

CAPA

SALTO PARA UM
BRILHO MAIOR



Detalhe de um ondulador, conjunto de magnetos que faz os elétrons serpentearem no interior do anel de armazenamento e liberar energia na forma de luz síncrotron

Em estágio final de construção, fonte de luz síncrotron de última geração pode elevar a qualidade da pesquisa brasileira

TEXTO **Ricardo Zorzetto**

FOTOS **Léo Ramos Chaves**, de Campinas, SP

Eram quase 6 da tarde da quinta-feira, 17 de maio, quando o engenheiro eletricitista Sergio Marques aproveitou para esticar as pernas e buscar energia em mais uma xícara de café. Em seguida, ele retomaria as medições que sua equipe vinha fazendo desde o início da semana, às vezes por 24 horas a fio, com o grupo da física brasileira Liu Lin. Marques e Liu são pesquisadores do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas, interior de São Paulo, e testavam os componentes de um acelerador linear de elétrons comprado por US\$ 6 milhões do Instituto de Física Aplicada de Xangai, na China. Instalado nas semanas anteriores em um túnel de 32 metros blindado com paredes de concreto, o aparelho impulsiona a cada meio segundo pacotes microscópicos de trilhões dessas partículas de carga elétrica negativa a velocidades próximas à da luz. Ele alimentará o maior, mais complexo e versátil instrumento de pesquisa já construído no país: o Sirius, uma fonte de última geração produtora de radiação síncrotron, um tipo especial de luz que permite investigar a estrutura da matéria na escala dos átomos e das moléculas.

O Sirius está em construção desde 2014 no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), a 15 quilômetros de Campinas, e deve estar pronto para um teste inicial até o final deste ano, caso as verbas solicitadas meses atrás ao governo federal e por ele aprovadas sejam liberadas logo. A nova fonte de luz síncrotron é um acelerador de partículas composto de três partes, montado em um edifício de 68 mil metros quadrados que deve permanecer o mais isolado possível de alterações de temperatura e vibrações do exterior – até das geradas pelo tráfego de caminhões da rodovia que liga Campinas a Mogi-Mirim e passa a 2 quilômetros dali.

Projetado pelas equipes do LNLS, o Sirius substituirá o UVX, a primeira fonte de luz síncrotron do hemisfério Sul, construída nos anos 1990 e hoje não mais competitiva. Cerca de 90% de suas peças foram desenvolvidas nas oficinas do LNLS ou desenhadas ali e produzidas por empresas brasileiras de alta

Uma luz especial

Quando entrar em atividade, possivelmente em 2019, o Sirius será uma das fontes de radiação síncrotron de maior brilho no mundo

FONTES: HARRY WESTFAHL JR / LNLS / CNPEM E PROJETO SIRIUS, A NOVA FONTE DE LUZ SÍNCROTRON BRASILEIRA

DOS ELÉTRONS À RADIAÇÃO

1

ACELERADOR LINEAR

Elétrons liberados por um filamento de metal aquecido são impulsionados em um acelerador linear de 32 metros de comprimento até uma velocidade próxima à da luz com energia de 0,15 gigaelétrons-volt (GeV) e injetados no *booster*

2 BOOSTER

No interior de um anel menor e mais interno, os elétrons ganham energia ao passar por uma câmara de radiofrequência e atingem o patamar de 3 GeV

3

ANEL DE ARMAZENAMENTO

Já com energia máxima, os elétrons são mantidos em uma trajetória estável no anel maior, de 518 metros de circunferência, por conjuntos de magnetos (ímãs) especiais

4

REDE MAGNÉTICA

Ao passar por dipolos e onduladores, os elétrons sofrem desvios de trajetória e perdem uma fração de sua energia na forma de luz: é a luz ou radiação síncrotron, que abrange uma ampla faixa de energia (do infravermelho aos raios X)

5

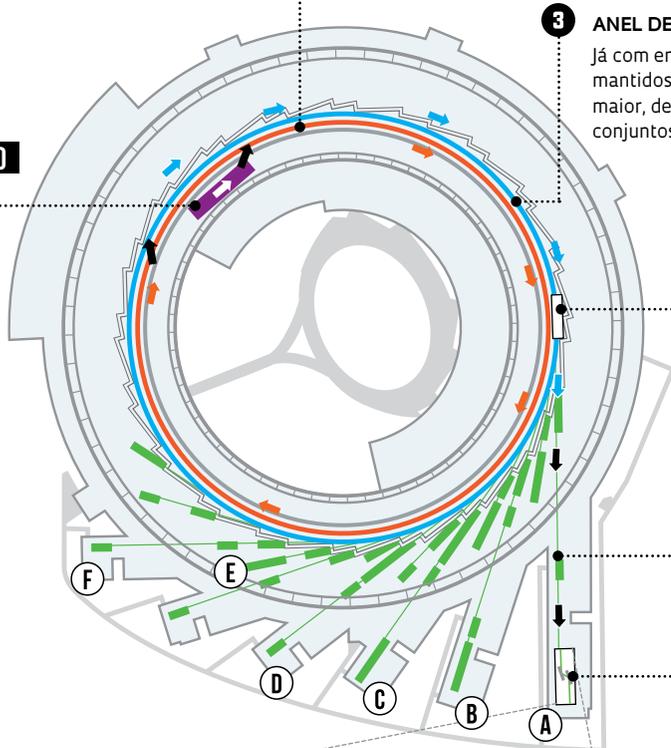
LUZ SÍNCROTRON

A luz síncrotron sai tangencialmente ao anel e é encaminhada para as estações experimentais

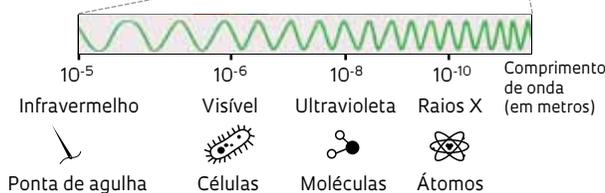
6

ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS

Conjuntos ópticos equivalentes a prismas instalados nessas estações permitem selecionar a faixa da radiação que será usada para analisar as amostras. Cada faixa é mais adequada para observar estruturas em escalas de grandeza diferentes, que vão da fração do milímetro ao nanômetro



O Sirius está instalado a cerca de 15 quilômetros ao norte da cidade de Campinas



AS LINHAS INICIAIS

Das 13 linhas de luz planejadas para integrar o Sirius, as seis identificadas acima (letras de A a F) devem ser as primeiras a entrar em operação

A

CARNAÚBA

Será a mais longa linha de luz, com 145 metros de comprimento. Seu feixe de raios X permitirá enxergar objetos de 30 nanômetros (resolução mil vezes superior à da fonte de luz atual, o UVX). Possibilitará a análise bi e tridimensional de materiais catalisadores, semicondutores e biológicos com resolução nanométrica

B

CATERETÊ

Linha de raios X que permitirá obter imagens tridimensionais de células vivas e registrar fenômenos dinâmicos da ordem de frações de segundo, como alterações na molécula de DNA. Deve permitir observar a interação entre elementos químicos em diferentes materiais e definir a estrutura nanométrica de óleos e polímeros

C

EMA

Seu feixe de raios X de alto brilho deve produzir imagens em escala nanométrica de materiais sob condições extremas (temperatura, pressão e campo magnético elevados), importante para a pesquisa de materiais supercondutores. Alimentará equipamentos em duas estações experimentais

D

MANACÁ

Será a primeira linha a ser montada no Sirius, com conclusão prevista para abril de 2019. Seu feixe de raios X deve ser usado para analisar cristais de proteínas, permitindo obter imagens tridimensionais dessas moléculas com a localização precisa de cada átomo

E

MOGNO

Uma das mais energéticas linhas de raios X do Sirius deverá gerar em segundos imagens 3D de estruturas nanométricas de materiais densos. Será capaz de penetrar centímetros em rochas de reservatórios de petróleo. A fonte atual analisa amostras com frações de milímetros de espessura. Permitirá estudar animais vivos

F

IPÊ

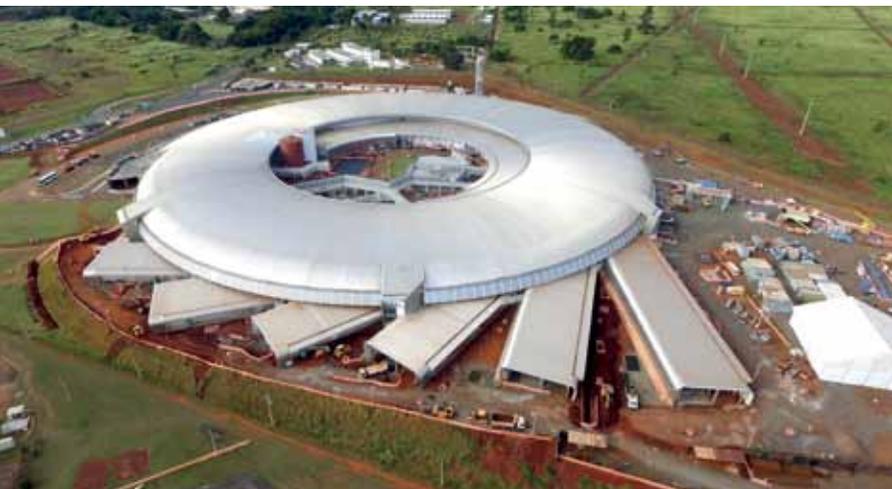
Essa fonte trabalhará com raios X de baixa energia e possibilitará mapear os elétrons responsáveis pelas propriedades físicas dos materiais, como magnetismo ou condutividade elétrica. Deve permitir observar a formação de ligações químicas entre átomos de materiais nos estados sólido, líquido e gasoso

tecnologia. O acelerador linear é exceção. “Por questão de prazo, encomendamos uma máquina com especificações de altíssimo nível para os pesquisadores que haviam concluído em Xangai uma fonte de luz de terceira geração, uma anterior à do Sirius, e nos ofereceram informações sobre quase todas as partes do acelerador”, explica Marques, que começou a trabalhar no UVX em 1997, aos 16 anos, e lidera o grupo de diagnóstico do LNLS, que monitora o feixe de elétrons e a qualidade da luz síncrotron que chega às estações experimentais.

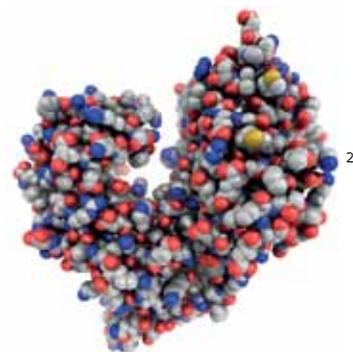
Quando estiver em plena atividade, o Sirius será, ainda que por um tempo limitado, a fonte de luz síncrotron mais avançada do mundo e também a com maior brilho na faixa dos raios X em sua classe de energia (ver reportagem na página 24). De modo simplificado, isso significa que o acelerador permitirá extrair dos elétrons viajando a quase 300 mil quilômetros por segundo feixes muito concentrados de uma luz que penetra profundamente até em materiais densos, como rochas, e permite produzir imagens nítidas de pontos distantes entre si poucos nanômetros (milionésimos do milímetro). Seu brilho intenso deve diminuir de horas para segundos o tempo para obter as imagens das amostras, algo importante no estudo de materiais biológicos, que se degradam rapidamente. A redução do tempo para produzir cada imagem deve permitir obter um número maior delas por segundo e reconstituir o movimento de fenômenos muito rápidos do mundo dos átomos e das moléculas, como a interação entre dois compostos ou a movimentação de íons na carga e descarga de baterias.

O poder de resolução do Sirius será superior ao das fontes de luz síncrotron de terceira geração, como a máquina atual do European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), na França, onde a pesquisadora israelense Ada Yonath realizou parte dos experimentos que definiram a estrutura tridimensional do ribossomo, organela produtora de proteínas nas células, e lhe renderam o Nobel de

Imagem aérea do prédio do Sirius, feita em meados de junho



Estrutura tridimensional da proteína NS5 do vírus zika, definida átomo a átomo



Química de 2009. As imagens do Sirius também deverão alcançar resolução mil vezes superior à do UVX, uma fonte de segunda geração que, mesmo defasada, permitiu à equipe do físico Glaucius Oliveira, professor da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos, identificar a estrutura tridimensional da proteína NS5, essencial para a reprodução do vírus zika (ver Pesquisa FAPESP nº 254).

Com a nova máquina de Campinas, espera-se ir além e identificar a estrutura tridimensional de proteínas maiores e mais complexas, de interesse da biologia e da indústria de fármacos, além de estudar materiais de interesse da indústria (ver infográfico na página ao lado). “O Sirius está muito próximo do limite daquilo que a engenharia permite construir e será capaz de produzir ciência competitiva internacionalmente por, ao menos, uma década”, afirma o físico Antônio José Roque da Silva, diretor do LNLS e do projeto do Sirius. Professor da USP e especialista em modelagem matemática de materiais na escala atômica, José Roque chegou ao LNLS em 2009 com duas missões: aprimorar o UVX, que, envelhecido, começava a perder usuários e especialistas para instituições no exterior, e levar adiante o projeto de construir seu substituto – o nome Sirius surgiria mais tarde, emprestado da estrela mais brilhante do céu noturno.

De início, José Roque buscou a ajuda de dois antigos colaboradores do LNLS: o engenheiro civil Antonio Ricardo Droher Rodrigues, um dos três brasileiros que lideraram a construção do UVX de 1987 a 1997, e do físico francês Yves Petroff, que dirigiu laboratórios de luz síncrotron na França e participou do projeto da primeira fonte brasileira. “O UVX não tinha mais capacidade de competir e optamos por aprimorar nichos nos quais poderíamos produzir trabalhos relevantes, com o uso de radiação infravermelha e ultravioleta”, conta José Roque. Ao mesmo tempo, o trio aperfeiçoou o projeto de uma fonte de terceira geração elaborado pela equipe do físico José Antônio Brum, que dirigiu a Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron (ABTLuS), atual CNPEM, de 2001 a 2009. Três anos mais tarde, com um projeto maduro em mãos, José Roque e sua equipe o submeteram a um comitê científico internacional.

No relatório final, os membros do comitê afirmaram que o desenho da nova fonte era excelente para os padrões da época, mas recomendaram que se buscasse o nível de brilho que vigoraria no futuro. “Não havia máquina com as características sugeridas por eles em funcionamento no mundo”, lembrou José Roque na manhã de 17 de maio, em sua sala no LNLS. “Era a chance de sairmos e nos mantermos por um período à frente dos Estados Unidos, do Japão e de países da Europa.”

As equipes do LNLS voltaram à mesa de projetos e retomaram os testes de equipamentos. Responsável pela física de aceleradores no LNLS, Liu Lin e seu grupo redesenharam a rede magnética do Sirius para que o seu brilho superasse o das máquinas existentes. Seis meses depois, o comitê aprovou o novo projeto, orçado em US\$ 585 milhões (na época, R\$ 1,3 bilhão). Obter financiamento estável era fundamental, mas só parte do problema. “Tivemos de conseguir o terreno para a construção e definir as características do prédio enquanto redeseñávamos a máquina e buscávamos saída para questões tecnológicas”, contou José Roque. “Houve momentos em que equilibramos 20 pratos no ar.”

Os primeiros R\$ 9 milhões para o pré-projeto foram desembolsados em 2009 e 2010 pelo então Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) na gestão (2005-2010) do físico Sergio Rezende, que conhecera o projeto de Brum em 2008. Mas faltava uma fonte definida dos recursos, que, em um primeiro momento, seriam providos pelo MCT (atual MCTIC, depois de incorporar Inovações e Telecomunicações), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e por agências de fomento. Outros dois ocupantes se sucederam à frente do ministério e repassaram R\$ 77 milhões ao projeto até que, em 2014, o engenheiro Clélio Campolina Diniz deu luz verde para o início das obras civis e propôs um orçamento de R\$ 240 milhões para 2015. No ano seguinte, o Sirius foi incluído na segunda edição do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e hoje é uma das obras do Programa Avançar.

A oscilação do dólar, a inflação e os aprimoramentos na fonte de luz e no prédio elevaram o valor do Sirius para R\$ 1,8 bilhão. “É o único projeto brasileiro de tais dimensões sem atrasos importantes”, afirma o engenheiro eletrônico e físico Rogério Cezar de Cerqueira Leite, presidente do Conselho Administrativo do CNPEM, organização social vinculada ao MCTIC, gestora do LNLS.

Pedro Wongtschowski, engenheiro químico que presidiu o Conselho Administrativo do CNPEM de 2010 a 2015, atribui o cumprimento do cronograma e a pouca alteração de valores à adoção de um modelo de governança usado em projetos de grande porte pelo setor privado. “A execução só

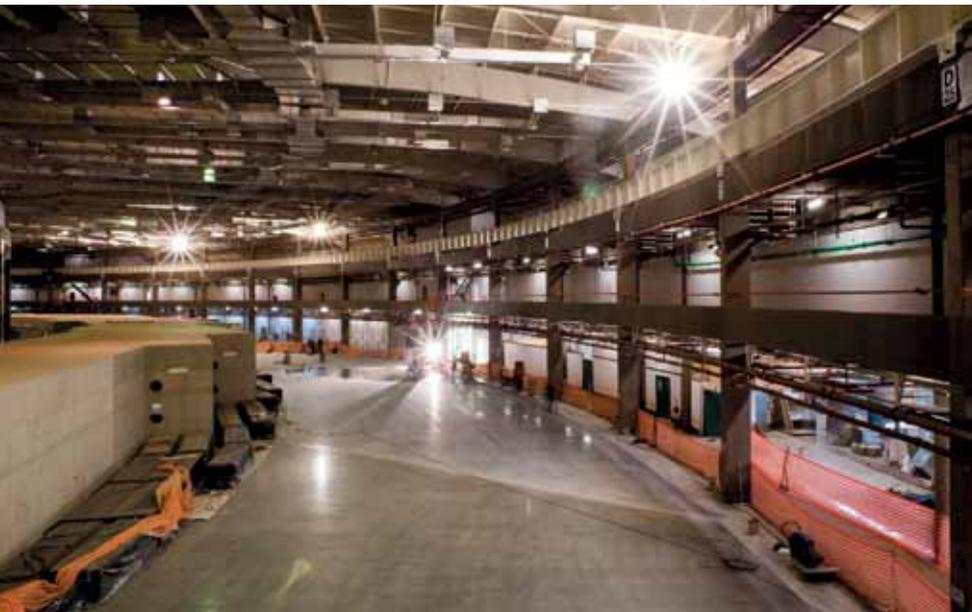


O engenheiro Rafael Seraphim realiza teste do sistema de vácuo das câmaras que conduzirão os elétrons. Ao lado, magnetos quadrupolos, um dos componentes do anel de armazenamento

começou depois de concluído um projeto executivo detalhado; a contratação de obras ocorreu mediante licitação cuidadosa e foram adquiridos primeiro os equipamentos que exigiam prazo maior para serem entregues”, lembra. “Também se aproveitou a implantação do Sirius para desenvolver componentes com fornecedores nacionais, etapa que contou com o apoio da FAPESP”, conta Wongtschowski, atual presidente do Conselho Administrativo do grupo Ultrapar Participações e membro do Conselho Superior da FAPESP.

Do custo total previsto, R\$ 1,16 bilhão já foi repassado pelo MCTIC, sendo R\$ 760 milhões na gestão de Gilberto Kassab, conta Cerqueira Leite, que teve atuação fundamental nos anos 1980 na implantação do UVX. Para Cerqueira Leite, o Sirius só sobreviveu à retração econômica recente porque, aos poucos, o projeto conseguiu envolver, além dos seus idealizadores e da comunidade científica, “autoridades e políticos de Brasília”.

É uma conclusão semelhante à que chegaram anos atrás dois pesquisadores que analisaram o processo de criação e implantação do UVX. Léa Velho, professora do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e Osvaldo Frota Pessoa Junior, professor do Departamento de Filosofia da



Hall em que será instalada parte das estações experimentais do Sirius

USP, avaliaram os argumentos que motivaram a construção do primeiro síncrotron brasileiro e as negociações que permitiram tirá-lo do papel. Em um artigo de 1998 na revista *Social Studies of Science*, afirmaram que o apoio ao projeto veio mais de setores da política científica do que dos pesquisadores e potenciais usuários. Escreveram ainda que a habilidade política dos poucos cientistas envolvidos fora crucial para a sua implementação.

“O Sirius representa uma tentativa de promover um novo salto de qualidade na ciência nacional”, analisa o físico argentino Aldo Craievich, que, aos 79 anos e aposentado da USP, ainda faz pesquisa usando o UVX. Com o físico Cylon Gonçalves da Silva e Ricardo Rodrigues, Craievich compôs o trio que coordenou a construção do primeiro síncrotron nacional.

O projeto de instalar no país um equipamento para fazer ciência em grande escala – a *Big Science*, iniciada nos Estados Unidos na Segunda Guerra Mundial com o projeto da bomba nuclear – nasceu no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro, no início dos anos 1980 com o físico Roberto Leal Lobo e Silva Filho. Apoiado por Lynaldo Cavalcanti de Albuquerque, então presidente do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Lobo conduziu o projeto até o início do governo democrático, em 1985. Com a criação do MCT, foi substituído por Cylon, que tinha suporte do ministro Renato Archer.

“Quando se decidiu pela construção da primeira fonte de luz síncrotron, o único modelo de funcionamento que fazia sentido era o de um laboratório nacional nos moldes norte-americanos, aberto a usuários de instituições de pesquisa e de empresas do país e do exterior”, conta Cy-

lon. “A construção da máquina era mera desculpa para formar pessoas qualificadas para gerar tecnologia no país e capazes de produzir ciência na fronteira do conhecimento. Acertamos ao optar por projetar e construir o máximo em casa, o que gerou a *expertise* usada no Sirius.”

Construir equipamentos para fazer ciência em larga escala demanda fluxo contínuo de verbas, competência técnica e científica e, quase sempre, gera disputas. Foi assim com o UVX e, em uma escala menor, com o Sirius. Logo após aprovado o projeto da primeira fonte nacional de luz síncrotron, a direção da Sociedade Brasileira de Física publicou um manifesto contrário ao projeto. Afirmava que não havia no país competência técnica para construí-lo, que não existiriam usuários e que drenaria os recursos de outras áreas da ciência e tecnologia.

“Nenhuma dessas previsões se concretizou”, recorda Rodrigues, coordenador de aceleradores do Sirius. “Construímos a máquina, os usuários vieram, hoje são 6,2 mil cadastrados, e o nível de financiamento aumentou em todas as áreas.”

“Instalações de grande porte como o Sirius são caras em qualquer lugar do mundo, mas se pagam com o tempo”, afirma Fernanda De Negri, economista do Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (Ipea). Seu custo representa 0,05% do orçamento público brasileiro (a receita do governo), da ordem de R\$ 3,5 trilhões. “Em muitas áreas, infraestruturas como essa são necessárias para se produzir ciência de qualidade, capaz de gerar inovação e tornar o país economicamente mais competitivo”, diz a pesquisadora, que lançou em junho o livro *Novos caminhos para a inovação no Brasil* (Editora Wilson Center), no qual menciona o Sirius como um raro exemplo no país de planejamento científico de longo prazo.

“Desde o projeto da bomba atômica e a missão Apollo, a ciência deixou de ser feita só com pequenos investimentos e visão de curto prazo”, observa Glaucio Arbix, professor do Departamento de Sociologia da USP. “É preciso ter visão de médio e de longo prazos e irrigar o sistema de modo a alimentar laboratórios menores e a criar projetos de relevância científica, econômica e social, capazes de elevar o patamar da ciência brasileira e aumentar seu impacto”, defende Arbix, que presidiu de 2011 a 2015 a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o órgão de fomento de inovação federal. “Sem isso, o país continuará patinando.” ■

Artigo científico

VELHO, L. e PESSOA JR., O. The decision-making process in the construction of the Synchrotron Light National Laboratory in Brazil. *Social Studies of Science*. v. 28, n. 2, p. 195-219. abr. 1998.

A corrida pela melhor luz

Sirius competirá com um equipamento de quarta geração inaugurado em 2016 na Suécia e outro planejado para funcionar a partir de 2020 na França

Há pressa em concluir o Sirius, a nova fonte de luz síncrotron brasileira que será uma das mais avançadas no mundo. A meta é não prorrogar muito o término de sua construção e montagem, hoje com um atraso modesto de seis meses, aceitável em um projeto dessa magnitude e complexidade técnica. É que seus competidores já surgem no horizonte. São equipamentos projetados para apresentar um brilho similar ou até superior ao da máquina brasileira, que certamente atrairá a atenção de pesquisadores acadêmicos e de empresas interessados em realizar experimentos que exigem resoluções espaciais e temporal cada vez maiores.

Por essa razão, em maio deste ano, enquanto físicos e engenheiros do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) concluíam a instalação e realizavam os testes iniciais do acelerador linear, operadores e engenheiros civis trabalhavam 24 horas por dia de segunda a sábado nas obras do Sirius. Corriam para finalizar o prédio até agosto e permitir que as outras partes do acelerador e as estações experimentais começassem a ser montadas o mais cedo possível. Mesmo que as instalações estejam prontas logo,

a nova fonte de luz não funcionará sem a conexão entre a rede elétrica de alta tensão, que precisa ser providenciada pela CPFL Energia, que distribui energia na região de Campinas, e a subestação que alimentará o Sirius e o resto do *campus* do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), que, juntos, consumirão a energia de uma cidade de 40 mil habitantes. “É preciso correr se quisermos ter a fonte mais brilhante do mundo por um período”, afirma o físico Antônio José Roque da Silva, diretor do LNLS e responsável pela construção do Sirius.

Hoje existem quase 50 fontes de luz síncrotron em funcionamento em pouco mais de 20 países. Quase metade delas se concentra em três países: o Japão tem 9 (muitas de pequeno porte), os Estados Unidos, 7, a Alemanha, 6. Pouco mais de 20 são de terceira geração, uma anterior à dos equipamentos mais modernos, que estão atingindo o limite do que é possível construir. O Sirius, de quarta geração, terá dois competidores diretos: uma fonte de luz já em operação na Suécia e outra que começará a ser montada em breve na França – além dessas, outras 13 de quarta geração estão em planejamento.

Instalado em Lund, cidade de 120 mil habitantes a 500 quilômetros ao sul de Estocolmo, a fonte de luz MAX IV é a primeira no mundo a ser considerada de quarta geração. Esses equipamentos são assim classificados por apresentarem uma distribuição inovadora de magnetos em torno do anel de armazenamento de elétrons, proposta em 1993 pelo físico alemão Dieter Einfeld e pelo físico esloveno Mark Plesko em um artigo na revista *Proceedings of SPIE*. Esse novo desenho da rede magnética foi adotado pela primeira vez no MAX IV e permite usar anéis de armazenamento menores para obter feixes de luz síncrotron mais concentrados e brilhantes.

Construído com componentes projetados e fabricados na Suécia e em outros países, o MAX IV foi inaugurado em junho de 2016, em uma cerimônia da qual participou o rei da Suécia, Carl XVI Gustaf. O equipamento é formado por dois anéis de armazenamento: um contendo elétrons com energia de 1,5 gigaelétrons-volt (GeV), que alimentam duas estações experimentais hoje em fase de comissionamento, e outro com elétrons de 3 GeV, que fornecem luz síncrotron para cinco estações, das





O European Synchrotron Radiation Facility, na França, que passará por aprimoramento a partir de 2019 (à esq.); e o MAX IV, na Suécia, primeira fonte de luz síncrotron de quarta geração (abaixo)

quais três estão ativas e duas em testes. “Desde o início das operações, já tivemos 318 usuários”, conta o físico brasileiro-sueco Pedro Fernandes Tavares, diretor de aceleradores do MAX IV. Segundo Tavares, o anel de maior energia deve fornecer neste ano luz síncrotron para as estações experimentais a ele conectadas funcionarem por cerca de 4 mil horas, o equivalente a 167 dias.

Se tudo sair como o planejado, em pouco tempo, o Sirius e o MAX IV devem enfrentar um concorrente de peso: a fonte extrabrilhante (EBS) do European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), que fica em Grenoble, cidade de 160 mil habitantes no sudeste da França, ao pé dos Alpes. Será uma versão aprimorada de sua atual fonte de luz síncrotron, a primeira de terceira geração a entrar em funcionamento no mundo, nos anos 1990. O ESRF é operado por um consórcio de 22 países e há três anos seus técnicos e engenheiros preparam o upgrade que custará € 150 milhões.

O equipamento atual será desligado em dezembro deste ano e, nos 18 meses seguintes, seu anel de armazenamento será desmontado e substituído por um novo, com 844 metros de circunferência,



que manterá elétrons circulando com 6 GeV de energia, o dobro da do Sirius e do MAX IV. De acordo com a assessoria de comunicação do ESRF, o projeto está em dia. A previsão é de que o novo equipamento, que terá brilho 100 vezes mais intenso do que o da máquina atual, seja reaberto para os usuários em 2020 com as linhas de luz abastecendo 44 estações experimentais.

Na opinião do físico Aldo Craievich, professor aposentado da Universidade de São Paulo (USP) e um dos líderes da construção da primeira fonte de luz síncrotron brasileira, o UVX, o Sirius deverá

competir em condição de igualdade com o MAX IV e o ESRF-EBS e atrair colaboradores internacionais. “Estou convencido de que virão até mesmo pesquisadores de países mais desenvolvidos do hemisfério Norte, porque um bom número de experimentos avançados só poderá ser realizado aqui”, afirma. “Será um ambiente de forte estímulo à cooperação internacional, que deve superar o que ocorreu com o UVX.” A fonte brasileira atual, que deve ser desligada no final de 2019, tem uma média de 1.200 usuários por ano, cerca de 20% vindos de outros países da América Latina. ■

Ricardo Zorzetto