

Sirius, o novo sincrotron brasileiro



Antonio José Roque da Silva – jose.roque@cnpem.br

Economia do Conhecimento

Em um mundo cada vez mais competitivo científica e tecnologicamente, conhecimento profundo das propriedades dos materiais é fundamental

NANOTECNOLOGIA

CONSTRUÇÃO CIVIL

SETOR QUÍMICO

ENERGIA

BIOTECNOLOGIA

NOVOS MATERIAIS

SETOR AUTOMOBILÍSTICO

SAÚDE

MEIO AMBIENTE

AGRICULTURA

SETOR AEROESPACIAL

TEXTIL

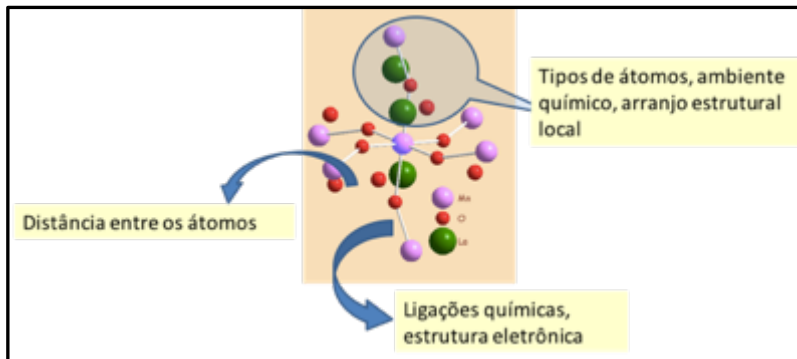
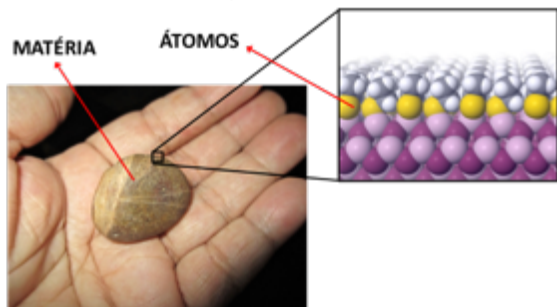
SEGURANÇA

DEFESA

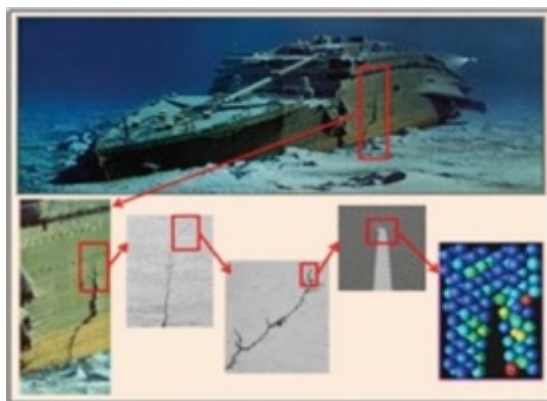
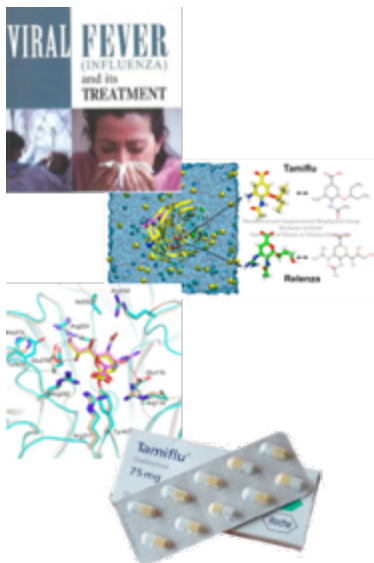


Precisamos obter informações sobre os materiais na escala atômica

"Conhecimento Profundo" → Todas as coisas são feitas de átomos!



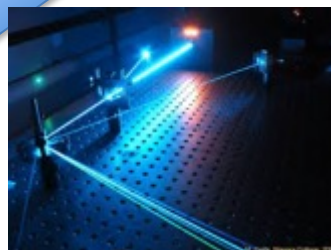
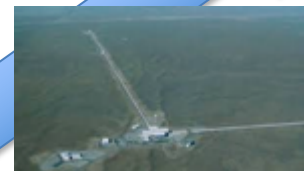
COMO?
SÃO NECESSÁRIAS FERRAMENTAS ESPECIAIS



Evolução de Instrumentos



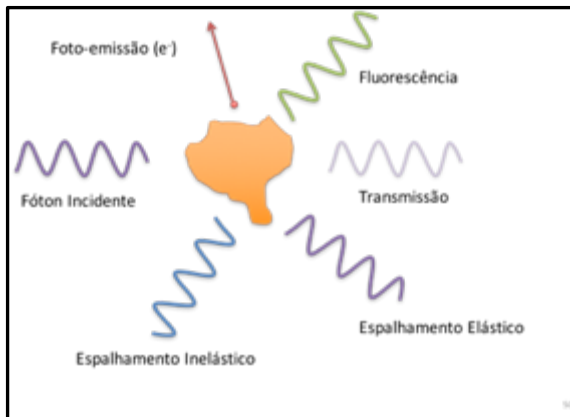
Evolução do conhecimento



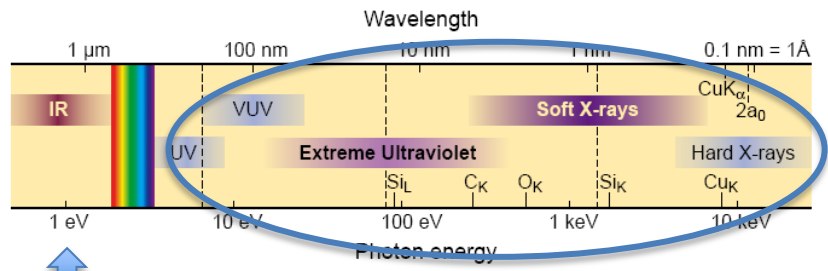
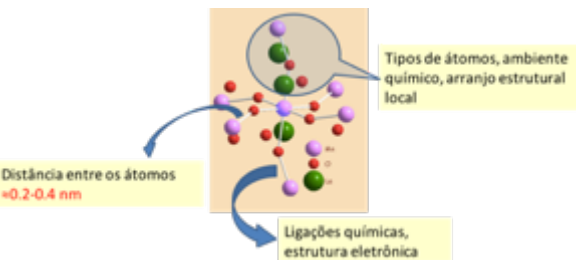
“Jogar coisas” (elétrons, nêutrons, **radiação eletromagnética**, ...) na matéria é uma das maneiras mais eficientes para aprender sobre ela



Radiação eletromagnética



Qual frequência?



Infravermelho!

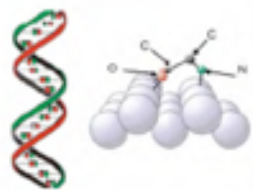
Raios-X e UV!

Por que Raios-X são tão úteis?

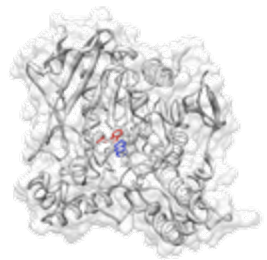
Imagens – Ver o invisível



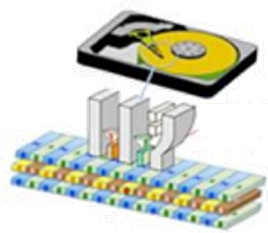
Estrutura atômica e molecular
QUAIS SÃO E ONDE ESTÃO OS ÁTOMOS



Estrutura eletrônica e Ligações Químicas
ONDE ESTÃO OS ELÉTRONS



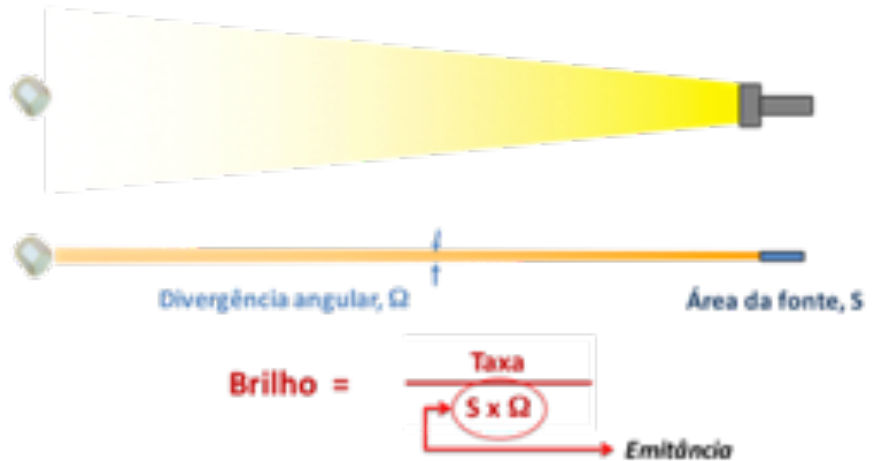
Estrutura Magnética
ONDE ESTÃO OS SPINS



Quais características?

Uma “boa” fonte de luz – Alto brilho

- Intensa, alta taxa (fótons/s).
- Fonte pequena e colimada.



COMO GERAR? → ACELERADOR SÍNCROTRON



Evolução do brilho de fontes de raios-X

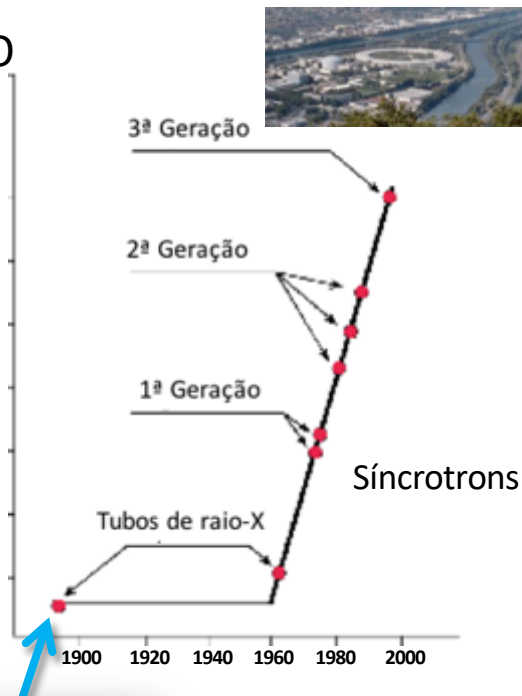
Fontes de radiação síncrotron



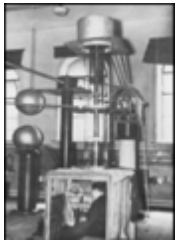
Mudança de patamar no estudo da matéria, orgânica e inorgânica



BRILHO



CRESCIMENTO
EXPONENCIAL
DO BRILHO



Primeiros
aceleradores de
partículas

1930's



Walton, Rutherford e
Cockcroft

Partículas com mais
e mais energia

Máquinas cada
vez maiores

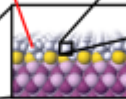


LHC - CERN

MATÉRIA



ÁTOMOS

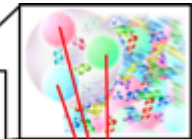
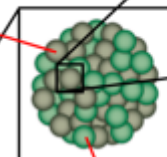


ELÉTRONS



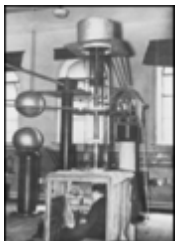
PRÓTONS

NÊUTRONS



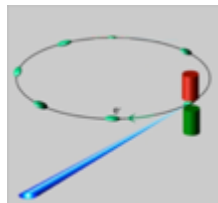
QUARKS

Física de
Partículas



Primeiros aceleradores de partículas

1930's



Walton, Rutherford e Cockcroft

Partículas com mais e mais energia

1947

Primeira observação da radiação síncrotron - GE



Daresbury, Inglaterra

Máquinas cada vez maiores

1980's

Construção das primeiras máquinas "dedicadas"



ESRF, Grenoble (França)



LHC - CERN

Física de Partículas

Radiação Síncrotron

LNLS - Um laboratório pioneiro no Brasil

Primeira fonte de luz síncrotron do hemisfério sul

Ainda única da América Latina

Construída entre 1987-1997

Mais de 85% fabricada no Brasil



FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS



CNPEM is a private nonprofit organization working under contract with the Brazilian Ministry of Science, Technology, Innovation and Communication



LNLS



LNNano

SIRIUS

CTBE



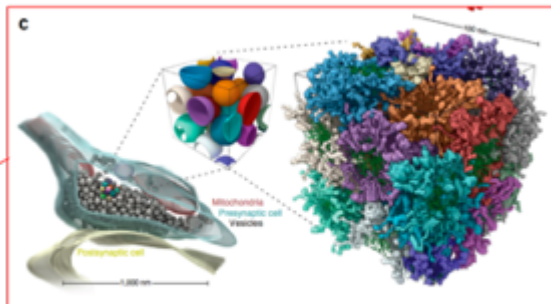
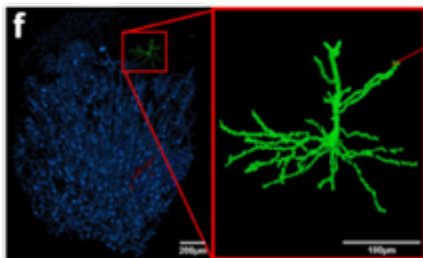
UVX

LNBio



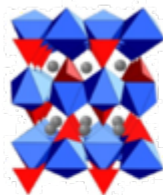


Grandes desafios → Multiescala (espacial e temporal), sistemas desordenados

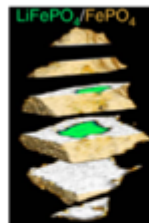


Baterias de íons de Li

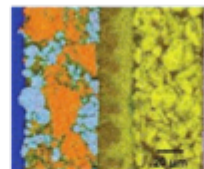
Atômica



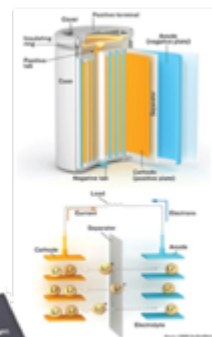
Nano



Micro



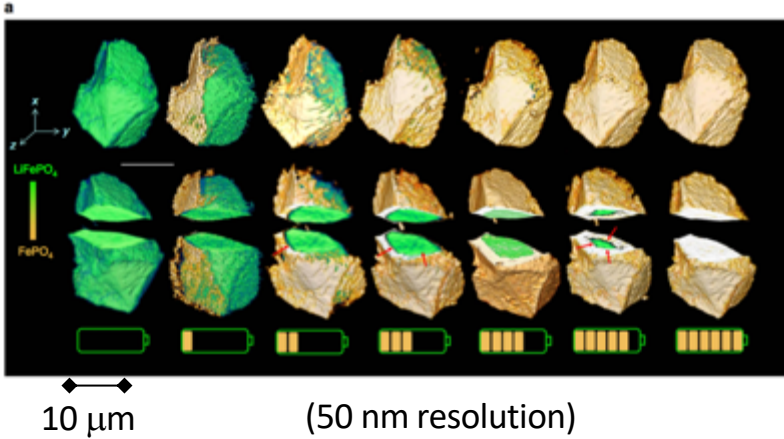
Macro



SAÚDE
ENERGIA
MATERIAIS
MEIO AMBIENTE
ÁGUA
AGRICULTURA

...

State of the art today



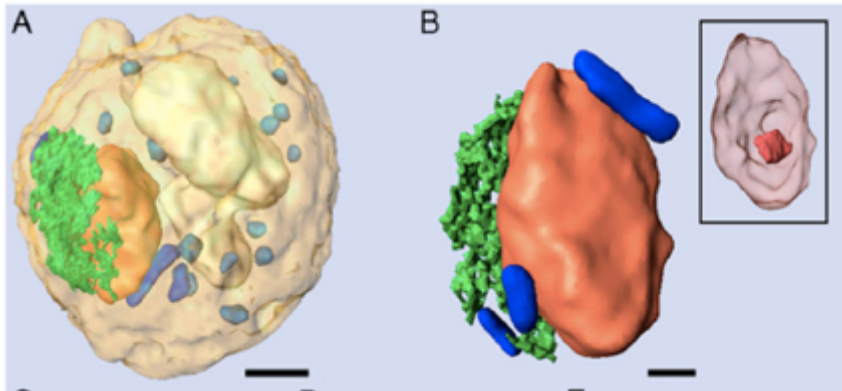
(50 nm resolution)

5D Tomography
Spatial resolution, temporal
evolution, chemical resolution
Charge-discharge process in Li ion
batteries



Jiajun Wang et al. (2016)

Cell Tomography



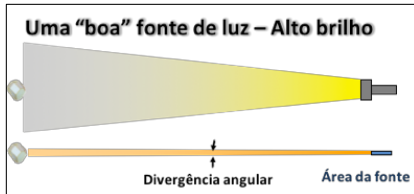
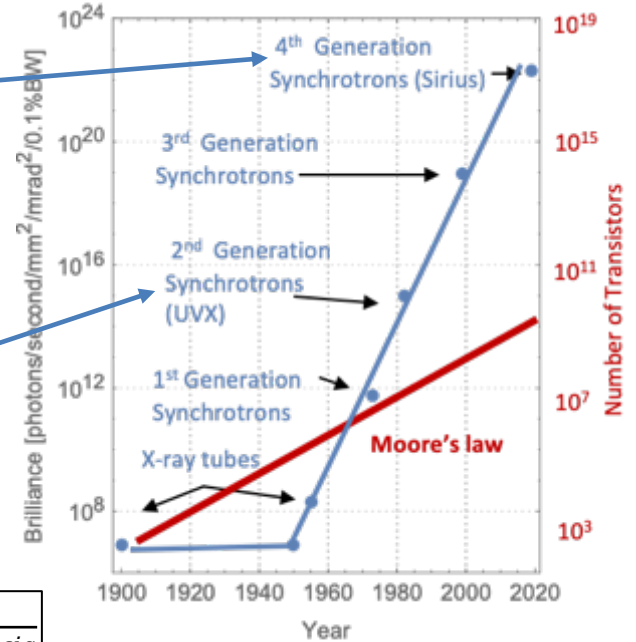
Jian et. al, PNAS (2010)

Competitividade exige um novo equipamento





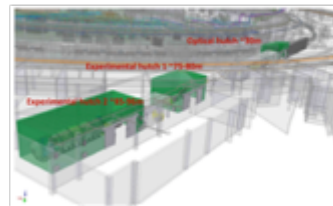
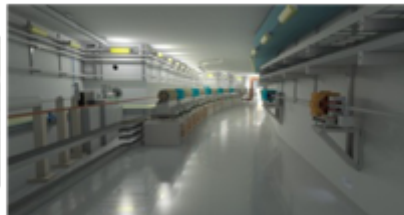
Evolução dos Síncrotrons → Brilho



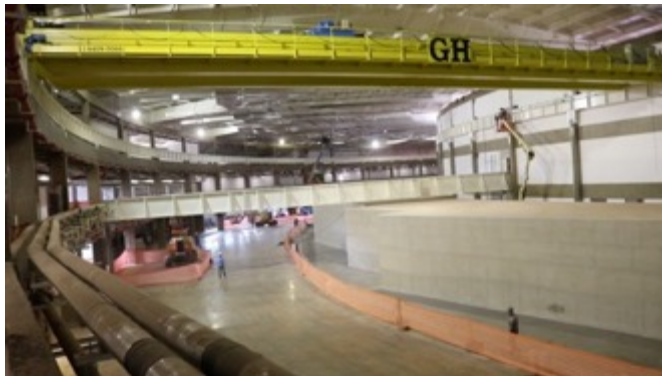
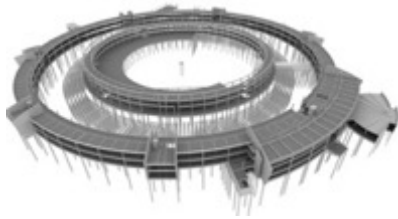
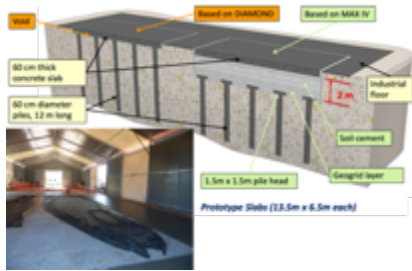
$$\text{Brilho} = \frac{\text{Fluxo}}{\text{Área} \times \text{Divergência}}$$

UM DOS PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO MAIS DESAFIADORES NO MUNDO HOJE

- ENORMES DESAFIOS TÉCNICOS
- NÃO HÁ SOLUÇÕES DE PRATELEIRA!
- DESENVOLVIMENTOS NACIONAIS E INOVADORES
- PARCERIAS COM EMPRESAS BRASILEIRAS
- RECONHECIMENTO INTERNACIONAL

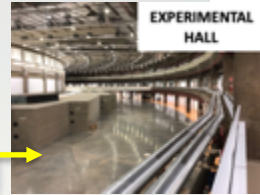
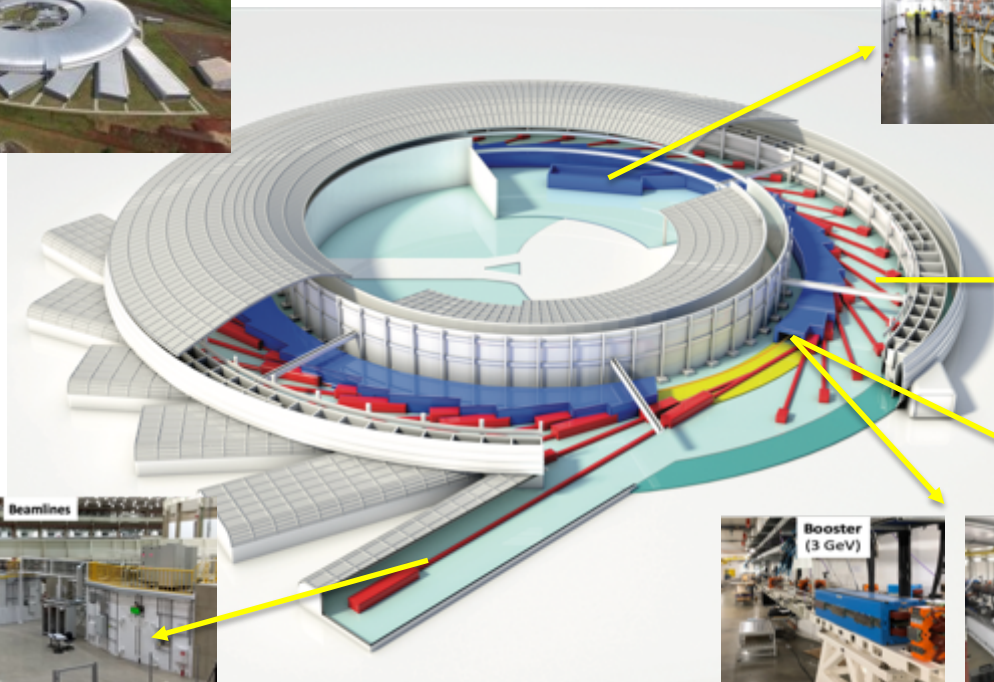


Obras Civis – 68.000 m²



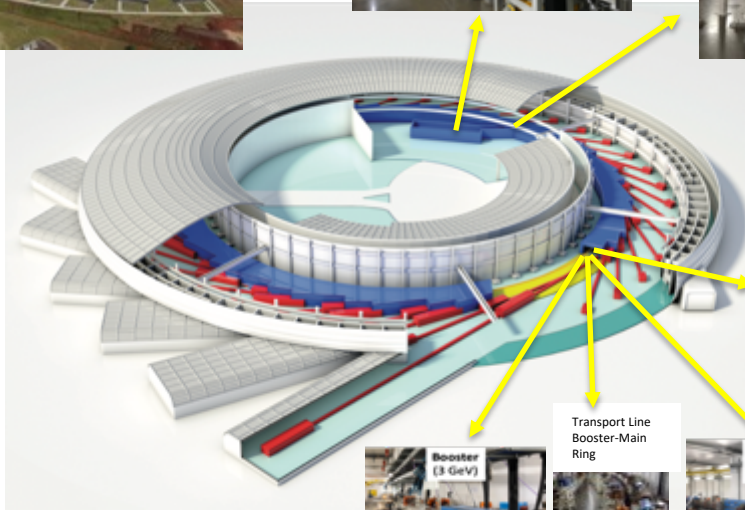
Prédio







Transport Line
LINAC-Booster



ACCELERATORS
TUNNEL



Booster
(3 GeV)

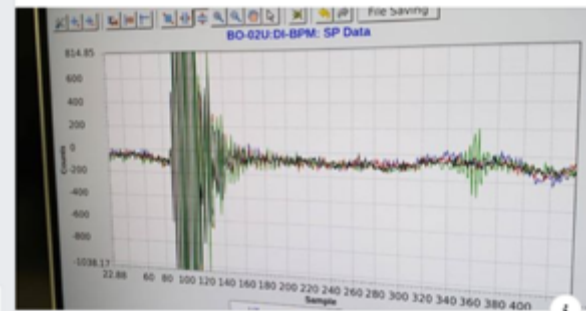


Transport Line
Booster-Main
Ring



Storage Ring
(3 GeV, 150 pm.rad)
(2.5 T and 3.2 T BM)

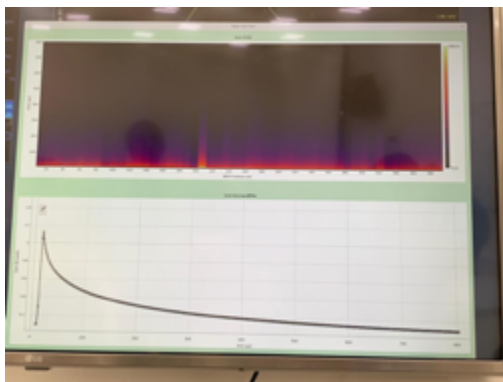




March 8th, 2019 – first electron turn on the booster



June 2019 – Stable beam, many thousands of turns in the booster, no RF yet



July 2019 – Beam stored with RF in the booster, low energy – 150 MeV



October 16th 2019 – Beam reached 3 GeV in the booster!

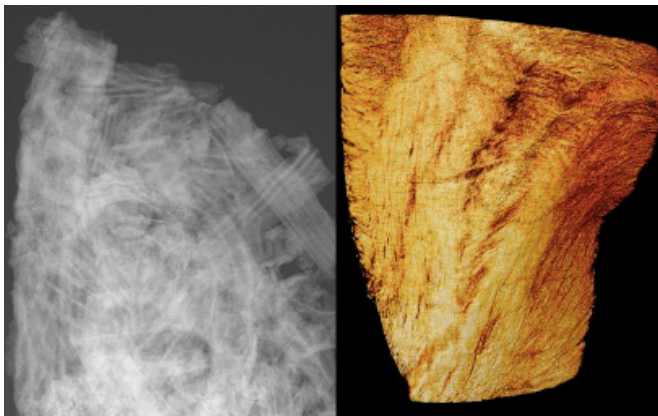
22 de novembro de 2019 – Primeira volta de elétrons no acelerador principal

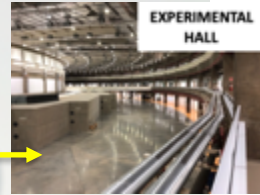
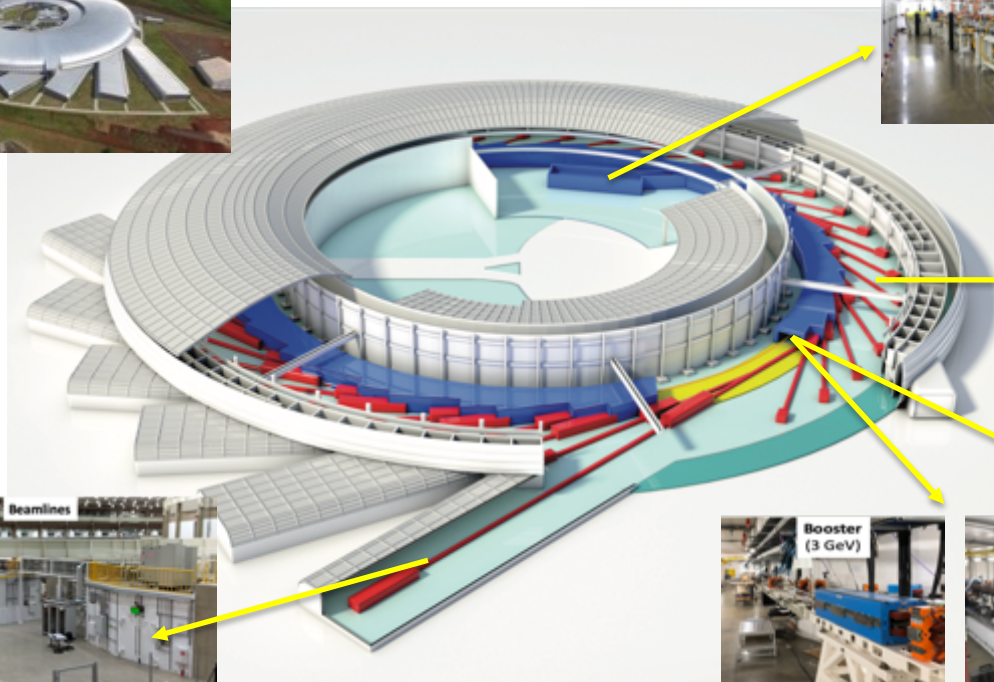


14 de dezembro de 2019 – Feixe de elétrons estocado no acelerador principal do Sirius



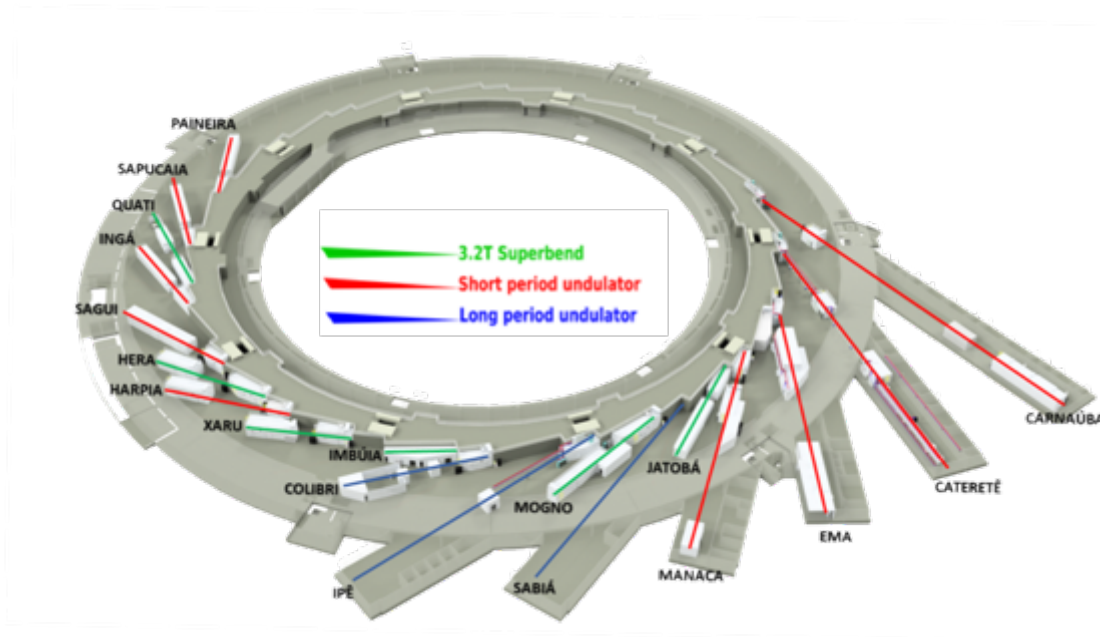
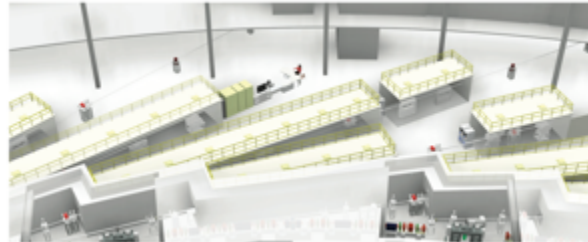
16-17 de dezembro de 2019 – Primeiras tomografias (testes, baixa corrente)





Linhas de Luz

- Sirius poderá ter até ~ 40 Linhas de Luz
- **Projeto atual prevê 13 Linhas de Luz**







Manacá

Cabana Ótica



Manacá

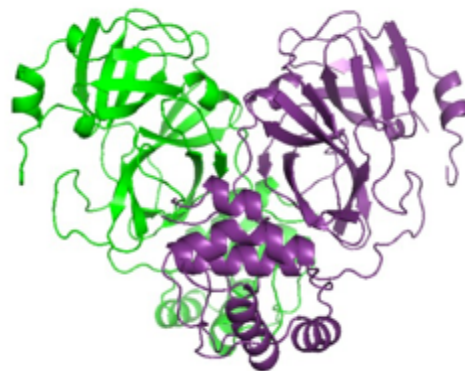
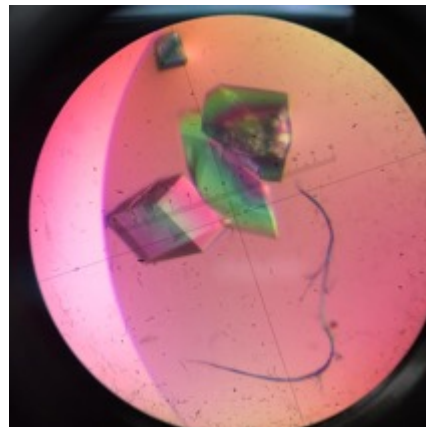
Cabana Experimental



Manacá

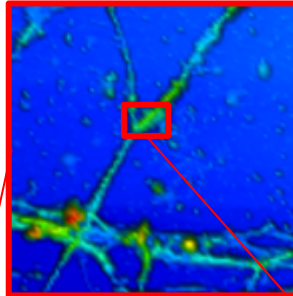
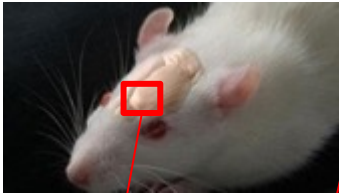
Cabana de Controle

PRIMEIRAS MEDIDAS EM CRISTAL DE PROTEÍNA DO SARS-COV-2



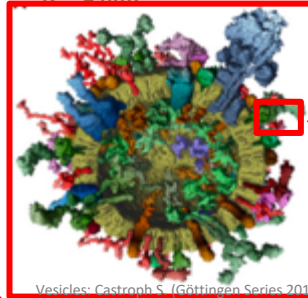
Multiscale and multi-contrast imaging

Nano FTIR (@~100 nm)



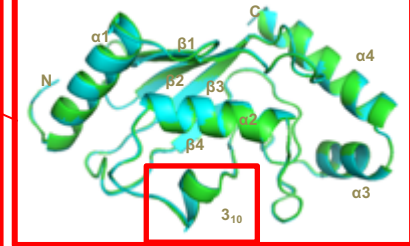
Composition: Oxana K. et al. (unpublished)

Small Angle X-Ray Scattering
And UV Circular Dichroism
(@~1 nm)

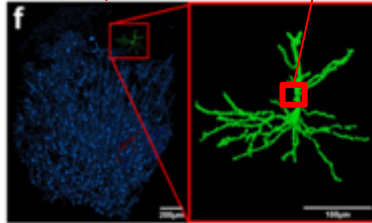


Vesicles: Gastronh S. (Göttingen Series 2015)

Protein Crystallography (@~0.1 nm)

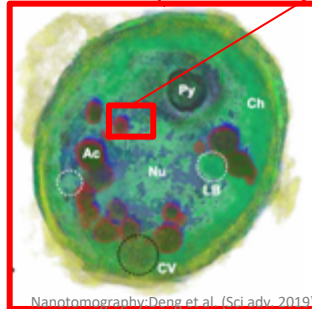


Proteins: De Oliveira, J. et al. (Nature Chem Bio 2019)



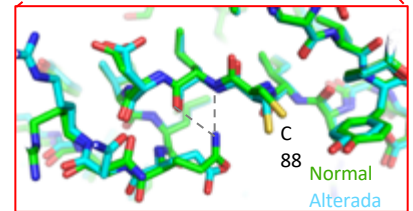
Neuron structure: Fonseca et al. , Sci. Rep. (2018)

X-Ray μ CT (@ ~1 μ m)

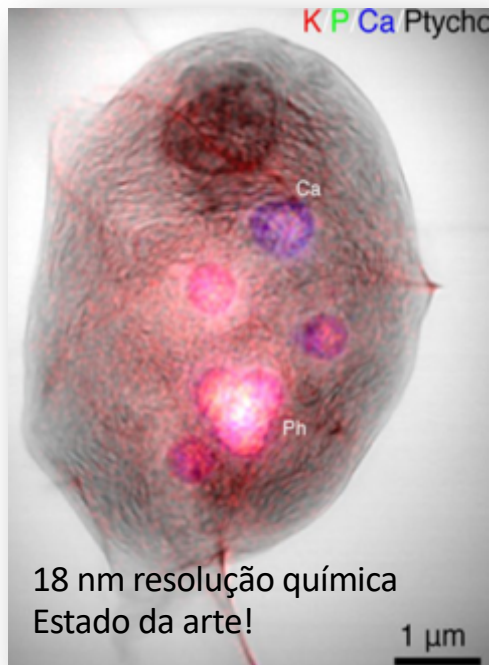


Nanotomography: Deng et al. (Sci adv. 2019)

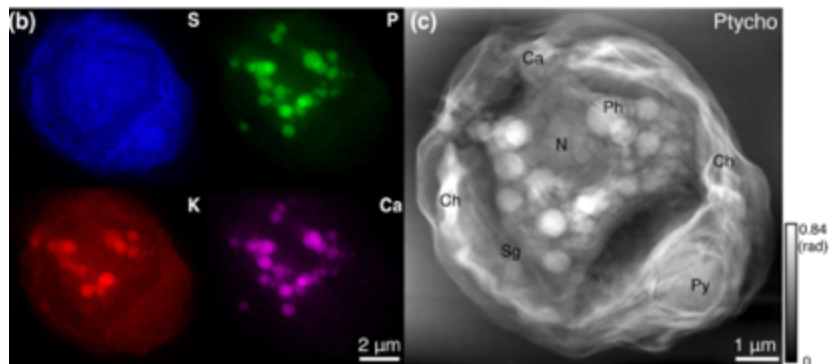
Nano X-Ray Fluorescence (@~10 nm)



O que poderemos fazer?



Junjing Deng et al (2017) done @ APS



- Em síncrotrons atuais de 3a geração essa imagem demora ~ **1 hora** (Full 3D alguns dias!)
- No Sirius, com 1.000 – 10.000 mais fluxo coerente ~ **1 s**
- 10.000 mais rápido!

CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA

Interação com empresas brasileiras inovadoras em parcerias de desenvolvimento de produtos/processos/produção para o Sirius

GASTOS NO BRASIL ATÉ O MOMENTO ~ 86% (SEM RH)



- A “ciência de síncrotron” no Brasil (e América Latina) foi construída do zero e atingiu um nível de maturidade e excelência que permite ao país saltar para um patamar mais competitivo
- Sirius está sendo planejado para ser um dos melhores equipamentos do mundo
- Irá permitir experimentos pioneiros no Brasil e no mundo
- Amplo espectro de atuação – todas as áreas do conhecimento podem se beneficiar
- Conceito de apoio integral para o usuário
 - Laboratório de apoio e preparação de amostras
 - Apoio na realização dos experimentos nas linhas de luz
 - Suporte para pós-processamento de dados
- A ciência **feita pelos usuários** irá determinar o seu sucesso!

Obrigado

