	0,528 uSv
0,425 uSv	0,552 uSv
0,431 uSv	0,526 uSv
0,331 uSv	0,518 uSv
0,543 uSv	0,575 uSv
0,533 uSv	0,503 uSv
0,394 uSv	0,376 uSv
0,583 uSv	0,254 uSv
0,506 uSv	0,487 uSv

A solução para os desafios enfrentados pelo Brasil e pelo mundo em áreas como energia, saúde e meio ambiente exige o conhecimento de como as coisas funcionam na escala dos átomos e moléculas. É isso que permite o desenvolvimento de materiais mais leves e resistentes, melhores fármacos, fertilizantes mais eficientes, alimentos mais nutritivos, fontes de energia renováveis, ou processos industriais menos poluentes.

Sirius, a nova fonte de luz síncrotron brasileira, é a maior e mais complexa infraestrutura de pesquisa já construída no País. Essa máquina funciona como um grande microscópio que - ao revelar a estrutura molecular, atômica e eletrônica dos mais diversos materiais - permite pesquisas em praticamente qualquer área do conhecimento, com potencial de resolver grandes problemas da atualidade.