

Introdução ao



Pedro Abreu [LIP & IST]

Paulo Gomes [CERN-TE-VSC]

Slides adaptados de Apresentação Oficial do CERN (Ana Godinho [CERN-IR-ECO])

15th CERN PTLTP
3-8 Setembro 2023



Bem vindos ao CERN

Exm^{as/os} Sr^{as/es} Professoras/es de
Portugal, Brasil, Angola, Moçambique, Cabo Verde,
Guiné Bissau, São Tomé e Príncipe e Timor Leste

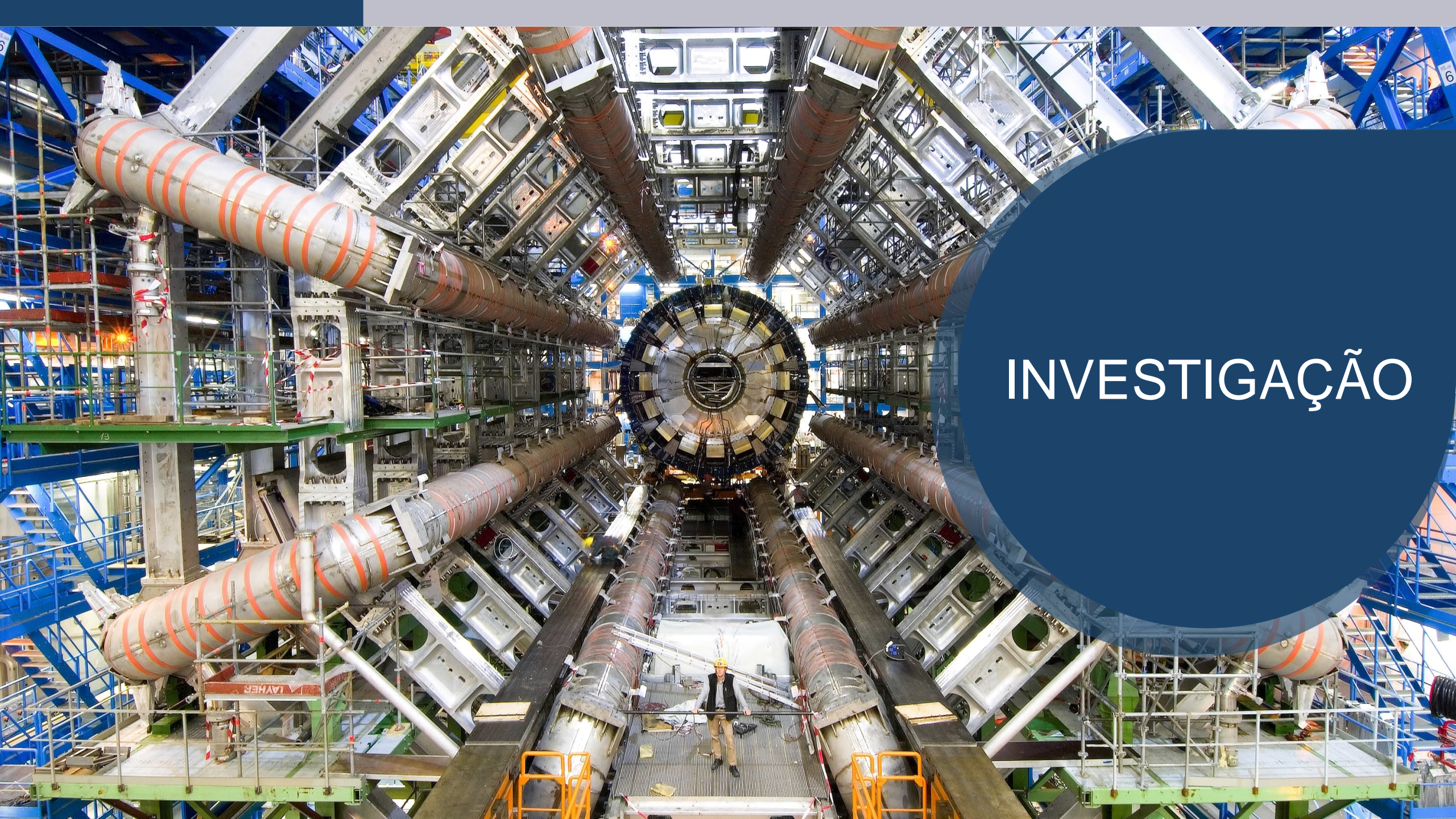
CERN é o maior laboratório no mundo para a física de partículas.

O nosso objetivo é entender as partículas mais fundamentais e as leis do universo.



Os quatro pilares da missão do CERN

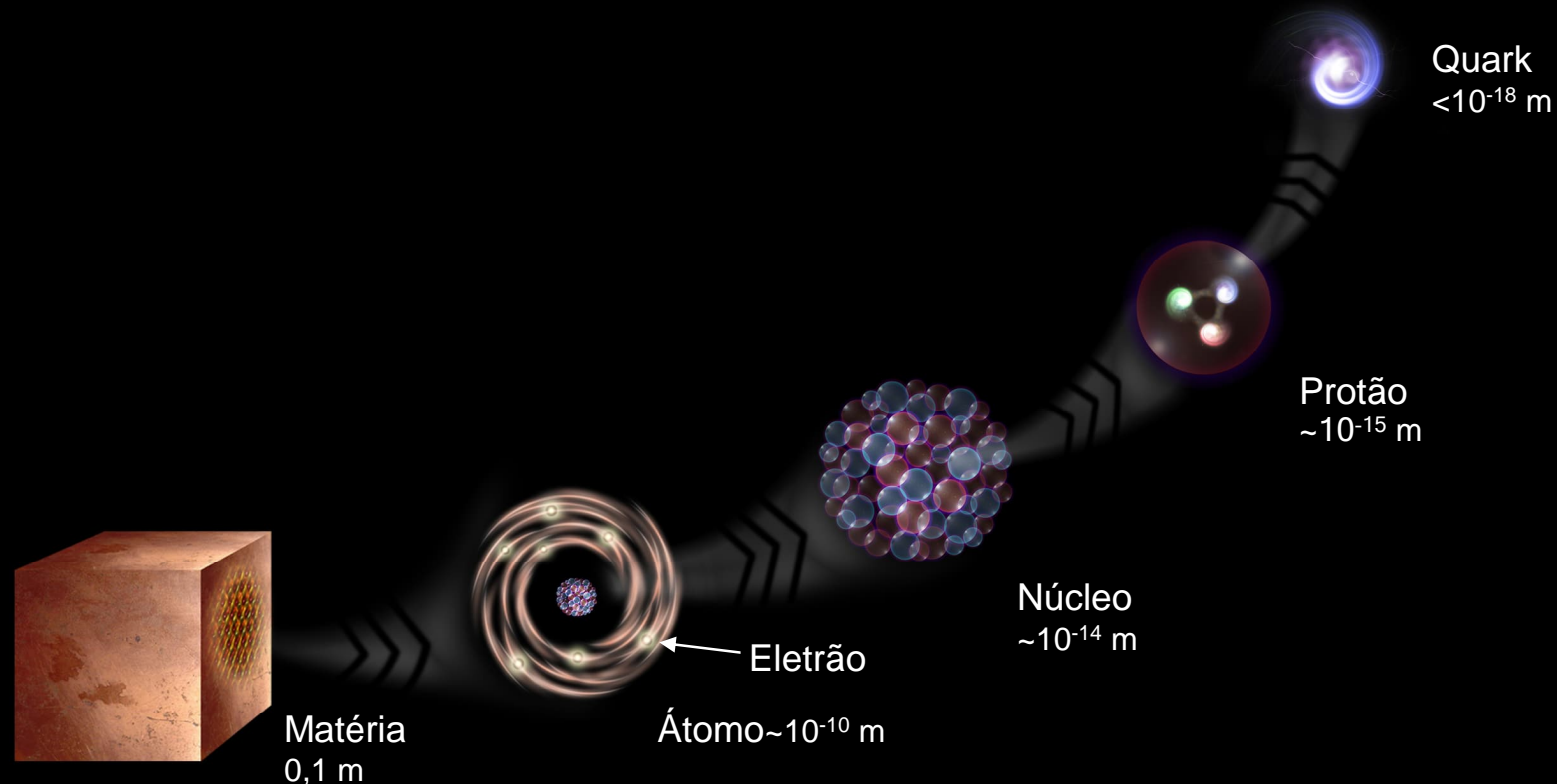


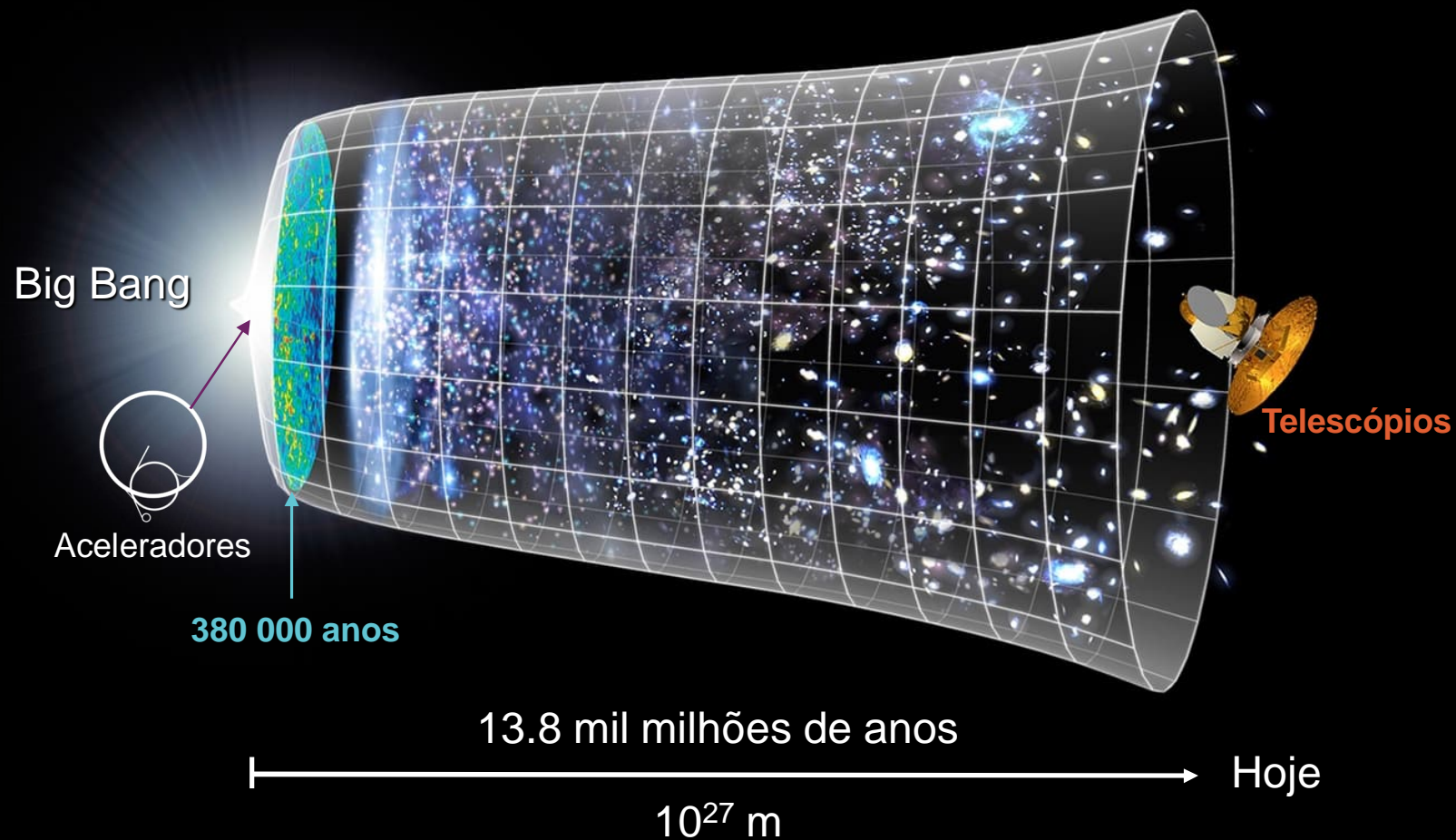


INVESTIGAÇÃO

De que é que é feito o Universo?

Estudamos os constituintes elementares da matéria e as interações que determinam os seus comportamentos





Como é que o Universo começou?

Reproduzimos as condições* do universo uma fração de segundo após o Big Bang, para procurar compreender a sua estrutura e evolução.

* de temperatura, densidade de energia

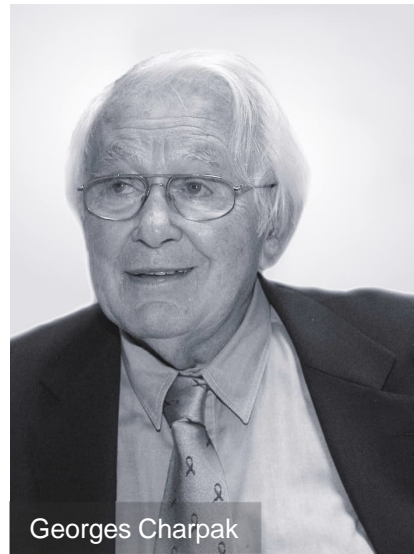
No CERN procuramos responder a estas questões



Carlo Rubbia



Simon Van der Meer



Georges Charpak

Vários cientistas no CERN receberam o Prémio Nobel pelas suas descobertas cruciais

O bóson de Higgs foi descoberto em 2012; sem ele, as partículas elementares não teriam massa e não seria possível formar átomos.

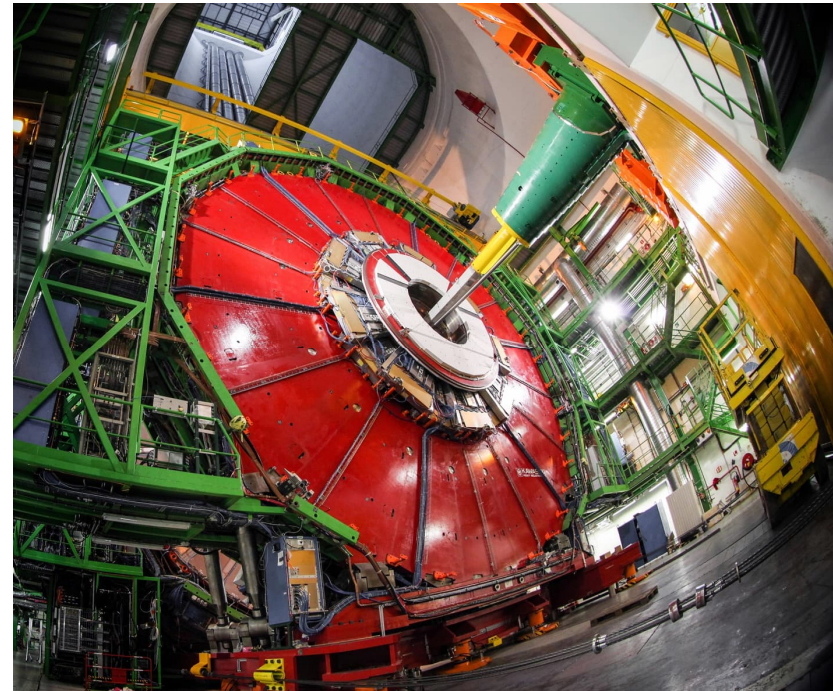


François Englert e Peter Higgs. Com Robert Brout, propuseram o mecanismo BEH em 1964.

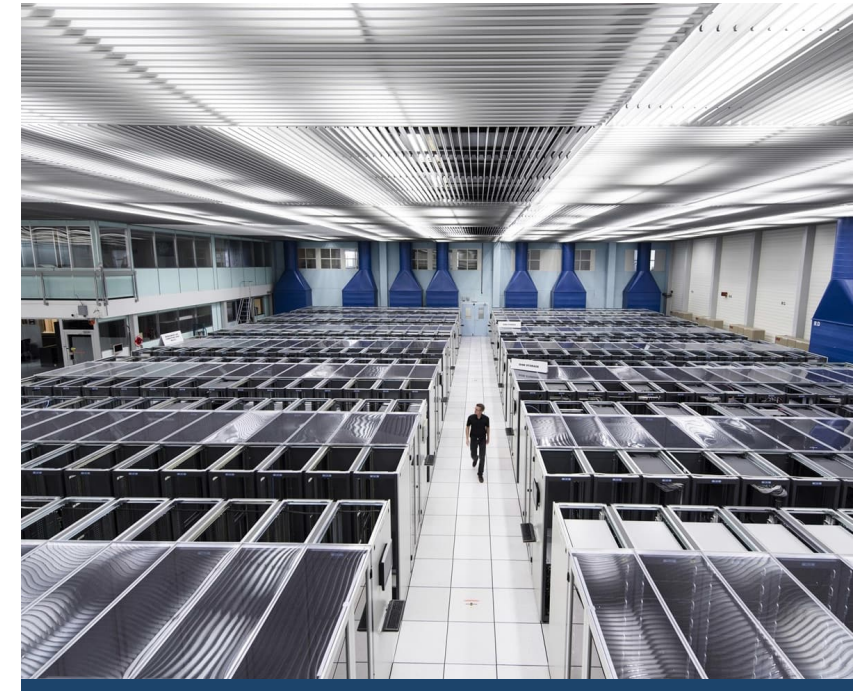
Desenvolvemos tecnologias em 3 áreas



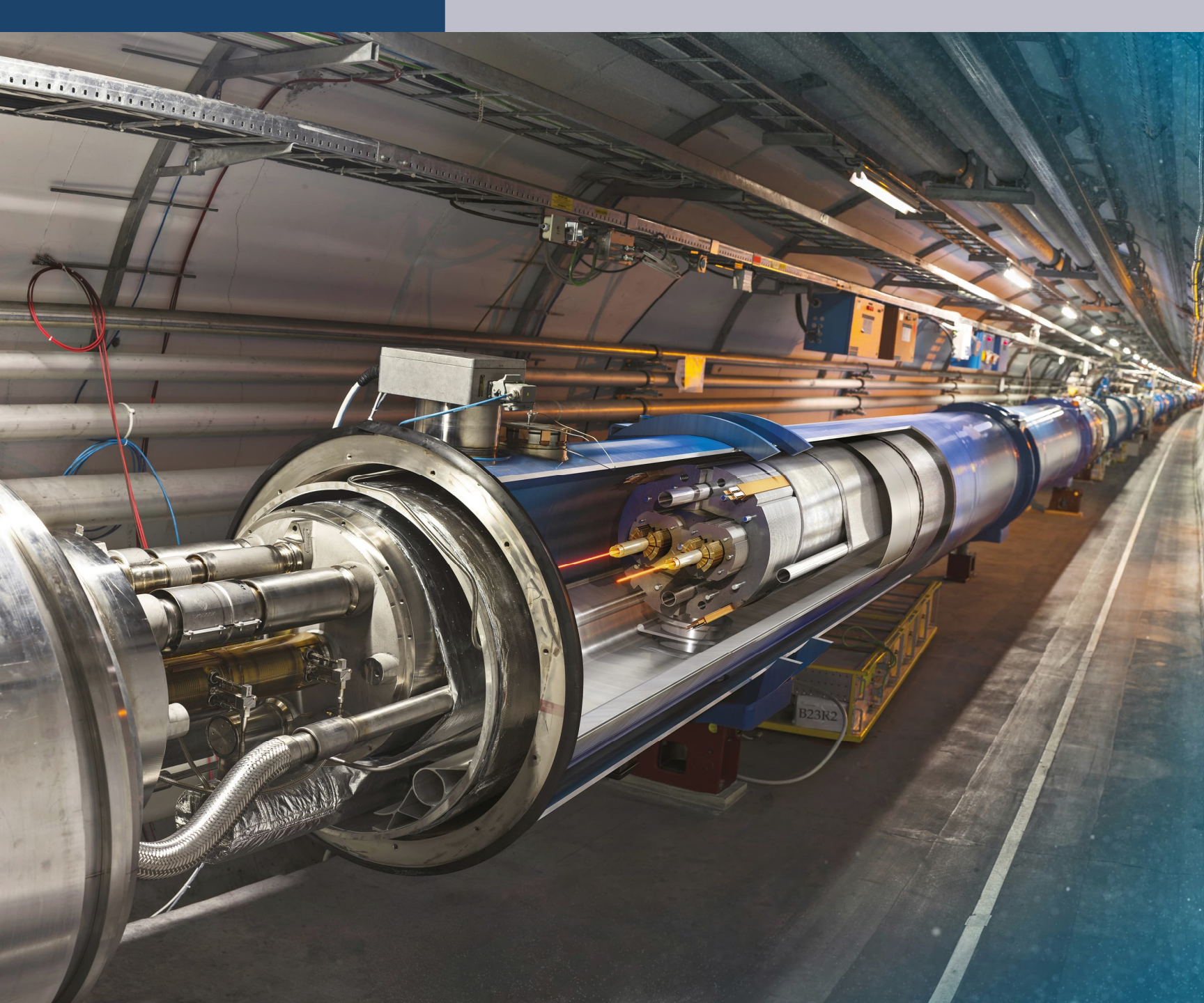
ACELERADORES



DETETORES



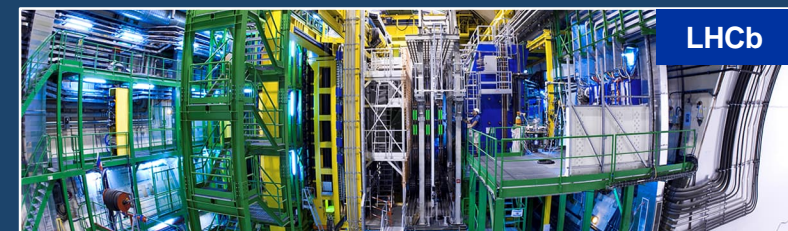
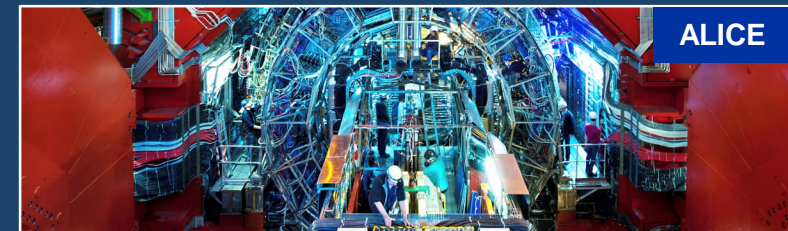
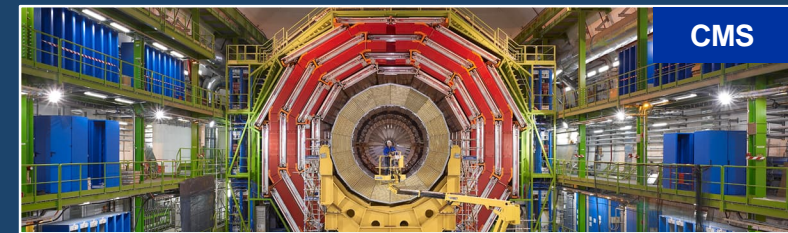
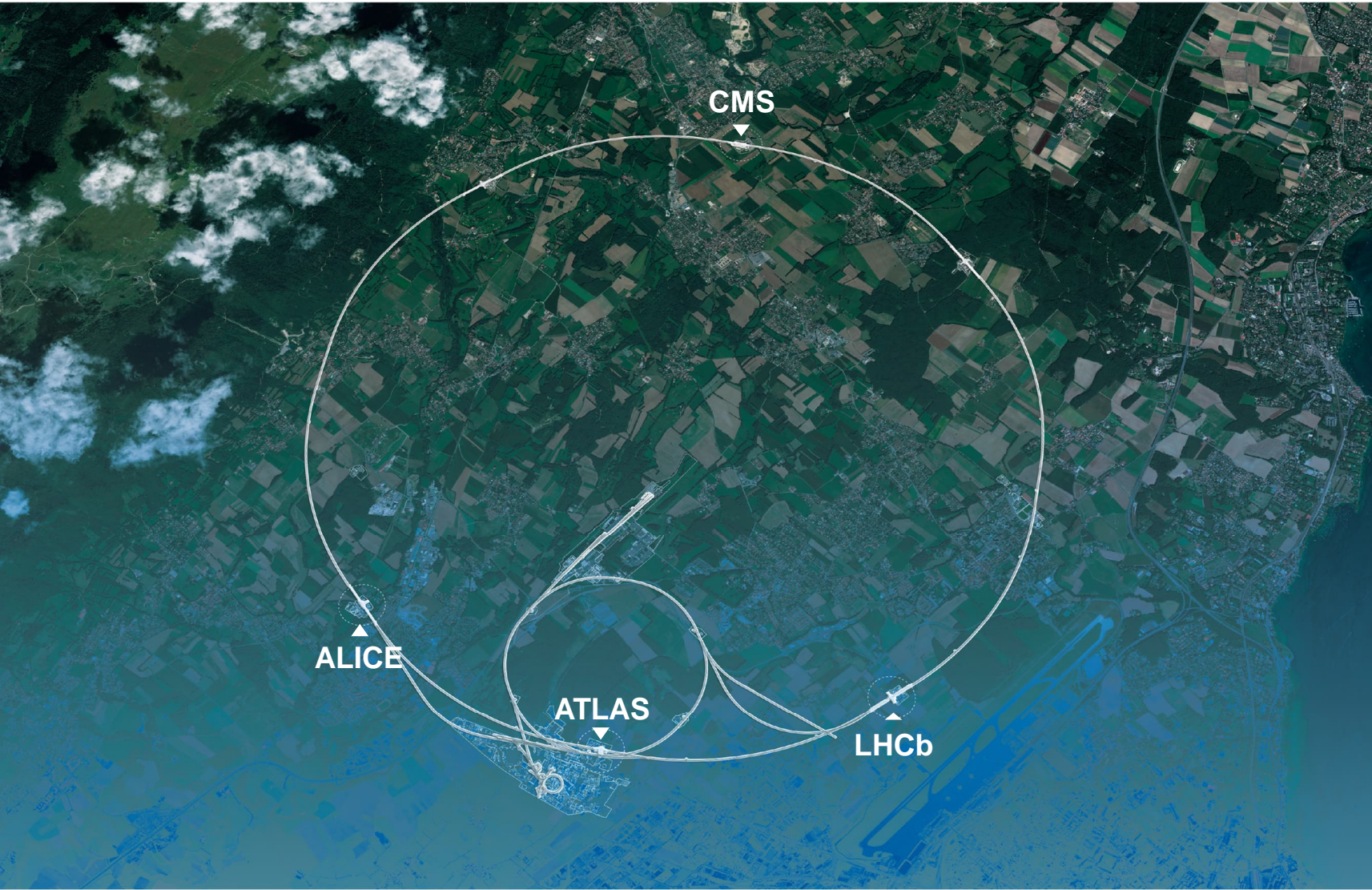
COMPUTAÇÃO



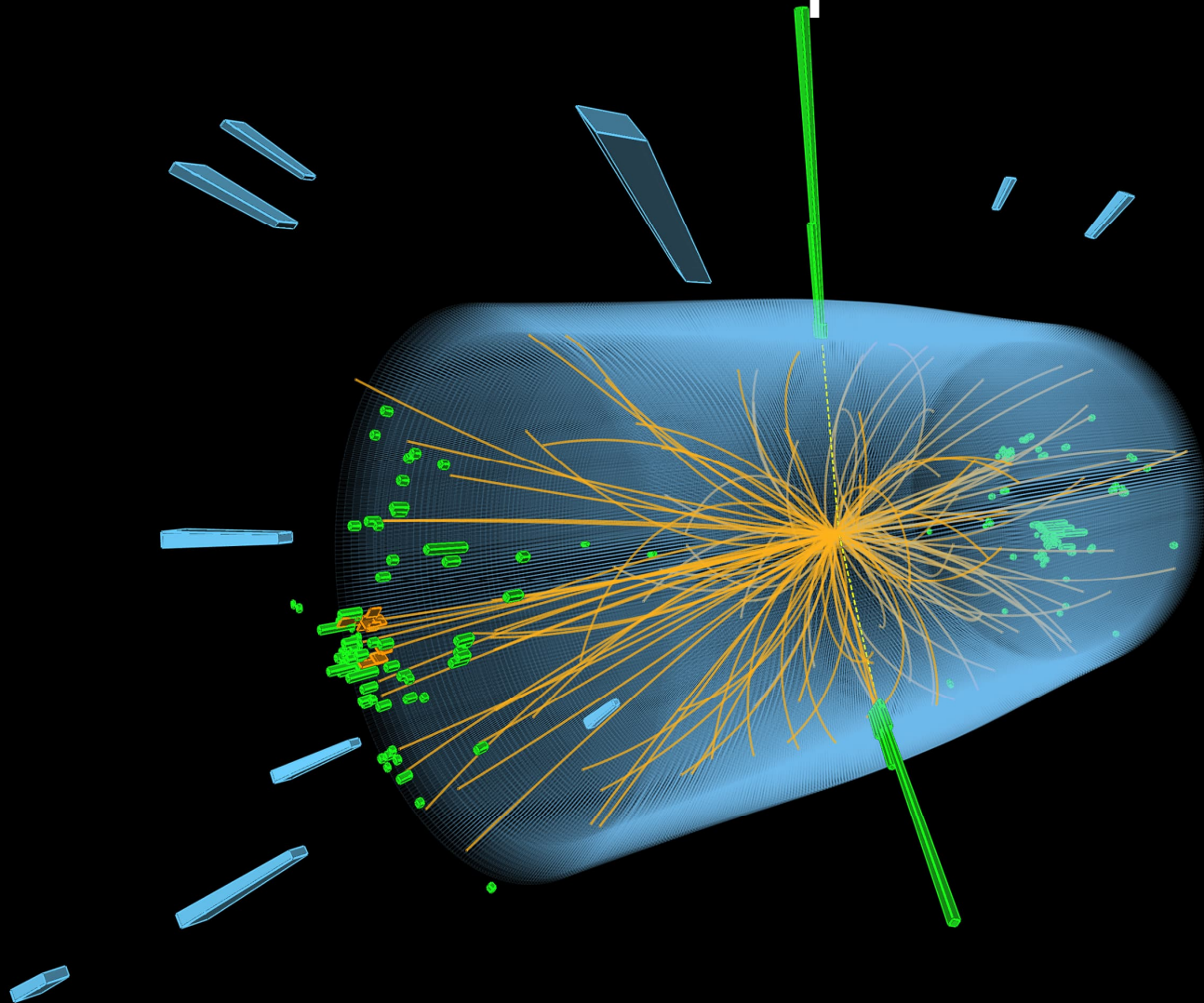
Large Hadron Collider (LHC)

- 27 km de circunferência
- A 100 m de profundidade
- Ímãs supercondutores guiam as partículas à volta do anel
- Partículas são aceleradas até quase à velocidade da luz (no vazio)

Detetores gigantes registam as trajetórias das partículas criadas nos quatro pontos de colisão

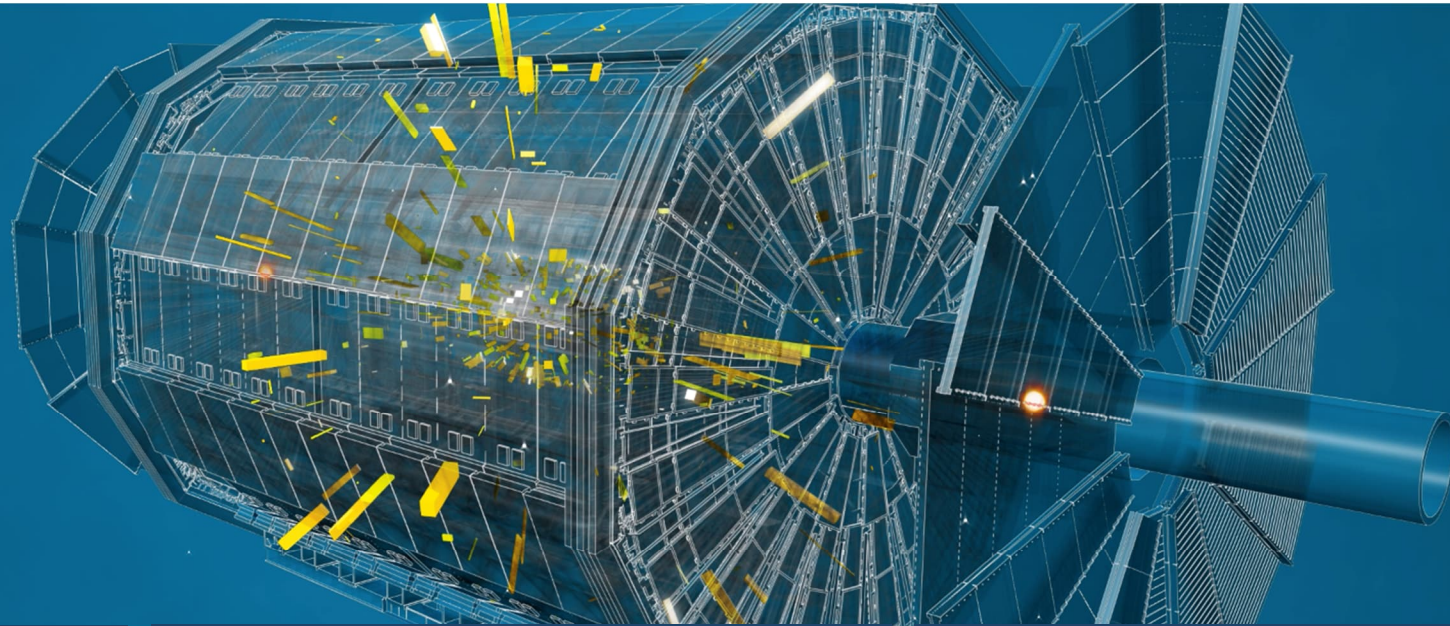


O LHC produz mais de mil milhões de colisões de partículas por segundo



A energia das partículas que colidem é convertida em novas partículas.

Os detetores no LHC são como câmaras 3D



Os detetores medem a energia, direção e carga elétrica das partículas criadas na colisão.



Tiram 40 milhões de “fotografias” por segundo. Apenas 1 000 são gravadas e guardadas.



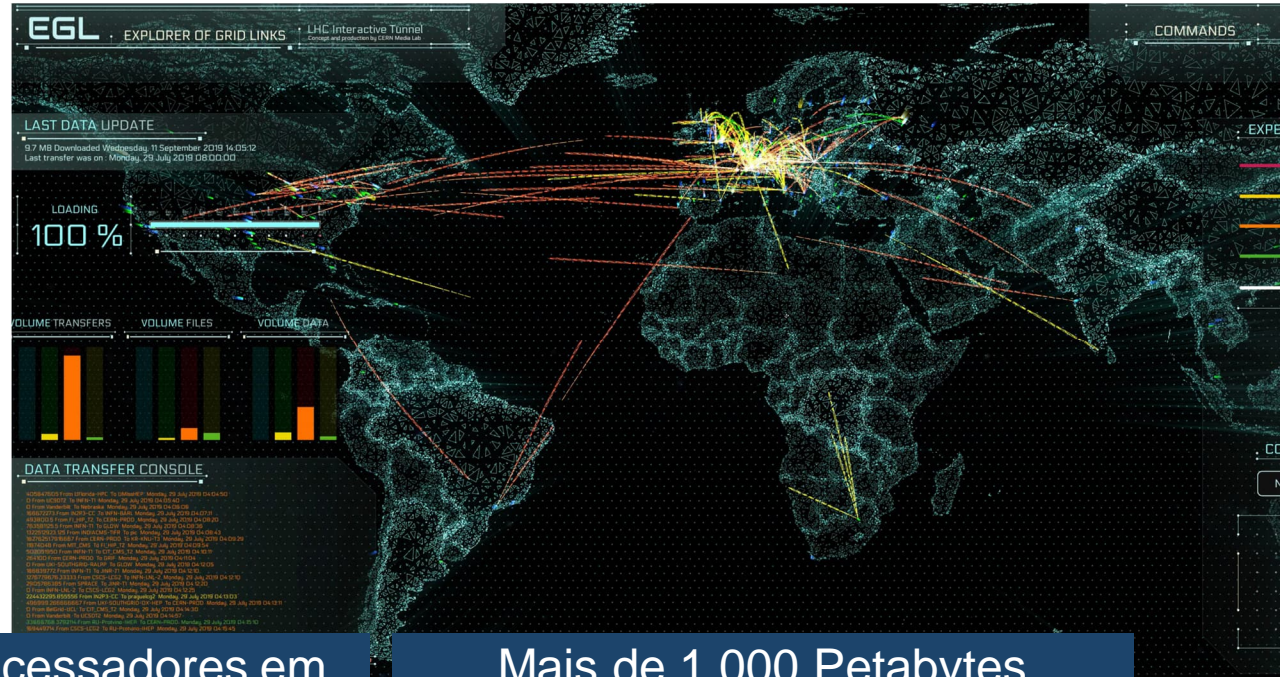
Os detetores no LHC foram construídos por colaborações de cientistas de todo o mundo.

A “Worldwide LHC Computing Grid” (WLCG)

(“A rede mundial de computação para o LHC”)



Usada para guardar, distribuir e processar os dados do LHC.



1 milhão de processadores em 170 centros de dados de 42 países.

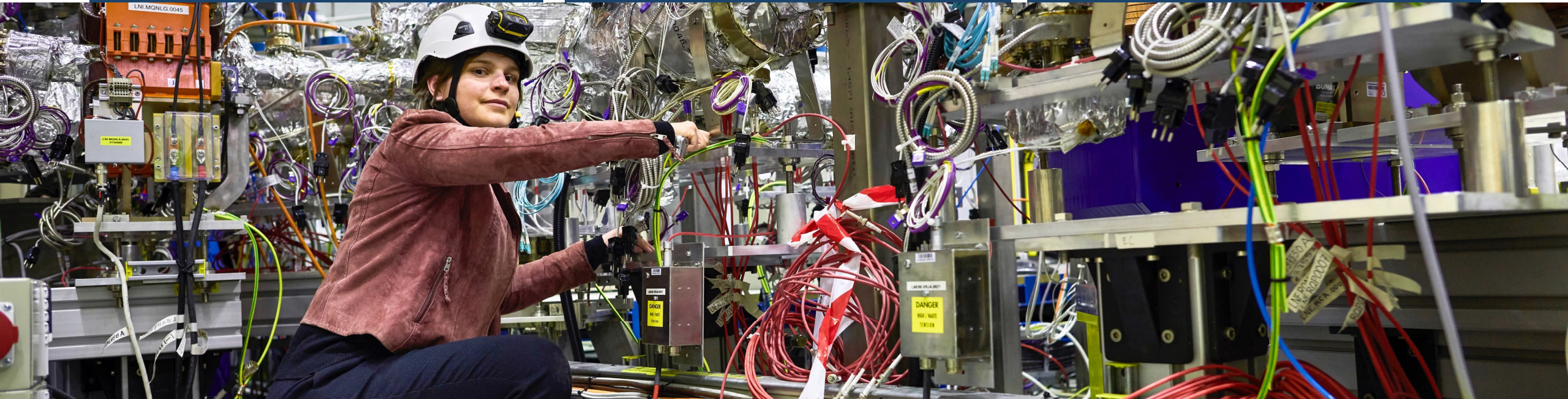
Mais de 1 000 Petabytes de dados do CERN guardados em todo o mundo.

CERN tem um programa científico diversificado

Física Nuclear
(ISOLDE)

Investigação de Antimatéria
(Desacelerador de antiprotões)

Raios Cósmicos e
formação de nuvens (CLOUD)



Experiências de alvo fixo,
incluindo pesquisas de fenômenos raros

Contribuição para a Long Baseline
Neutrino Facility nos E.U.A. (LBNF)

Há muitas questões sem resposta em física fundamental

incluindo

De que é feito 95% da massa e energia do Universo?

Há apenas um bóson de Higgs?
Tem exatamente o comportamento que se espera?

Porque é que o Universo é feito só de matéria, praticamente sem antimatéria?

Porque é que a gravidade é tão fraca face às outras forças?



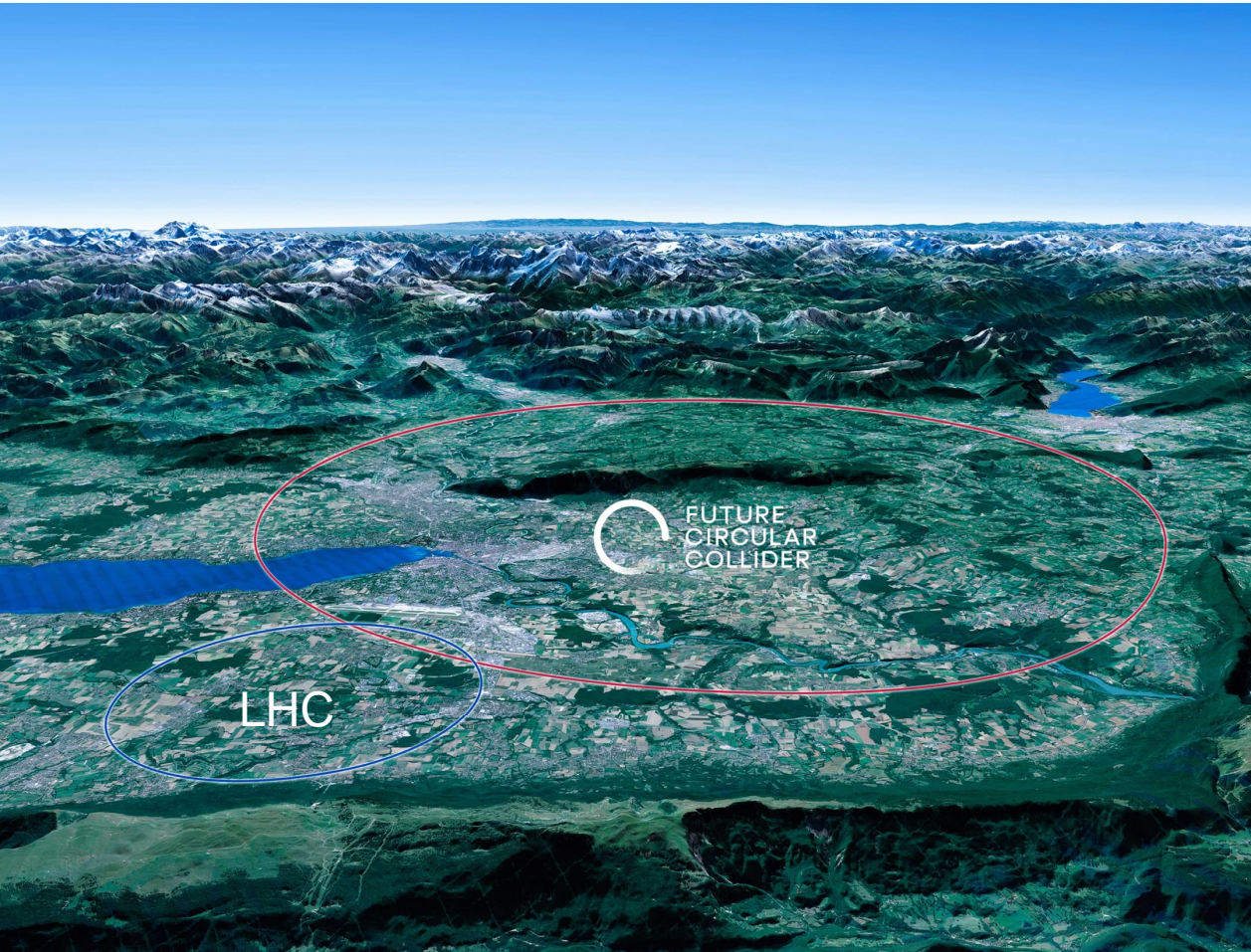
As melhorias para o LHC de alta luminosidade estão a caminho

- O HL-LHC usará novas tecnologias para recolher 10 vezes mais dados do que o LHC.
- Dará acesso a fenómenos muito raros, a maior precisão, e a maior potencial de descobertas.
- Entrará em operação em 2029, e funcionará até ~2040.

Prioridades científicas para o futuro

Implementação das recomendações da **Atualização 2020 da Estratégia Europeia para a Física de Partículas:**

- Exploração plena do HL-LHC
- Construir uma fábrica de bósons de Higgs para estudar melhor esta partícula única
- Investigar a viabilidade técnica e financeira de um futuro colisionador no CERN, com 100 km de perímetro, à mais alta energia possível
- Incrementar as atividades I&D relevantes
- Continuar o apoio a outros projetos em todo o mundo



COLABORAÇÃO



Ciência para a Paz

CERN fundado em 1954 por 12 Estados Membros Europeus



23 Estados Membros

Austria – Belgium – Bulgaria – Czech Republic
Denmark – Finland – France – Germany – Greece
Hungary – Israel – Italy – Netherlands – Norway
Poland – **Portugal** – Romania – Serbia – Slovakia
Spain – Sweden – Switzerland – United Kingdom

3 Estados Membros Associados no pre-estágio para ser membro

Cyprus – Estonia – Slovenia

7 Estados Membros Associados

Croatia – India – Latvia – Lithuania – Pakistan
Türkiye – Ukraine

6 Observadores

Japan – Russia (suspended) – USA
European Union – JINR (suspended) – UNESCO

Aproximadamente 50 Acordos de Cooperação com Estados e Territórios não-Membros

Albania – Algeria – Argentina – Armenia – Australia – Azerbaijan – Bangladesh – Belarus – Bolivia
Bosnia and Herzegovina – **Brazil** – Canada – Chile – Colombia – Costa Rica – Ecuador – Egypt – Georgia – Honduras
Iceland – Iran – Jordan – Kazakhstan – Lebanon – Malta – Mexico – Mongolia – Montenegro – Morocco – Nepal
New Zealand – North Macedonia – Palestine – Paraguay – People's Republic of China – Peru – Philippines – Qatar
Republic of Korea – Saudi Arabia – Sri Lanka – South Africa – Thailand – Tunisia – United Arab Emirates – Vietnam

Orçamento anual do CERN
é de 1 200 MCHF
(equivalente a uma universidade
Europeia de tamanho médio)

Em 31 Dezembro 2021

2 658 Funcionários

900 Graduados

2 023 Associados

11 680 Utilizadores

Um Laboratório para pessoas de todo o mundo

Distribuição de todos os utilizadores do CERN por país do respetivos institutos em 31 Dezembro 2022



Diversidade geográfica & cultural
Utilizadores de **110 nacionalidades**
~ 23% mulheres

Member States 7147

Austria 85 – Belgium 129 – Bulgaria 43 – Czech Republic 244
Denmark 49 – Finland 90 – France 844 – Germany 1225 Greece
119 – Hungary 73 – Israel 64 – Italy 1527
Netherlands 169 – Norway 79 – Poland 305 – **Portugal 100**
Romania 109 – Serbia 33 – Slovakia 70 – Spain 383
Sweden 103 – Switzerland 406 – United Kingdom 898

Associate Member States in the pre-stage to membership 69

Cyprus 15 – Estonia 30 – Slovenia 24

Associate Member States 382

Croatia 38 – India 132 – Latvia 16 – Lithuania 14 – Pakistan 35
Türkiye 122 – Ukraine 25

Observers 2991

Japan 216 – Russia (suspended) 873 – United States of America 1902



Números de Portugal

- 60 funcionários
- 38 bolseiros
- 20 estudantes
- 52 associados
- 100 utilizadores

Números de Brasil

- 122 utilizadores

Non-Member States and Territories 1271

Algeria 2 – Argentina 13 – Armenia 8 – Australia 21 – Azerbaijan 2 – Bahrain 4 – Belarus 18 – **Brazil 122**
Canada 199 – Chile 34 – Colombia 21 – Costa Rica 2 – Cuba 3 – Ecuador 4 – Egypt 20 – Georgia 32
Hong Kong 15 – Iceland 3 – Indonesia 5 – Iran 11 – Ireland 5 – Jordan 5 – Kuwait 4 – Lebanon 13 – Madagascar 1
Malaysia 4 – Malta 1 – Mexico 49 – Montenegro 4 – Morocco 19 – New Zealand 5 – Nigeria 1 – Oman 1
Palestine 1 – People's Republic of China 333 – Peru 2 – Philippines 1 – Republic of Korea 147 – Singapore 2 South
Africa 52 – Sri Lanka 10 – Taiwan 45 – Thailand 17 – Tunisia 2 – United Arab Emirates 7 – Viet Nam 1

CERN é um modelo para a colaboração aberta e inclusiva



As experiências LHC são modelos de construção de consensos, competição e cooperação.

SESAME, uma fonte de luz de sincrotrão na Jordânia, é inspirada na estrutura de governo do CERN.



CERN fornece a infraestrutura de IT para as tecnologias de análise de imagens de satélite usadas em situações de emergência.



TECNOLOGIAS & INOVAÇÃO

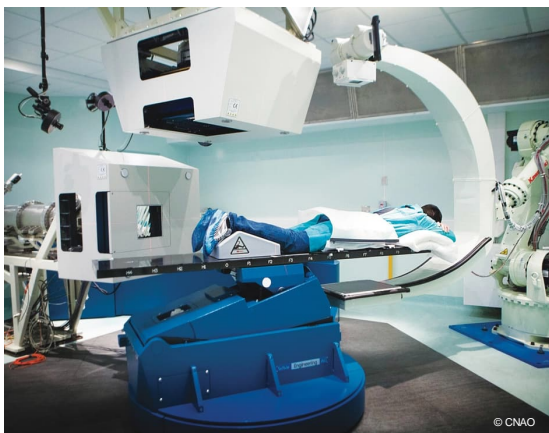
As inovações tecnológicas no CERN têm muitas aplicações em várias áreas

Foi no CERN que nasceu a World Wide Web

E há muito mais exemplos

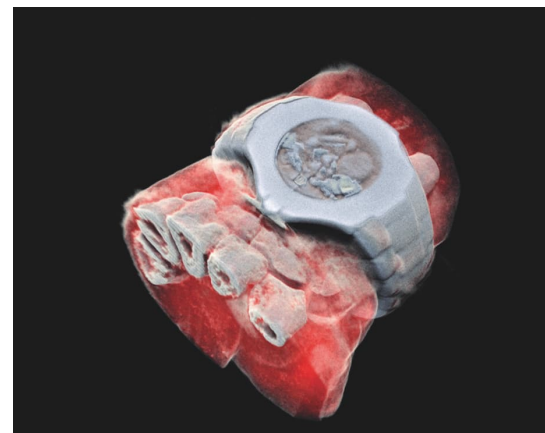
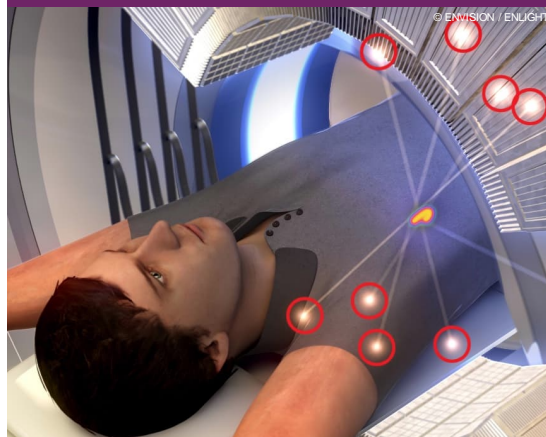
Imagiologia médica, terapias do cancro, ciência dos materiais, herança cultural, espacial, automóvel, ambiente, saúde & segurança, processos industriais.

As inovações tecnológicas no CERN têm aplicações importantes em medicina e na saúde



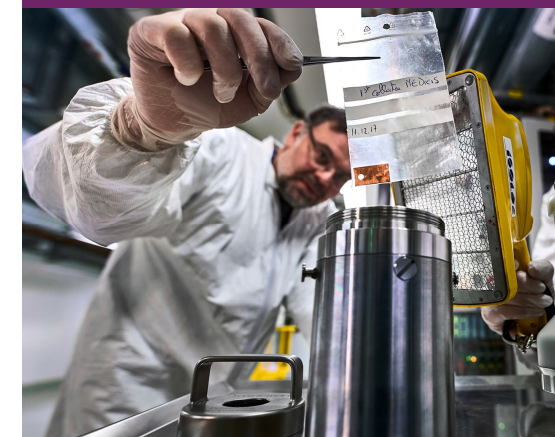
Tecnologias de aceleração são aplicadas na radioterapia do cancro com prótons, iões e eletrões.


Tecnologias aplicadas no CERN são também usadas no PET, para imagiologia médica e diagnóstico.



Tecnologias de detetores de pixel são usadas para a imagiologia 3D a cores de alta resolução com raios X.

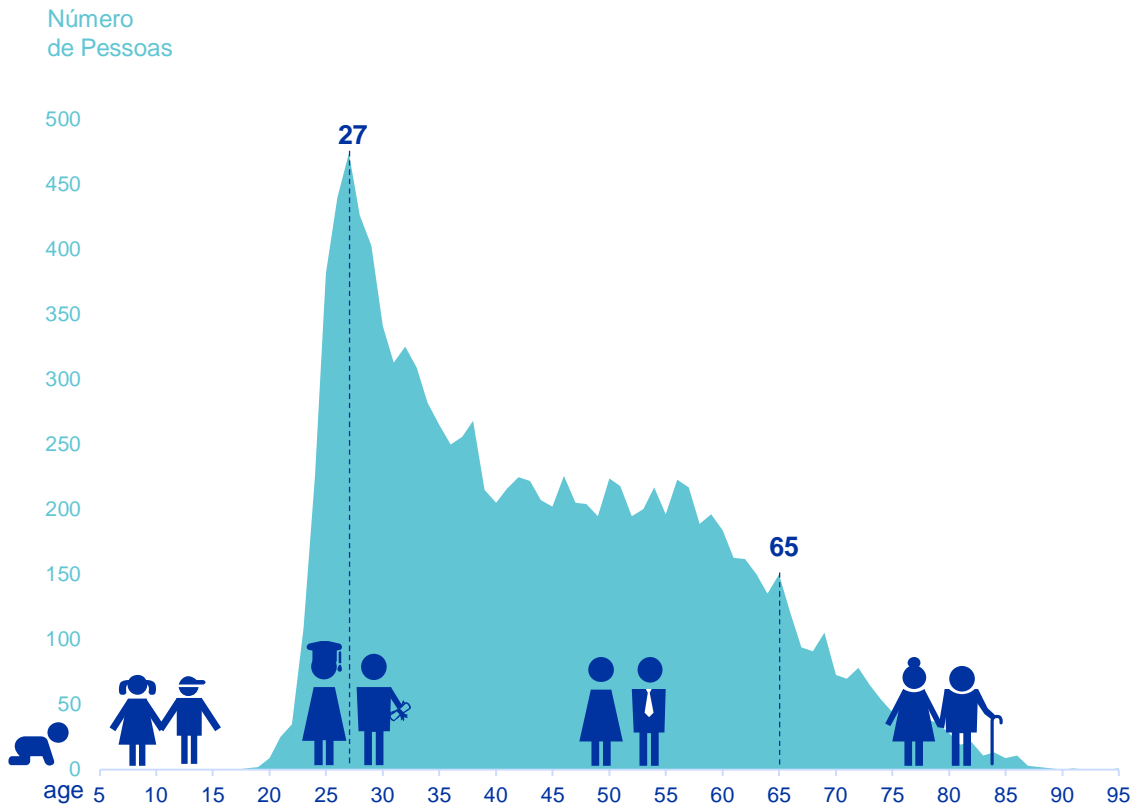
CERN produz radioisótopos inovadores para a investigação em medicina nuclear.



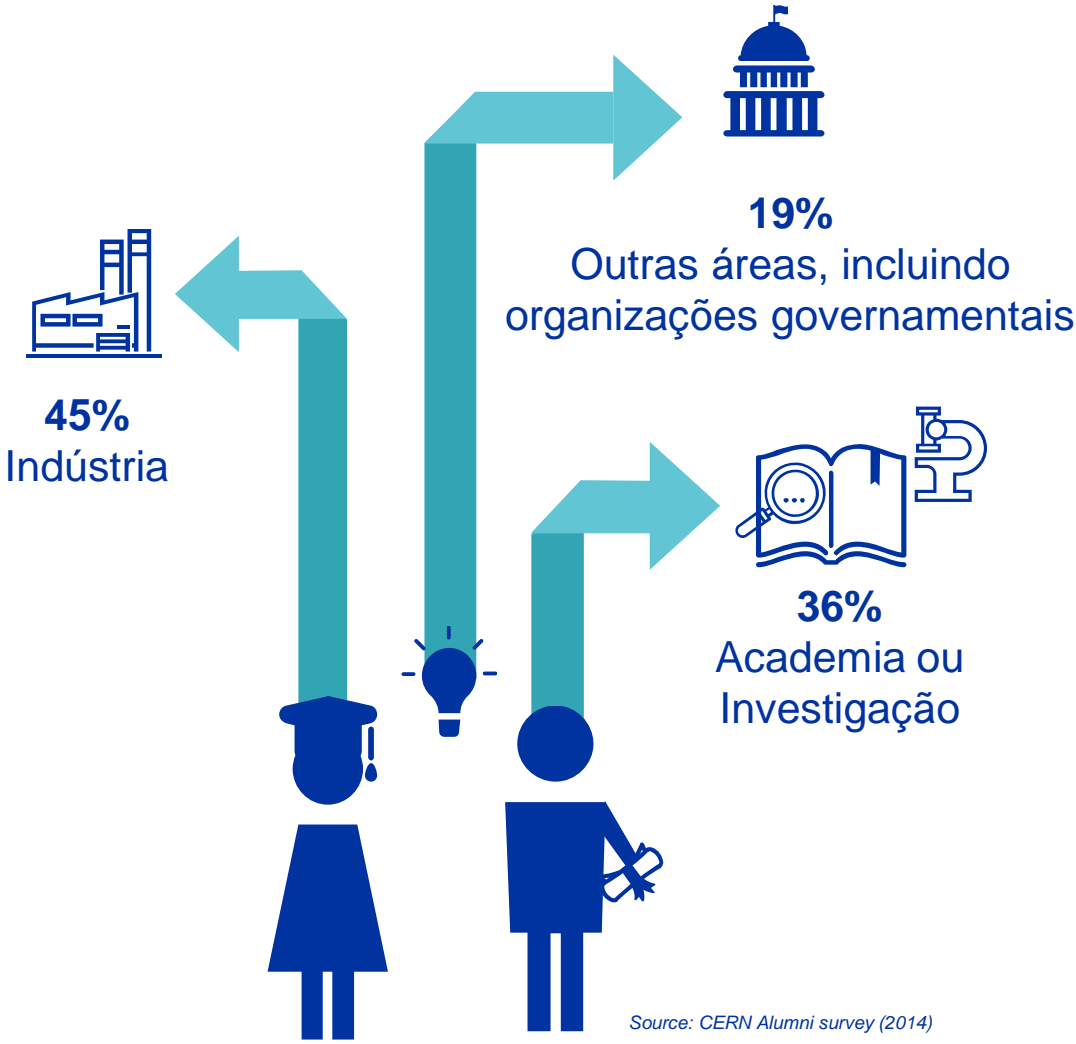
A group of young people, likely students, are gathered around a large piece of equipment in a laboratory or industrial setting. They are wearing hard hats (yellow and blue) and lanyards. One person in the foreground is adjusting a component of the equipment. The background shows a white wall with a green exit sign and various cables and equipment.

EDUCAÇÃO & FORMAÇÃO

CERN abre as portas a oportunidades de carreira



Distribuição das idades dos Cientistas no CERN



Doutorados e estudantes técnicos que deixam o CERN

Programas de formação, educação e divulgação no CERN

300 Estudantes de Licenciatura nos programas de verão.
>3 000 estudantes PhD registados.

>1 000 Bolseiros, Estudantes Técnicos e de Doutoramento, em Investigação, Engenharia e Computação.

>14 000 professores desde 1998 e 2 000 participantes no webinar desde 2020.



>150 000 visitantes/ano, >50 países, em visitas guiadas ao CERN.

CERN liga-se aos cidadãos em todo o mundo: exposições no CERN e itinerantes em 15 países, >1 milhão visitantes

4,7 milhões de seguidores nas redes sociais, de todo o mundo.

Números para Portugal



3 estudantes de verão em 2019
475 professores nos Programas para Professores desde 1998
29 equipas na competição BL4S since 2014
768 estudantes participantes no S'Cool LAB desde 2015
2 363 Visitantes Portugueses em 2019

Números para Brasil

7 estudantes de verão em 2022
273 professores nos Programas para Professores desde 1998
49 equipas na competição BL4S since 2014

CERN Science Gateway

(“Portal da Ciência no CERN”)



O novo Centro de Educação e Divulgação do CERN para todos os públicos com 5+ anos.

Abertura Outono 2023.

Exposições imersivas, laboratórios para educação, eventos e espetáculos.

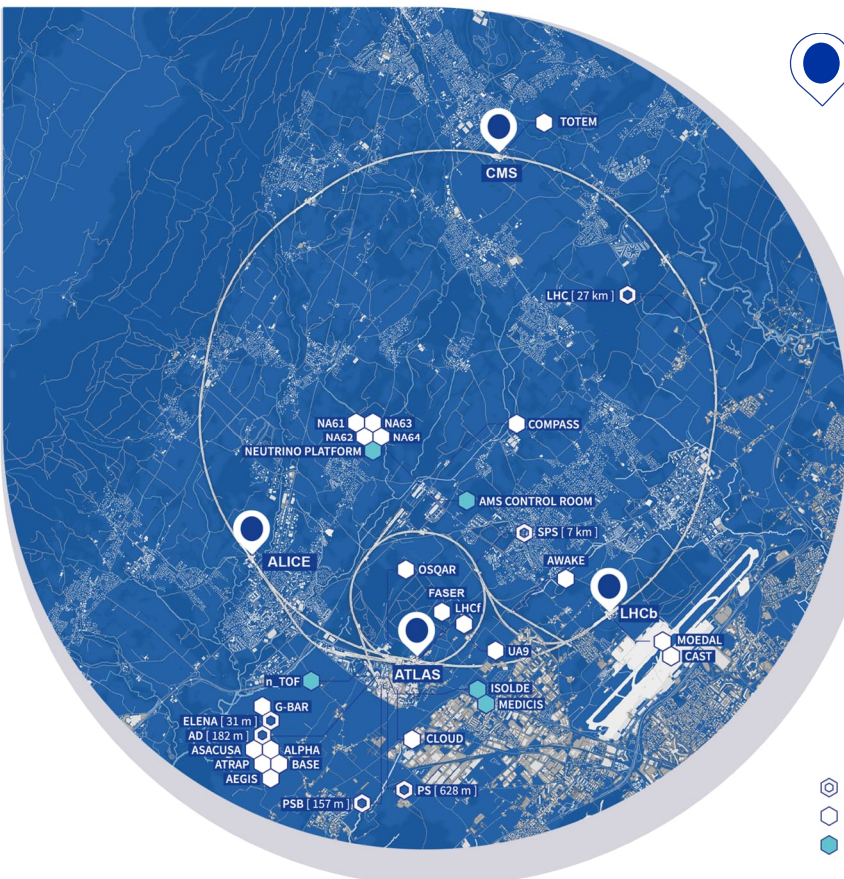
Portugal tem uma posição sólida e multifacetada no CERN



- Portugal acedeu ao CERN como Estado Membro em 1986.
- LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas é o parceiro de referência do CERN em Portugal.
- Participação forte nas experiências do LHC e não-LHC, Programas de I&D (futuros aceleradores, física médica), computação, e teoria.
- Programas de formação de engenheiros e de professores com enorme sucesso.
- Bom balanço entre as contribuições ao CERN e os investimentos no país; relações com a indústria muito boas.

Visita de Sua Excelência Prof. Manuel Heitor, Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 2016

Portugal tem um forte envolvimento no programa experimental do CERN



EXPERIÊNCIAS no LHC:

ATLAS 4 Institutos, 46 membros
CMS 1 Instituto, 15 membros

Através do LIP, Portugal faz parte de ATLAS e CMS desde 1992 (quando as colaborações foram formadas)

LIP tem polos em Lisboa, Coimbra e Braga e é parceiro das universidades: U.Lisboa, U.Coimbra, U.Minho

- Accelerator
- Experiment
- Facility

ISOLDE & MEDICIS

6 institutos participam em ISOLDE, cerca de 40 membros
 IST/CTN aderiu a **MEDICIS** (produção de novos isótopos para a física médica)

EXPERIÊNCIAS DE ALVO FIXO

7 institutos, 30 membros
COMPASS - Colaboração antiga desde NA-38 & **AMBER** (nova)
AWAKE
CLOUD
n_TOF
Neutrino Platform

EXPERIÊNCIAS RECONHECIDAS

AMS, Auger, SNO+ (onde o LIP participa)

A Infraestrutura Nacional de Computação Distribuídas (INCD), operada pelo LIP, gere um conjunto "Tier-2" de computadores como parte da WLCG.



Oportunidades para a indústria, tecnologia e transferência de conhecimento

Sep 2019 : visita do Ministro da Ciência, T.E.S. e de outros membros do Governo, da Academia, e da Indústria; juntos com os professores do Programa em Língua Portuguesa, na altura em formação no CERN



Mais de 50 empresas tecnológicas Portuguesas colaboram com o CERN

2,2 M CHF/ano

Forte participação em I&D, para as próximas fases da ESPP, aceleradores e experiências

FCC

Participação forte em I&D para aplicações médicas
Imagiologia, Terapia com partículas



Formação, educação e divulgação

Set 2011 : formação de Professores em Língua Portuguesa



Programa exemplar de formação de engenheiros
>200 estágios de 2 anos desde 1996

Contribuição importante de
-60 IST ProjectAssociates (2016 – 2022)

Escolas de Professores em Língua
Portuguesa de enorme sucesso

819 profs. desde 2007, de Portugal,
Brasil, PALOP, Timor Leste

Grande participação nas Masterclasses em
Física de Partículas (IPPOG) e nas visitas de
Escolas ao CERN

Mais de 20 000 estudantes desde 2005



Participação nos programas do CERN desde 1988

Forte envolvimento nos programas de antimatéria e no LHC com hardware, software, física



ALICE

~33

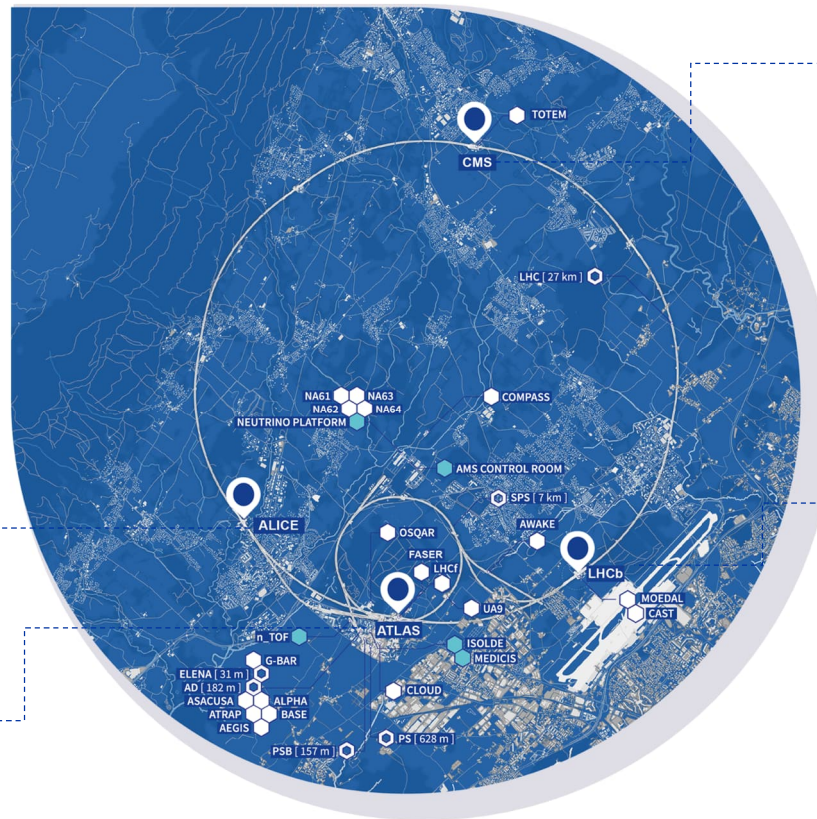
membros,
4 Institutos
Campinas, UNICAMP
Porto Alegre, UFRGS
Santo Andre, UFABC
São Paulo, USP



ATLAS

~71

membros,
6 Institutos
Natal, UFRN
Juiz de Fora, UFJF
Rio de Janeiro, UFRJ
Rio de Janeiro, UERJ
Salvador, UFBA
São Paulo, USP



CMS

~80

membros,
3 Institutos
Rio de Janeiro, CBPF
Rio de Janeiro, UERJ
São Paulo, UNESP



LHCb

~38

membros,
3 Institutos
Rio de Janeiro, CBPF
Rio de Janeiro, PUC-RIO
Rio de Janeiro, UFRJ



Le Brésil n'est pas que le pays du foot et de la samba !

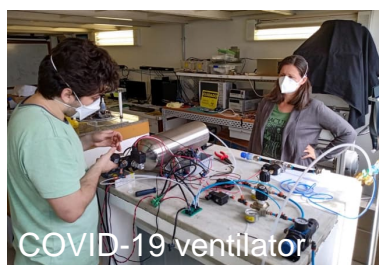
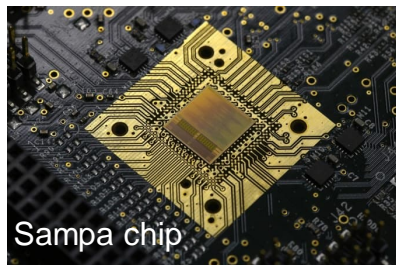
There's an awful lot of physics in Brazil!

Bien que le Brésil ne soit pas un Etat membre du CERN, un groupe de l'Institut de physique de l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ) participe activement aux activités scientifiques du CERN depuis de nombreuses années. Le groupe de Rio s'est joint à la collaboration Delphi au début des années 90 et a commencé plus récemment à contribuer à la préparation des expériences LHC. Des physiciens et des ingénieurs de Rio étaient présents au CERN pour la semaine LHCb (du 14 au 18 septembre), au cours de laquelle le Comité d'examen des ressources du CERN a approuvé l'expérience.

Les physiciens de Rio participent surtout à l'expérience Delphi, à laquelle ils se sont joints dans le but de créer un

Brazil may not be a Member State of CERN, but a group from the Physics Institute of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) has been an active participant in CERN science for many years. The Rio group joined the Delphi collaboration in the early 90s and more recently, has started to get involved with preparations for experiments at the LHC. From 14 September physicists and engineers from Rio were at CERN for the LHCb week during which CERN's Resource Review Board approved the experiment.

The Rio group's main involvement is in the Delphi experiment which it joined with the aim building a coherent particle physics research group. The goal was to contribute actively to outstanding physics studies and applied projects



- Cientista Brasileiro Roberto Salmeron: um dos primeiros staff CERN (1955)
- Entrada formal de equipas em 1988 em DELPHI, hardware R&D (CBPF, UFRJ)
- Membros fundadores de: LHCb (1989, UFRJ), ATLAS (1994, UFRJ), Programa de Antimatéria (1997, UFRJ). Aderiram a CMS (1999 UNESP, 1999 UFABC) e ALICE (2006, UNICAMP, USP)
- Participação crescente: ATLAS (1995 USP, 2003 UFJF, 2020 UFRN, 2021 UERJ, 2023 UFBA), ALICE (2014 UFRGS), CMS (2002 UERJ, 2003 CBPF), LHCb (2001 CBPF, 2009 PUC)
- Comunidade vibrante: **~250** investigadores, estudantes, técnicos. Primeiros estudantes são agora uma nova geração de leaders no Brasil e mais além
- Contribuição importante para **Hardware** (calorímetros, sensores de silício, detetores gasosos, cavidades criogénicas, eletrónica); **Software** (trigger, firmware, AI, centros de dados e redes, bases de dados no CERN com start-ups); **Física** (quase todas em LHC, espectroscopia de antimatéria)
- Planos ambiciosos para as **melhorias** de ALICE, ATLAS, CMS, LHCb: sensores de radiação semicondutores e eletrónica, detetores gasosos, algoritmos AI
- Impacto na sociedade: ventilador de baixo custo para a **resposta à COVID-19**



O caminho do Brasil para Estado Membro Associado do CERN



- Conversações começaram em 2009, candidatura formal em 2012, processo pausado em 2013, recomeçado em 2019
- Conselho do CERN aprovou a Associação do Brasil em Setembro 2021, Acordo assinado em Março 2022.
- Prazo de um ano para a retificação pelo Congresso excepcionalmente estendido até Março 2024

Associação irá consolidar e alargar a cooperação científica e tecnológica, abrir oportunidades para a contratação de funcionários de nacionalidade brasileira, e permitir a candidatura de empresas Brasileiras a fornecimentos para o CERN



Há muitas questões por responder
em Física Fundamental

CERN continuará a desempenhar um
papel chave na viagem de exploração
do infinitamente pequeno