

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



# A Instrumentação Científica no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Marcelo Portes de Albuquerque

Coordenador de Desenvolvimento Tecnológico e do NIT-Rio

15 de abril de 2024



CONFERÊNCIA LIVRE – EIXO ESTRUTURANTE III DA ENCTI

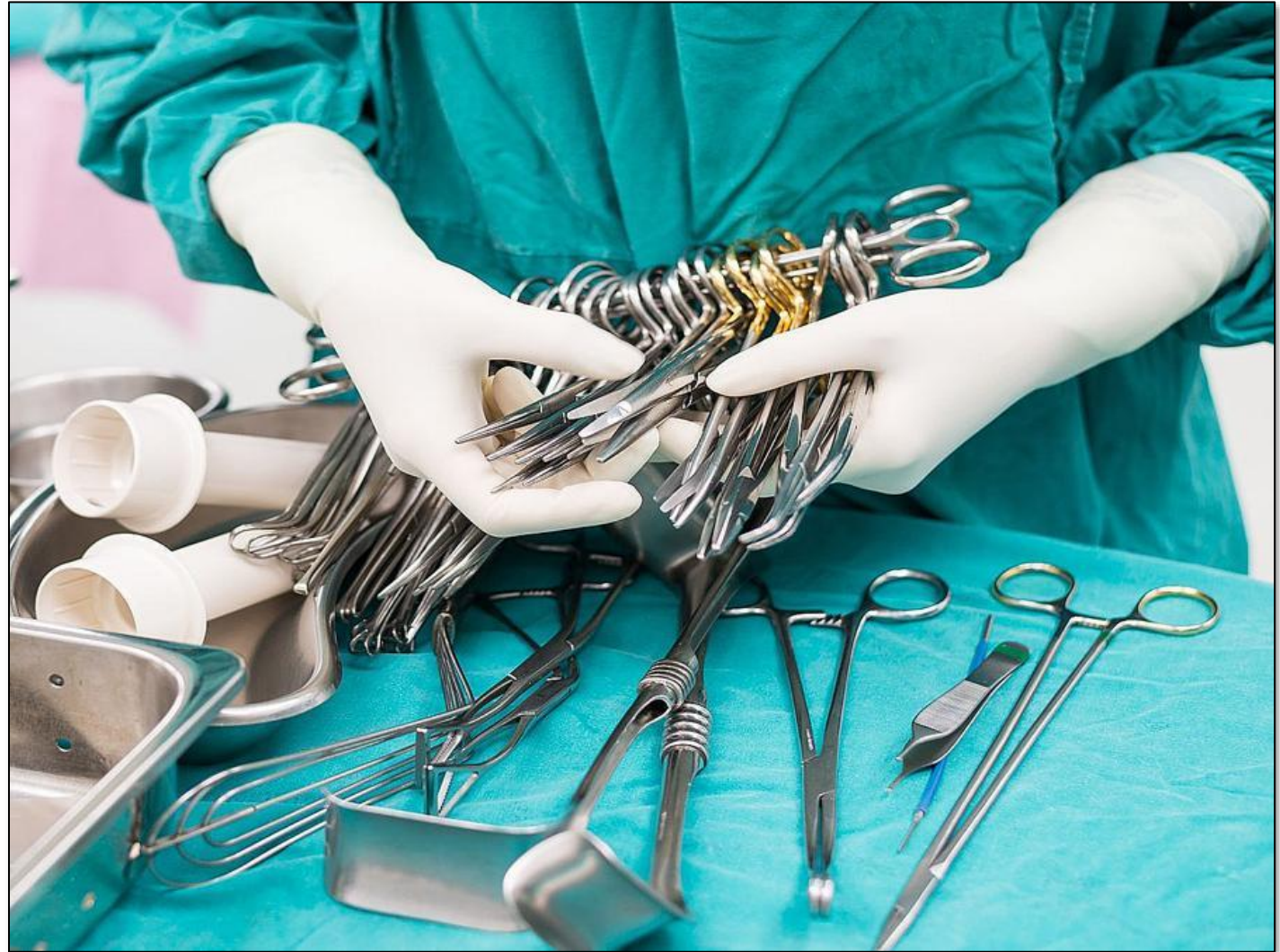
Política Nacional de Instrumentação Científica  
para uma Ciência e Tecnologia Inovadoras



PARA UM BRASIL JUSTO,

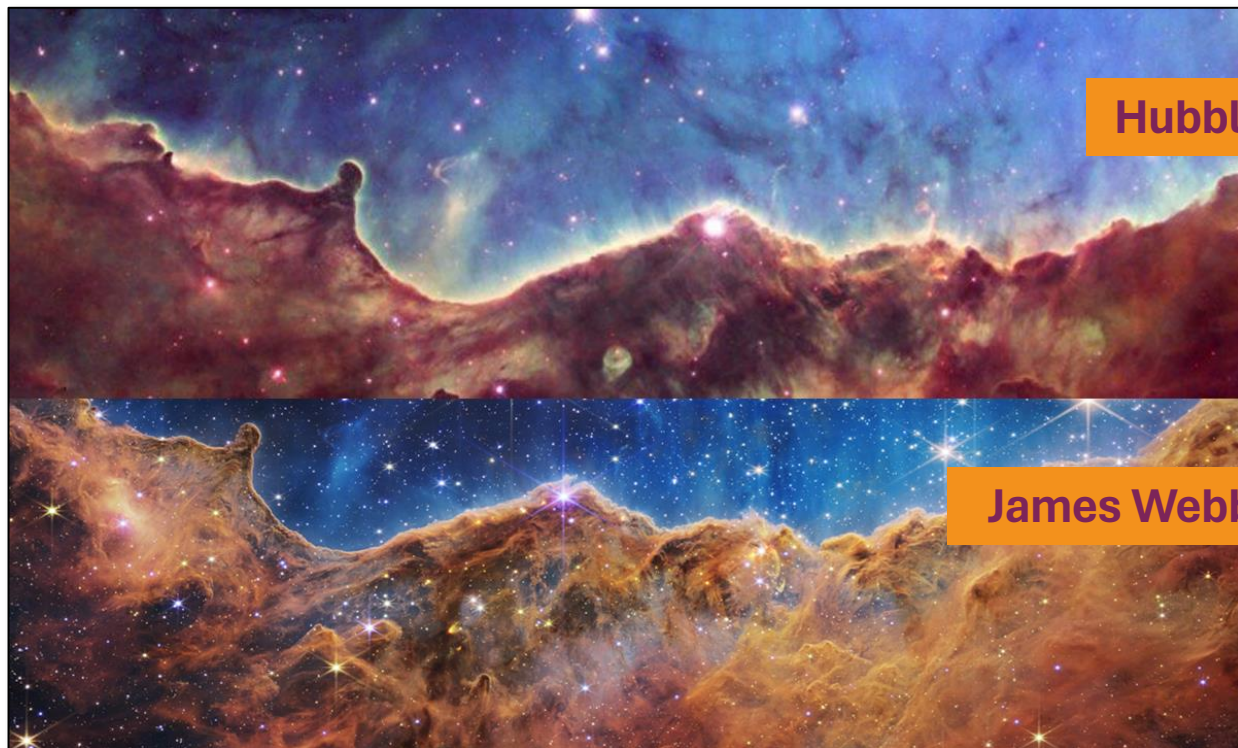
SUSTENTÁVEL E DESENVOLVIDO

*Quando você ouve falar em instrumentação...*



*Problema Científico*

*Desenvolvimento de tecnologia aplicada*

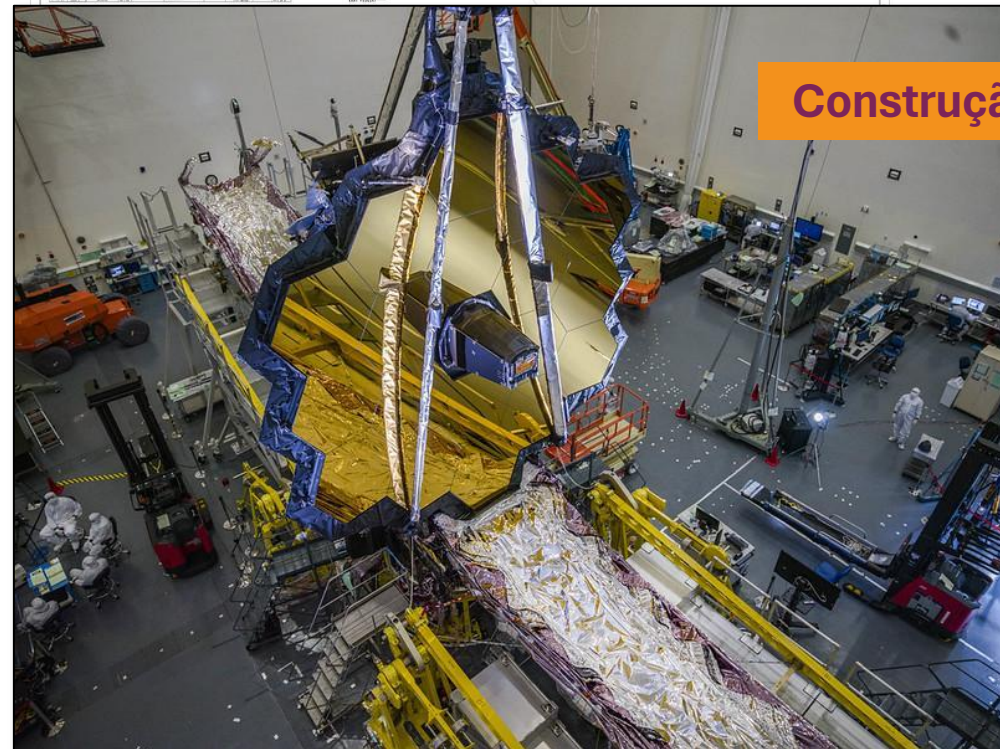
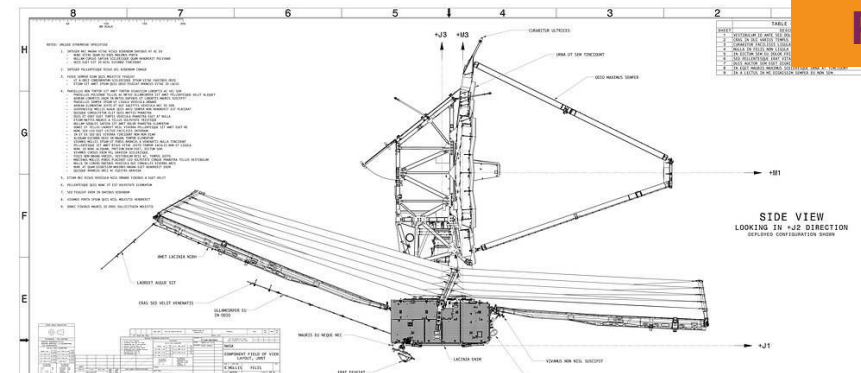


Hubble

James Webb

<https://gizmodo.uol.com.br/como-o-telescopio-james-webb-se-diferencia-do-hubble-compare-as-fotos/>

Projeto



Construção

<https://www.flickr.com/photos/nasawebbtelescope/50120691277/in/album-72157629134274763/>



<https://www.flickr.com/photos/nasawebbtelescope/>

*“O Webb tem como objetivo detectar as primeiras estrelas e galáxias que nasceram no universo primitivo, uma região do cosmos que ainda não vimos”*

Dr. John Mather - Astrofísico da NASA

<https://nasa.tumblr.com/post/188255934649/the-science-goals-of-the-james-webb-space>

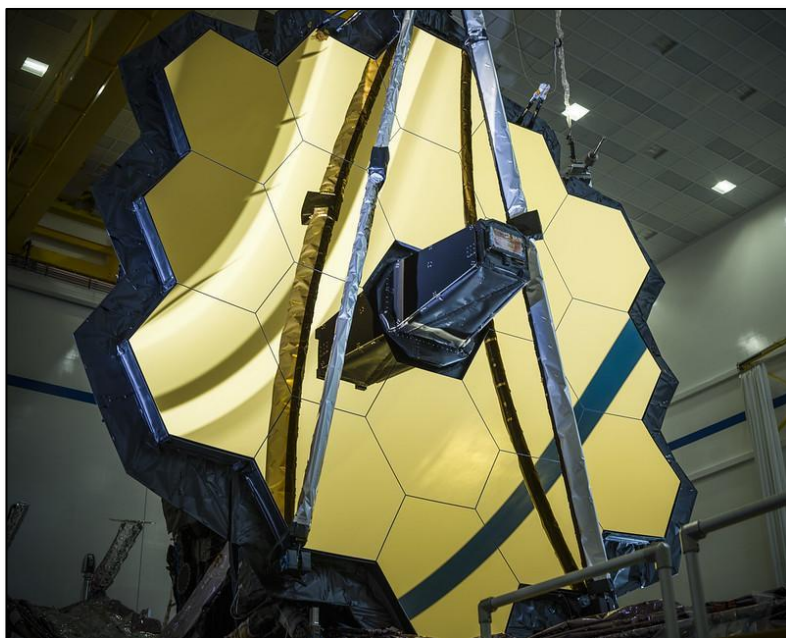
**Rever ou consolidar teorias** como a expansão do universo, matéria e energia escuras, investigar a composição de galáxias e outros objetos astronômicos



**Quantidade massiva de dados**

A pesquisa científica requer investimentos em equipamentos específicos para aumentar a capacidade de observar e medir fenômenos naturais.

Avançar a fronteira do conhecimento científico através da expansão da capacidade de observação ou experimentação.



<https://jwst-docs.stsci.edu/>

*Mid-Infrared Instrument (MIRI)*

*Near Infrared Camera (NIRCam)*

*Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph (NIRISS)*

*Near Infrared Spectrograph (NIRSpec)*

## Instrumentação Científica

*Desenvolver instrumentos ou processos técnicos com base científica.*

*Criar avançadas técnicas versáteis para observar ou medir fenômenos que anteriormente não eram observáveis ou mensuráveis*

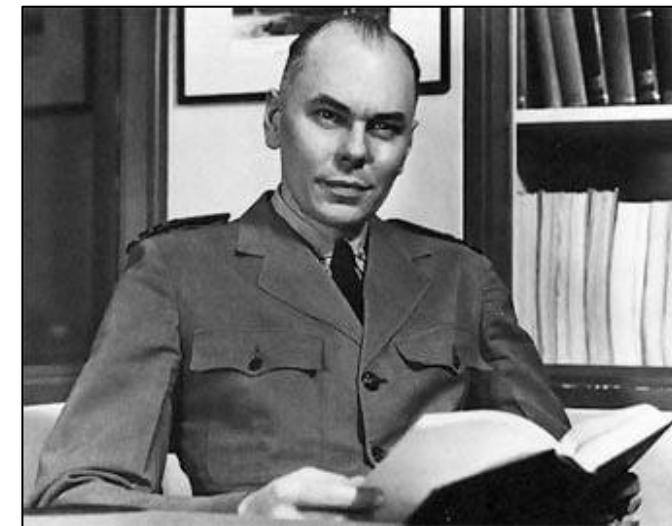
**Instrumentação Científica → aplicação na própria ciência ou em necessidades das empresas.**

The **Mark I**, formerly called Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC)



fully built in  
electromechanical  
components

**1943-1944**



**Howard Aiken**

Doutor em Física  
Universidade de Harvard

Projetado em 1937 por um estudante de graduação de Harvard para resolver problemas avançados de física.

A IBM forneceu engenheiros, peças e financiamento para o projeto. O computador foi desenvolvido como uma parceria entre a academia e a indústria, e não como um produto comercial da IBM.

## Fenômeno físico da RMN

- **1930** – I. I. Rabi desenvolveu um método para a medição das propriedades magnéticas dos núcleos atômicos
- **1946** – Bloch e Purcell → Artigos da Physics Review
- **1977** – Primeira Imagem por RMN em um ser humano.



**1949 – Varian F6:** primeiro medidor de fluxo nuclear comercializado empregando os princípios da RMN.

## Ganhadores do Prêmio Nobel (NMR)

1. Otto Stern, USA: Nobel Prize in Physics 1943
2. Isidor I. Rabi, USA: Nobel Prize in Physics 1944
3. F. Bloch and E. M. Purcell, USA: Nobel Prize in Physics 1952
4. Richard R. Ernst, Switzerland: Nobel Prize in Chemistry 1991
5. Kurt Wüthrich, Switzerland: Nobel Prize in Chemistry 2002
6. P. C. Lauterbur, USA; P. Mansfield, UK: Nobel Prize in Physiology or Medicine 2003



**Atualmente:** qualidade excepcional da imagem; maior velocidade de aquisição; facilidade e proteção do paciente.



**1937**



1937 ABC (Atanasoff Berry Computer), primeiro computador elétrico

**1947**

**Invenção do transistor**

**1971**



Aparece o primeiro microprocessador, o 4004 da Intel, com 2000 transistores.

**1982**



Processador Intel 286, com 139.000 transistores

**1999**



O triplo de transistores, com o Processador Intel Pentium III

**2006**



Processador Intel Core™2 Duo, fabricado em 65nm

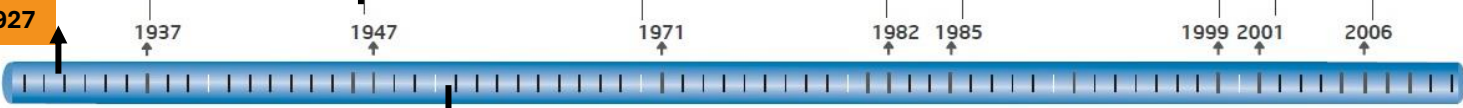
**1985**



Surgimento do Intel 386, o primeiro que permitiu a execução de múltiplas tarefas.

**2001**

Primeiros processadores de 90nm fabricados com Silício



**1946**



ENIAC (Electronic Numerical Integrator Computer), primeiro sem processos analógicos

**(\*) 1956**

**1981**



Lançamento do processador 8088 da Intel, o primeiro com 16 bits.

**1991**



Lançamento do Processador Intel Pentium com 3 milhões de transistores

**2005**




Primeiro processador multicore do mercado: o Intel Pentium D

**2007**



Lançamento do Intel Core™2 Quad, primeiro processador com quatro núcleos

**2008**

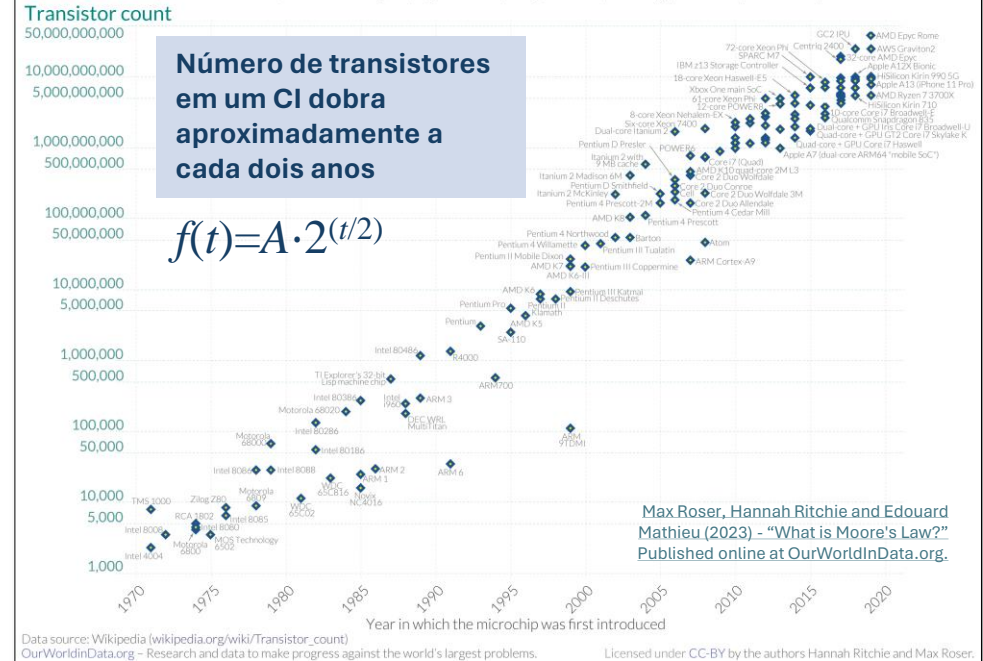


A era dos 45nm

# Semicondutores

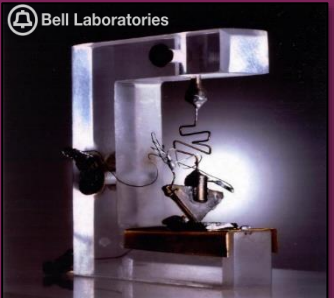
Moore's Law: The number of transistors on microchips has doubled every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Our World in Data



**2024 - Era 5nm... 3nm... 2nm / 50 bilhões de transistores**

## (\*) 1956 - Invenção do Transistor



**Foto:** John Bardeen, William Shockley e Walter Brattain, os inventores do transistor. Prêmio Nobel Física 1956

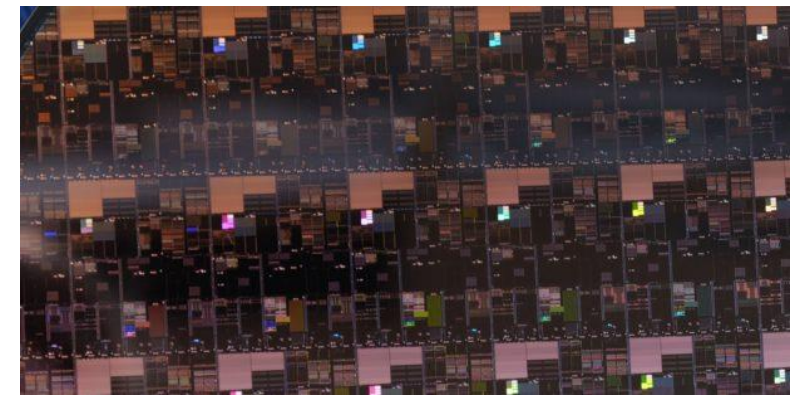


Foto: Wafer de chips de 2 nanômetros (imagem: divulgação/IBM)





**Benefícios da aplicação da P&D**

**Distintos da origem da atividade científica**

## 2007 – Capes Física para um Brasil Competitivo

Estudo encomendado pela Capes visando maior inclusão da física na vida do País

*“A capacidade de gerar sua própria instrumentação é um elemento essencial para que uma comunidade científica gere sua própria agenda e não emule simplesmente as agendas externas.*

*É o que define a maturidade científica de uma comunidade. No Brasil ainda temos muito a avançar no desenvolvimento de instrumentação.*

*São os desafios científicos o que mobiliza a instrumentação científica, e sua realização exige quadros bem treinados, com laboratórios e oficinas apropriadas e diversidade de formação.”*

[http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos\\_diversos/publicacoes/FisicaCapes.pdf](http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaCapes.pdf)

## 2012 – SBF Física e o Desenvolvimento Nacional

Instrumentação científica e laboratórios multiusuários identificados como os principais gargalos, para aumentar as interações com o setor industrial e de negócios.

<b>Instrumentação Científica</b>	<b>24%</b>
<b>Registros de patentes</b>	<b>16%</b>
Programa espacial	9%
<b>Laboratórios Multiusuários</b>	<b>25%</b>
<b>Computação Larga escala</b>	<b>15%</b>
Programa nuclear	8%
Outros	4%

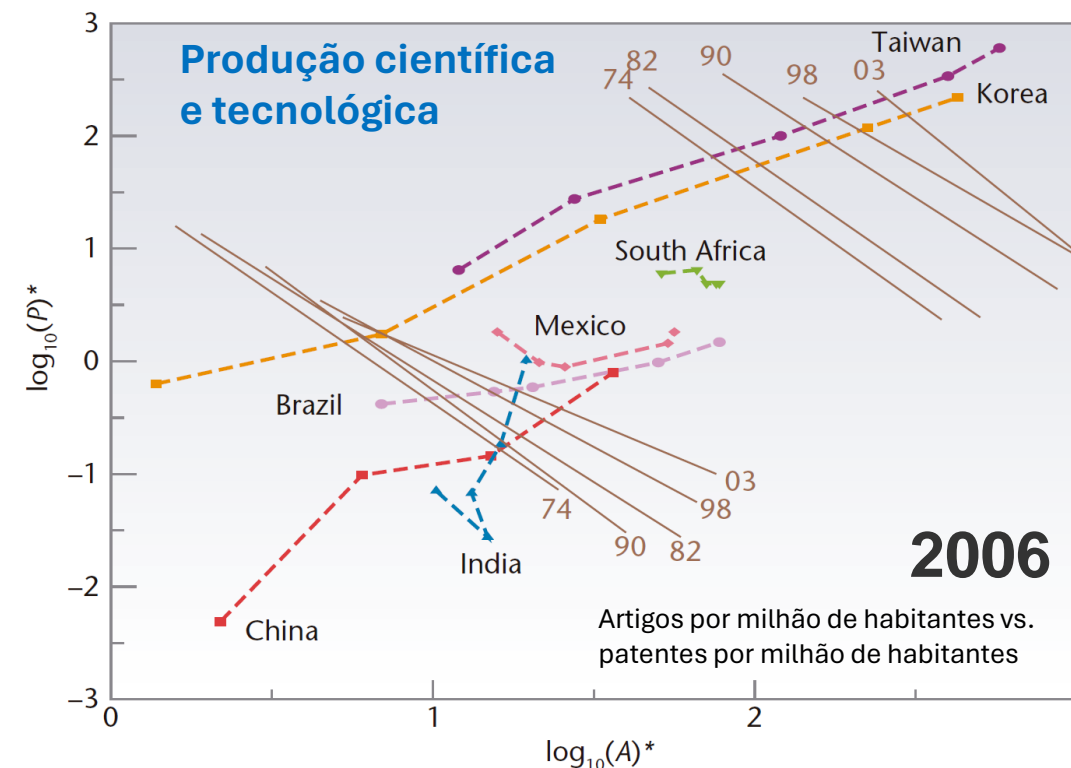
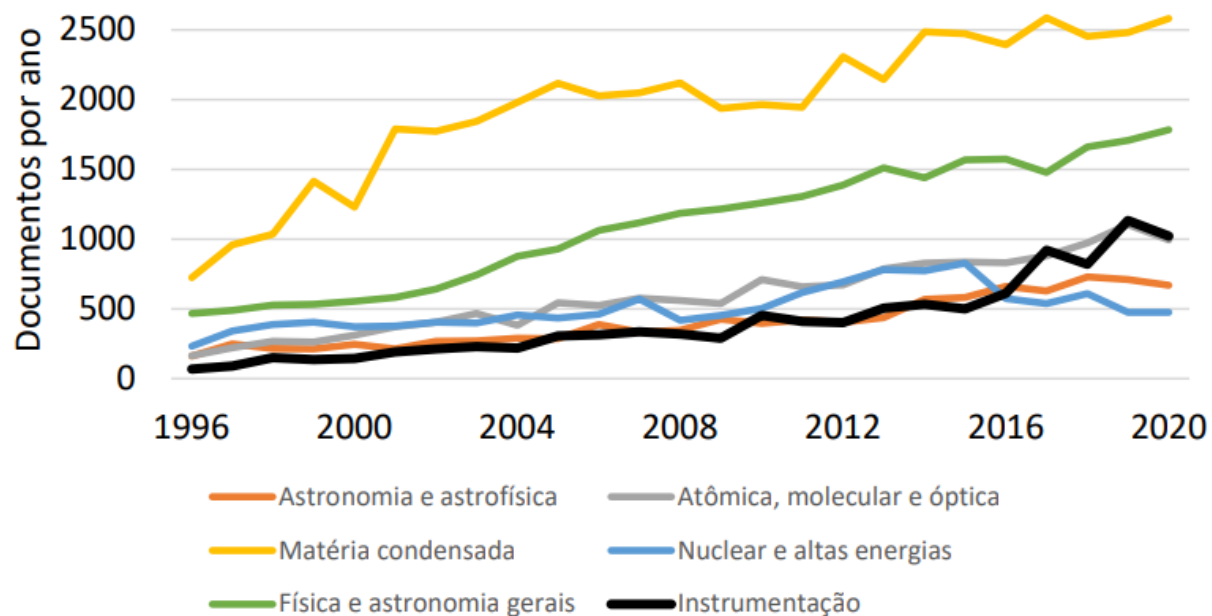


[https://sbfisica.org.br/v1/sbf/wp-content/uploads/2022/08/Relatorio\\_SBF.pdf](https://sbfisica.org.br/v1/sbf/wp-content/uploads/2022/08/Relatorio_SBF.pdf)

## 2020 – SBF mostra os “Números da Física no Brasil”

“*Observa-se o notável avanço de instrumentação nos últimos anos, mudando o perfil de pesquisa dos últimos dois anos consideravelmente, considerando um aumento bem mais lento nas outras subáreas.*”

Produção científica Brasil por subárea (classificação Scopus)

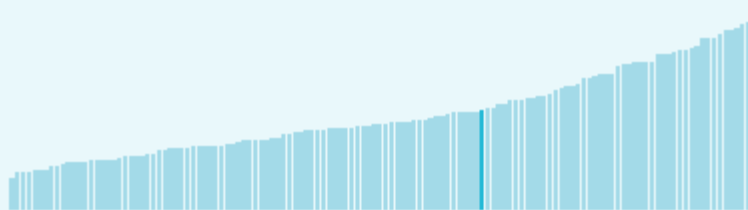




## Classificação do Brasil no Índice Global de Inovação 2023

Índice Global de Inovação **classifica as economias mundiais de acordo com suas capacidades de inovação.**

> O Brasil ocupa a 49ª posição entre as 132 economias presentes no GII 2023.



### Classificação do Brasil no GII (2020-2023)

O intervalo de confiança estatístico para a classificação do Brasil no GII 2023 está entre as posições 48 e 53.

	GII Position
2020	62nd
2021	57th
2022	54th
2023	49th

### Melhores classificações

O Brasil tem as melhores classificações em:

- 39<sup>th</sup> – Sofisticação das práticas empresariais
- 46<sup>th</sup> – Criação de produtos criativos e culturais



### Piores classificações

O Brasil está em posições ruins em:

- 99<sup>th</sup> – Instituições
- 58<sup>th</sup> – Infraestrutura
- 56<sup>th</sup> – Capital Humano e Pesquisa



#### Instituições (99ª):

Diminuir a complexidade do sistema regulatório e tributário brasileiro

#### Infraestrutura (58ª):

Precisa apoiar expansão da inovação tecnológica

#### Capital Humano e Pesquisa (56ª):

Aumentar o financiamento P&D (público e privado)  
Melhorar o acesso à educação superior e técnica  
Fortalecer a pesquisa científica e tecnológica no país



Instrumentação para Aceleradores Lineares



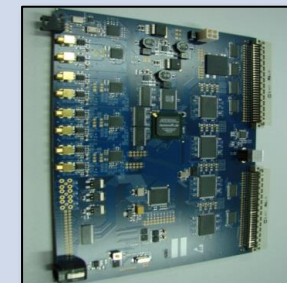
Instrumentação Eletrônica Rápida e de Potência



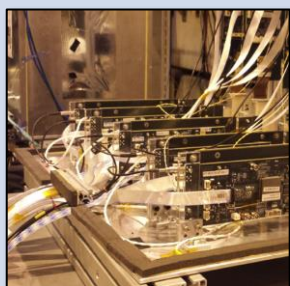
1980 – Sistema de aquisição de dados e controle de experimentos



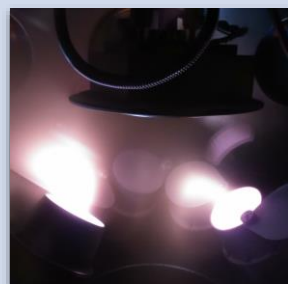
2000 - Magnetron sputtering



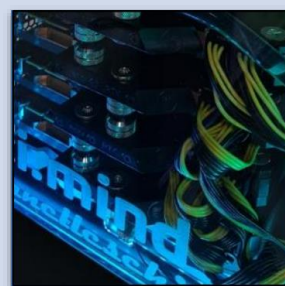
2012– Instrumentação para Neutrinos



2016 - Sensores SiPM (LHCb)



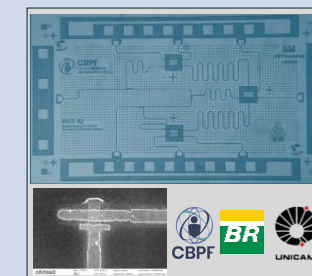
2018 – Magnetron Sputtering Confocal



2019 – HPC multiGPUs para IA



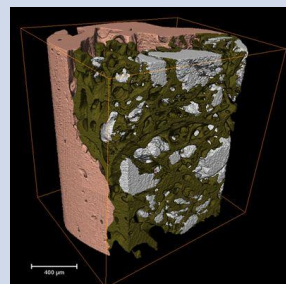
2020 – Instrumentação para Sistema de Detecção no CERN



2021 – Chip Quântico



2022 – SWGO - Produto para segmento Agrícola



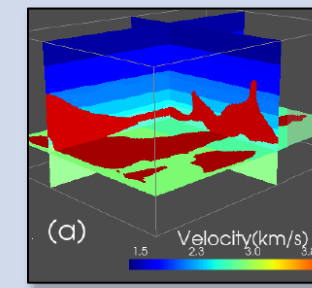
Rede Nano Saúde Regeneração de tecido ósseo



2024 – Permeâmetro Digital CBPF, EMBRAPA e Falker



2024 - IA para Astrofísica Blazar Identification



2024 - 3D salt segmentation IA para o Pré-Sal



# Mestrado Profissional em Instrumentação Científica



## Projetos para o CBPF, ICTs e empresas:

- Construção de equipamentos, software, protótipos etc;
- Automação de experimentos e processos;
- Ferramentas de medidas (elétrica, térmica, magnética etc.)

O desenvolvimento de processos de alta tecnologia e novos instrumentos podem fazer a indústria se tornar mais competitiva

**CAPES confirma excelência do CBPF na pós-graduação**

**O Programa Profissional nota máxima 5**



79 dissertações defendidas no período de 2002 a 2024.

Média de 92 publicações por ano no período de 2017 a 2020.

19 Docentes

Egressos 2011 / 2024

Categorias	%
Academia	25,9%
Setor Privado	37,0%
Setor Público	20,4%
Outros	11,1%
Temporárias	5,6%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>

R\$ 82.6 mi de captação de recursos (5 anos) ANP / FNDCT / Empresas



FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA

## Oficina de Instrumentação e Inovação (O2I)

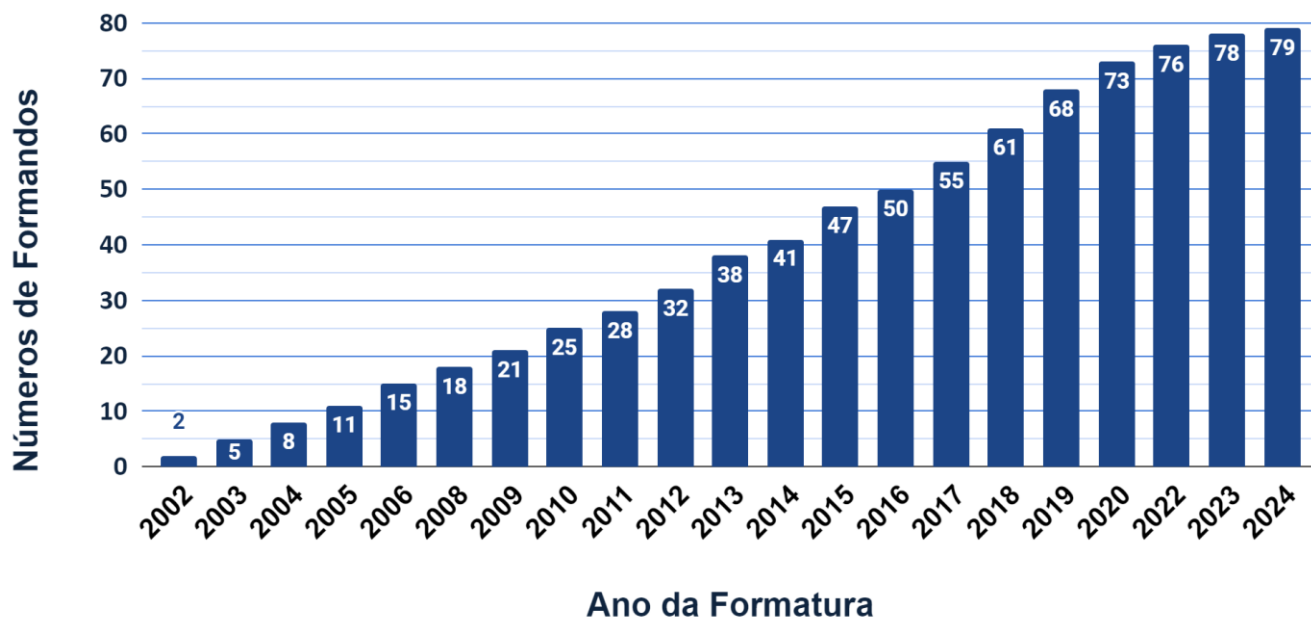


## Escola Avançada de Física Experimental



**Teses refletem as contribuições em física e instrumentação científica**  
**Interdisciplinaridade dos trabalhos**

**Acumulado Mestrado em Instrumentação Científica (2002 / 2024)**



## 1. Desenvolvimento de Instrumentação e Sistemas de Aquisição de Dados

- Construção de espectrômetros, magnetômetros, amplificadores, e sistemas de monitoramento.
- Desenvolvimento de sistemas eletrônicos para detecção e caracterização de sinais.
- Sistemas de aquisição de dados para física experimental, como detecção de radiação e monitoramento de experimentos.

## 2. Caracterização de Materiais e Nanoestruturas

- Caracterização de filmes finos nanoestruturados e magnéticos.
- Análise de propriedades supercondutoras e magnetorresistivas de materiais.
- Estudos sobre recobrimentos nanoestruturados e sensores baseados em dispositivos semicondutores.

## 3. Visão Computacional e Inteligência Artificial

- Técnicas de entropia em processamento de imagens.
- Aplicação de técnicas de processamento digital em detecção de MARFES no JET e outras aplicações de imagens médicas e industriais.
- Simulação e análise de imagens para detecção de características específicas em diferentes contextos, como perfis de poços petrolíferos.

## 4. Tecnologias para Monitoramento e Controle

- Desenvolvimento de sistemas de monitoramento baseados em IoT e protocolos de rede.
- Automação e controle de sistemas industriais e experimentais.
- Desenvolvimento de sistemas SCADA e de controle automático para aplicações diversas.

## 5. Aplicações na Física Experimental e Teórica

- Estudos sobre fluorescência de raios cósmicos, experimentos de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), e detecção de raios cósmicos.
- Contribuições para física de altas energias, incluindo testes e desenvolvimento de componentes para grandes colisores e detecção de partículas.
- Desenvolvimento e aplicação de modelos teóricos para análise de dados experimentais, como algoritmos para análise de densidade e temperatura eletrônica em plasmas.



Promove e acompanha o relacionamento do CBPF com o setor produtivo



nit rio

Núcleo de Inovação Tecnológica das Unidades de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Coordenação  
Geral  
(sede CBPF)

<http://www.nitrio.org.br>

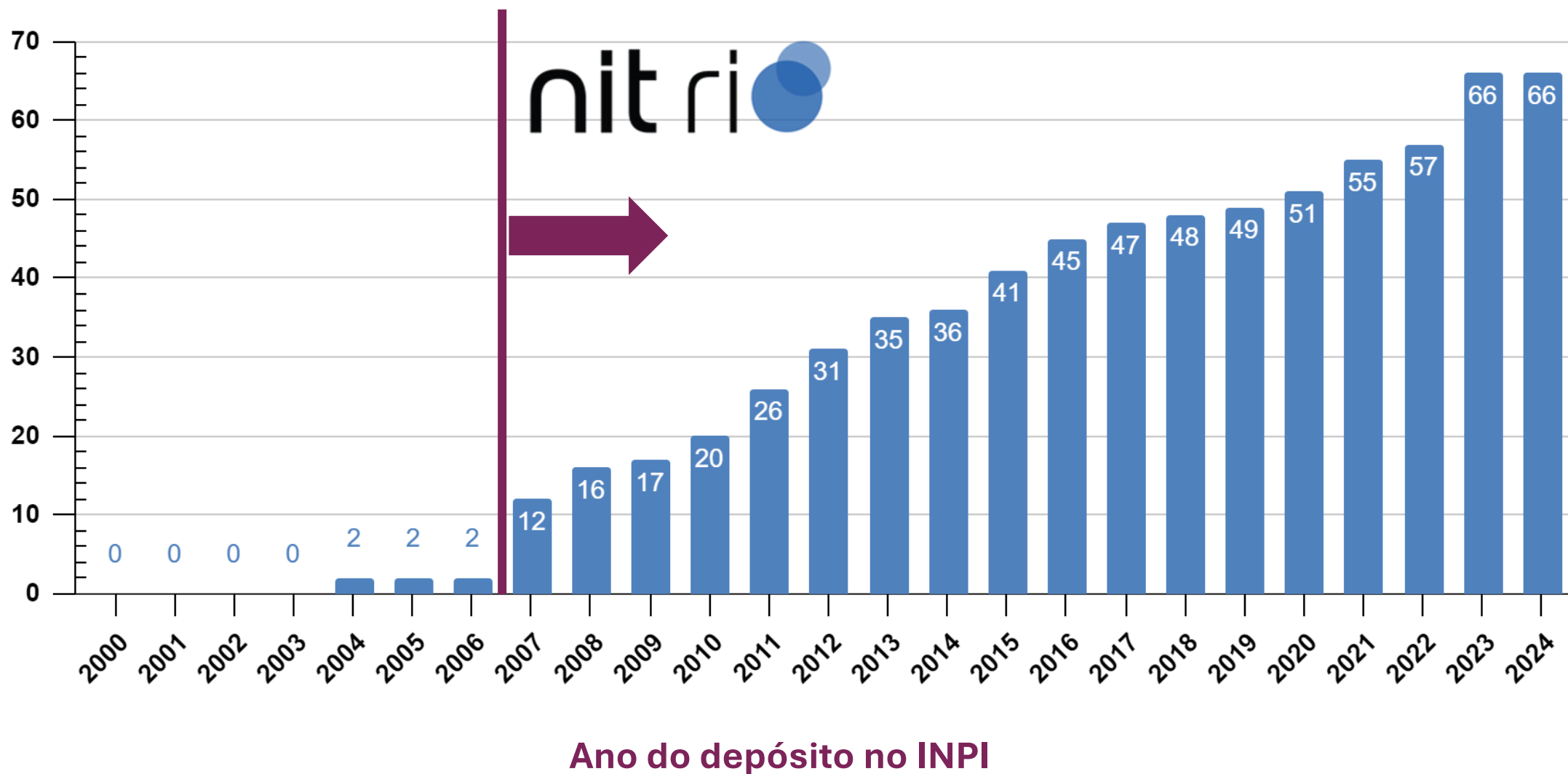
Propriedade  
Intelectual

Mecanismos Legais  
para Inovação

Prospecção  
Tecnológica

Empreendedorismo

Número de depósitos Acumulados



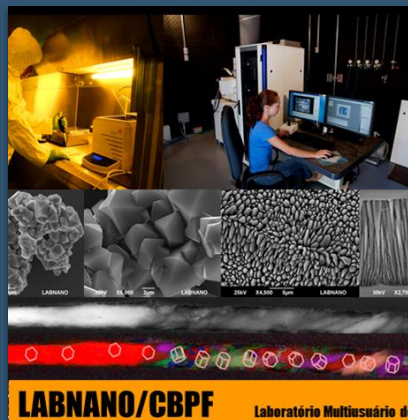
## Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa – MCTI



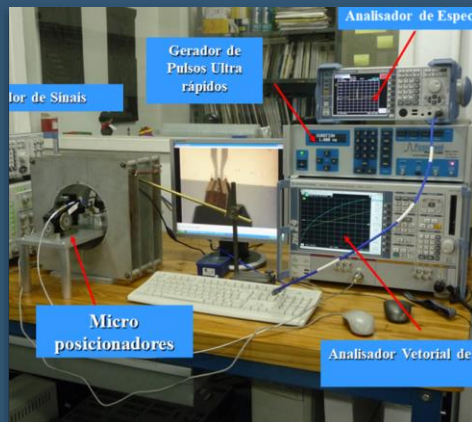
Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa MCTI

A PNIFE é uma ferramenta para catalogar e disponibilizar informações sobre recursos de pesquisa no Brasil, promovendo a colaboração e o uso compartilhado de laboratórios e equipamentos.

### CBPF – 30 Laboratórios Cadastrados na PNIFE



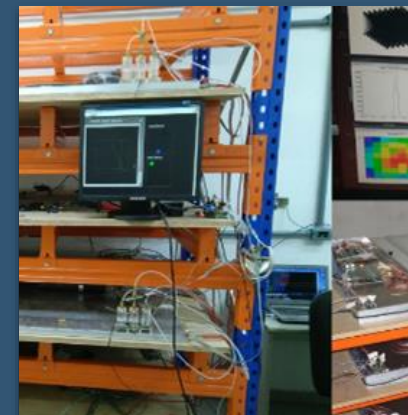
**LABNANO**  
Laboratório Multiusuário de  
Nanociências e  
Nanotecnologia



**LMAG**  
Laboratório de Magnetismo  
Aplicado



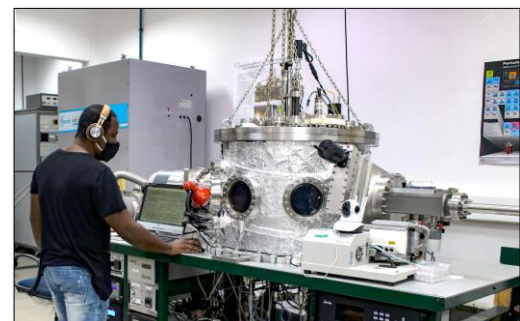
**LITCOMP-IA**  
Laboratório de Computação e  
Inteligência Artificial



**LCD**  
Laboratório de Caracterização de  
Detetores



**RMN**  
Ressonância Magnética



## 1. Materiais e Nanotecnologia

- **LCMA** (Caracterização de Materiais Avançados)
- **LABMOSS** (Espectroscopia Mössbauer)
- **LMAG, LABMAG, L3M** (Magnetismo e Materiais Magnéticos)
- **LS, LabSurf, LPMA, LSM** (Supercondutividade, Superfícies e Nanoestruturas; Produção de Materiais)
- **LABNANO, Lab-X** (Nanociências e Nanotecnologia; Raios-X)

Realizam pesquisa e **desenvolvimento de novos materiais**, incluindo estudos em nanotecnologia, magnetismo, e supercondutividade.



## 2. Física Experimental, Instrumentação e Aplicações

- **LCD, LDD** (Caracterização e Desenvolvimento de Detetores)
- **LIM, LITELT, LITMEC, LSD** (Instrumentação e Medidas; Tecnologia Eletrônica e Mecânica; Sistemas de Detecção)
- **CRIMUMULT** (Criogenia)
- **LaPa** (Lasers, Fotônica e Plasma Aplicados)
- **LabEPR** (Ressonância Paramagnética Eletrônica)
- **RMN** (Ressonância Magnética)

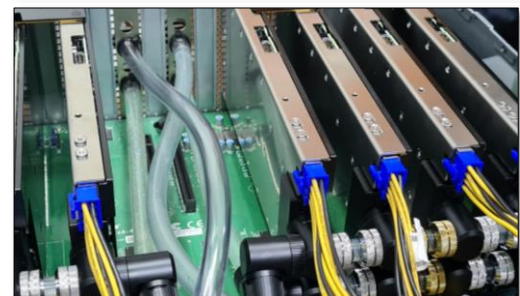
Desenvolvimento tecnológico e inovação em **física experimental, instrumentação** mecânica, eletrônica, sistemas de medidas, e **aplicações específicas como criogenia, fotônica**, plasma, e técnicas de ressonância.



## 3. Física de Altas Energias e Partículas

- **LabHEP** (Física de Partículas de Altas Energias)
- **LabRadHEP** (Radiação para Física de Partículas de Altas Energias)

Exploram fundamentos da matéria e interações fundamentais através de **experimentos de partículas**.



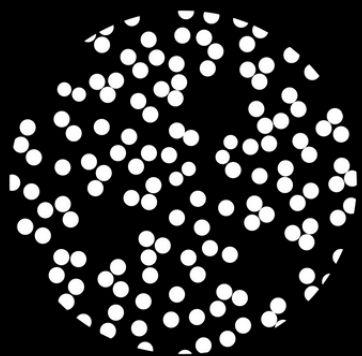
## 4. Computação Avançada, Tecnologias de Comunicação e Inteligência Artificial para Física

- **LITCOMP** (Computação, Inteligência Artificial e Redes Avançadas)
- **GRID-CBPF** (Computação de Alto Desempenho em GRID)
- **Lab3I** (Informação e Instrumentação IoT)
- **COSMO** (Cosmologia Computacional) e **COTEO** (Física Computacional)

**Modelam fenômenos complexos**, processam **grandes volumes de dados** e melhoram a colaboração. Atuam otimização de experimentos e na **descoberta de padrões em dados**.

- NMR/Computação Quântica para Petrofísica
- Inteligência Artificial e Deep Learning para Petrofísica e Geofísica
- Nanotecnologia para a indústria de O&G
- Novos materiais e técnicas para implantes médicos
- Ressonância magnética em micro e nanoescala
- Novos Materiais, Nanotecnologia e Dispositivos Magnéticos
- Estrutura Mecânica do Array de Telescópios Cherenkov
- Física de Superfície para Mineração
- Tanques com Isolamento Térmico (SWG0)
- Permeâmetro Digital





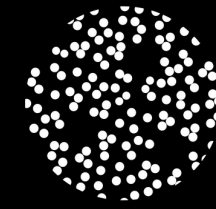
rede  
**NANO**  
**SAÚDE**

# Relatório sobre Instrumentação Científica

2024



# Composição



rede  
**NANO**  
SAÚDE

## 12 Materiais

Lab. Catálise para Polimerização, Recic. e Pol. Biodeg. – IMA/UFRJ

Lab. de Biopolímeros e Bioengenharia – COPPE/UFRJ

Lab. de Biologia Celular e Magnetotaxia -UFRJ

Lab de Nanotecnologia Biofuncionais – Farmácia/UFRJ

Lab de Nanotecnologia Farmacêutica – Farmácia/UFRJ

**Lab. de Biomateriais – CBPF**

**Lab.de Materiais Magnéticos Multifuncionais – CBPF**

Lab. de Microscopia Aplicada às Ciências da Vida – INMETRO

Lab. de Química Supramolecular e Nanotecnologia – Química/UFF

Lab. de Nanorradiofármacos e Síntese de Rádiofármacos – IEN/UEZO

Setor de Elementos Inorgânicos- INCQS / FIOCRUZ

Lab. de Microscopia Eletrônica - IME

## 14 Biomédica

Lab. de Cardiologia Celular e Molecular – Biofísica/UFRJ

Neurobiologia Celular e Molecular – Biofísica/UFRJ

Lab. de Biomineralização e Bioeng. Óssea – ICB/UFRJ

Lab. de Nanoteranósticos -Farmácia/UFRJ

Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa – NUMPEX-BIO/UFRJ

Lab. de Biotecnologia Aplicada – Odontologia/UFF

Lab. de Experimentação Animal - Odontologia/UFF

Lab. de Pesq. Clínica em Odontologia - Odontologia/UFF

Lab. de Farmacologia Cel. e Molecular – Inst. de Biologia / UERJ

Lab. de Mutagênese Ambiental –Inst. de Biologia / UERJ

Lab. de Farmacologia - Farmanguinhos / FIOCRUZ

Lab. Zebrafish - INCQS / FIOCRUZ

Lab. de Bioengenharia Tecidual – INMETRO

**Lab. de Cultura Celular e Nanotoxicologia - CBPF**

Lab. de Engenharia dos Fenômenos Interfaciais - UFRJ

## 4 Hospitais

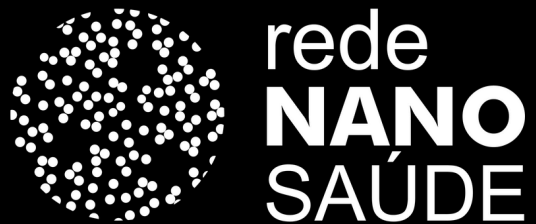
Unid. Pesquisa Clínica – Hospital Antônio Pedro -UFF

Biomedicina do Cérebro – Inst. Estadual do Cérebro Paulo Niemeyer

Oncobiologia – INCA

Unidade de Pesquisa Experimental em Ortopedia -INTO





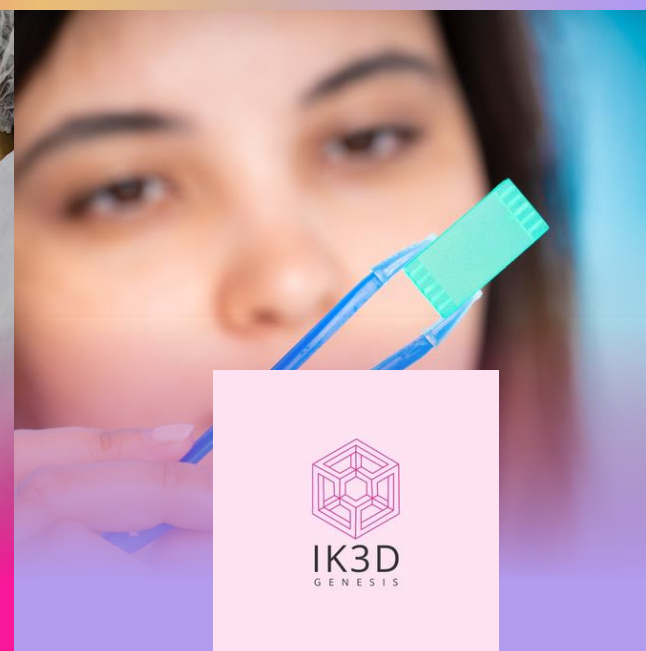
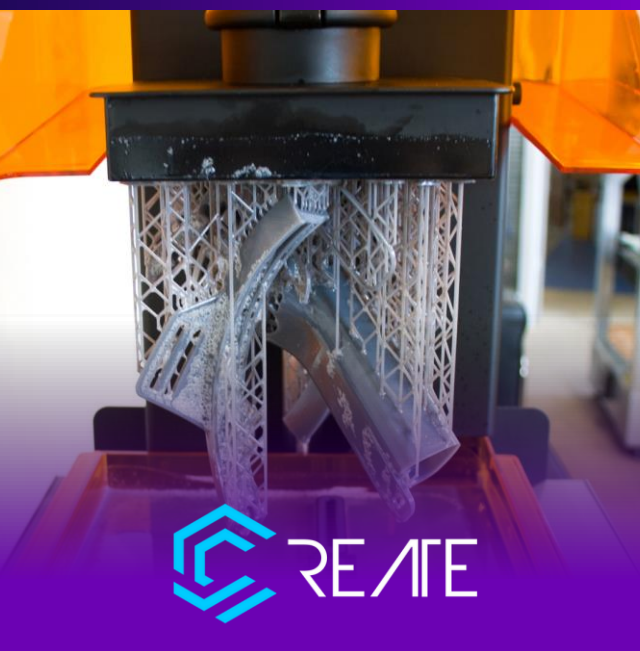
# Startups e laboratórios

As startups e laboratórios utilizam a instrumentação científica para melhorar a produção de seus materiais.

A Rede desenvolve juntamente com o CBPF os equipamentos para impulsionar pesquisas em nanotecnologia.

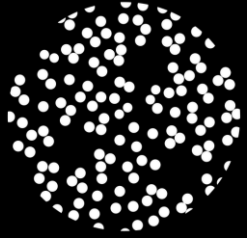
Juntos, formam um ecossistema dinâmico, onde o conhecimento se transforma em soluções práticas para desafios complexos.

Essa sinergia entre pesquisa e aplicação prática é o que define a força e o potencial da Rede NanoSaúde.





# Resultados



rede  
**NANO**  
SAÚDE

39

Produtos em  
desenvolvimento

7

Protocolos e  
Ensaio  
Biológicos

732

Artigos  
2020- 2023

80

Mestrados  
defendidos

60

Doutorados  
defendidos

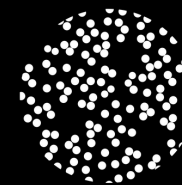
10

Startups

453

Alunos em 11  
cursos

# Avanços em Nanotecnologia para Aplicações Terapêuticas e Diagnósticas



rede  
**NANO**  
SAÚDE

## Aplicações Clínicas



Ação antitumoral

Doenças inflamatórias e infecciosas

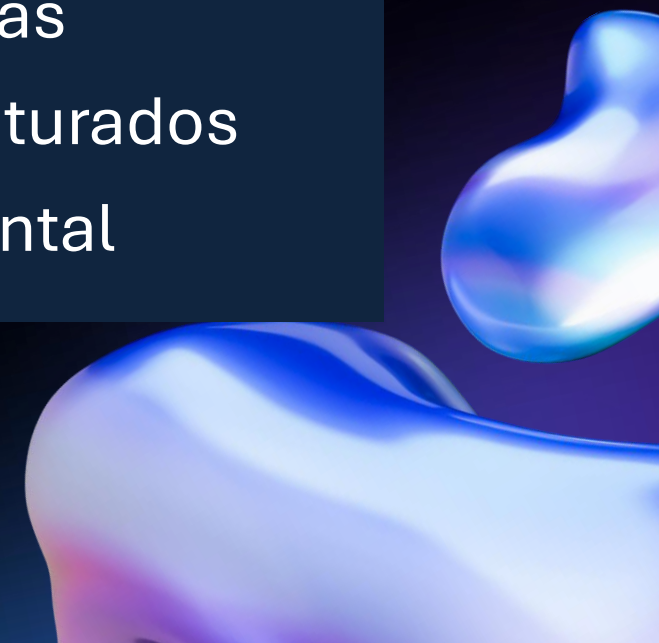
Regeneração de tecidos

Doenças virais e parasitárias

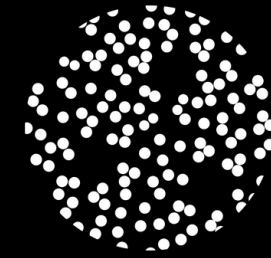
Doenças neurológicas e cardíacas

Agentes imageadores nanoestruturados

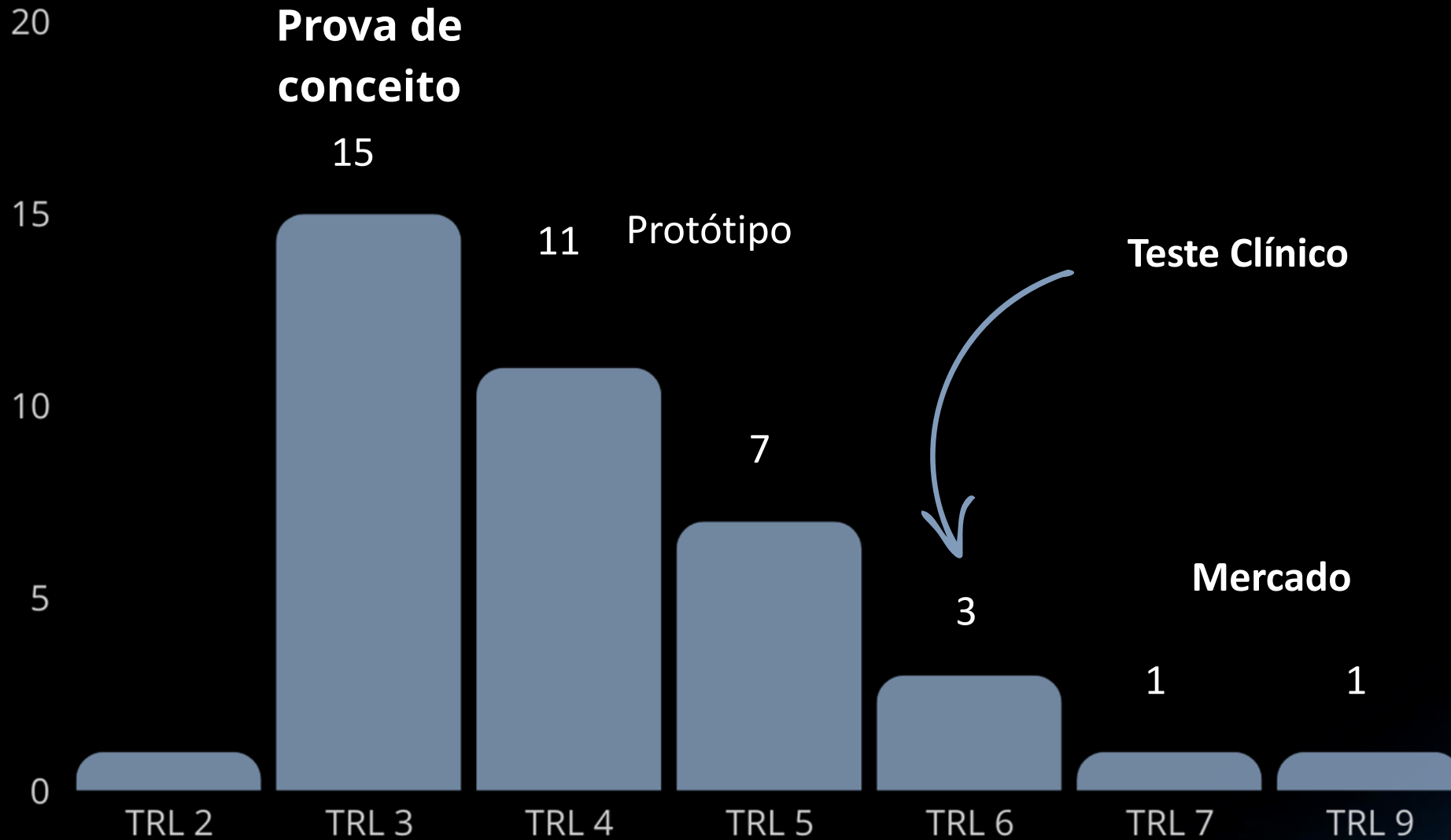
Nanossistemas na saúde ambiental



# Distribuição de TRL



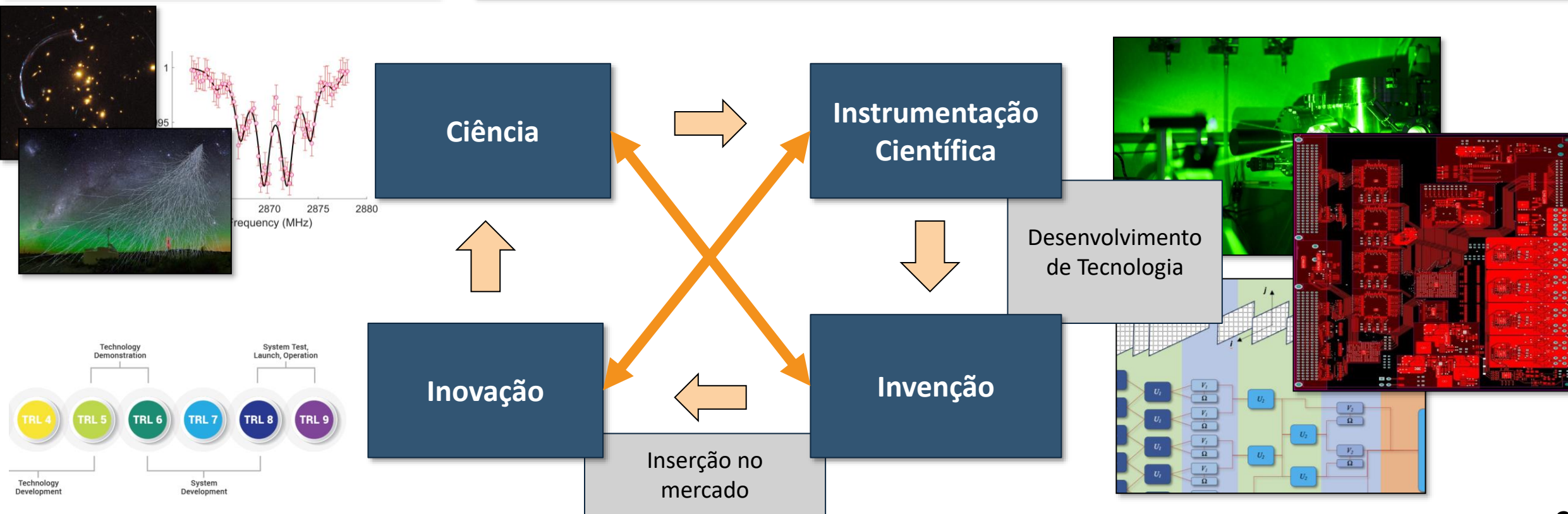
rede  
**NANO**  
SAÚDE



O CBPF tem estimulado o desenvolvimento tecnológico, a transferência de conhecimento e a parceria em pesquisas com instituições e o setor produtivo.

Para fortalecer essas atividades, o CBPF vem atuando em:

- **Mestrado Profissional em Física - Instrumentação Científica**
- **Laboratórios Multiusuários**
- **Núcleo de Inovação Tecnológica**



# Qual o interesse da

# INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO

# para o país?

## Classificação internacional das atividades econômicas

**Agrupamentos das atividades intensivas em tecnologia:**

- Alta
- Média-Alta
- Média
- Média-Baixa
- Baixa Tecnologia

**Grupos se distinguem por ter diferentes níveis de utilização de P&D em relação a produção.**

**Reflete indiretamente o desenvolvimento da indústria**

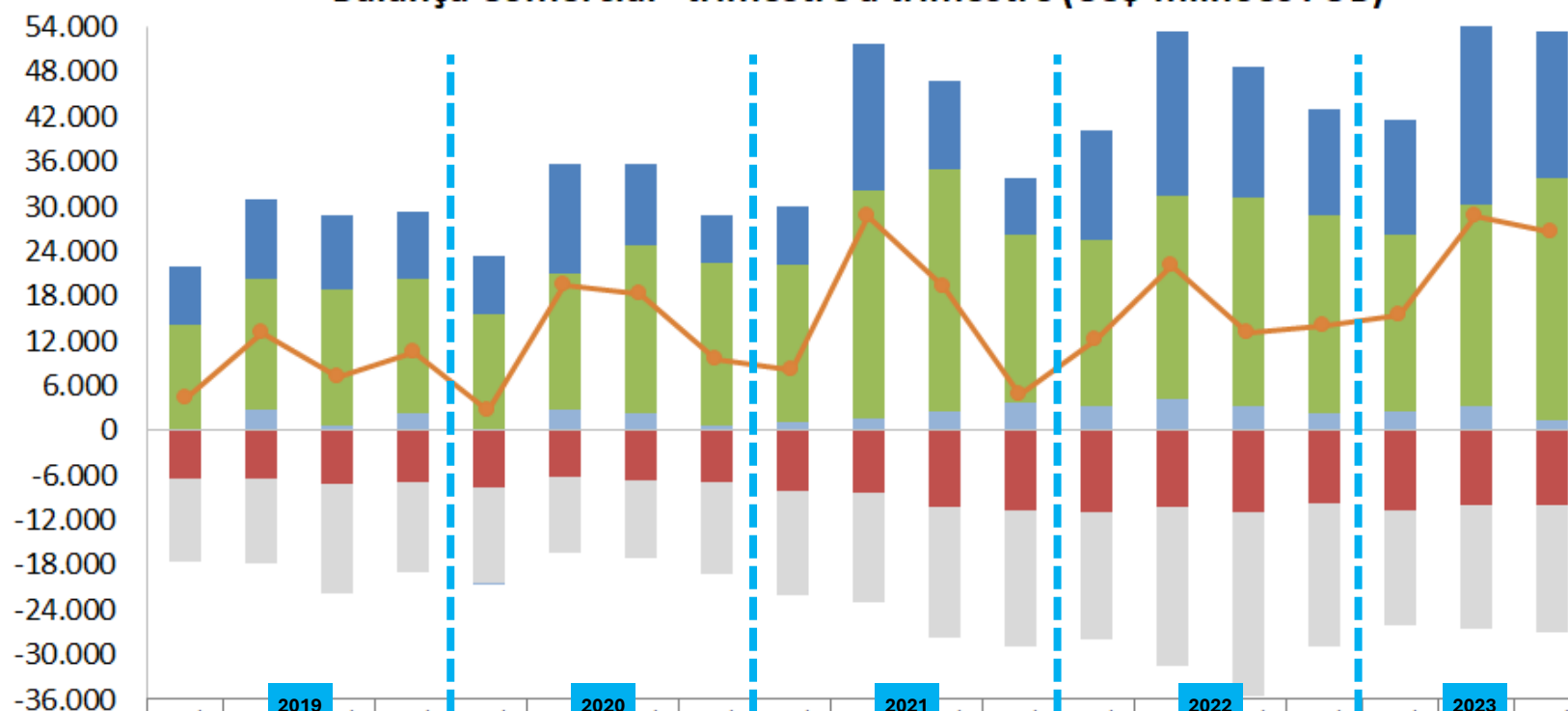
Mais tecnologia e P&D

- Maior qualificação dos trabalhadores
- Maior valor agregado na produção

Classificação em P&D	Atividade
1	Fabricação de aeronaves
2	Pesquisa e desenvolvimento científico
3	Publicação de programas de Informática
4	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
5	Fabricação de equipamentos de Informática, produtos eletrônicos e ópticos

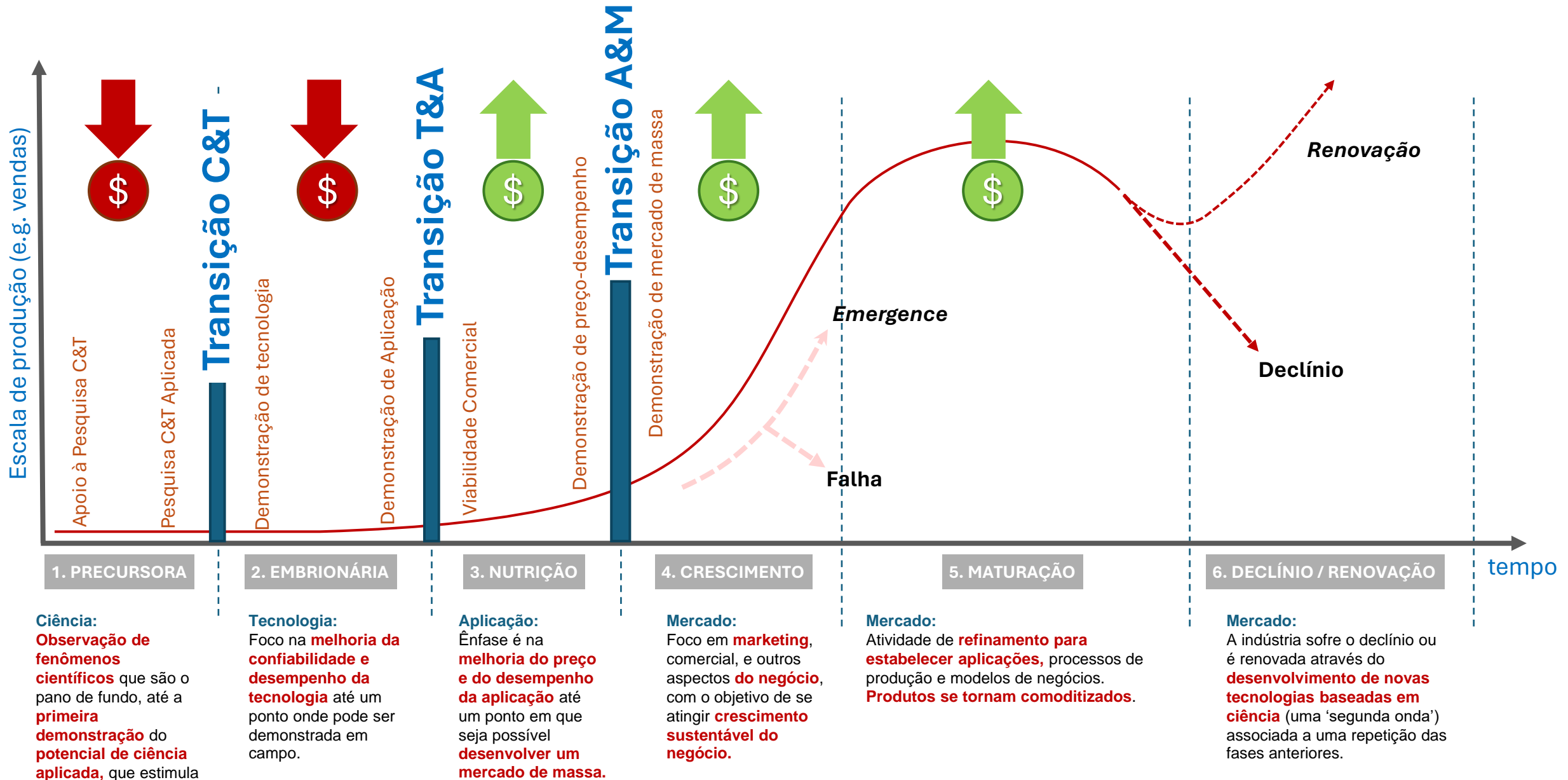
[https://www.iedi.org.br/cartas/carta\\_iedi\\_n\\_1128.html](https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1128.html)

**Brasil - Produtos por Intensidade Tecnológica das Atividades  
Balança Comercial - trimestre a trimestre (US\$ milhões FOB)**



	1T/ 2019	2T/ 2019	3T/ 2019	4T/ 2019	1T/ 2020	2T/ 2020	3T/ 2020	4T/ 2020	1T/ 2021	2T/ 2021	3T/ 2021	4T/ 2021	1T/ 2022	2T/ 2022	3T/ 2022	4T/ 2022	1T/ 2023	2T/ 2023	3T/ 2023
<b>Baixa</b>	7.730	10.663	10.070	9.091	7.680	14.726	10.706	6.466	7.987	19.621	11.951	7.530	14.690	22.094	17.354	14.030	15.529	25.094	19.684
<b>Média-Baixa</b>	14.016	17.517	18.114	17.807	15.610	18.278	22.595	21.758	20.912	30.517	32.239	22.418	22.300	27.062	27.912	26.436	23.503	27.040	32.392
<b>Média</b>	145	2.766	685	2.394	-144	2.725	2.262	573	1.164	1.587	2.642	3.782	3.145	4.305	3.342	2.411	2.578	3.152	1.433
<b>Média-Alta</b>	-11.07	-11.30	-14.56	-12.06	-12.69	-10.09	-10.50	-12.37	-13.99	-14.57	-17.44	-18.21	-17.18	-21.25	-24.60	-18.97	-15.37	-16.58	-16.99
<b>Alta</b>	-6.400	-6.556	-7.268	-6.869	-7.746	-6.239	-6.692	-6.903	-8.011	-8.422	-10.20	-10.69	-10.90	-10.27	-10.87	-9.876	-10.73	-9.919	-10.00
<b>Total (prods. classifs. pela CIIU)</b>	4.417	13.082	7.032	10.354	2.703	19.391	18.367	9.517	8.055	28.727	19.181	4.821	12.048	21.937	13.137	14.024	15.498	28.786	26.517

Fonte: Comex Stat. Elaboração própria com base em classificação da OCDE.



**Ciência:**  
Observação de fenômenos científicos que são o pano de fundo, até a primeira demonstração do potencial de ciência aplicada, que estimula interesse e investimento industrial.

**Tecnologia:**  
Foco na melhoria da confiabilidade e desempenho da tecnologia até um ponto onde pode ser demonstrada em campo.

**Aplicação:**  
Ênfase é na melhoria do preço e do desempenho da aplicação até um ponto em que seja possível desenvolver um mercado de massa.

**Mercado:**  
Foco em marketing, comercial, e outros aspectos do negócio, com o objetivo de se atingir crescimento sustentável do negócio.

**Mercado:**  
Atividade de refinamento para estabelecer aplicações, processos de produção e modelos de negócios. **Produtos se tornam commoditizados.**

**Mercado:**  
A indústria sofre o declínio ou é renovada através do desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em ciência (uma 'segunda onda') associada a uma repetição das fases anteriores.




*Para promover o crescimento do PIB é necessário realizar investimentos em P&D e no capital humano por meio da formação e educação, mas não "jogando dinheiro" nessas áreas.*

*Temos que agir estrategicamente, aumentando a competência e a capacidade das instituições governamentais e das instituições do setor privado.*

*Pensar estrategicamente sobre como catalisar investimentos e criar parcerias entre o setor público e o privado.*

*Mariana Mazzucato em entrevista à Globonews*

<https://www.youtube.com/watch?v=9VMVoUnoo7A&t=979s>



**Mariana Mazzucato** is Professor in the Economics of Innovation and Public Value at University College London where she is the founding director of the UCL Institute for Innovation and Public Purpose.

<https://marianamazucato.com/>



Uma análise que mostra que o Estado tem sido crucial nas revoluções tecnológicas do mundo.

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



# A Instrumentação Científica no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

**Obrigado!**

**Marcelo Portes de Albuquerque**  
Coordenador de Desenvolvimento Tecnológico e do NIT-Rio

15 de abril de 2024



CONFERÊNCIA LIVRE – EIXO ESTRUTURANTE III DA ENCTI

Política Nacional de Instrumentação Científica  
para uma Ciência e Tecnologia Inovadoras



PARA UM BRASIL JUSTO,

SUSTENTÁVEL E DESENVOLVIDO