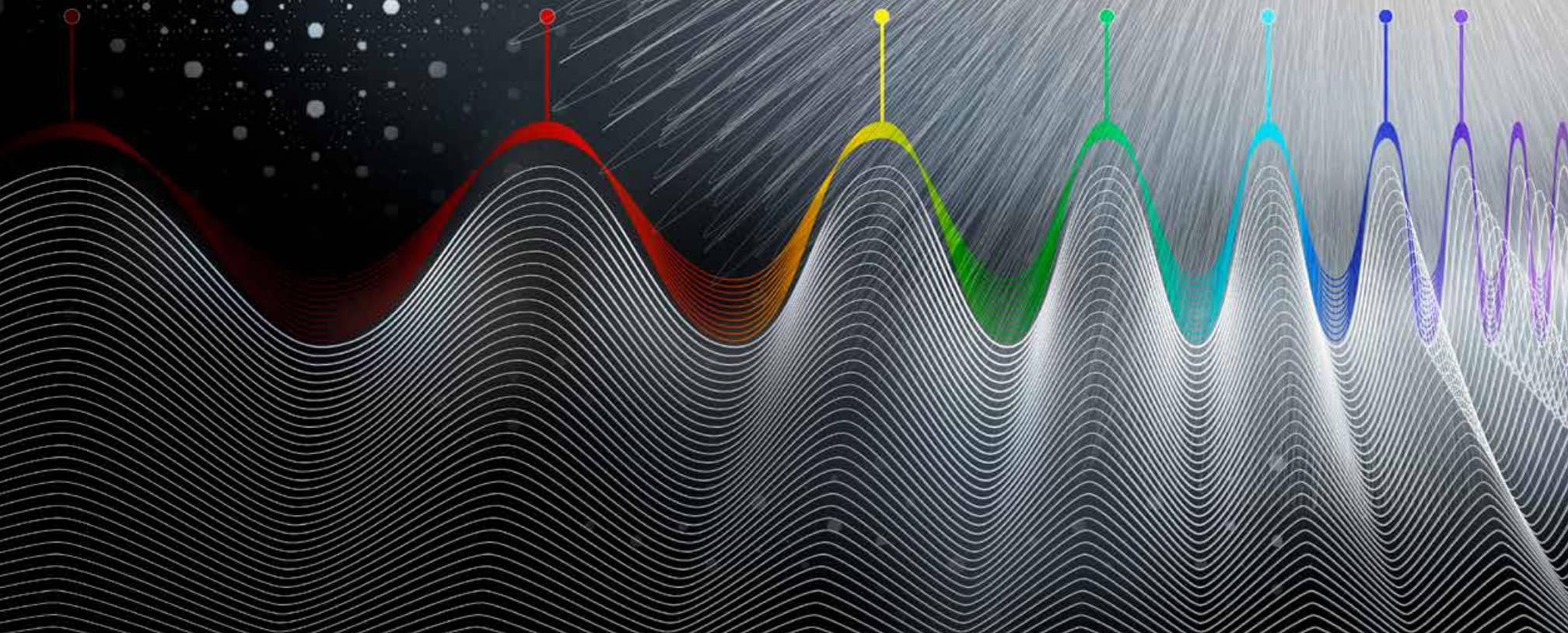


Fontes de Luz Avançadas e Cristalografia

*Ferramentas para Descoberta
e inovação*



Fontes de Luz Avançadas e Cristalografia

INTRODUÇÃO

- O que são fontes de luz avançadas? 1
- O que é a cristalografia? 1
- Porque é que as fontes de luz avançadas são importantes? 2
- Como funciona uma fonte de luz avançada? 4
- Investigação em laboratórios de fontes de luz avançadas 6
- Educação e divulgação 7

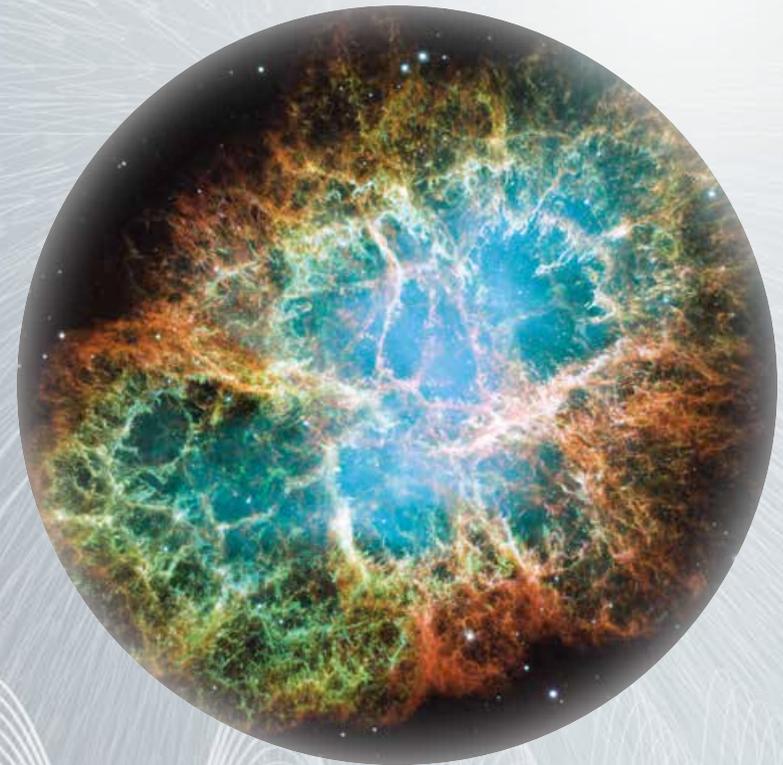
APLICAÇÕES

- Aplicações em nanomateriais 8
- Biologia estrutural *Ferramentas poderosas para estudar a biologia das doenças* 10
- Aplicações em energia 12
- Estudo de materiais submetidos a condições extremas 13
- Aplicações em ciência forense 14
- Paleontologia *Investigação em fósseis antigos* 15
- Arqueologia *Investigação em materiais antigos* 16
- Os centros de alta tecnologia alimentam a indústria 17

O IMPACTO DAS FONTES DE LUZ AVANÇADAS NA CIÊNCIA E NA SOCIEDADE NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO 18

EMPREGOS E CARREIRAS EM FONTES DE LUZ AVANÇADAS 20

O FUTURO 21



© HubbleSite: gallery, release

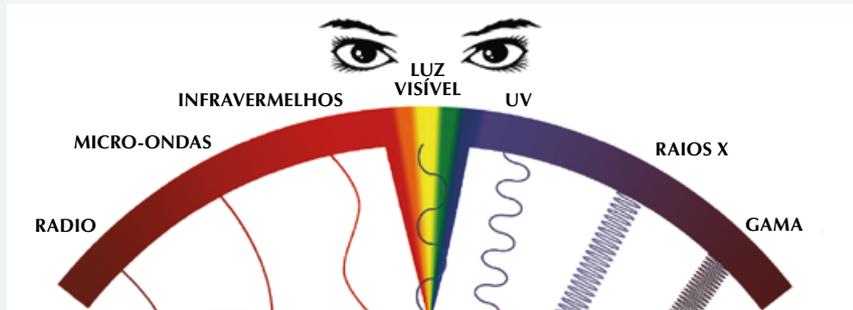
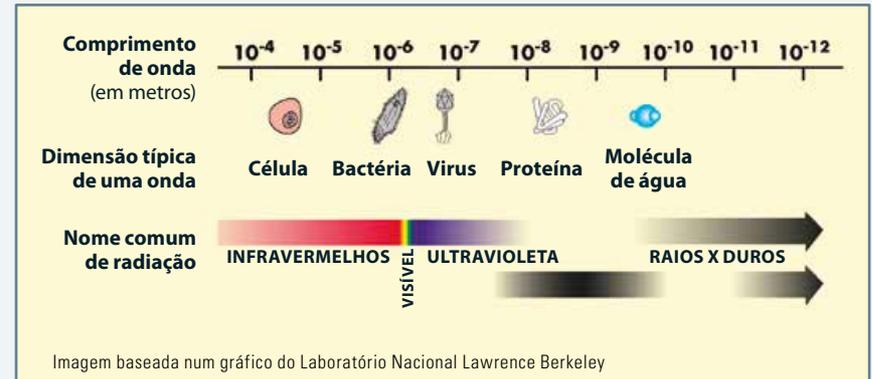
A Nebulosa do Caranguejo é o remanescente da explosão de uma supernova que foi observada na Terra em 1054 DC. O Caranguejo está a cerca de 6.500 anos-luz da Terra. Os elétrons de alta energia resultantes da explosão seguem uma trajetória curva causada pelo forte campo magnético na nebulosa e emitem luz de sincrotrão, tal como fazem as fontes de luz avançadas aqui na Terra.

O que são fontes de luz avançadas? O que é a cristalografia?

Nem toda a luz é visível. Em ciência e tecnologia, a palavra **luz** aplica-se geralmente à **radiação** eletromagnética. A maioria dos comprimentos de onda da luz não é visível.

As fontes de luz geram ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama.

As fontes de luz avançadas são muito mais intensas do que as fontes convencionais, tais como lâmpadas e lasers tradicionais.



Diferentes comprimentos de onda de luz em comparação com o tamanho de vários objetos. Para ver um objeto, precisamos de luz com comprimento de onda igual ou menor que o tamanho do objeto.

O menor objeto que podemos ver com luz visível é uma bactéria. Para ver os detalhes dos constituintes de uma célula, por exemplo, proteínas, precisamos de luz com um comprimento de onda menor, como os raios X.

**A cristalografia é a ciência que examina a disposição dos átomos nos sólidos.
Existe uma estreita ligação entre a ciência da cristalografia
e grande parte do trabalho realizado nos laboratórios de fontes de luz avançadas.**

Feixes de raios X bem focados, gerados por laboratórios avançados de radiação de sincrotrão, produziram dados de difração de alta resolução de cristais de ribossomas, autênticas nanomáquinas celulares que traduzem o código genético em proteínas.

Ada YONATH, Prémio Nobel da Química em 2009

Porque é que as fontes de luz avançadas são importantes?

OBSERVAR a matéria e decodificar os seus segredos são atividades fulcrais da busca da humanidade para compreender o mundo que nos rodeia. As **fontes de luz avançadas** oferecem ferramentas únicas para expandir os limites do conhecimento em novos materiais e matéria viva.

As fontes de luz são centros de investigação fundamental e aplicada e desempenham um papel primordial no estímulo à inovação e em potenciar a competitividade industrial.

As fontes de luz avançadas estão a revolucionar as ciências fundamentais, aplicadas e industriais, tais como a agricultura, arqueologia, biologia, biomedicina, química, estudos de património cultural, engenharia, energia, ciência ambiental, ciência forense, geologia, ciência de materiais, nanotecnologia, novos fármacos, paleontologia e física.

As fontes de luz avançadas são o meio por excelência da nossa era para caracterizar materiais. Elas abrem novas perspetivas

sobre a micro e nano estrutura de materiais artificiais que nenhum outro método consegue fornecer. A indústria reconhece essa capacidade e utiliza cada vez mais as fontes de luz avançadas para apoiar a investigação e a inovação no desenvolvimento de novos produtos.

Estes laboratórios têm um impacto significativo na educação e no treino de estudantes de pós-graduação, os nossos futuros cientistas.

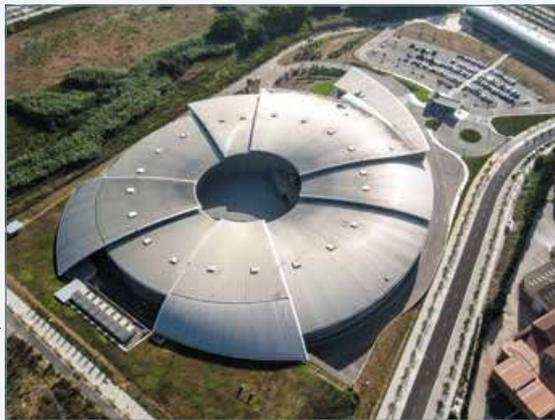


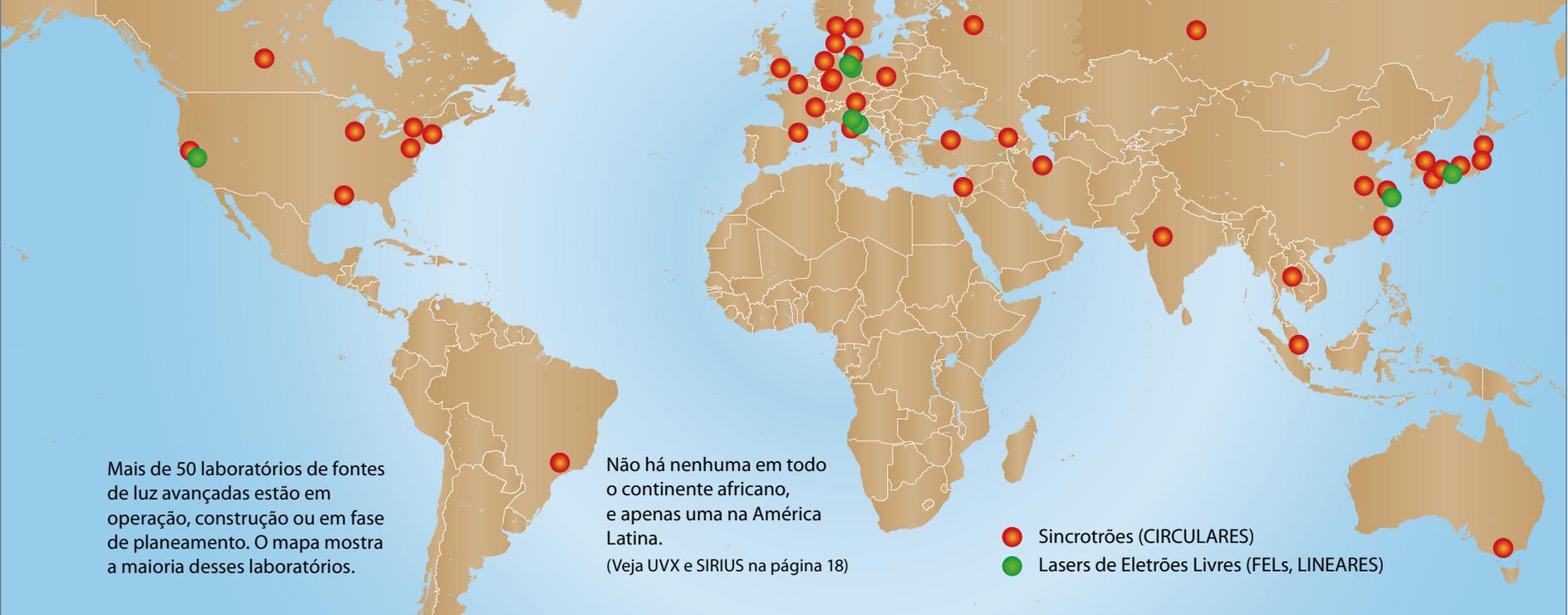
Foto cedida por ALBA

ALBA, um laboratório de luz de sincrotrão perto de Barcelona, permite a visualização da estrutura atômica da matéria, bem como o estudo das suas propriedades.



Imagem cedida por Hans Braun, Instituto Paul Scherrer

Um **laser de elétrons livres (FEL)** é outro tipo de fonte de luz avançada. Este está perto de ser finalizado e de entrar em funcionamento no Instituto Paul Scherrer, na Suíça.



© Adobe Stock

As fontes de luz avançadas são essenciais para expandir as fronteiras do conhecimento em muitas disciplinas científicas e setores industriais, por vezes, respondendo diretamente às atuais necessidades científicas, comerciais e educacionais de determinado país ou região. Milhares de estudantes de pós-graduação em biologia, química, meio

ambiente, materiais, ciências médicas e outras disciplinas fizeram investigação de ponta em fontes de luz, em todo o mundo, como parte das suas teses. O fornecimento de tal recurso foi uma grande motivação para muitos países iniciarem as suas fontes de luz em meados da década de 1980.



Foto cedida pelo Laboratório Nacional de Brookhaven

MAIS INFORMAÇÃO EM
<http://lightsources.org>



A Fonte Nacional de Luz de Síncrotrão II (NSLS-II) (foto) no Laboratório Nacional de Brookhaven, nos Estados Unidos, é uma das fontes de luz mais recentes e brilhantes do mundo, com 6.000 utilizadores por ano.



Como funciona uma fonte de luz avançada?

POR “aceleração”, entende-se uma mudança na velocidade ou na direção do movimento. Quando são aceleradas, todas as partículas eletricamente carregadas emitem radiação, a que chamamos de luz.

Os prótons e elétrons podem emitir luz quando são acelerados. Mas os elétrons emitem muito mais luz que os prótons. É por isso que todas as fontes de luz avançadas usam elétrons.

Existem dois tipos principais de fontes de luz avançadas: as **circulares**, que são anéis de armazenamento de elétrons chamados sincrotrões ou fontes de luz de sincrotrão, e lasers **lineares** de elétrons livres (FEL).

Cada laboratório de radiação de sincrotrão é diferente e possui capacidades um pouco diferentes. No entanto, em geral, todos os laboratórios são como uma cadeia composta de elos.

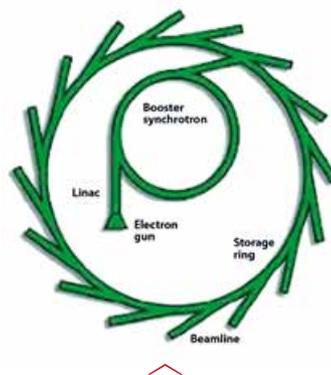
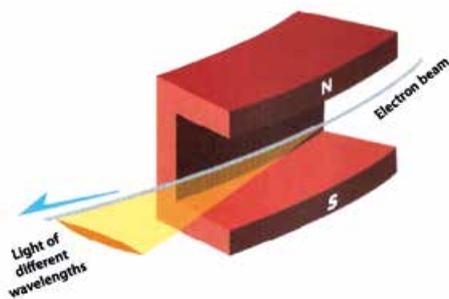


Cada elo da cadeia fornece uma maior aceleração aos elétrons e injeta-os no elo seguinte da cadeia. Em baixo, dá-se como exemplo o anel de média energia Diamond.

CIRCULAR. Quando um feixe de elétrons passa entre os polos norte e sul de um íman, a sua trajetória curva-se. O feixe muda de direção e emite luz. Os elétrons podem ser armazenados e circular num anel por períodos de

até um dia. À medida que os elétrons circulam e mudam de direção, eles emitem radiação eletromagnética, visível e invisível, de comprimentos de onda muito longos (infravermelho) a comprimentos de onda muito curtos (raios X).

Como a radiação é emitida tangencialmente ao anel, podem-se construir muitas linhas de feixe que permitem aos cientistas coletar muitos dados simultaneamente.



Este esquema mostra as especificações da fonte de luz Diamond, o Laboratório Nacional de Ciência de Sincrotrão do Reino Unido, localizado no Campus Harwell de Ciência e Inovação em Oxfordshire, Reino Unido.



Canhão de elétrons. Os elétrons libertam-se de uma superfície quente e são acelerados até uma energia de 90.000 elétron-volt (90 keV). Um **linac** (acelerador linear) é o primeiro de três aceleradores de partículas nesta cadeia; os elétrons são acelerados de 90 keV até 100 milhões de elétron-volt (100 MeV). **Acelerador circular "booster".** Os ímãs de curvatura desviam os elétrons conferindo-lhes uma trajetória circular, e uma fonte de radiofrequência acelera-os a 3 GeV (3 giga ou mil milhões de elétron-volt) antes de serem injetados no anel de armazenamento. O **anel de armazenamento** consiste em secções retas articuladas angularmente para formar um circuito fechado com aproximadamente 600 m de circunferência. A cada 10 minutos, injeta-se no anel um novo lote de elétrons. Em alguns laboratórios, a injeção é feita a cada poucas horas. As **linhas de feixe** operam simultaneamente e transportam diferentes comprimentos de onda até aos grupos de utilizadores.

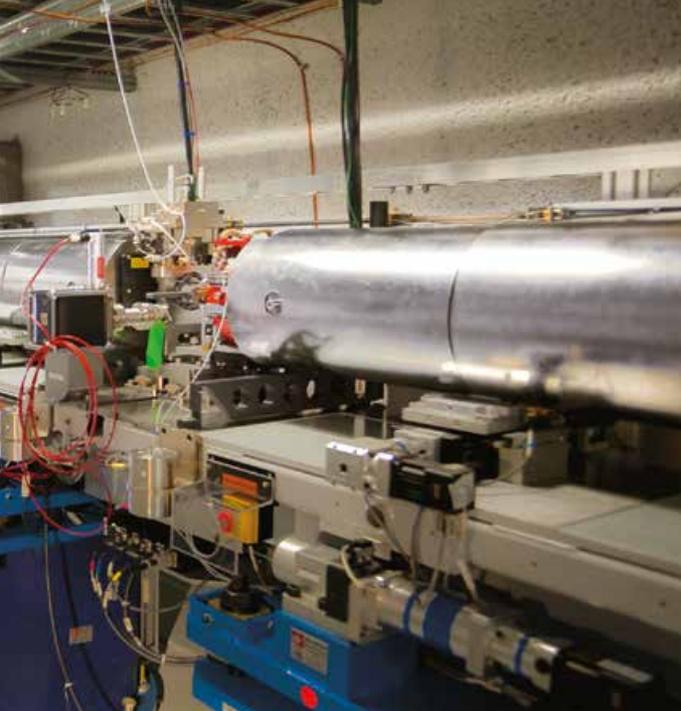


Foto cedida pelo Laboratório Nacional de Aceleradores SLAC

Brilho

Ao comparar fontes de luz, uma importante medida da sua qualidade é o “brilho”, um parâmetro que leva em consideração o número de fótons produzidos por segundo, assim como a rapidez com que o feixe se dispersa, o tamanho do feixe, e o espectro de frequências ou comprimentos de onda presentes. Os feixes de raios X gerados por fontes de luz avançadas são muitas ordens de grandeza mais brilhantes do que os obtidos com tubos de raios X convencionais.

Um **ondulador** é um “dispositivo de inserção” porque é “inserido” no trajeto do acelerador. É usado em fontes de luz avançadas circulares e lineares e é uma estrutura magnética periódica com uma série de ímãs, cuja polaridade norte-sul vai alternando. O ondulador estimula a emissão de radiação de sincrotrão altamente brilhante e direcionada para a frente, forçando um feixe de partículas carregado a serpentear ou ondular (*i.e.*, acelerações), ao passar pelo dispositivo.

LCLS, A fonte de luz coerente de acelerador linear do Laboratório Nacional de Aceleradores SLAC da Universidade de Stanford, na Califórnia, foi um dos primeiros lasers lineares de elétrons livres do mundo.

LINEAR. Fazendo luz a partir de feixes de elétrons. Para produzir a sua luz extraordinariamente útil, os lasers convencionais agitam os elétrons que orbitam nos átomos. Os lasers de elétrons livres (FELs) acionados por aceleradores produzem luz, usando ímãs, chamados onduladores, para agitar os elétrons que se libertam dos átomos. Os impulsos de um FEL são mil vezes mais curtos que os de um anel de armazenamento e muitas vezes mais intensos, o que abriu novas e empolgantes possibilidades de investigação em diversos campos. Uma desvantagem dos FELs é o número comparativamente pequeno de linhas de feixe que podem ser operadas simultaneamente.

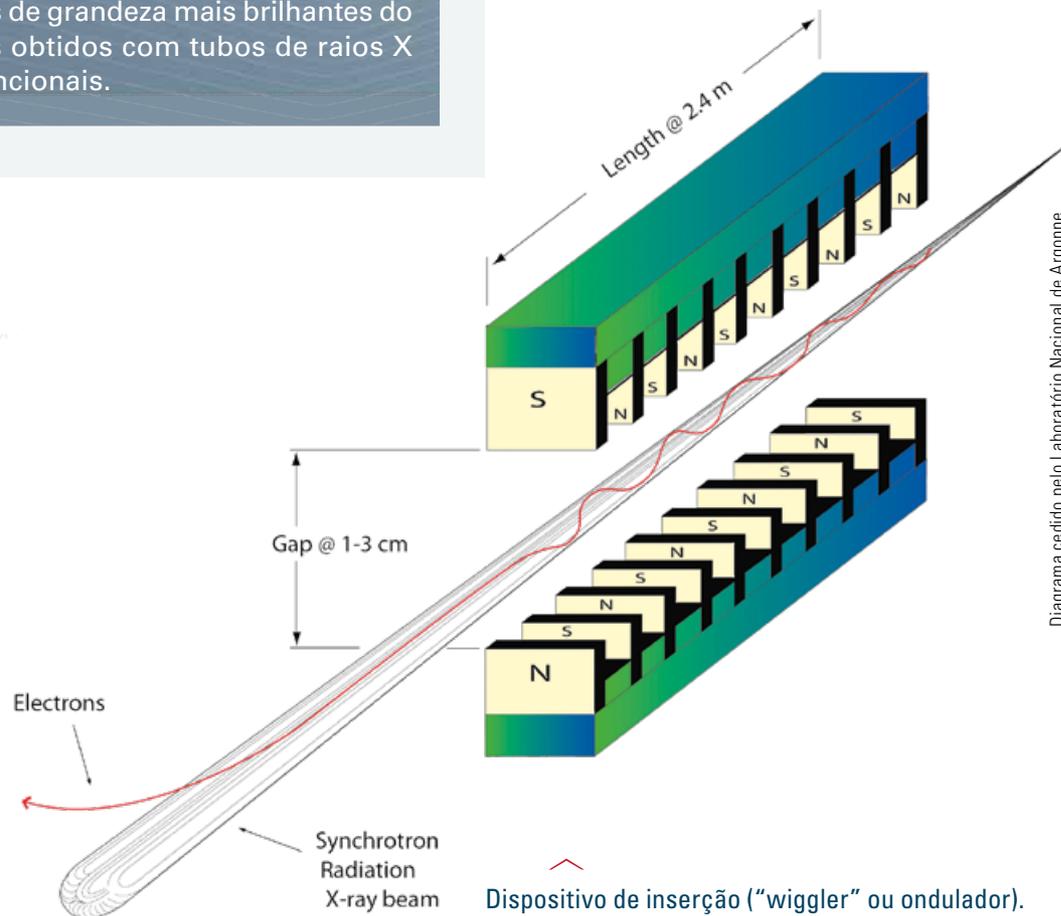
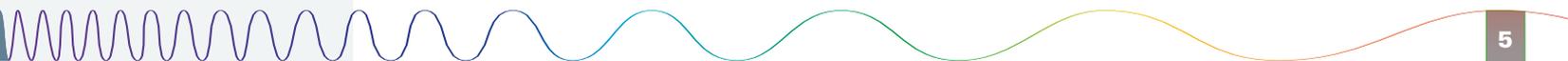


Diagrama cedido pelo Laboratório Nacional de Argonne



Investigação em laboratórios de fontes de luz avançadas

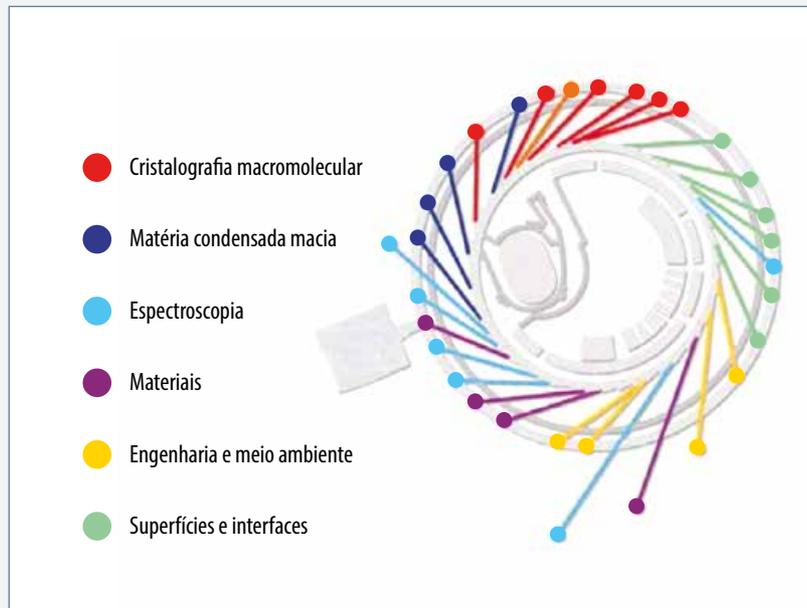


Diagrama da fonte de luz Diamond (Reino Unido), especificando a área típica de investigação feita em cada linha de feixe.

O ambiente de trabalho nas fronteiras da ciência e da tecnologia

Um grupo de cientistas, geralmente de uma universidade, mas, às vezes, de um laboratório da indústria, ou do governo e, frequentemente, em colaboração com várias instituições, escreve uma proposta. Eles descrevem o estudo proposto, especificam qual linha de feixe querem usar e quantas horas de tempo de feixe precisam. Um comitê nomeado pelo diretor do laboratório escolhe as propostas com o melhor conteúdo científico, geralmente sem considerar a instituição ou o país proponentes. Muitas vezes, o grupo é liderado por um professor e integra cientistas de pós-doutoramento e estudantes de doutoramento. A maioria dos laboratórios dispõe de alojamento local, restauração, uma biblioteca e um centro de computação. Trata-se de centros únicos de treino e educação, em que o intercâmbio entre grupos de investigação faz parte da experiência.



Linhas de feixe na sala experimental da Fábrica de Fótons, KEK, Japão.

Foto cedida por Hitoshi Abe, KEK

Educação e divulgação

O BEM-SUCEDIDO programa de divulgação OpenLabs é implementado conjuntamente pela União Internacional de Cristalografia (IUCr) e pela UNESCO. O OpenLabs é uma rede de laboratórios de cristalografia sediados em diferentes países, principalmente na África, América do Sul e Central e Sul da Ásia, e visa possibilitar o acesso ao conhecimento adquirido com a cristalografia a todo o mundo. O projeto LAAAMP dedica fundos à criação de novos OpenLabs.



Foto cedida por Peter Strickland, IUCr



Foto cedida por Peter Strickland, IUCr

OpenLab IUCr-UNESCO, Rabat, Marrocos, maio de 2014.

Este OpenLab foi pensado e implementado como um laboratório itinerante: um difratômetro portátil foi passando por diferentes locais do país (Rabat, El Jadida e Agadir) e, em cada local, foi usado para se criar uma escola de cristalografia, incluindo tutoriais sobre o uso do instrumento e software relacionado.

MAIS INFORMAÇÃO EM

<http://iucr.org>



OpenLab IUCr-UNESCO no Uruguai, julho de 2014.

Alunos ao microscópio preparam cristais para uma medida de difração de raios-X, enquanto os outros alunos, na sala, analisam dados de uma experiência efetuada anteriormente.

Aplicações em nanomateriais

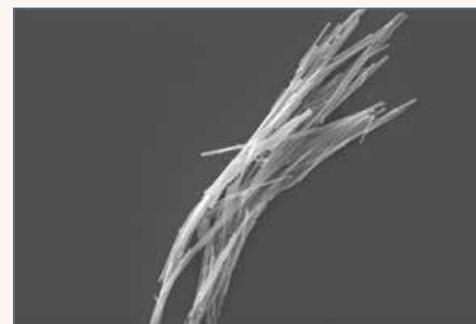
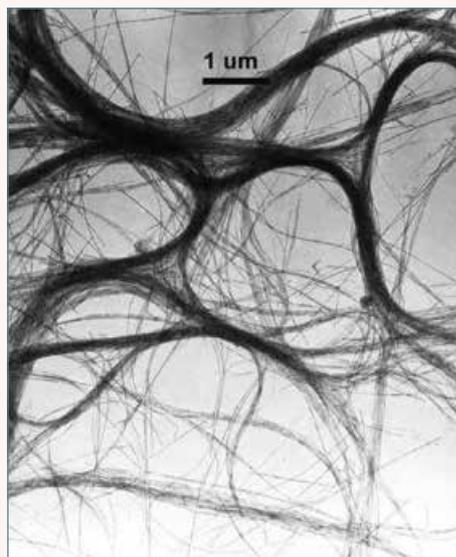
NANO é o prefixo de um milésimo de milionésimo. Um nanómetro (nm) é um milésimo de milionésimo de metro. Um nanossegundo (nsec) é um milésimo de milionésimo de segundo. Uma maneira prática de compreender a duração de um nanossegundo é recordar que um sinal leva cerca de um nsec para percorrer um cabo ou uma fibra ótica com 30 cm de comprimento.

As proteínas são moléculas com alguns nanómetros de tamanho (página 1). Os raios X de energias baixas provenientes de fontes de luz

avancadas têm comprimentos de onda de alguns nm, e portanto são ideais para o estudo básico de moléculas de proteína.

Nanotecnologia e nanomateriais são termos gerais para o design e criação de materiais cujo uso depende da estrutura à escala nanométrica, geralmente 100 nanómetros ou menos. Trata-se de dispositivos ou sistemas obtidos pela manipulação de átomos ou moléculas individuais, bem como materiais que contêm estruturas de tamanho ínfimo. Os nanomateriais podem

ter propriedades físicas e químicas diferentes dos mesmos materiais na sua forma macroscópica. Há cada vez mais produtos obtidos por nanotecnologia ou que contêm nanomateriais. As aplicações atuais incluem a medicina (na entrega direcionada de fármacos, medicina regenerativa e diagnóstico), eletrónica, cosméticos, têxteis, tecnologia da informação e proteção ambiental. Os nanomateriais estão presentes numa variedade de produtos, incluindo embalagens de alimentos, suplementos alimentares, e curativos e pensos para feridas.



Imagens de nanofios obtidas pela Dra. Öztürk

Özgül Öztürk fazendo medidas de difração de raios X pelo método de pó para estudar o efeito da dopagem em nanofios semicondutores. O trabalho foi realizado no Laboratório Europeu de Radiação de Sincrotrão, em Grenoble. A Dra. Öztürk preside ao Comité Regional da LAAAMP para o Oriente Médio e ao Comité de Utilizadores de SESAME.



Foto cedida pelo sincrotrão Elettra

O sincrotrão Elettra de Trieste (Itália) é um centro internacional de investigação dedicado à ciência e à indústria. O centro tem duas fontes de luz avançadas: FERMI, um laser de elétrons livres, e Elettra, um anel de armazenamento. A luz produzida é transferida para mais de 30 estações experimentais dedicadas a muitas áreas do conhecimento, incluindo química, microscopia, ciência de materiais, eletrônica e tecnologia da informação.

A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a Elettra construíram e operam em conjunto uma linha de feixe e respetiva estação de medida de fluorescência de raios X, o que fornece oportunidades de investigação e treino avançado para cientistas de países em desenvolvimento e cria vínculos entre esses cientistas e os grandes grupos de investigação existentes.

A invenção e desenvolvimento dos FELs abriu um universo fantástico de possibilidades na investigação fundamental. Os impulsos de duração extremamente curta de um FEL, com apenas 30 femtossegundos de duração (um femtossegundo é um milionésimo de nanossegundo!) permitem observar processos moleculares fundamentais em tempo real à medida que ocorrem.

A fotossíntese induzida pela luz solar é a fonte de energia de todas as plantas verdes. A fonte de luz coerente de acelerador linear (LCLS) da Universidade de Stanford produziu um “vídeo molecular” de um complexo molecular bacteriano que catalisa a fotossíntese, decompondo a água em hidrogénio e oxigénio. Uma compreensão mais profunda da fotossíntese poderia ajudar no desenvolvimento de células solares mais eficientes, e até levar a avanços na realização de fotossíntese artificial.



Biologia estrutural

Ferramentas poderosas para estudar a biologia das doenças

MALÁRIA

USANDO a fonte avançada de fótons do Laboratório Nacional de Argonne, investigadores do Centro Médico Southwestern da Universidade do Texas contribuem para o combate à malária, uma doença que mata milhões de pessoas. Eles estudam o funcionamento de uma proteína do sistema imunológico do mosquito que atua contra o parasita que causa a malária.

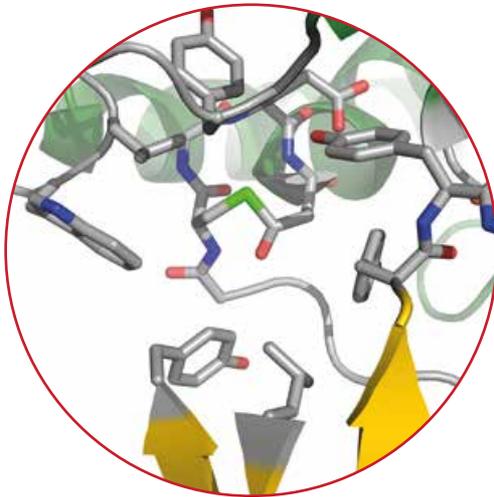
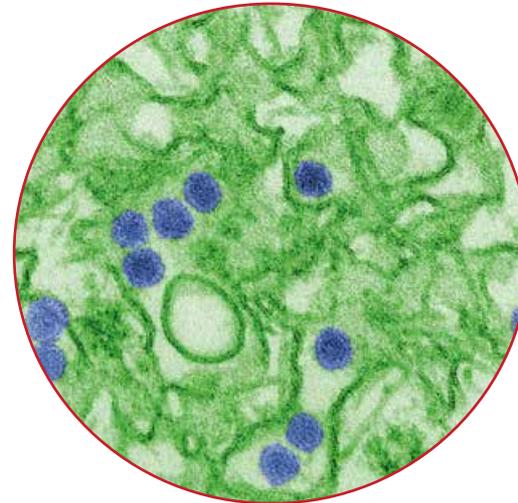


Imagem cedida por Richard Baxter e Johann Deisenhofer

ZIKA

O VÍRUS ZIKA é transmitido por mosquitos *Aedes* ativos durante o dia, e tornou-se um flagelo a nível mundial. Na imagem, colorida digitalmente, observam-se partículas do vírus (em azul) com cerca de 40 nm de diâmetro. Cientistas do Laboratório Brasileiro de Luz de Sincrotrão estão pesquisando métodos para combater esta doença.



Cortesia de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos de América

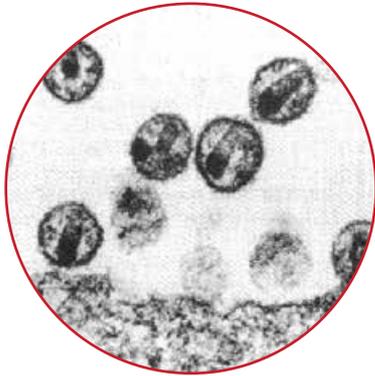


Imagem cedida pela Fonte Nacional de Luz de Sincrotrão do Laboratório Nacional de Brookhaven

HIV/SIDA

Globalmente, cerca de 35 milhões de pessoas vivem com HIV, um vírus que se adapta e sofre mutações constantemente, criando desafios para os investigadores. Munidos com imagens claras do vírus HIV e das suas proteínas constituintes, obtidas com fontes de luz, os cientistas estão a estudar os mecanismos que o corpo pode usar para combater o vírus, com o objetivo de produzir fármacos antivirais mais eficazes.

Febre aftosa

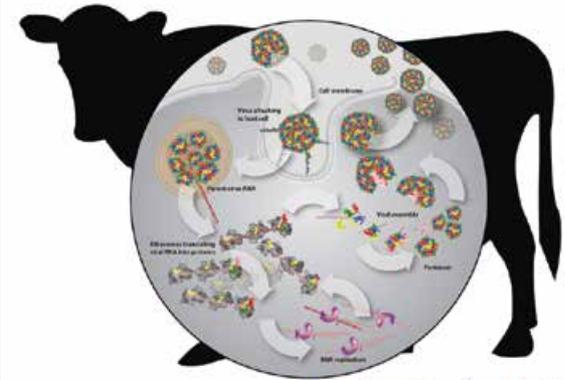


Imagem cedida pela fonte de luz Diamond

LASSA

A perseverança compensou na luta contra o mortal vírus Lassa, travada na fonte de radiação de sincrotrão de Stanford. A investigação revelou a primeira imagem da sua esquiwa proteína viral. Na imagem, vê-se um anticorpo (em azul claro ou turquesa) de um sobrevivente humano, inativando a proteína de superfície do vírus. Este trabalho aponta estratégias para desenvolver vacinas que obtenham respostas imunoprotetoras.

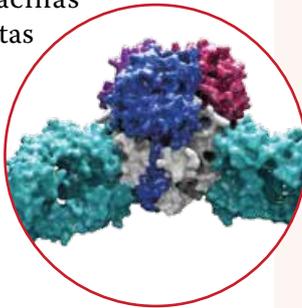


Imagem cedida pelo Laboratório Ollmann Saphire do Instituto de Investigação Scripps

ÉBOLA

O Ébola, uma febre hemorrágica viral que afeta humanos e outros primatas e é causada pelo vírus do mesmo nome, espalha-se pelo contato direto com fluidos corporais de um ser humano (ou outro animal) infetado. O maior surto até ao momento foi a epidemia que afetou a África Ocidental de dezembro de 2013 a janeiro de 2016. O fim da emergência foi declarado em março de 2016. Outro surto na África começou em maio de 2017 na República Democrática do Congo. Cientistas munidos com dados de fontes de luz avançadas irão ajudar a derrotar o Ébola.



Fonte: PureLife Pulse.
PureLife é um fabricante de produtos de saúde e higiene

CIENTISTAS da fonte de luz Diamond e da Universidade de Oxford produziram uma vacina contra a febre aftosa, a qual é causada por um vírus. O surto de 2001 no Reino Unido causou a morte de mais de 7 milhões de animais. Globalmente, continua sendo uma das doenças do gado mais devastadoras economicamente. É endêmica na África Central e em algumas partes do Oriente Médio e Ásia. A imagem mostra o ciclo de vida do vírus.

Aplicações em energia

O MUNDO MODERNO consome quantidades cada vez maiores de energia. As reservas atuais de combustíveis fósseis são limitadas. Um dos maiores desafios do século XXI é fornecer à população do mundo a energia necessária sem aumentar significativamente a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Uma fração significativa terá que vir das células solares, aproveitando a luz do sol que chega ao nosso planeta. As células fotovoltaicas orgânicas são uma tecnologia muito promissora para a produção de painéis solares leves e económicos.

O desenvolvimento de novas fontes de energia e a melhoria da eficiência e funcionamento dos sistemas existentes requerem uma compreensão detalhada da sua estrutura e do seu comportamento à escala microscópica. Esta é uma área em que os poderosos feixes de raios X de uma fonte de radiação de sincrotrão desempenham um papel importante.

A investigação em muitos laboratórios de fontes de luz visa compreender e melhorar os materiais em multicamadas que formam uma célula solar orgânica. Um desses

laboratórios é o Centro de Investigação em Ciências Moleculares da Universidade de Porto Rico, que lidera o esforço do projeto LAAAMP para promover as fontes de luz e as ciências cristalográficas no Caribe.

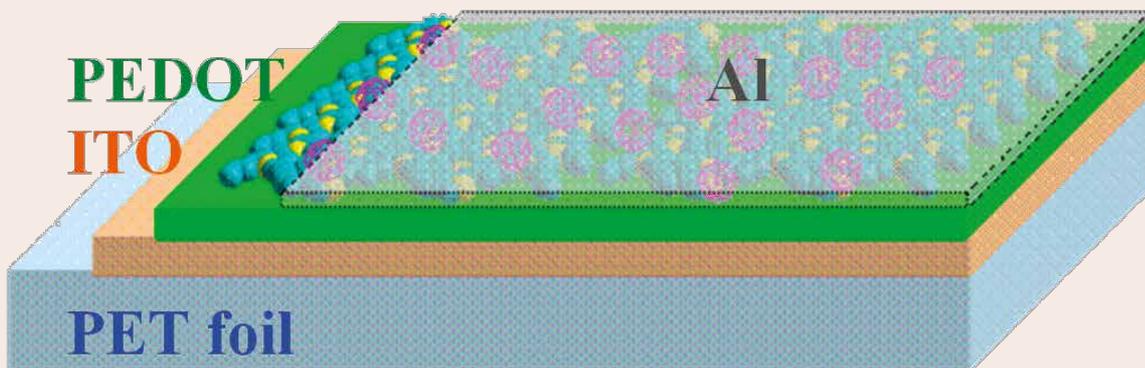


Imagem de Kivirus na Wikipédia inglesa

Numa célula solar orgânica ou plástica, os princípios da eletrónica orgânica (um ramo da eletrónica que lida com polímeros orgânicos ou pequenas moléculas orgânicas que conduzem a eletricidade) aplicam-se à absorção de luz e transporte de carga para transformar a luz solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico.

Os símbolos no diagrama são abreviaturas dos compostos utilizados. As vantagens são flexibilidade e baixo custo. Parte do desenvolvimento destes painéis solares é feita com fontes de luz avançadas.



© Shawn Hempel – stock.adobe.com

Grandes montagens de painéis solares são cada vez mais comuns.

Estudo de materiais submetidos a condições extremas

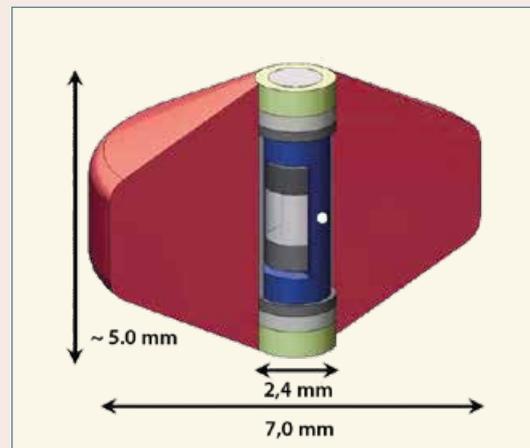
O ESTUDO dos efeitos da pressão e da temperatura nas propriedades dos materiais é fundamental. Esses estudos são relevantes para muitos problemas em física e química da matéria condensada, ciências da Terra e planetárias e ciência e tecnologia dos materiais.

A investigação em condições de alta pressão e alta temperatura é de importância vital para o estudo da composição, estado térmico e propriedades no interior da Terra e de outros planetas. Rochas e outros materiais que podem fazer parte do manto terrestre são submetidos a condições apropriadas de pressão e temperatura e as suas propriedades são analisadas. Esses dados, juntamente com observações geofísicas e geoquímicas, são indispensáveis para compreender e elaborar modelos dos interiores planetários.

A radiação de sincrotrão é poderosa e pode penetrar nas paredes altamente absorventes dos vasos de pressão nos quais as amostras estão contidas.

Além disso, os feixes de alto brilho são ideais para se conseguir obter uma resolução espacial da ordem de micrómetros, necessária para sondar as amostras muito pequenas que é preciso utilizar nos estudos de alta pressão.

Alguns destes estudos foram realizados por um grupo da Universidade de Joanesburgo, usando os feixes do ESRF, o Laboratório Europeu de Radiação de sincrotrão em Grenoble, França. Em 2013, a África do Sul tornou-se Membro Científico Associado do ESRF.



Célula mecânica para expor ao feixe materiais sob alta pressão.

Imagem de M. van Kan Parker et al., *Nature Geosci.* 5, 186 (2012) (ESRF)

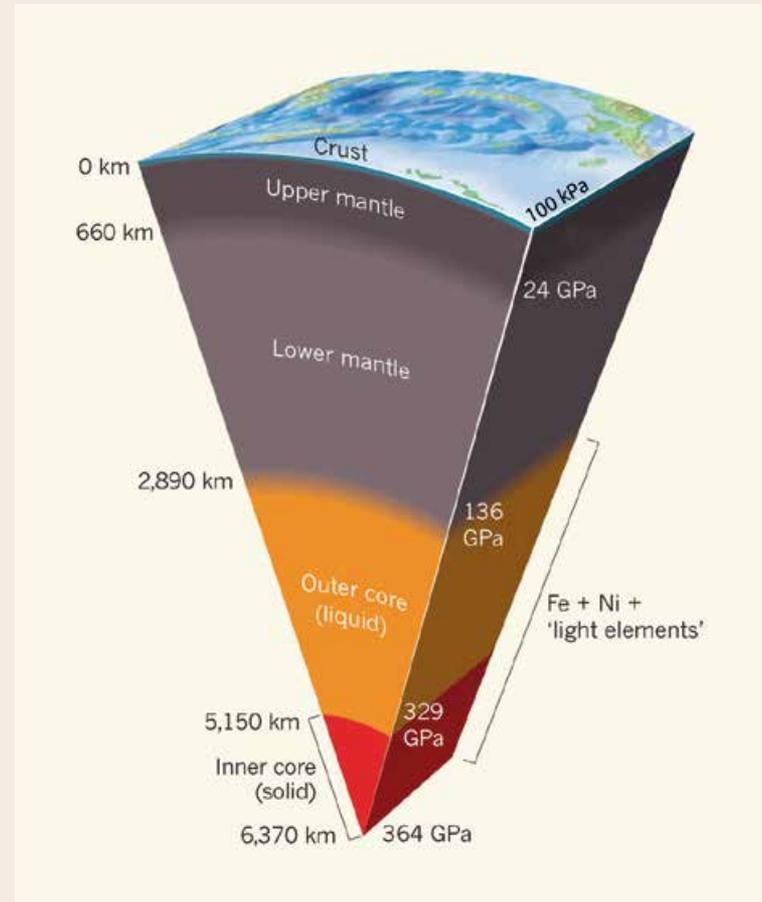


Imagem de Thomas Duffy, *Nature*, Nov. 23, 2011

Corte transversal do interior da Terra. O manto inferior vai de 660 km a 2.800 km de profundidade. As pressões estão em unidades de GPa (giga Pascal; um GPa é aproximadamente 10.000 vezes a pressão atmosférica ao nível do mar).

Aplicações em ciência forense

A **RADIAÇÃO** de sincrotrão fornece uma ferramenta para estudar vestígios de provas: vidro, resíduos de tiros, pigmentos e amostras biológicas tais como cabelos humanos. Com ela, podem ser feitas imagens de alta resolução e sensibilidade. A possibilidade de ajustar a energia do feixe permite aplicar poderosas técnicas de caracterização

e mapeamento químico por espectroscopia de absorção de raios X. Estas técnicas são particularmente adequadas a estudos de amostras pequenas.

Análise de cabelos. Quantidades ínfimas dos componentes presentes no sangue são incorporadas nas células em crescimento na raiz

capilar. À medida que o cabelo cresce, cada segmento do cabelo desloca-se para fora, produzindo uma cronologia das concentrações dessas componentes sanguíneas do indivíduo. O cabelo revela muito sobre os alimentos ingeridos, exposição a poluentes, efeitos de doenças, e ingestão de fármacos, drogas e substâncias dopantes.

NOTÍCIAS DE FONTES DE LUZ AVANÇADAS

EDIÇÃO INTERNACIONAL 2018

NOVOS E VELHOS CRIMES ESCLARECIDOS. PROGRESSOS NA IDENTIFICAÇÃO DE CONTAMINANTES AMBIENTAIS



De onde vem o mercúrio que contamina os nossos corpos?

O mercúrio é uma neurotoxina potente que se pode acumular ao longo dos anos. Uma equipa internacional, incluindo o Laboratório Europeu de Radiação de Sincrotrão em Grenoble, desenvolveu novas capacidades para identificar a origem do mercúrio presente no cabelo humano.

De onde veio o arsénico que matou quatro pessoas no Japão em 1988?

A fluorescência de raios X usando feixes gerados no laboratório SPring-8 e na Fábrica de Fotões KEK no Japão foi usada para esclarecer este famoso caso, em que as pessoas morreram envenenadas por ingerir caril contaminado com arsénico. O alegado assassino foi condenado à morte.



Como é que Phar Lap, o famoso cavalo de corrida australiano, morreu em 1932?



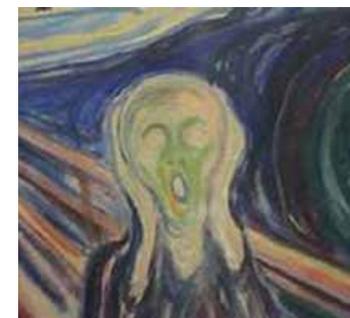
Phar Lap morreu subitamente, em circunstâncias suspeitas. A análise do seu pelo, usando o sincrotrão australiano, indicou inicialmente que teria sido envenenado com arsénico, o que criou manchetes em todo o mundo, mas análises posteriores provaram que o cavalo morreu de cólicas.

Será que Agnes Sorel, a primeira amante oficial do rei da França, foi envenenada?

O ESRF viajou no tempo para estudar a morte súbita da bela amante do rei Carlos VII no século XV. A análise do seu cabelo revelou níveis incrivelmente altos de mercúrio.



O que são as manchas brancas no famoso quadro de Munch "O Grito?"



Seriam excrementos de pássaro? A análise usando a fonte de luz avançada PETRA III em Hamburgo descartou essa possibilidade e confirmou que era cera de abelha, usada para impedir a tinta de descamar.

Paleontologia *Investigação em fósseis antigos*



© ESRF/P. Jayet

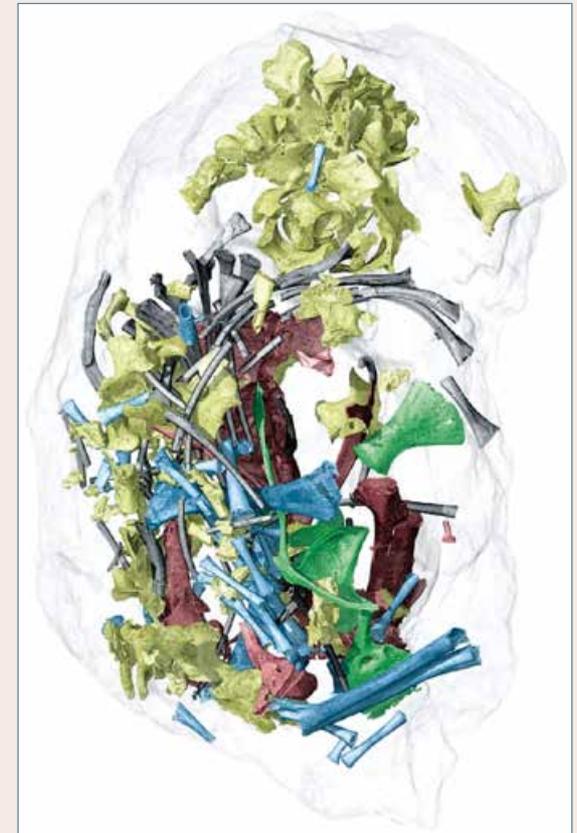
Crânio de um dinossauro com presas de 200 milhões de anos de idade. O fóssil foi investigado com raios X na ESRF, usando um feixe cem mil milhões de vezes mais poderoso do que os usados em hospitais. Isso permitiu que a equipa do Instituto de Estudos Evolucionários da Universidade de Witwatersrand (Wits), na África do Sul, pudesse ver “dentro” do crânio pela primeira vez.

O ESRF é apoiado por 22 países parceiros, dos quais 13 são membros e 9 são associados científicos. A África do Sul é o afiliado mais recente do ESRF, cuja composição não se limita a países europeus.

Paleontologia

Os paleontologistas usam fósseis para estudar a vida ao longo das eras geológicas. Os fósseis de animais e plantas são recolhidos, observados, descritos e classificados. Os paleontólogos usam esses fósseis para saber mais sobre

como a Terra era no passado e como os ambientes terrestres mudaram ao longo do tempo. Os fósseis ajudam-nos a compreender a evolução das espécies. As fontes de luz avançadas são usadas em investigação importante para a paleontologia.

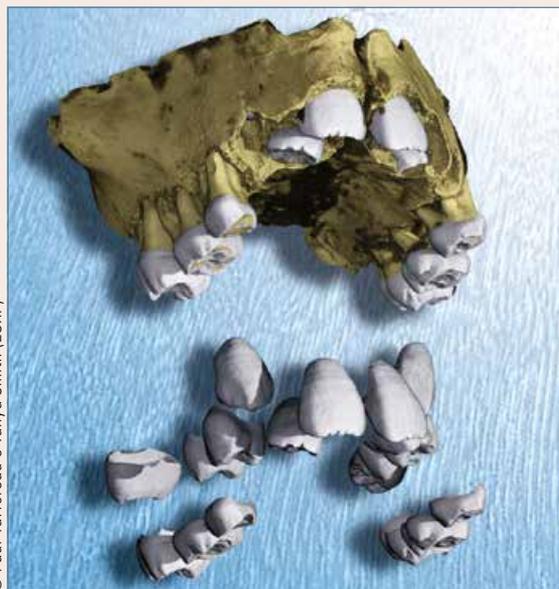


© V. Fernandez et al., PLOS ONE 10 (7): e0128610 (2014) (ESRF)

O interior de um ovo fossilizado com um centímetro de comprimento. Os ovos foram encontrados no nordeste da Tailândia e descobriu-se que tinham 125 milhões de anos. Usando imagens de microtomografia para examinar os esqueletos embrionários preservados no interior do ovo, a equipa descobriu a verdadeira identidade do animal que pôs os ovos: um lagarto anguimorfo, uma categoria que inclui os dragões de Komodo.

Arqueologia *Investigação em materiais antigos*

Dentição virtualmente reconstruída de uma criança neandertal. A histologia virtual feita em sincrotrões revela informação precisa sobre o desenvolvimento de um indivíduo, a qual fica registada na forma de minúsculas linhas de crescimento dentro dos dentes.



© Paul Tafforeau e Tanya Smith (ESRF)



© Adobe Stock / Fotografia de Jack Malipan

Restaurado em 1831, o **Templo do Buda de Esmeralda** foi redecorado com refinados mosaicos feitos de espelhos de vidro colorido muito finos. Os espelhos parecem-se mais com pedras preciosas naturais do que com espelhos comuns. Infelizmente, a arte de decoração com espelhos perdeu-se há quase 150 anos. Os espelhos foram expostos ao feixe do Instituto de Investigação com Luz de Sincrotrão da Tailândia, com o objetivo de quantificar a sua composição química e detetar vestígios de metais de transição, para possibilitar a restauração do templo, retornando-o ao seu esplendor original.

Arqueologia

A arqueologia é o estudo da atividade humana através da recuperação e análise da cultura material. O registo arqueológico consiste em artefactos, arquitetura, biofactos e paisagens culturais. Os arqueólogos estudam a pré-história e a história humanas, desde o desenvolvimento das primeiras ferramentas de pedra em Lomekwi, na África Oriental,

há 3,3 milhões de anos, até ao passado recente. A arqueologia é um campo distinto da paleontologia. A arqueologia é particularmente importante para aprender sobre sociedades pré-históricas, para as quais não há registos escritos. As fontes de luz avançadas são usadas em investigação importante para a arqueologia.



Referência: W. Klysubon *et al.*, "Characterization of the Ancient Decorative Mirrors from the Grand Palace Bangkok by SR-Based techniques", Trends of Synchrotron Radiation Applications in Cultural Heritage, Forensics and Materials Science, IAEA TECDOC, No. 1803, p. 86-92, 2016.

Os centros de alta tecnologia alimentam a indústria

A ESTRUTURA microscópica e nanoscópica dos materiais está diretamente relacionada com as suas propriedades macroscópicas e com a otimização dos materiais para os processos de fabricação e reciclagem modernos.

A indústria farmacêutica é um dos principais utilizadores dos laboratórios avançados de fontes de luz, porque precisa conhecer a estrutura tridimensional das proteínas e de complexos de proteínas.

O desenvolvimento do fármaco Herceptin, usado para tratar cancro da mama em estado avançado, resultou em parte de experiências realizadas em sincrotrões. Usando a luz de sincrotrão na faixa do infravermelho, está em curso investigação de ponta para encontrar novas terapias contra o cancro, que podem ser personalizadas para cada paciente.



© Mark Thomas / SPL / Cosmos



Foto cedida por Hester Esna du Plessis

Duminsani Kama prepara um microcristal que será irradiado por um poderoso impulso curto de laser. Ele está a trabalhar na linha de feixe ID09 do ESRF, usando proteção especial para os olhos. A ativação fotoquímica do catalisador será induzida pelo feixe, e o reequilíbrio será estudado com cristalografia de raios X.



Foto cedida pelo ESRF

Hester Esna du Plessis realizando uma experiência de difração de raios X de alta resolução para caracterização de catalisadores.

O impacto das fontes de luz avançadas na ciência e na sociedade nos países em desenvolvimento

O BRASIL é um modelo no que respeita ao estabelecimento de um laboratório de radiação de sincrotrão num país em desenvolvimento. Projetou a sua primeira fonte de luz de sincrotrão, chamada UVX, em 1985 e inaugurou-a em 1997. Inicialmente, foi difícil convencer os principais interessados dos benefícios de ter essa instalação no próprio país. Quando abriu, os investigadores submeteram poucas propostas para utilizar o UVX, mas depois o número de propostas cresceu muito rapidamente. O Brasil é hoje em dia reconhecido internacionalmente pela qualidade da sua investigação, principalmente em biologia estrutural, e atualmente está construindo uma nova fonte de luz, chamada Sirius.

Experiências semelhantes na Coreia do Sul e em Taiwan levaram cada um desses países a investir centenas de milhões de dólares em novas fontes de luz. Estes são exemplos de como excelentes centros de investigação científica podem abrir oportunidades às instituições científicas e privadas locais. Dezenas de cientistas experientes que estavam no estrangeiro voltaram para casa quando perceberam que podiam fazer investigação de categoria mundial em fontes de luz avançadas nos seus próprios países.

UVX >



Foto cedida pelo LNLS/CNPEM

SIRIUS >



Foto cedida pelo LNLS/CNPEM



SESAME, o Centro Internacional de Luz de Sincrotrão para Ciências e Aplicações Experimentais no Médio Oriente, é um laboratório avançado de fonte de luz localizado em Allan, na Jordânia, perto da capital Amã. Foi estabelecido sob os auspícios da UNESCO seguindo o modelo do CERN. Este sincrotrão avançado é usado num amplo espectro de disciplinas, incluindo biologia e ciências médicas, ciência dos materiais, física, química e arqueologia.

Entrou em operação em 2017. Os países membros do **SESAME** são o Chipre, Egito, Irão, Israel, Jordânia, Paquistão, Autoridade Palestiniana e Turquia.

A União Europeia apoia ativamente o **SESAME**, fornecendo apoio através dos seus programas-quadro de investigação com projetos como o CESSAMag* e o OPEN SESAME**.



© SESAME

A AIEA apoiou o desenvolvimento do **SESAME** através do seu programa de Cooperação Técnica, por exemplo, fornecendo treino a pessoal e especialistas para o projeto, bem como adquirindo equipamentos de radiação.

O **SESAME** combina a criação de capacidades com a construção da paz através da ciência, e é um projeto modelo para outras regiões.

Cientistas de diferentes países trabalham juntos para o progresso do conhecimento humano.

* Apoio do CERN-EC para os ímanes do SESAME.

** Apoiado pelo programa Horizonte 2020 da Europa, o OPEN SESAME fornece treino de pessoal e capacitação a investigadores do Médio Oriente, para a utilização otimizada de um moderno laboratório de fonte de luz.



© SESAME

Empregos e carreiras em fontes de luz avançadas

PROJETAR, construir, manter, operar e usar estas máquinas complexas requer uma enorme variedade de competências científicas, de engenharia, tecnológicas e industriais. Há oportunidades de carreira tanto nos laboratórios como com os inúmeros grupos de utilizadores científicos que neles fazem experiências. Para os jovens técnicos, engenheiros e cientistas, são centros de educação únicos que

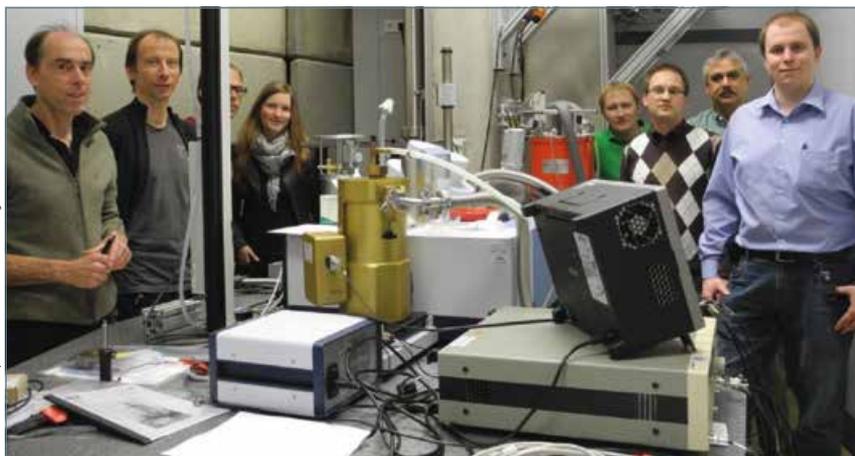
possibilitam encontros entre investigadores de diferentes grupos que estudam disciplinas diversas. Neles, se formam amizades entre investigadores de diferentes países, universidades e instituições. As pessoas conhecem-se na cafeteria, na biblioteca, no centro de computação e na apresentação de resultados científicos. Tudo isto faz parte do entusiasmo de trabalhar nestes centros.

A Dra. Angela Lieverse, bioarqueóloga da Universidade de Saskatchewan, investiga um crânio raro da Idade do Bronze na Fonte de Luz do Canadá. >



Foto cedida pela Fonte de Luz do Canadá

Foto cedida pelo Centro de Radiação de Sincrotrão de Dortmund



Um grupo de cientistas, técnicos e engenheiros da DELTA, a fonte de luz avançada em Dortmund (Alemanha), instala um novo sistema de banda estreita na faixa de terahertz, como parte de um programa de melhoria do acelerador.

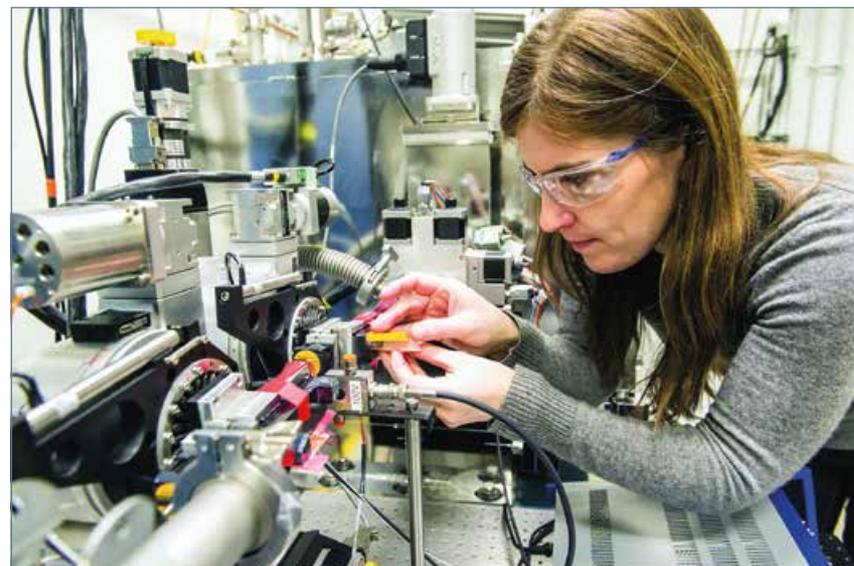
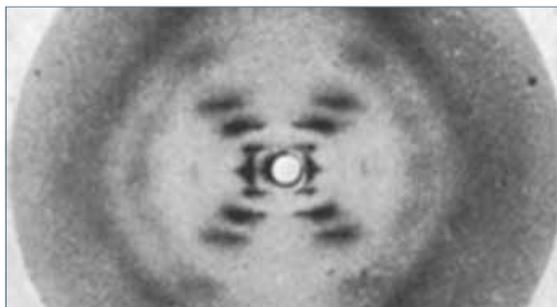


Foto cedida pelo Laboratório Nacional de Argonne

Mary Upton (Divisão de Ciência de Raios X, fonte avançada de fótons do Laboratório Nacional de Argonne) alinha um monocromador de alta resolução para preparar uma experiência de dispersão de raios X inelástica ressonante.

A COMUNIDADE internacional de investigadores está a colaborar para construir fontes cada vez mais intensas para abordar as questões mais desafiadoras nas ciências da vida e da matéria condensada. Os raios X foram utilizados para determinar a estrutura helicoidal dupla do DNA por Rosalind Franklin, revolucionando a biologia. Franklin deve ter precisado de semanas para obter esse padrão usando tubos convencionais de raios X em 1952. Hoje em dia, isso pode ser feito em segundos. Para compreender e combater problemas de saúde associados a milhares de proteínas, é necessário determinar a sua estrutura detalhada. Esta é uma das funções principais das fontes de luz, que assim são usadas para estudar os vírus. Questões e preocupações biomédicas, ambientais, e de património humano têm muitas vezes uma dimensão local, razão pela qual são necessárias tantas fontes de luz. Embora existam mais de 50 fontes de luz e centenas de linhas de feixe, as comunidades de utilizadores que precisam de fontes de luz para a sua investigação fundamental, aplicada e industrial cresceram ainda mais rapidamente. As listas de espera para aceder a uma destas fontes são geralmente de meses ou anos, e daí advém a necessidade de mais fontes de luz, especialmente nos países em desenvolvimento.



< Padrão de difração de raios X do DNA obtido por Rosalind Franklin em 1952.

Futuro

Estas novas iniciativas enfrentarão desafios. Mas partilham com o SESAME os objetivos de fortalecer a capacidade regional e promover a compreensão, a amizade e a paz, reunindo cientistas de diferentes países e etnias para realizar ciência de categoria mundial.

Sekazi K. MTINGWA
e Herman WINICK,
“SESAME and beyond,”
Editorial,
Science Magazine,
May 20, 2017



Laboratório MAX IV, Sincrotrão Nacional Sueco, inaugurado em 2016.



A fonte de fótons de alta energia (HEPS) que vai ser construída na China.

Foto cedida por Roger Erikson

Com agradecimentos ao Professor Qing Qin e ao Dr. Zhe Duan

Fontes de Luz Avançadas e Cristalografia

Ferramentas para Descoberta e inovação

A versão em português deste folheto é baseada na versão original em inglês, projetada, impressa e distribuída com uma concessão do Conselho Internacional de Ciência para fontes de luz para o projeto na África, Ásia, Américas e Oriente Médio (LAAAMP).

Versões subseqüentes em francês, espanhol e árabe foram projetadas, impressas e distribuídas com recursos do subsídio à LAAAMP e traduções doadas pela IAEA.

Mais informação sobre o LAAAMP

<http://laaamp.iucr.org>



Editor: Ernest Malamud, Fermilab e Universidade de Nevada, Reno.

O editor agradece às muitas pessoas que contribuíram para a produção deste folheto, listadas em: <http://laaamp.iucr.org/tasks/brochure>

Design: Atelier Christian Millet, Paris

Primeira impressão: dezembro de 2017. Segunda impressão: maio de 2018.

Revisto: Junho 2020.