



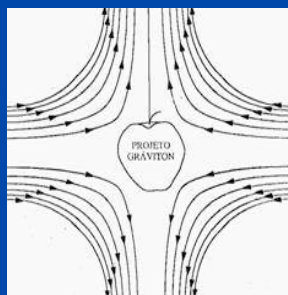
ONG / DAS / INPE

Linha de Pesquisa em

Astrofísica de Ondas Gravitacionais,

Divisão de Astrofísica,

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



GRAVITON GROUP



Odylio D. Aguiar <odylio.aguiar@inpe.br>

Grupo Gráviton

São José dos Campos, Abril de 2014



ONG/DAS/INPE (16)

Odylio D. Aguiar, José Carlos N. de Araujo,
Oswaldo Duarte Miranda;

Marcos André Okada;

César Augusto Costa,
Carlos Filipe da Silva Costa e Eduardo S. Pereira;

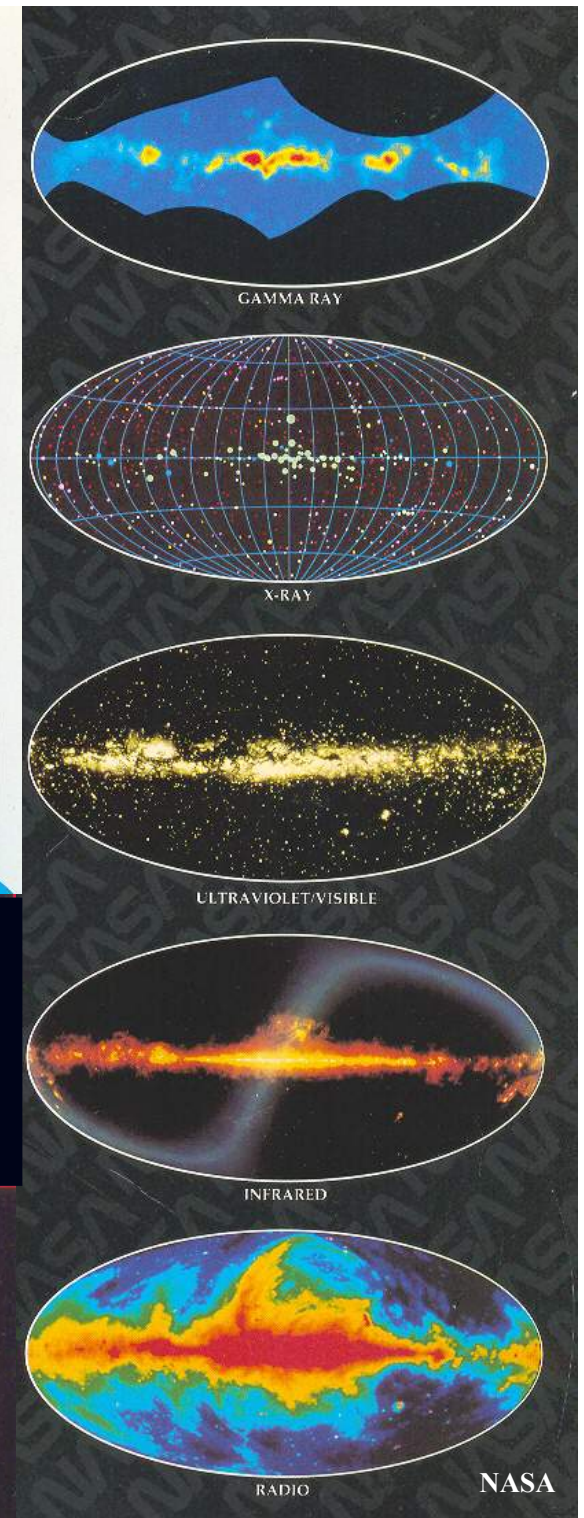
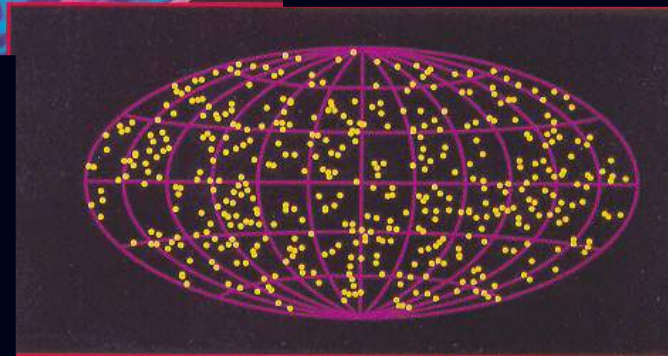
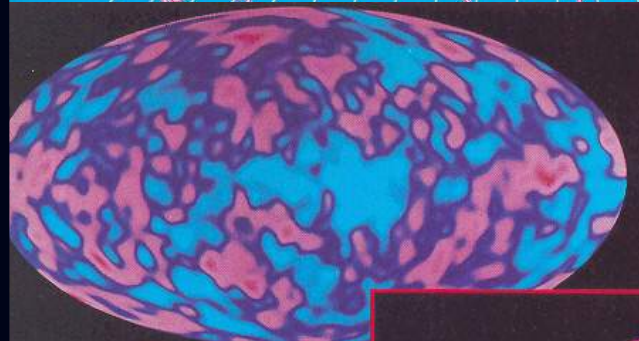
Carlos Eduardo Cedeño M., Pedro Henrique R. S. Moraes,
Márcio Constâncio Junior, Mariana Cunha Costa
Elvis Camilo Ferreira, Enrique Klai de França,
Carolina Gribel de Vasconcelos Ferreira;

Fabília de Almeida Pereira;

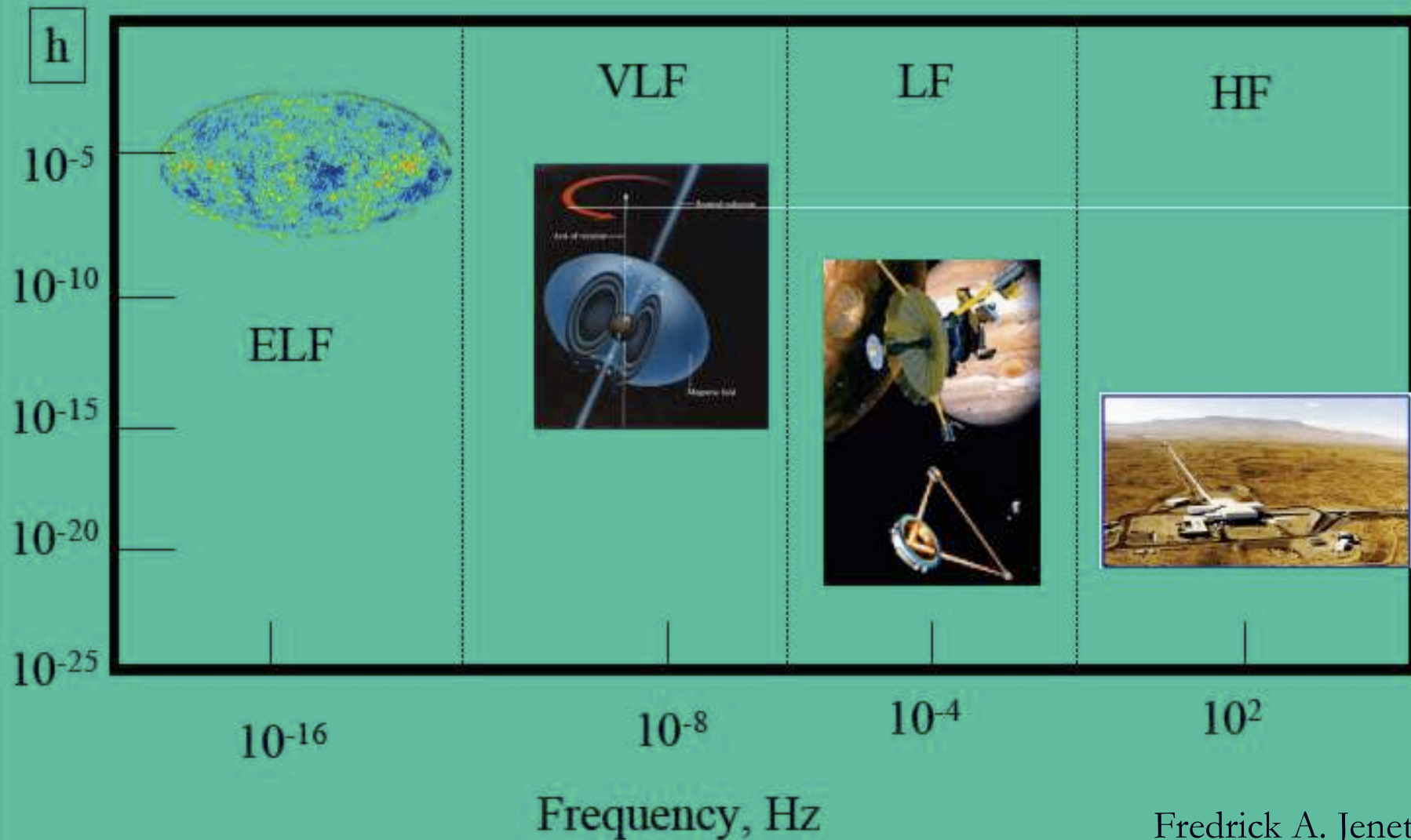
Allan Santos Silva

(Os nomes sublinhados participam da colaboração científica LIGO)

Pioneirismo da abertura de uma nova janela para se observar o Universo, no caso, no espectro da Radiação Gravitacional



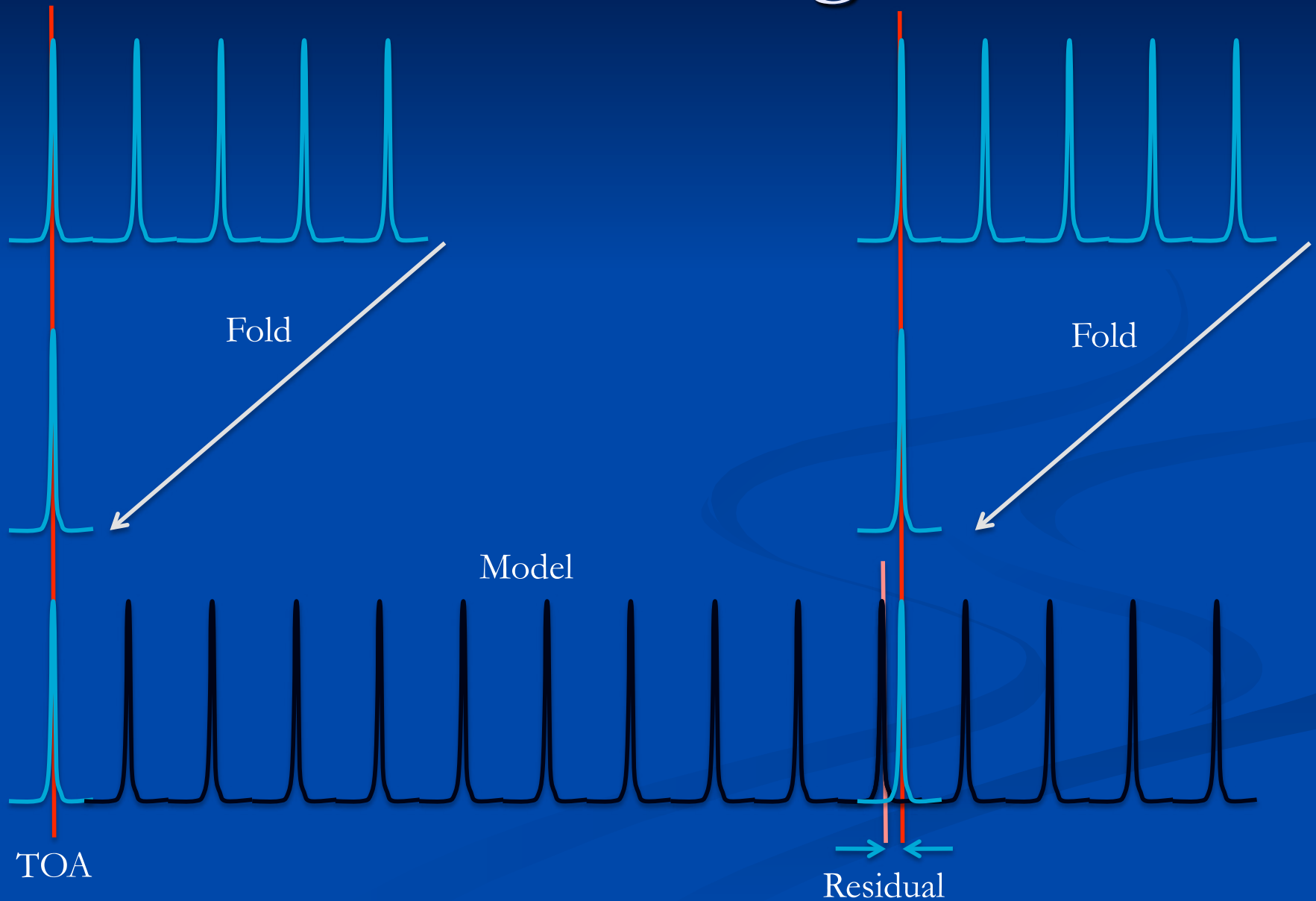
The Big Picture of G-wave Detection

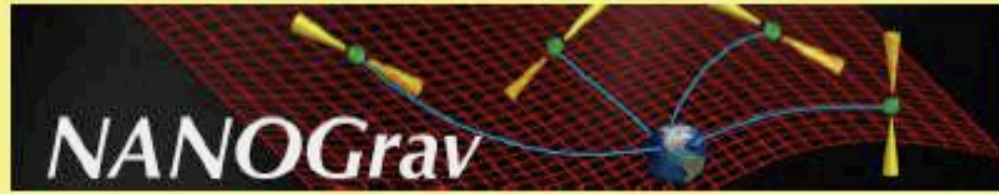


Fredrick A. Jenet

Existem também projetos de detecção de ondas com frequência acima de 100 MHz.

Pulsar timing





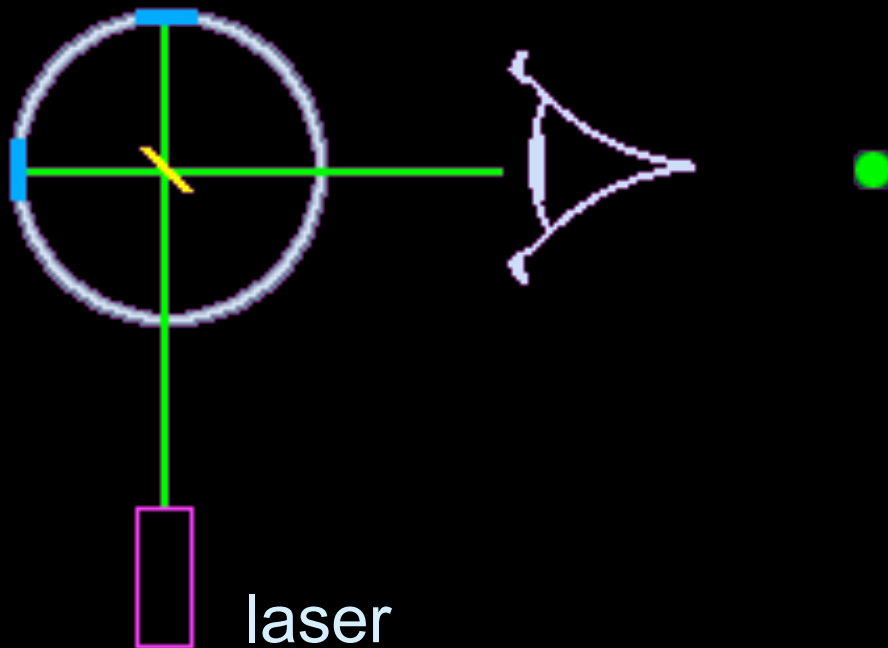
International Pulsar Timing Array (IPTA)

- **NANOGrav**
- **Parkes Pulsar Timing Array (PPTA)**
(See talk by Joris Verbiest)
- **European Pulsar Timing Array (EPTA)**
(See talk by Robert Ferdman)

All members of GWIC



Detectores de Ondas Gravitacionais



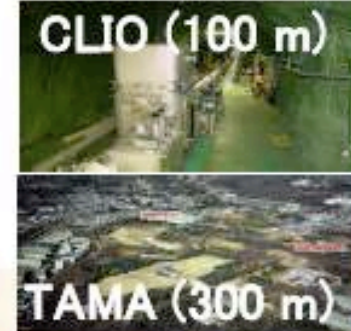
Cilindro Ressonante

Esfera Ressonante



Interferometer

Detectors around the world



EINSTEIN TELESCOPE

gravitational wave observatory

CENTRAL FACILITY

COMPUTING CENTRE

DETECTOR STATION

END STATION

Length ~10 km

TUNNEL \varnothing ~5 m



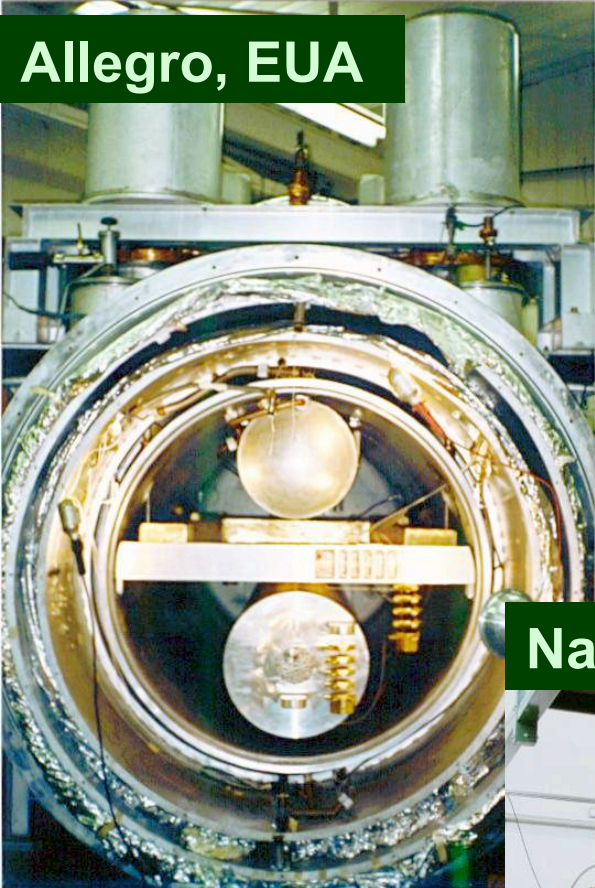
**Explorer
Suiça**



Auriga, Itália



Allegro, EUA

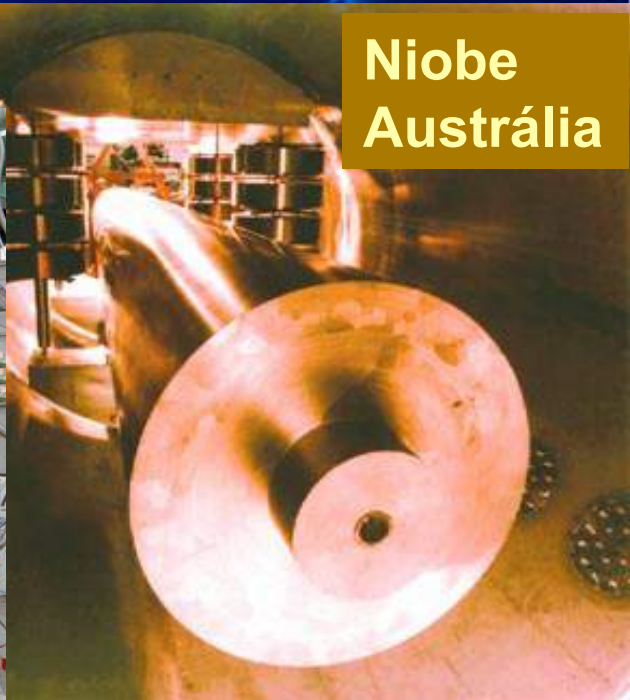


GEO
EXPLORER AURIGA
VIRGO NAUTILUS

Nautilus, Itália



**Niobe
Austrália**



Gravitational Wave Detectors

- Interferometric
- Resonant-Mass

● LISA

MINIGRAIL

GA

US

TAMA

LCGT

RG

AIGO

NIOBE

MiniGRAIL
Holanda

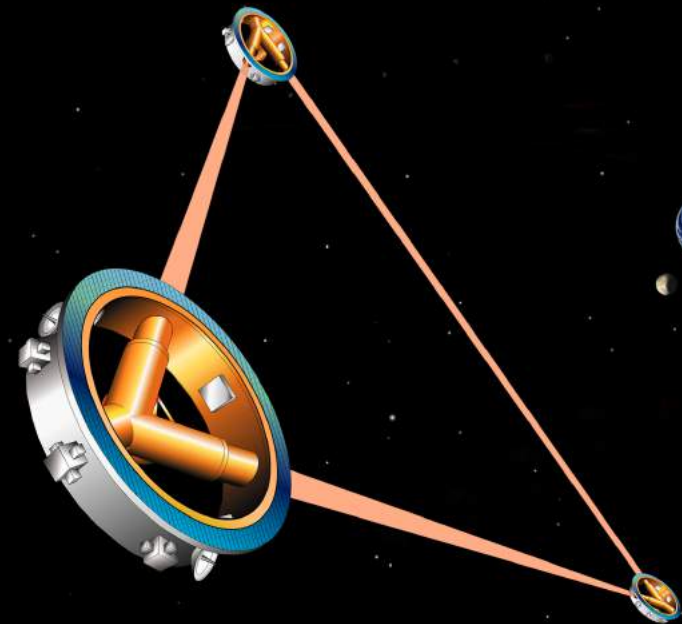
Mario Schenberg,
Brasil
(FAPESP)

Interferômetros no Espaço:

LISA, ALIA e BBO

<http://lisa.jpl.nasa.gov/>

http://www.esa.int/esaSC/120376_index_0_m.html

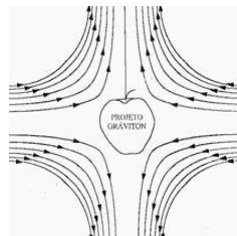
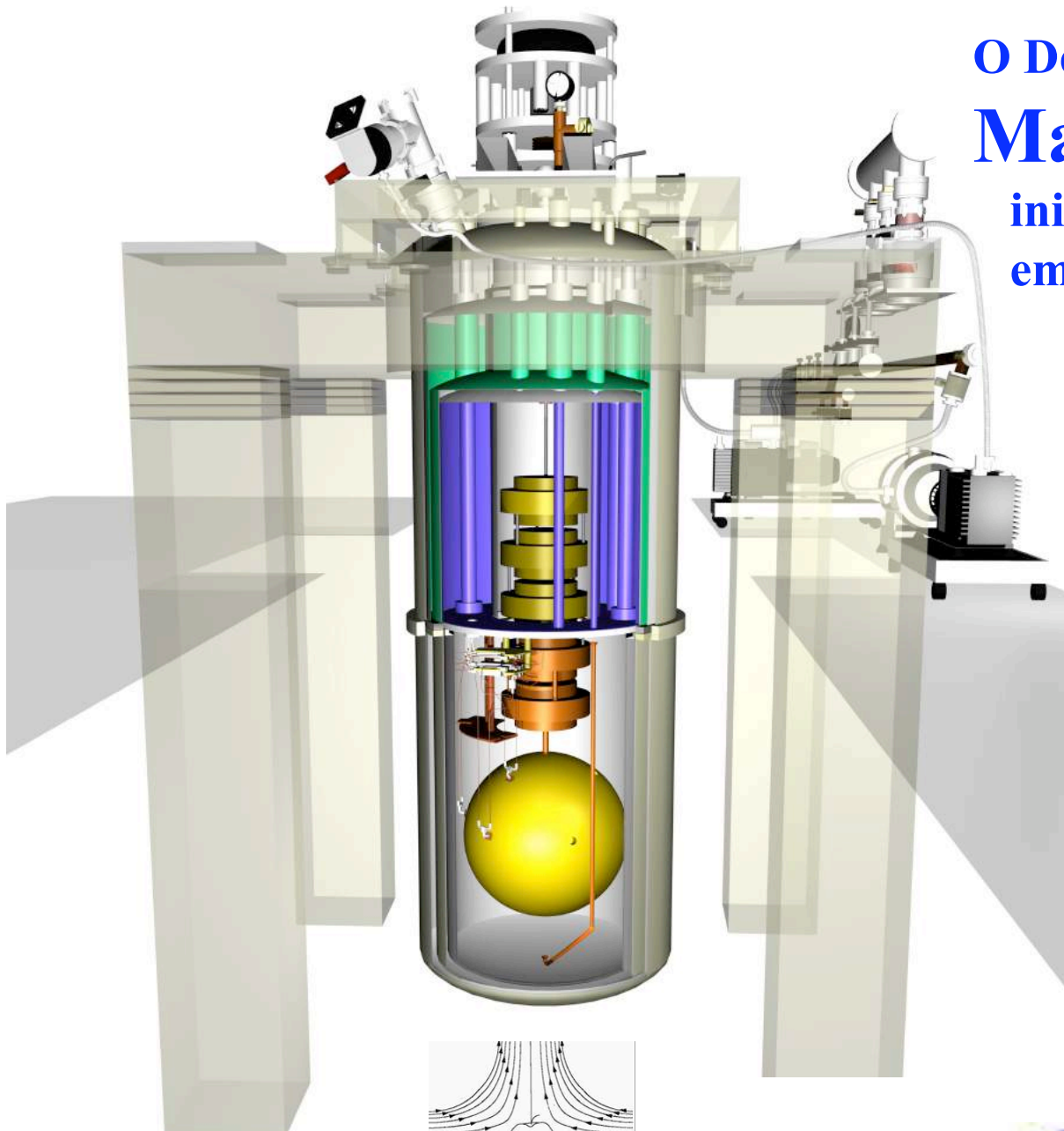


O Detector do Ondas Gravitacionais

Mario SCHENBERG

iniciou operação comissionada
em 8 de Setembro de 2006.

Ele envolve uma
colaboração entre o
**INPE, USP, ITA, IFSP,
UNIFESP, UNIFEI,
UNICAMP, UESC,
IAE, UFABC,
UNIPAMPA, CBPF
Leiden University,
UWA, LSU, OCA,**
e vem sendo apoiado pela



GRAVITON GROUP

USP

FAPESP

Gravitational Wave Detectors

(V. Fafone)

- Interferometric
- Resonant-Mass



O detector Schenberg possui a única antena esférica equipada com um conjunto de transdutores paramétricos para detecção de ondas gravitacionais

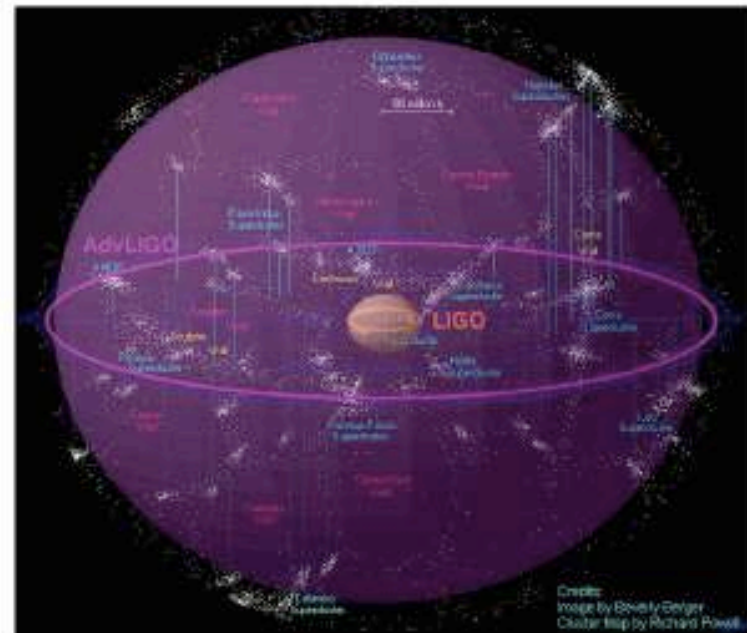
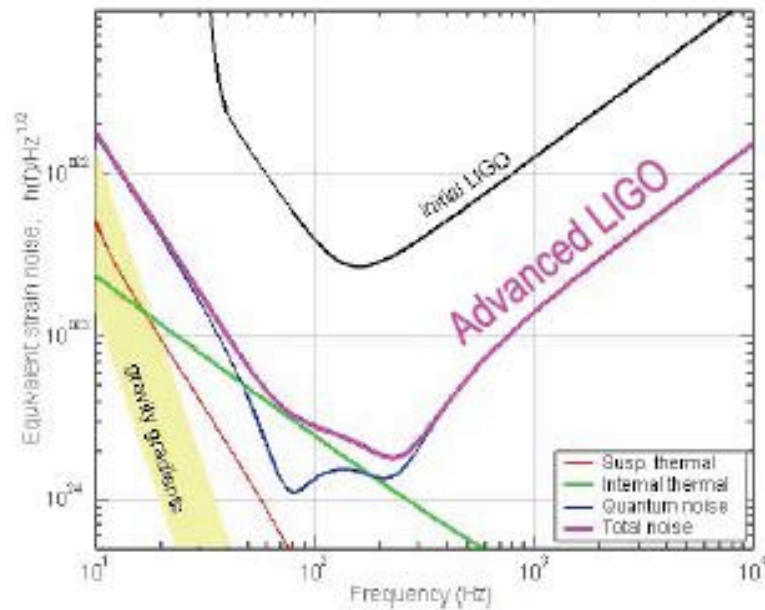
LIGO detectors: near future!

Neutron Star Binaries:

Initial LIGO: ~15 Mpc → rate ~1/100yrs

Advanced LIGO: ~ 200-300 Mpc

Most likely rate ~ 20-40/year !



x10 better amplitude sensitivity

⇒ **x1000** rate=(reach)³

⇒ 1 year of Initial LIGO
 < 1 day of Advanced LIGO !



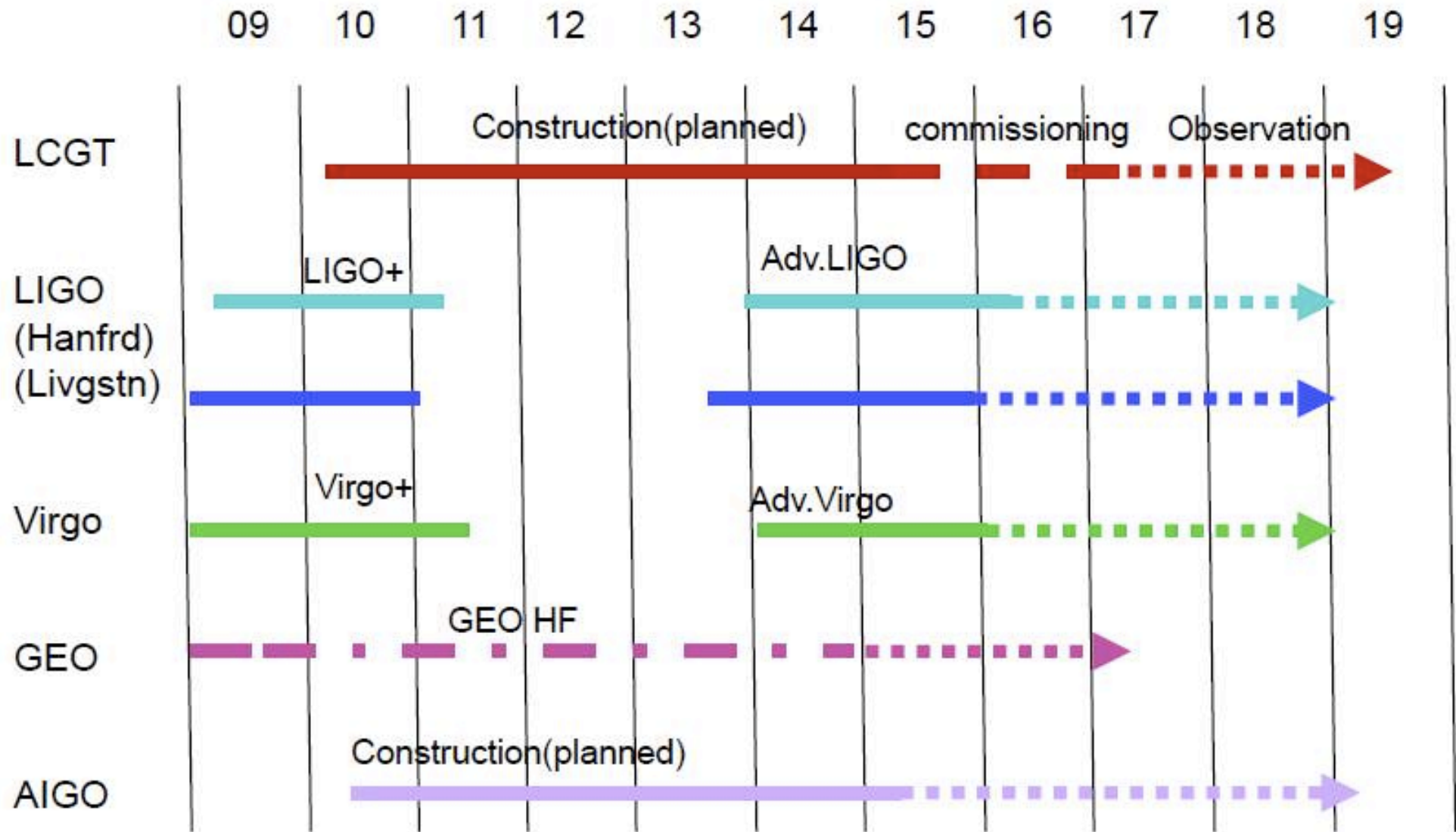
US NSF started funding Advanced

LIGO in 2008!

23

LCGT Schedule with other ground projects

Kazuaki Kuroda



Spheres



Atividades para Teses e Dissertações

■ Experimental

- Criogenia (4K e $<0.1\text{K}$)
- Transdutores (mecânica/eletrônica/química/software)
- Detectores de raios cósmicos e outros sinais

■ Análise de Dados (modelamento/estatística/software/hardware)

- Veto de raios cósmicos e outros sinais de ruído

■ Ondas Gravitacionais e suas Fontes Astrofísicas e Cosmológicas

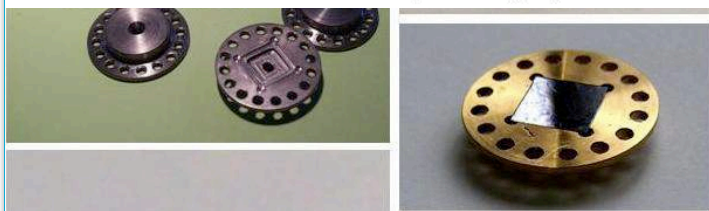
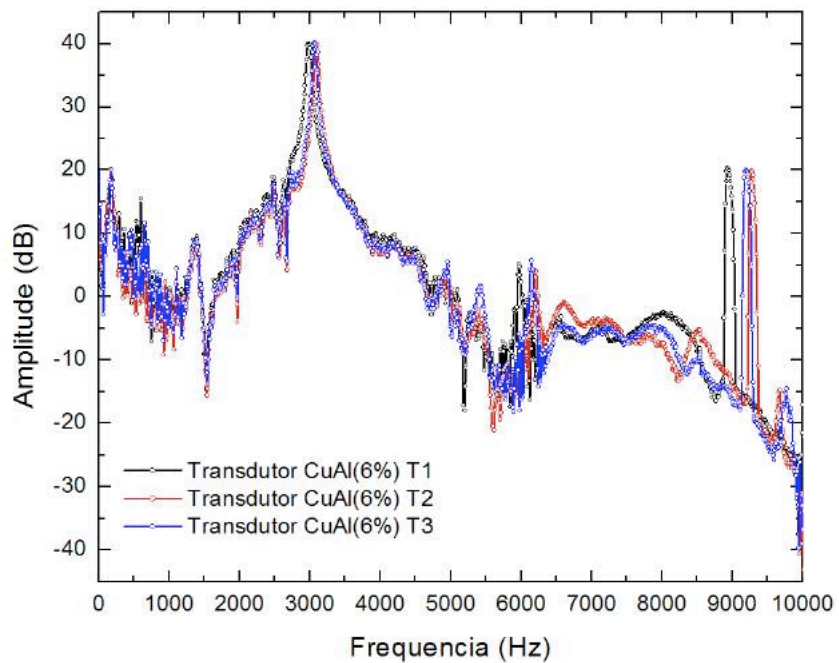


The three initial
transducers:

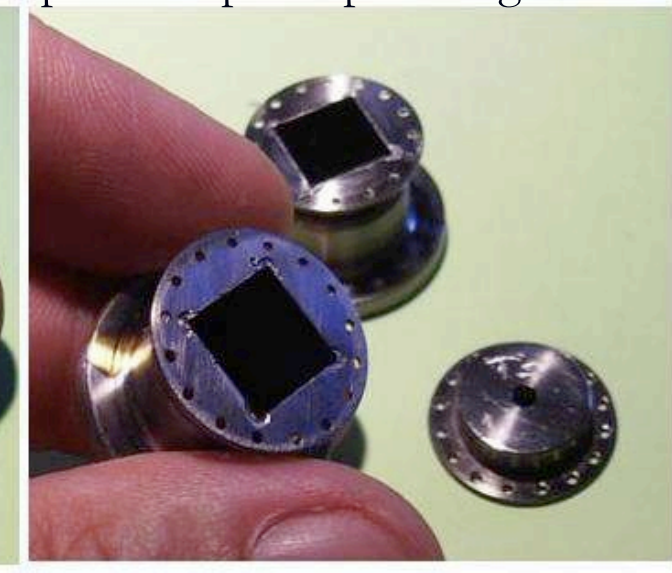
$$Q_e \sim 10^4$$

First design

Medidas das frequências de ressonância mecânica de três transdutores.



Membranas silício com nióbio depositado por “sputtering”.

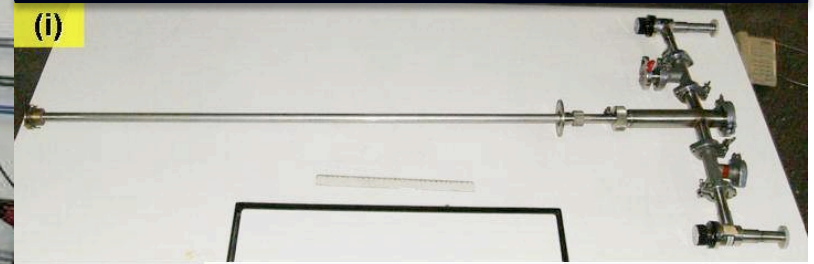


(i)

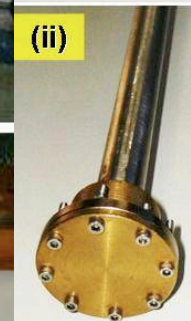


Foram medidos fatores de qualidade elétrica (Q_e) de várias cavidades reentrantes supercondutoras a 4.2 K, utilizando um “dewar” refrigerado a hélio líquido. Q_e tão altos quanto 300 k foram encontrados.

(i)



(ii)



(iii)

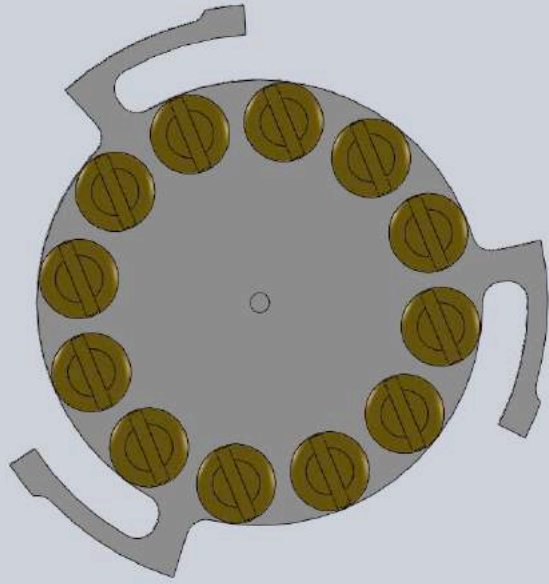


(ii)



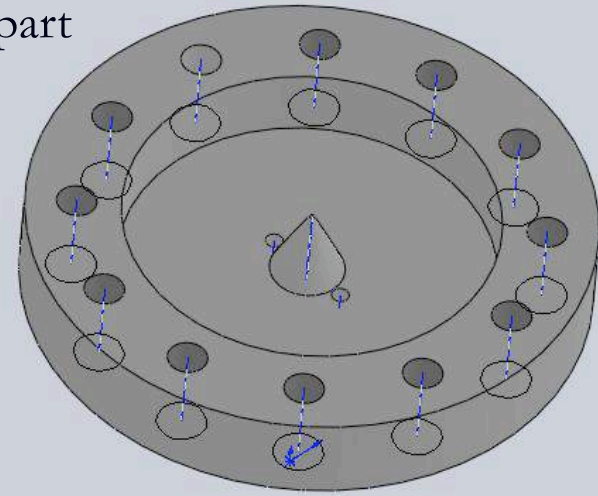
(iii)

Aparato experimental para testar cavidades reentrantes supercondutoras dentro de um “dewar” refrigerado a hélio líquido.

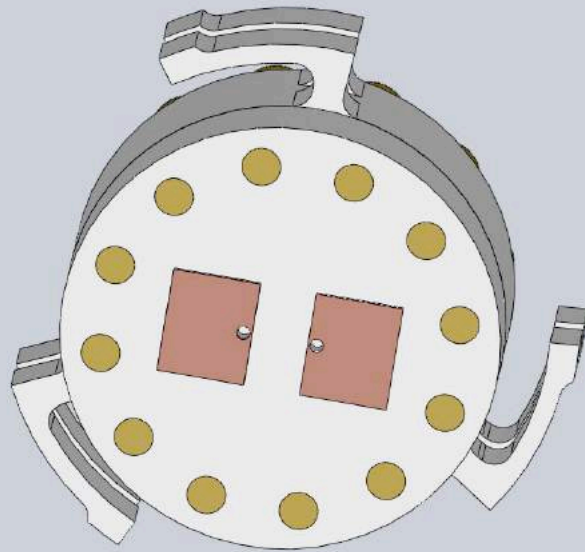


Third design

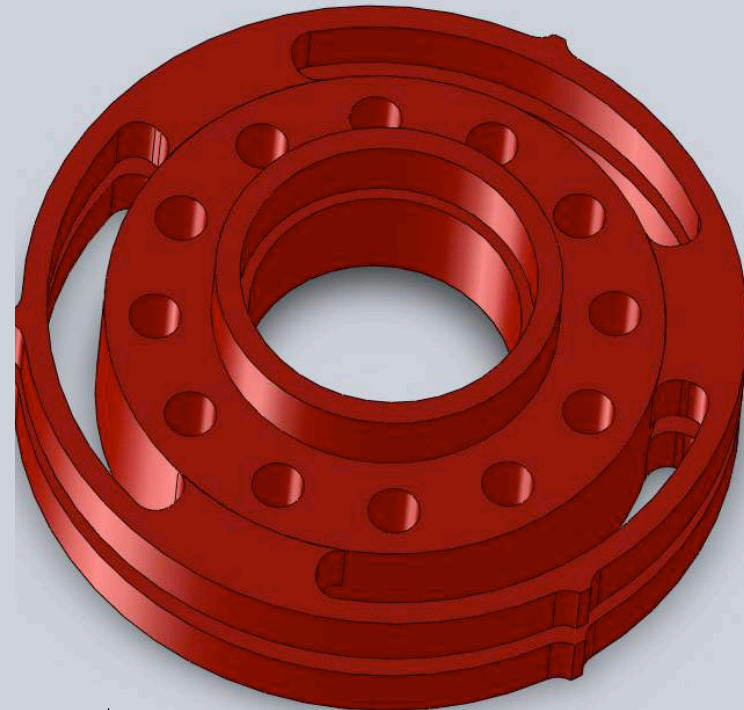
Alumina part

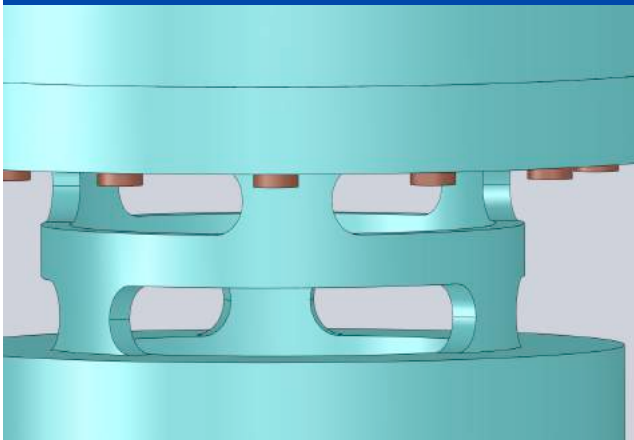
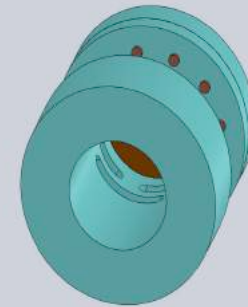
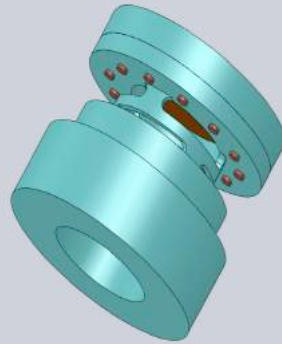
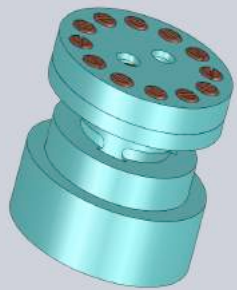
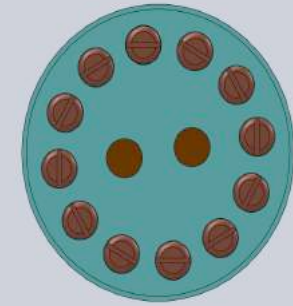
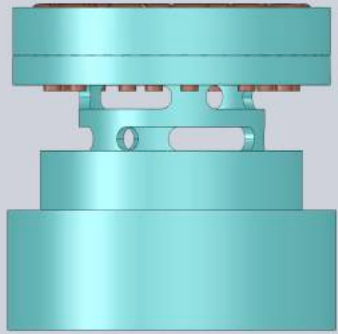


Fourth design



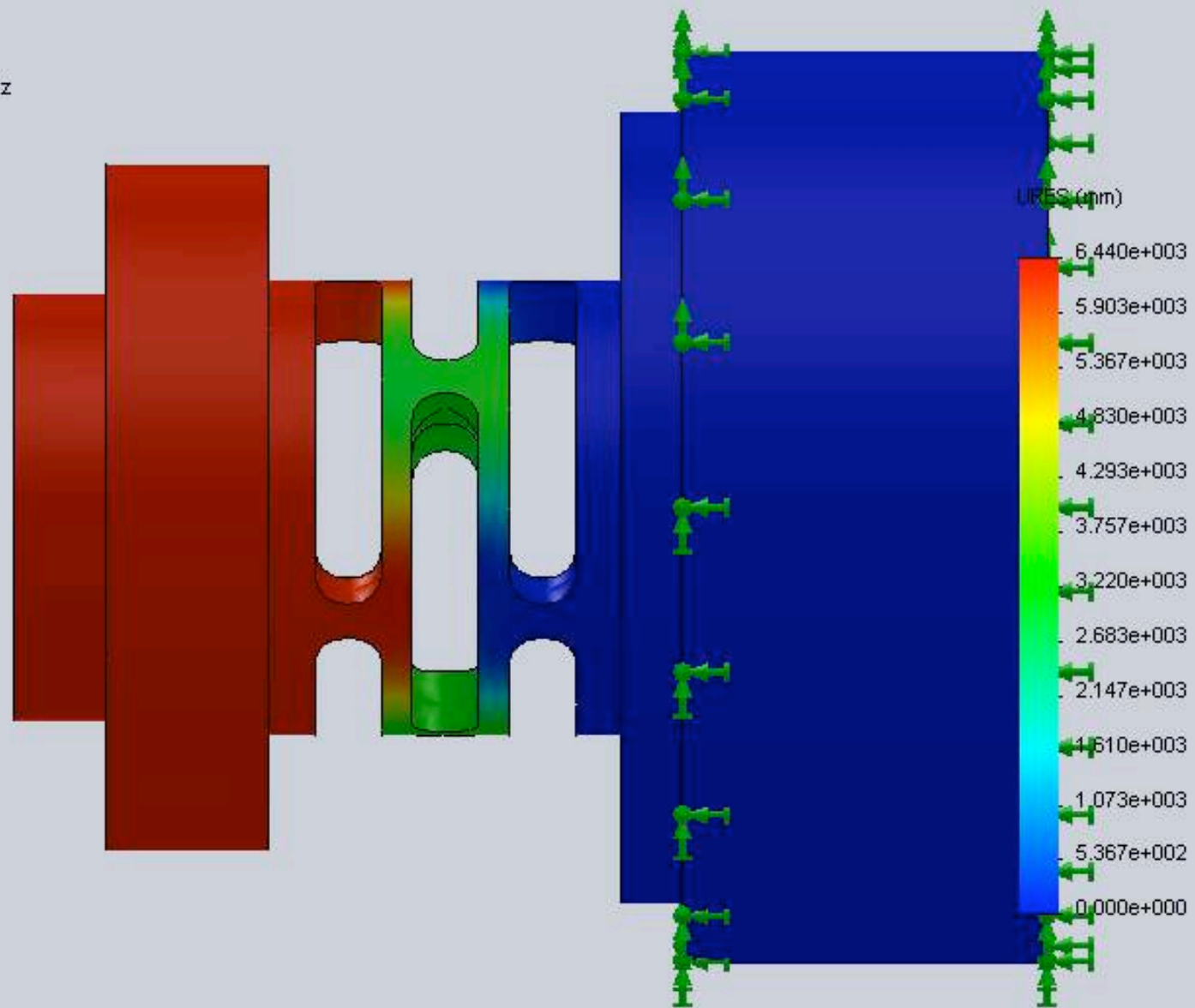
Niobium part





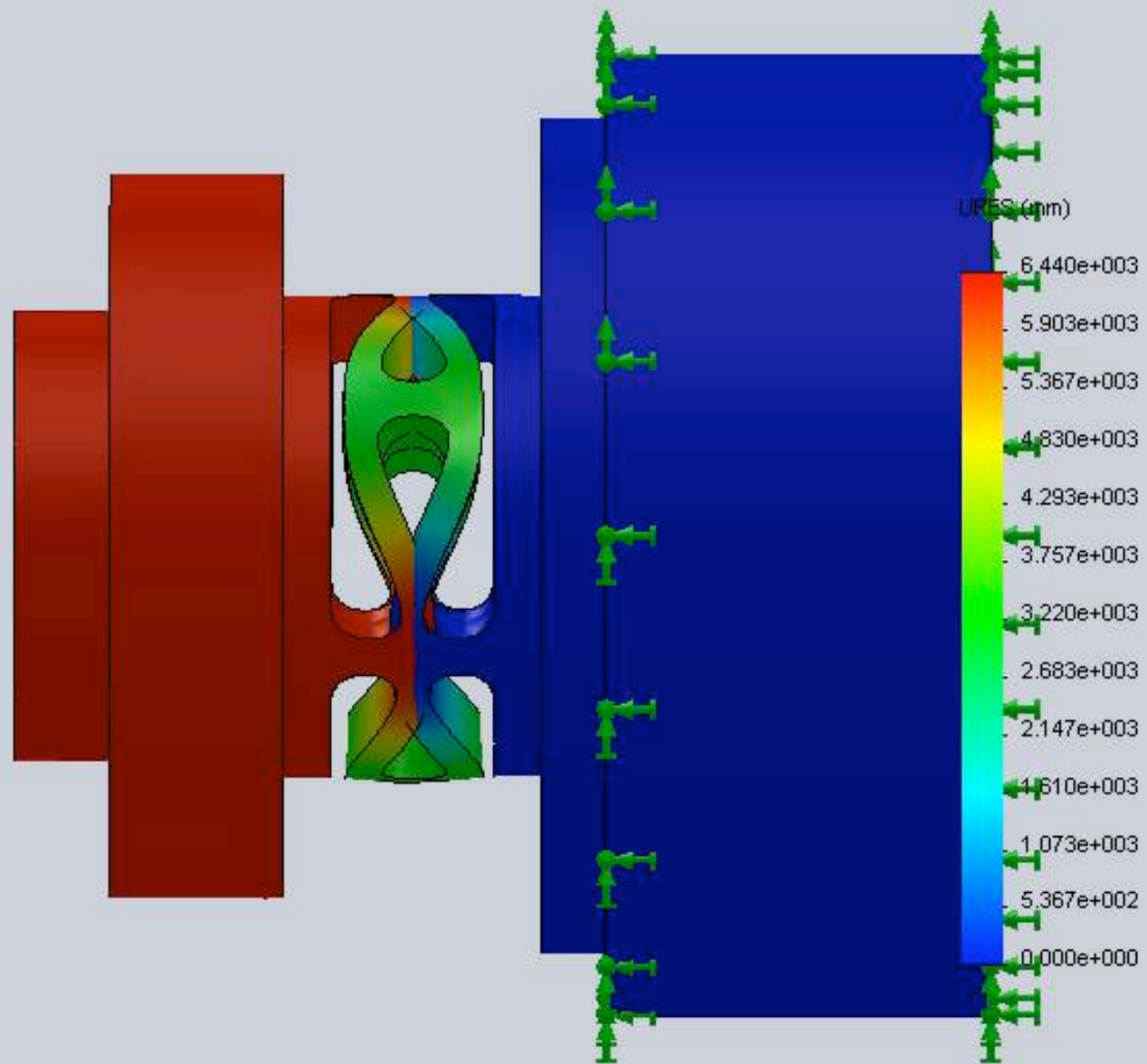
Fifth design

Model name: montagemMb2
Study name: Study 9
Plot type: Frequency Displacement3
Mode Shape : 3 Value = 3399.6 Hz



Fifth design

Model name: montagemMb2
Study name: Study 9
Plot type: Frequency Displacement3
Mode Shape : 3 Value = 3399.6 Hz
Deformation scale: 0.00055791

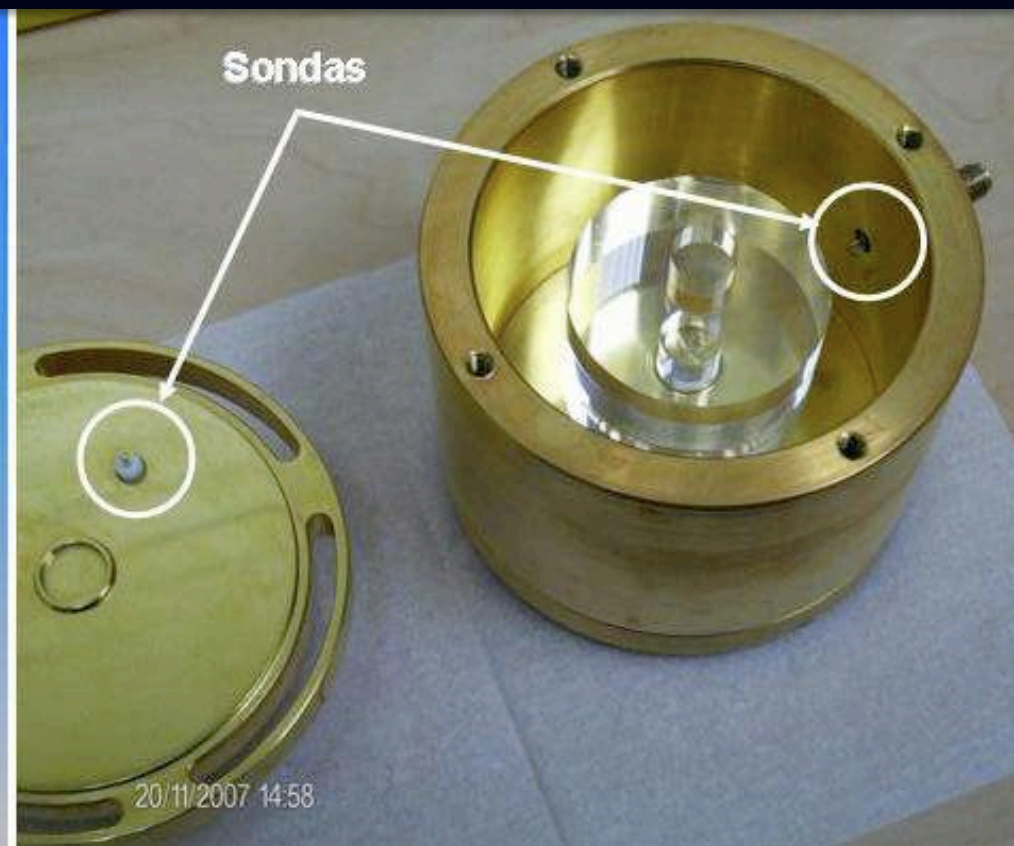
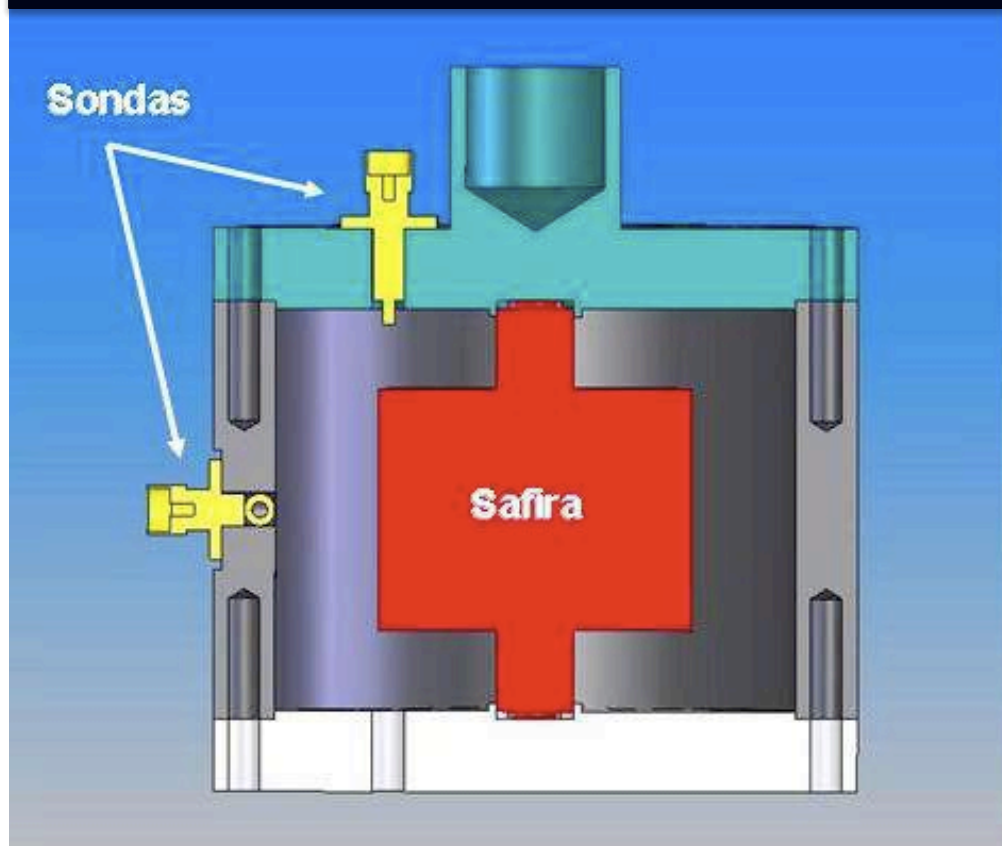


Fifth design



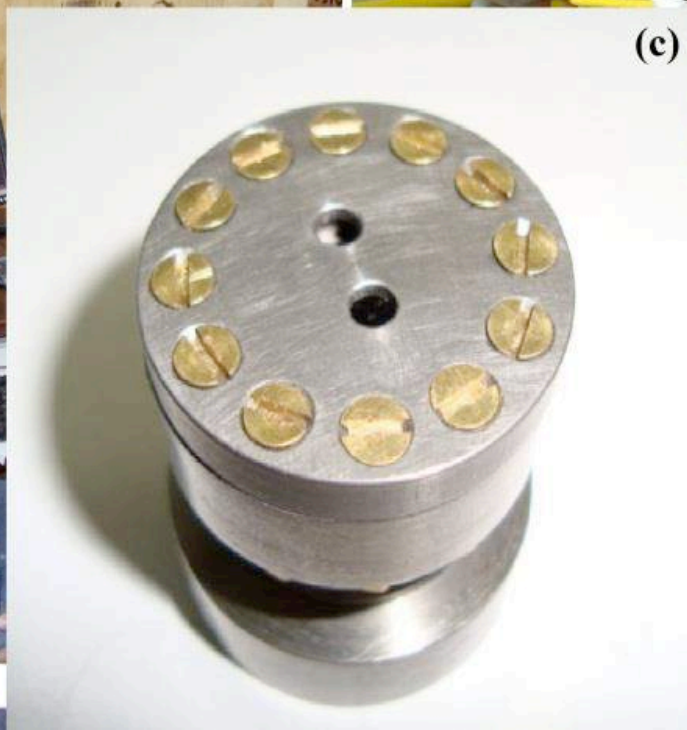
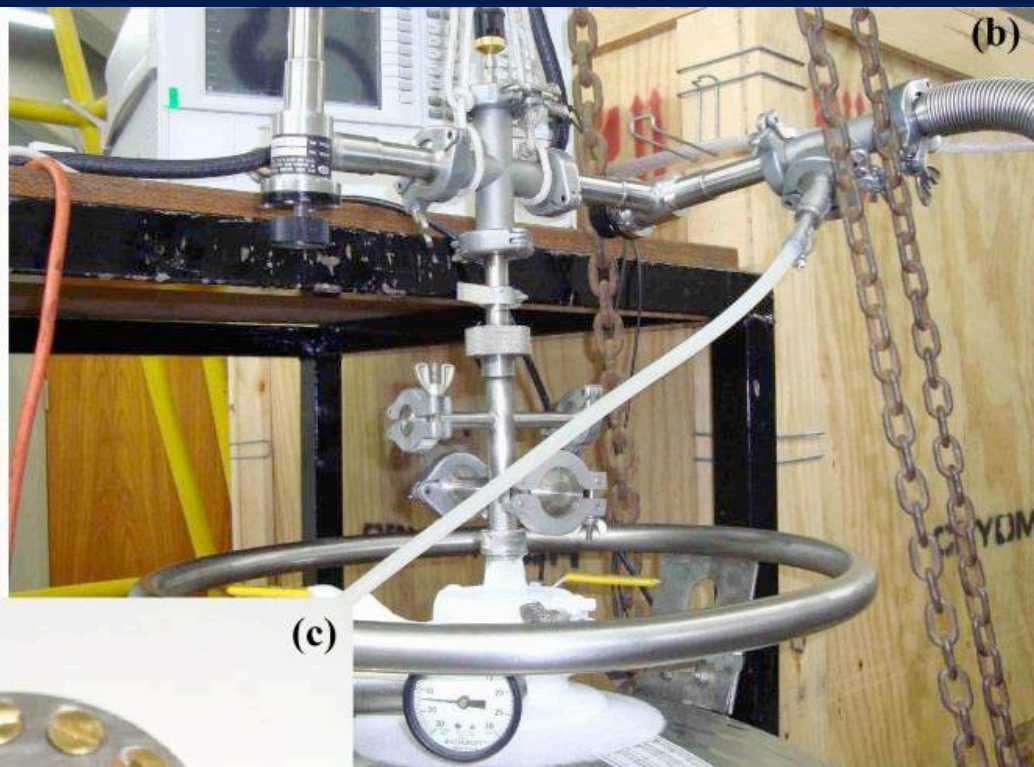
Sixth design

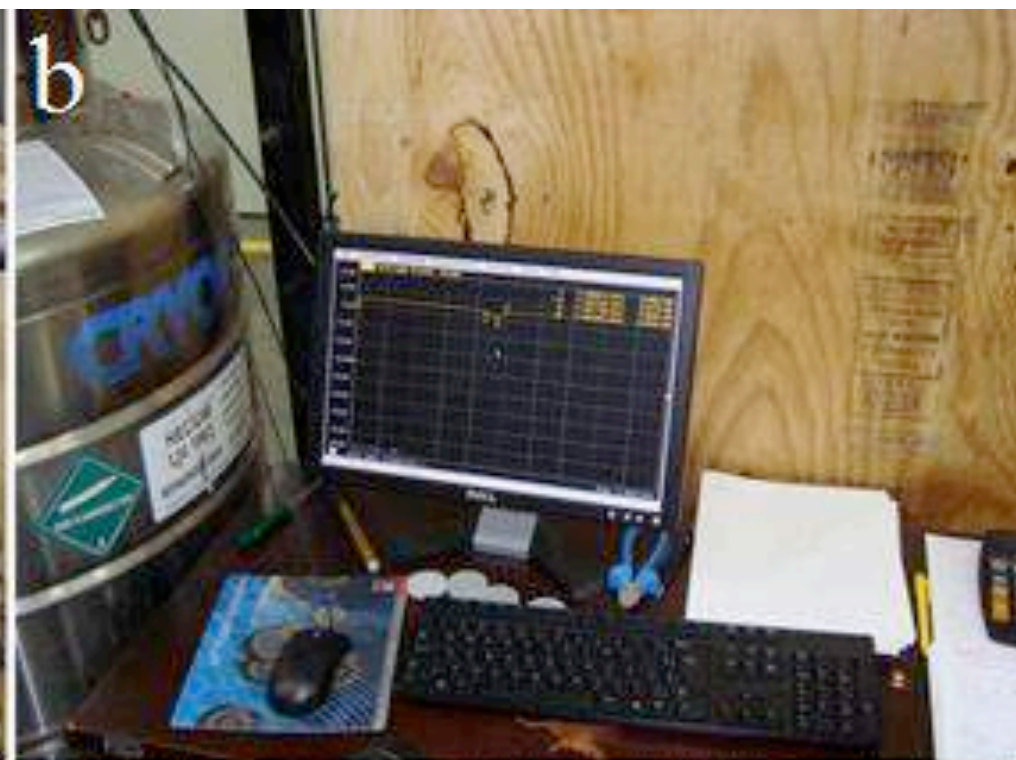
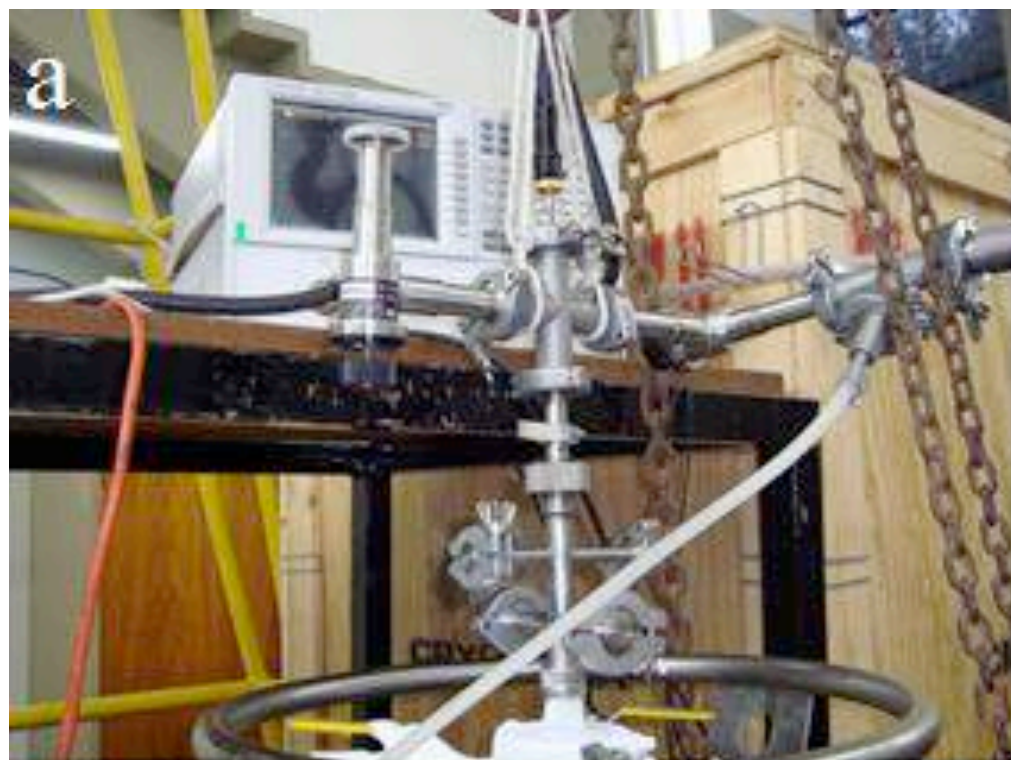
Desenvolvemos, em colaboração com o grupo australiano, um oscilador de safira que opera a 77 K e vai substituir, com melhor desempenho, os de titanato de bário atualmente utilizados.





O detector está em in São Paulo, mas todo o desenvolvimento de transdutores é feito em SJC









Projeto dentro da colaboração científica LIGO (LSC)



Sistema de Isolamento Vibracional de Pêndulos Multi-Aninhados para o LIGO avançado criogênico



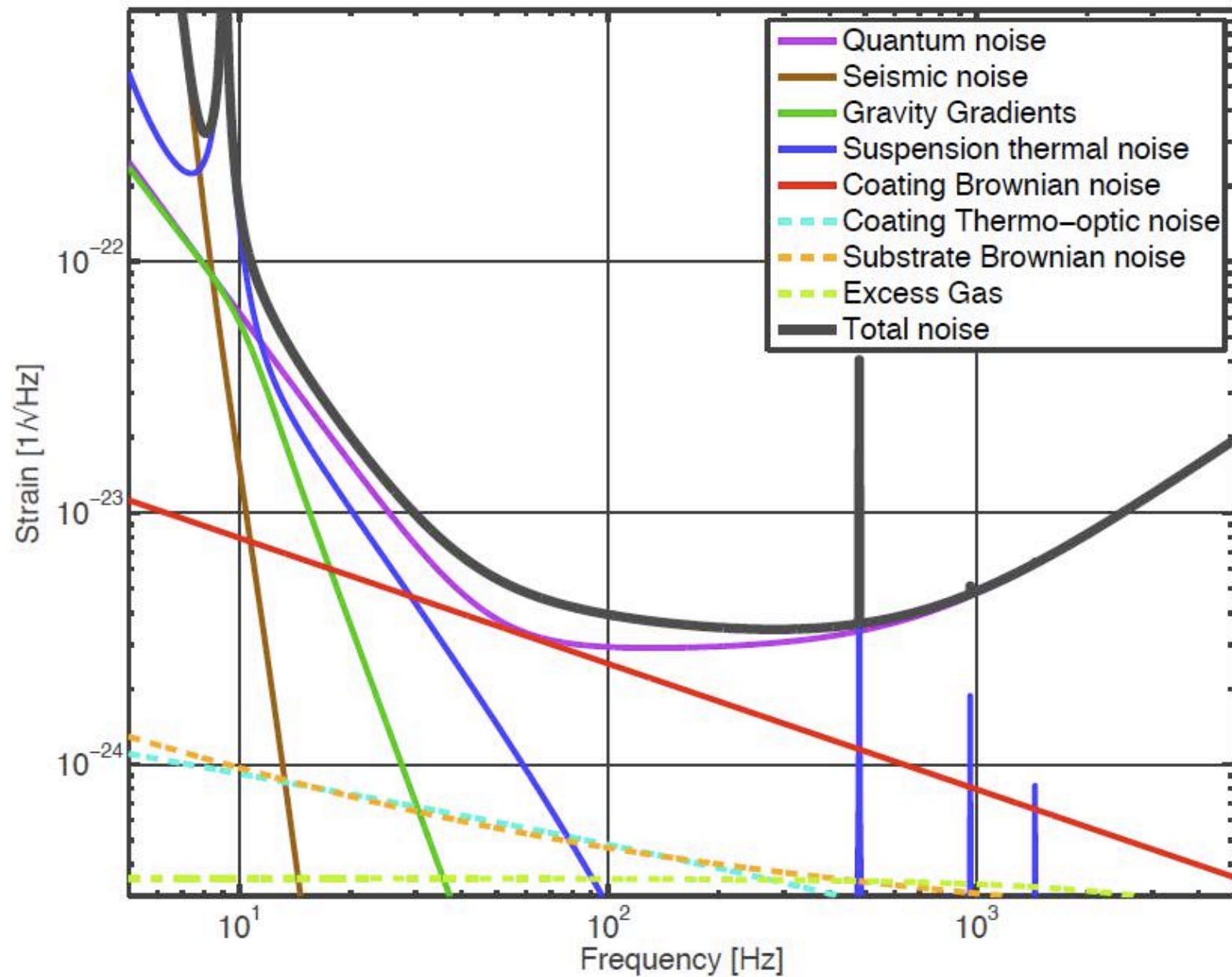


Figure 2: Baseline aLIGO Noise Budget (GWINC v2.0). Power into the interferometer is 125 W. Arm cavity power is 730 kW. SRM position is tuned to 0 deg for broadband operation.

Nos últimos 17 anos (1998-2014), o grupo da DAS:

- Publicou mais de 100 artigos em journals com “referees”;
- 11 doutorados concluídos (Herman, Kilder, Andrade, José Melo, César, Sérgio, Márcio, Dennis, Cláudio Brandão, Eduardo e Edgard);
- 17 mestrados concluídos (Andrade, César, Sérgio, José Melo, Carla, Emílio, Cláudio, Márcio, Eduardo, Edgard, Pedro, Natália, Patrick, Márcio Constâncio Jr., Carolina, Luiz Augusto e Elvis);
- 4 trabalhos de graduação do ITA concluídos (e várias outras iniciações científicas).
- 7 orient. de doutorado em andam. (Pedro, Carlos, Márcio Constâncio Jr., Mariana, Enrique, Carolina e Elvis);
- 1 orientação de mestrado em andamento (Fabrícia);

Antes disso, tivemos apenas três doutorados concluídos no Brasil na área (Walter Velloso (Orientador: Pacheco), Nadja Magalhães (Orientador: Escobar), Carlos Frajuca (Orientador: Odylio).

Projeto do Detector Mario Schenberg (98/13468-9) (2000-2007):

~R\$ 965k + US\$ 245k.

Projeto Temático Ondas Gravitacionais (06/56041-3) (2007-2013):

~R\$ 543k + US\$ 275k.

As fontes de ondas gravitacionais podem ser:

- galácticas,
- extragalácticas,
- cosmológicas,
- universos anteriores.

O espectro vai desde 10^{-18} Hz a 10^{10} Hz.

Elas têm trânsito em dimensões extra, se estas existirem.

A probabilidade de novas descobertas revolucionárias é altíssima.

Os detectores esféricos, em razão da sua capacidade de determinar a origem do sinal no céu e a sua polarização, poderão ter um papel importante nestas novas descobertas.

A DAS oferece a oportunidade inédita de podermos participar nesta “corrida” e pioneirismo científicos.