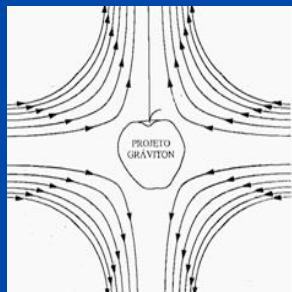




ONG / DAS / INPE

Linha de Pesquisa em Astrofísica de Ondas Gravitacionais, Divisão de Astrofísica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



GRAVITON GROUP



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

Grupo Gráviton

São José dos Campos, Abril de 2013



ONG/DAS/INPE (15)

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

Marcos André Okada;

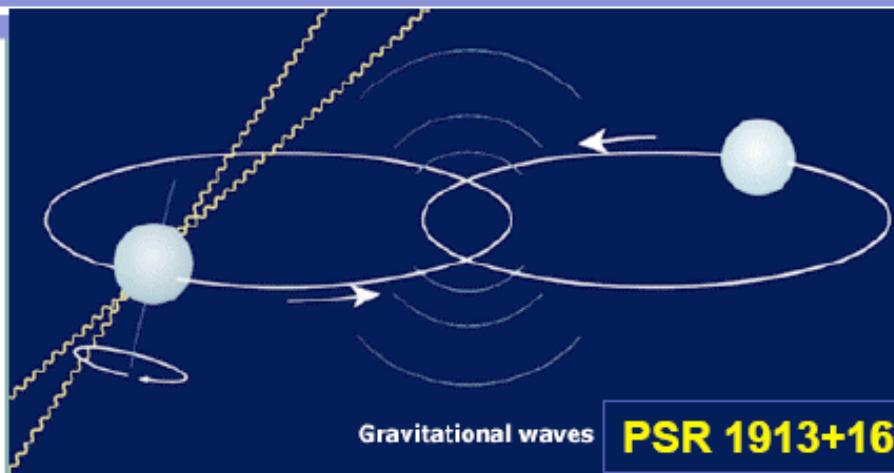
**Dennis F. A. Bessada (UNIFESP), César Augusto Costa,
Carlos Filipe da Silva Costa e Eduardo S. Pereira;**

**Edgard F. D. Evangelista, Carlos Eduardo Cedeño M.,
Pedro Henrique R. S. Moraes, Márcio Constâncio Junior
e Enrique Klai de França (Materiais/INPE);**

**Carolina Gribel de Vasconcelos Ferreira, Elvis Camilo Ferreira
e Luiz Augusto Stuani Pereira.**

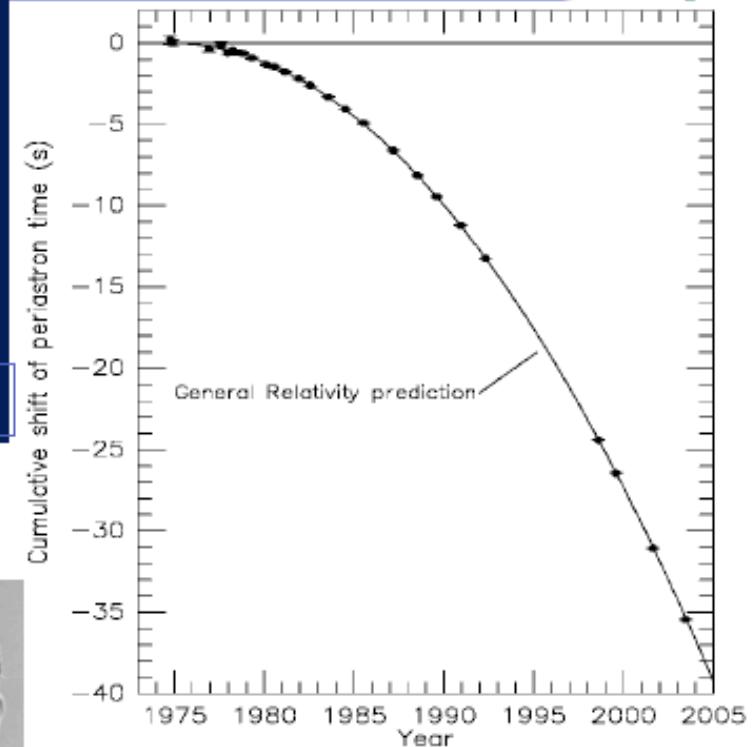
(Os nomes sublinhados participam da colaboração científica LIGO)

First verification of GWs



Nobel 1993

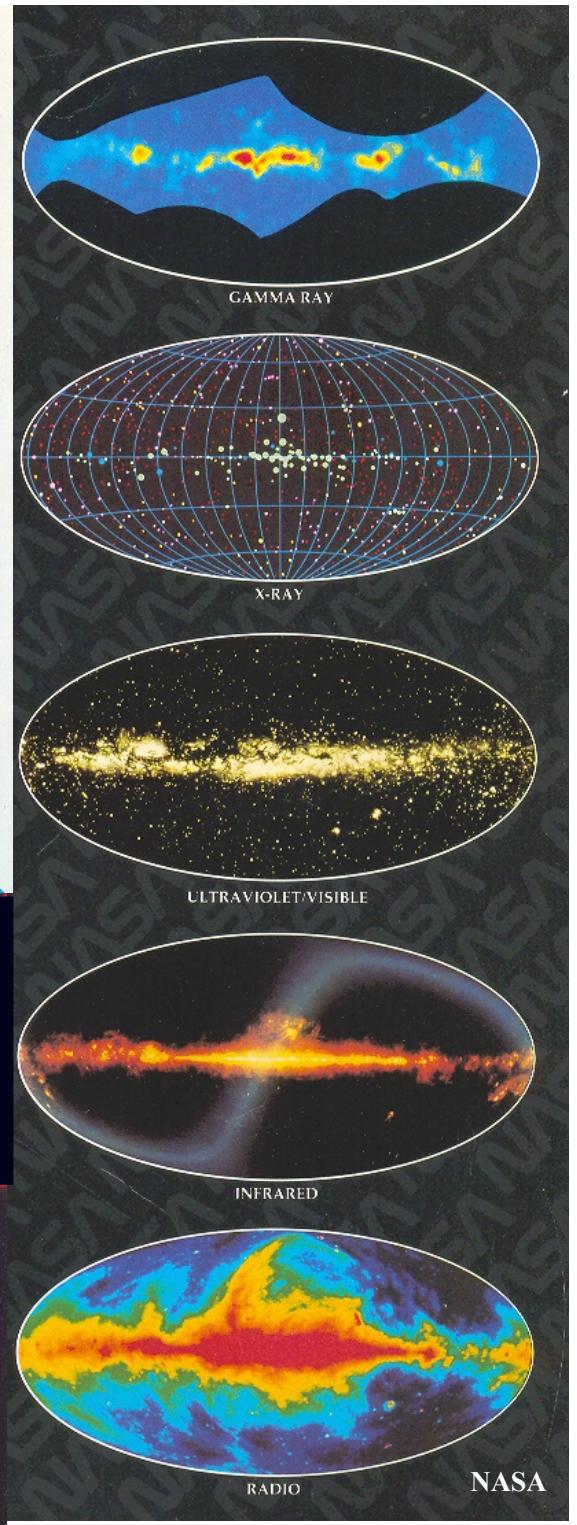
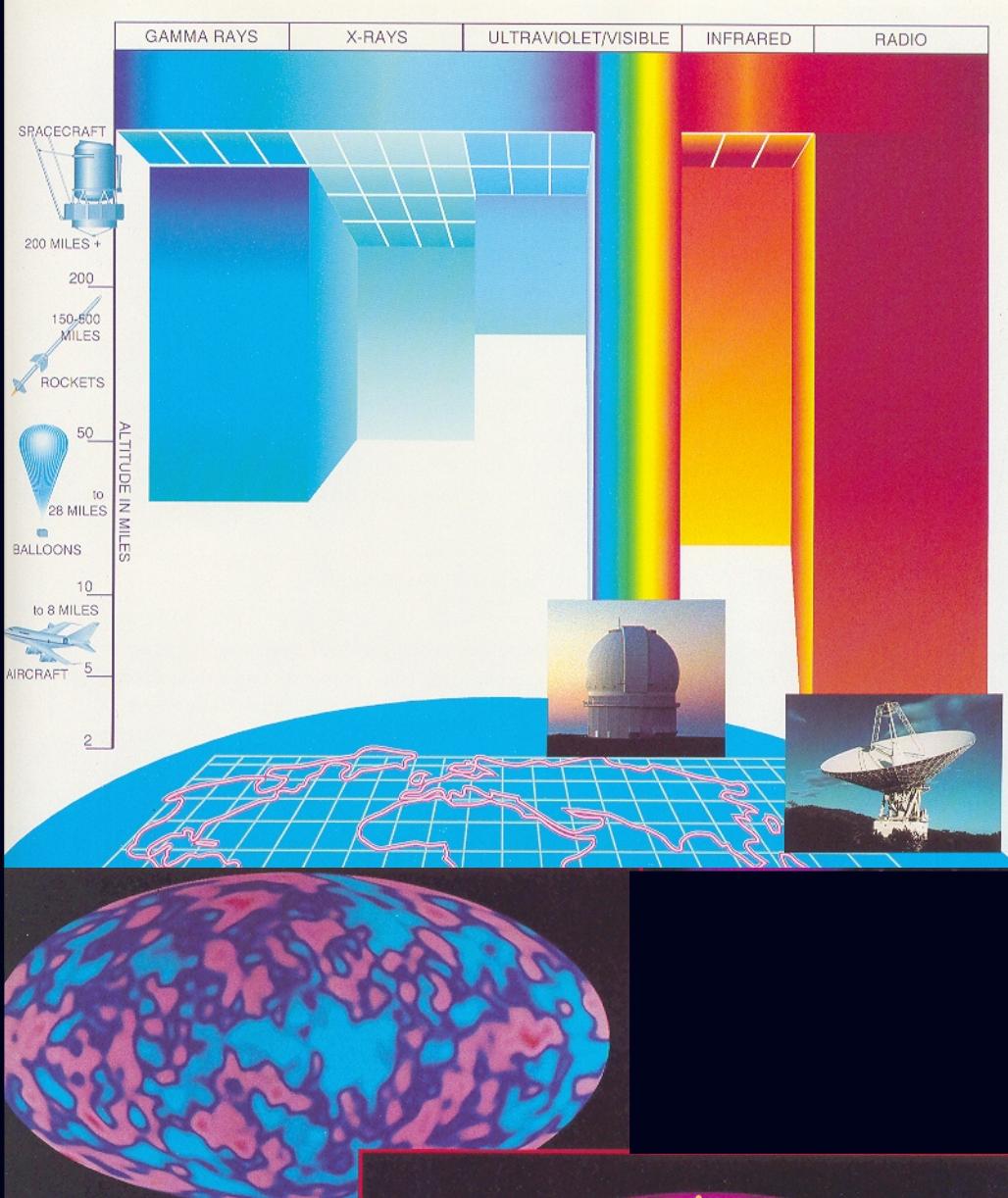
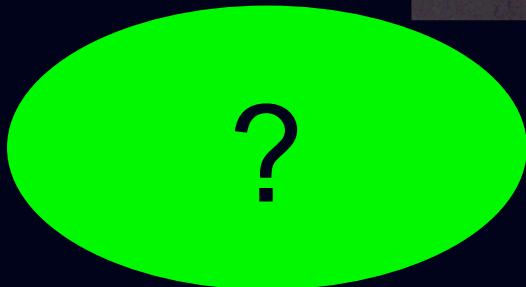
Hulse & Taylor



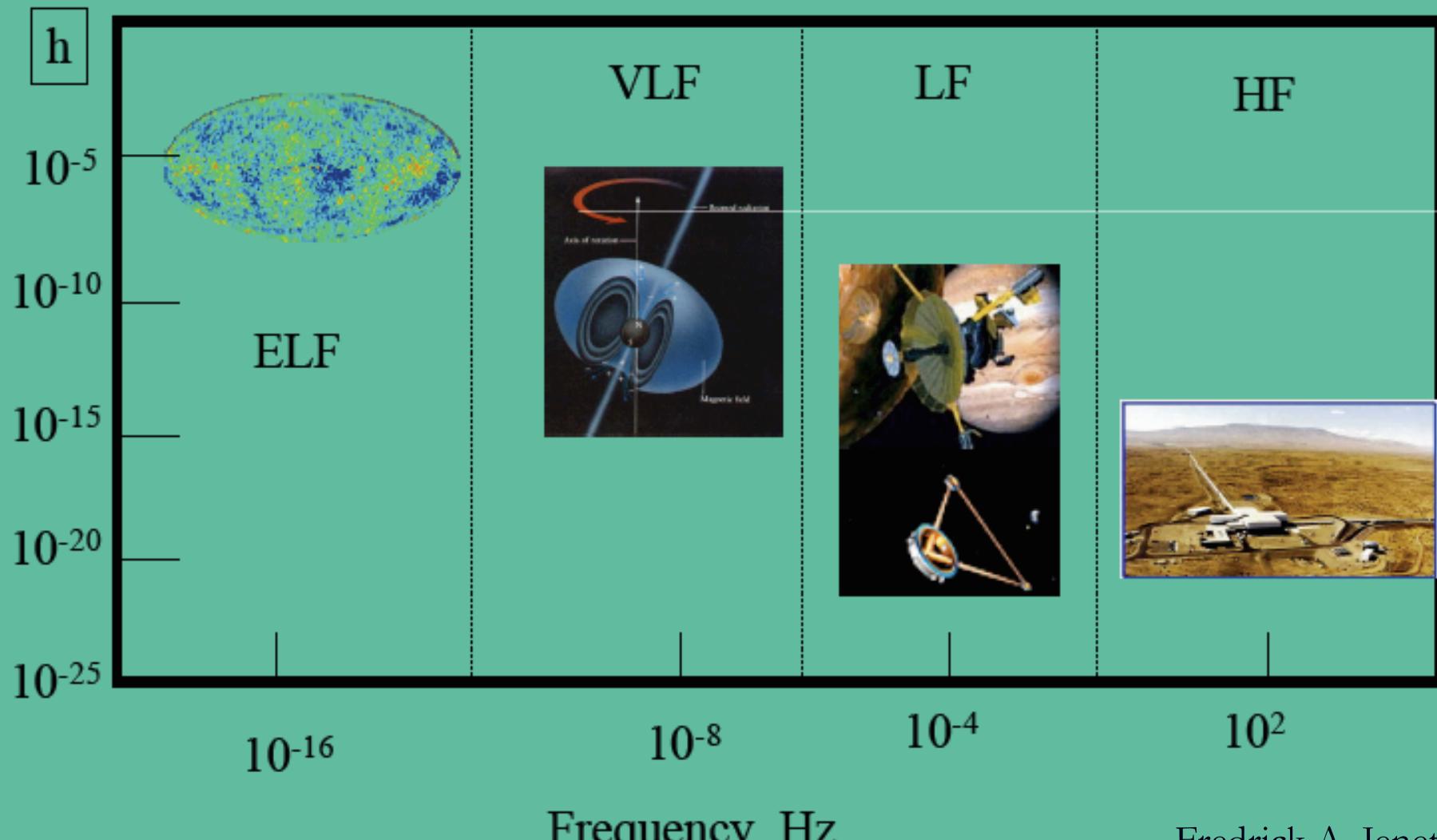
$$\frac{\dot{P}_{b,corrected}}{\dot{P}_{b,GR}} = 1.0013 \pm 0.0021$$

credit: Kostas Kokkotas

**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



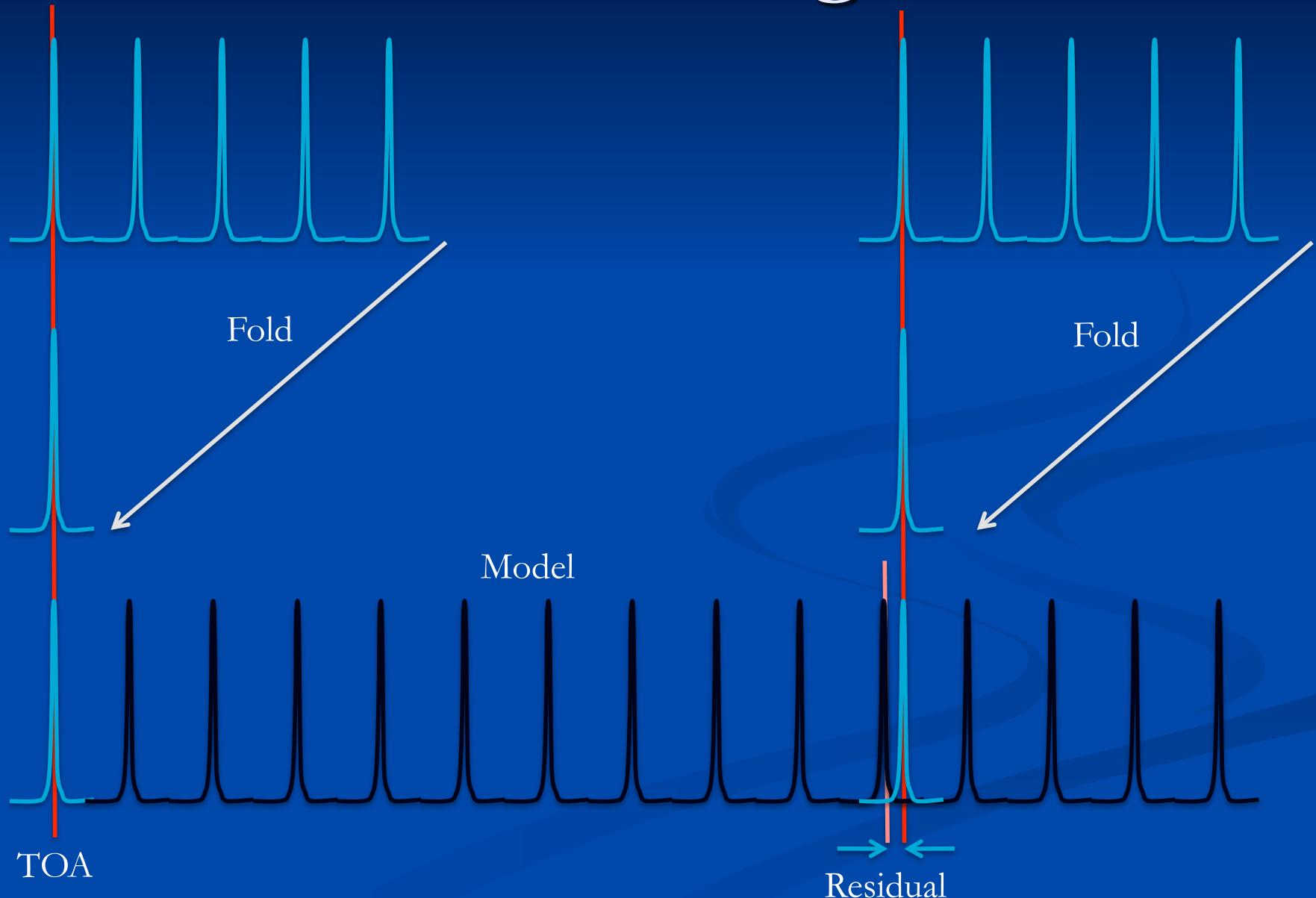
Fredrick A. Jenet

Existem também 4 projetos de detecção de ondas com frequência acima de 100 MHz.

Detectores de Ondas Gravitacionais

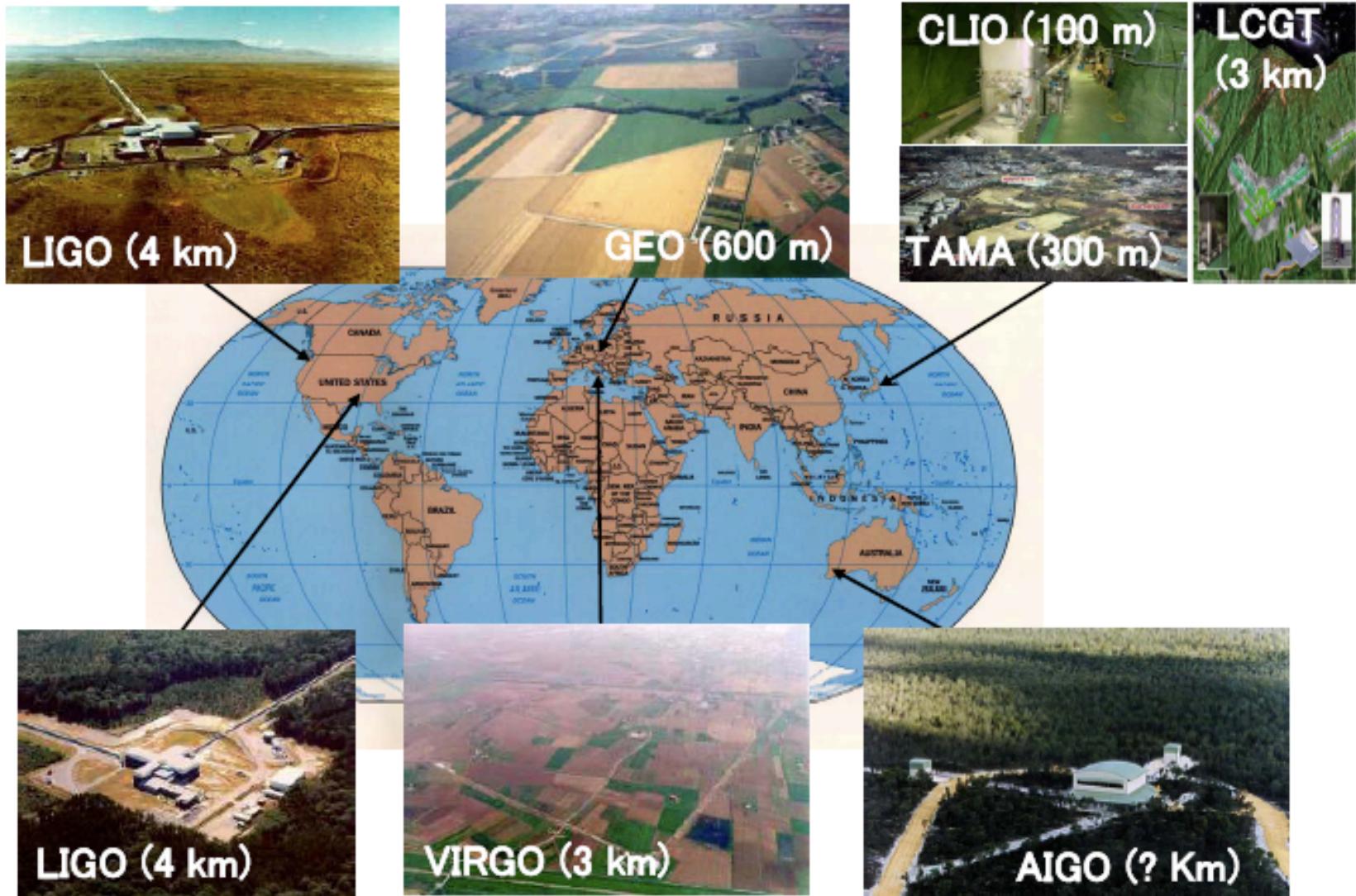


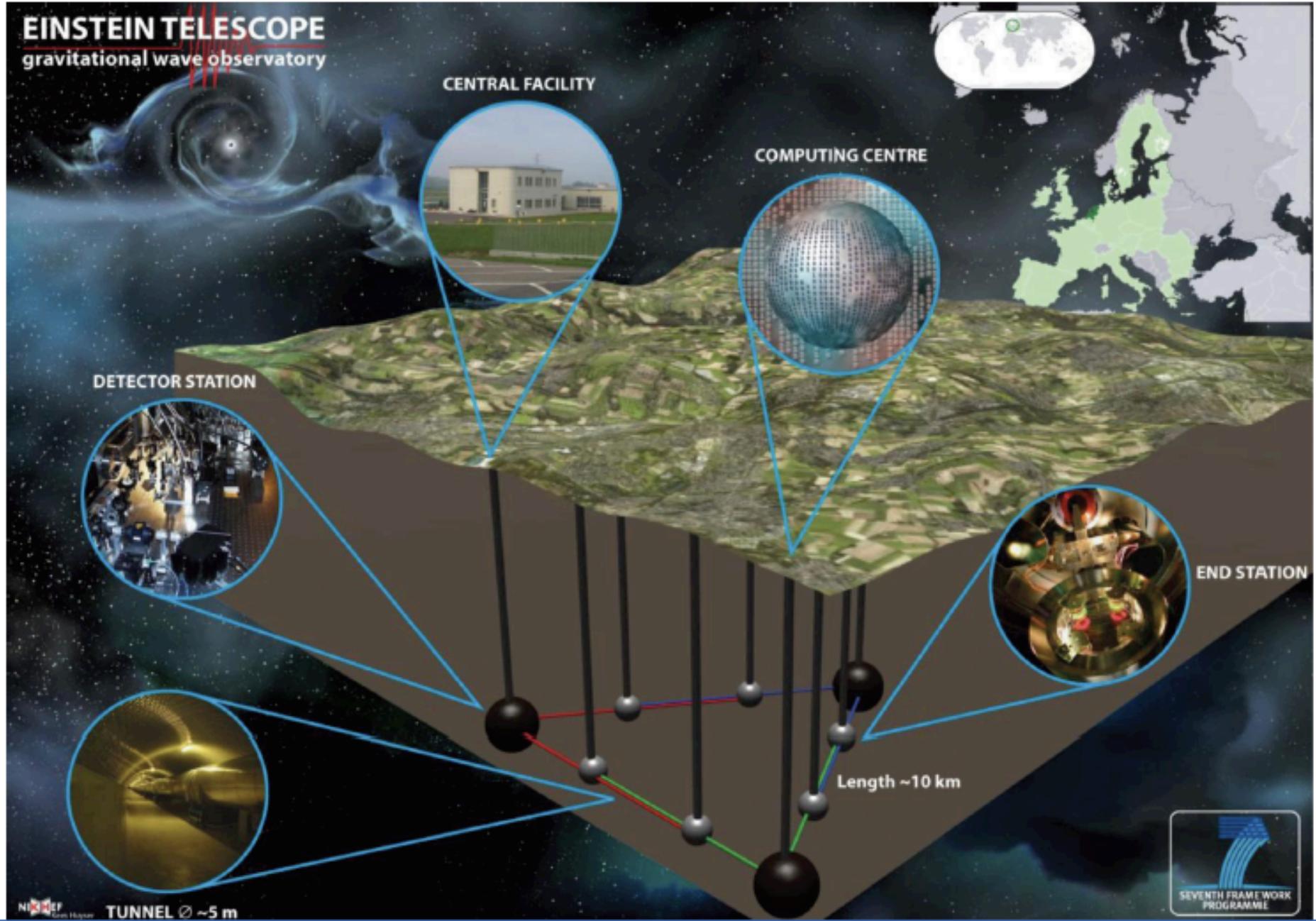
Pulsar timing



Interferometer

Detectors around the world





Gabriela González



Gravitational Wave Detectors

- Interferometric
- Resonant-Mass



LISA

TAMA
LCGT

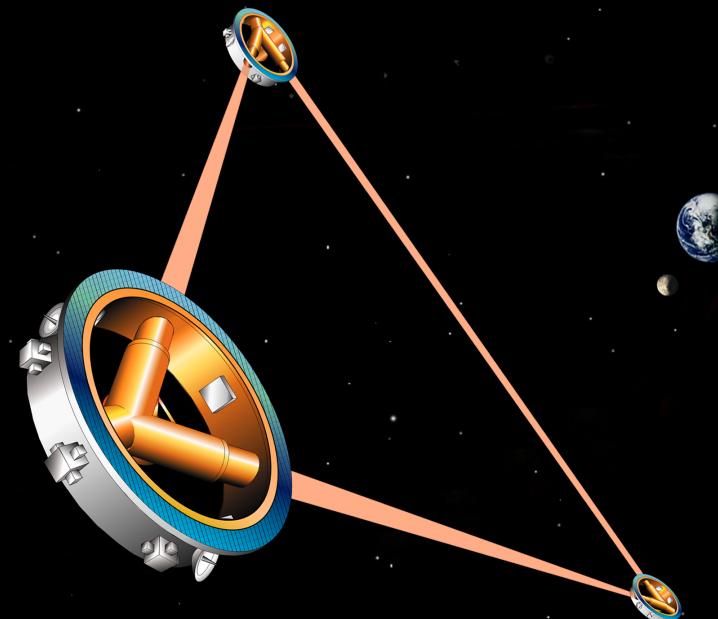
AIGO
NIOBE

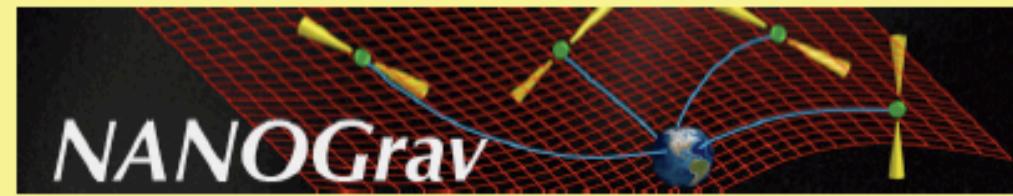
Gravitational wave research

Interferômetros no Espaço: **LISA, ALIA e BBO**

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

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



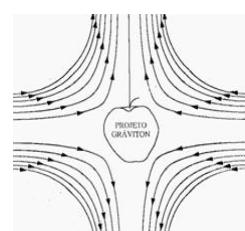
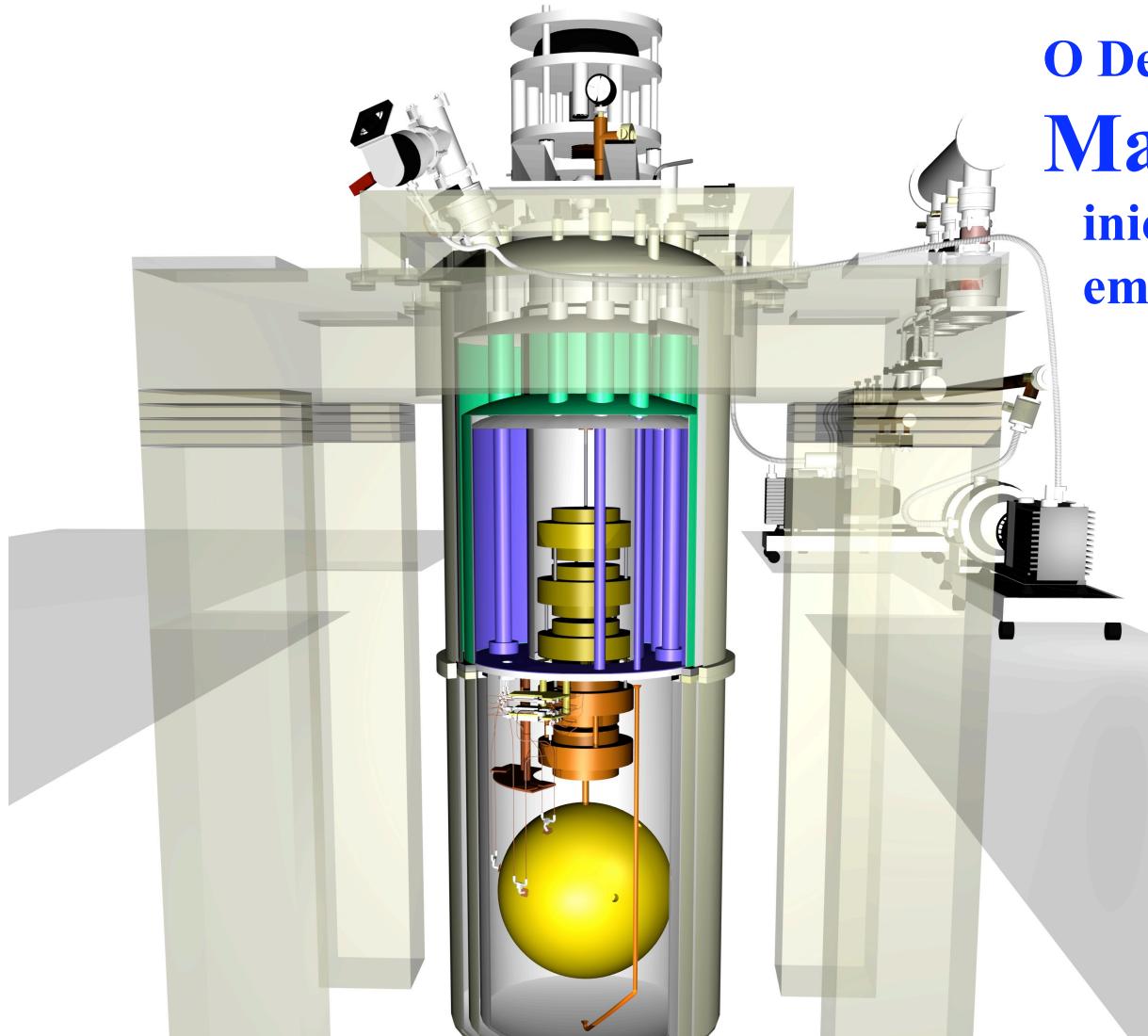


International Pulsar Timing Array (IPTA)

- 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





GRAVITON GROUP

O Detector do Ondas Gravitationais
Mario SCHENBERG
iniciou operação comissionada
em 8 de Setembro de 2006.

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

USP

FAPESP

O grupo brasileiro é referência internacional, ao ser um dos únicos 10 grupos existentes no mundo com detectores na faixa de 10Hz a 10kHz.

Gravitational Wave Detectors

(V. Fafone)

Interferometric

Resonant-Mass

LIGO

ALLEGRO

EXPLORER
VIRGO

MINIGRAIL

GEO

AURIGA

NAUTILUS

LISA

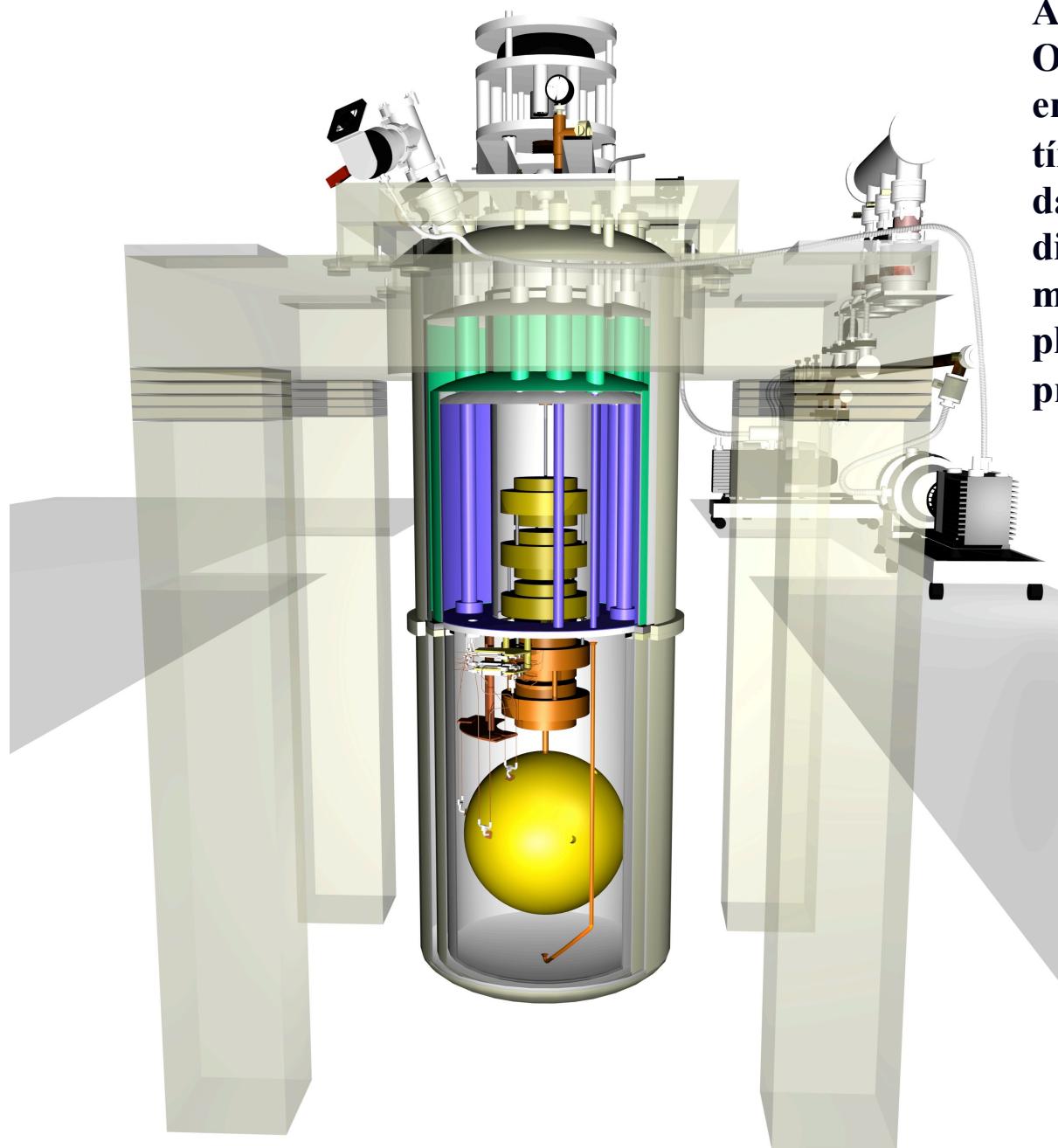
TAMA

LCGT

AIGO
NIOBE

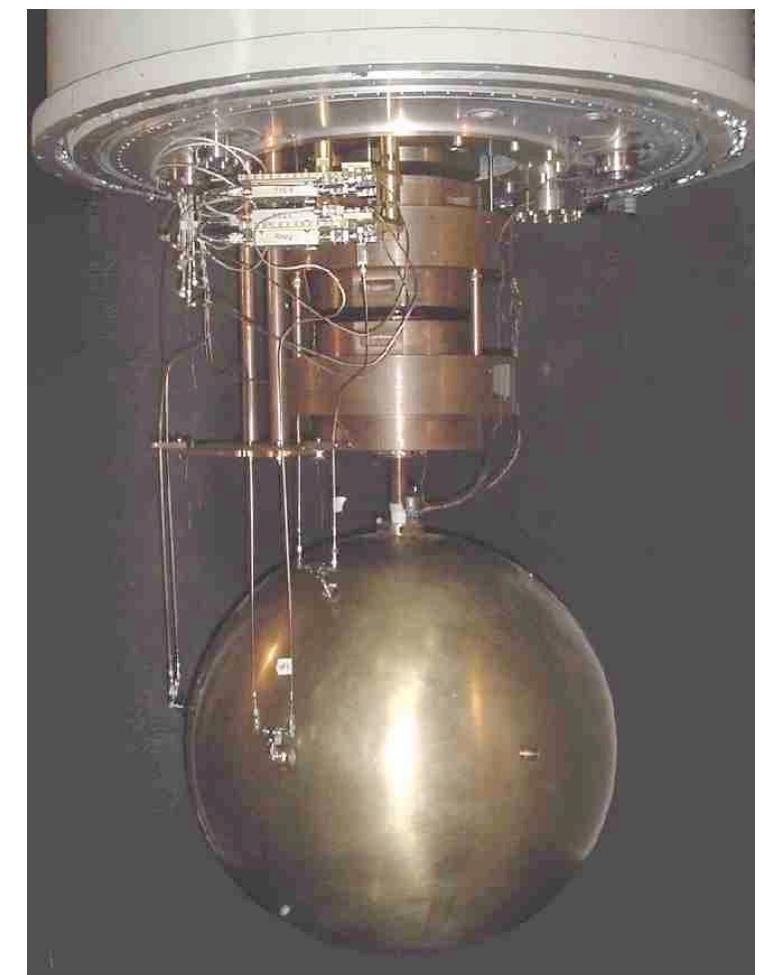
MARIO SCHENBERG

- O detector Schenberg é o primeiro equipado com um conjunto de transdutores paramétricos para detecção de ondas gravitacionais.



O DETECTOR DE ONDAS GRAVITACIONAIS MARIO SCHENBERG

A operação comissionada do detector de Ondas Gravitacionais Schenberg começou em Setembro de 2006, e no ano seguinte já tínhamos os resultados da análise de dados da primeira corrida comissionada e o diagnóstico inicial do detector, com vistas a melhorias e aperfeiçoamentos para o seu pleno funcionamento com a sensibilidade projetada.



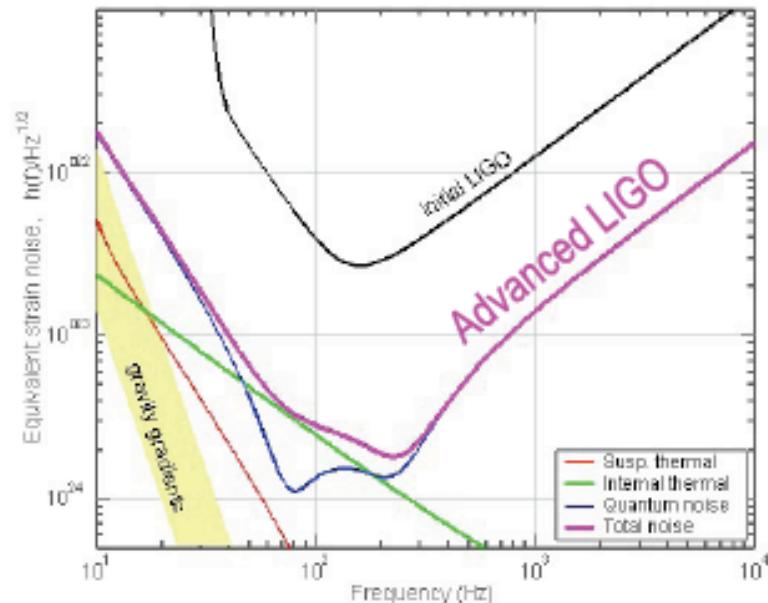
LIGO detectors: near future!

Neutron Star Binaries:

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

Advanced LIGO: ~ 200-300 Mpc

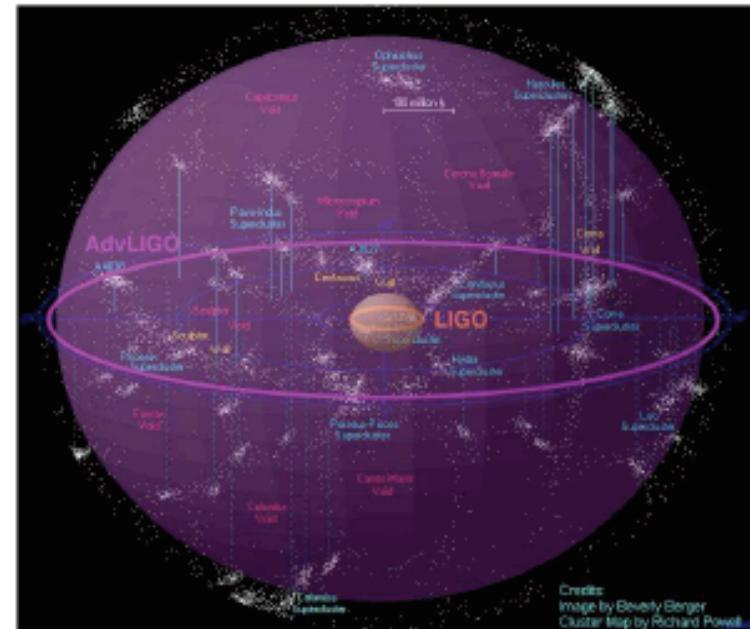
Most likely rate ~ 20-40/year !



US NSF started funding Advanced
LIGO in 2008!

23

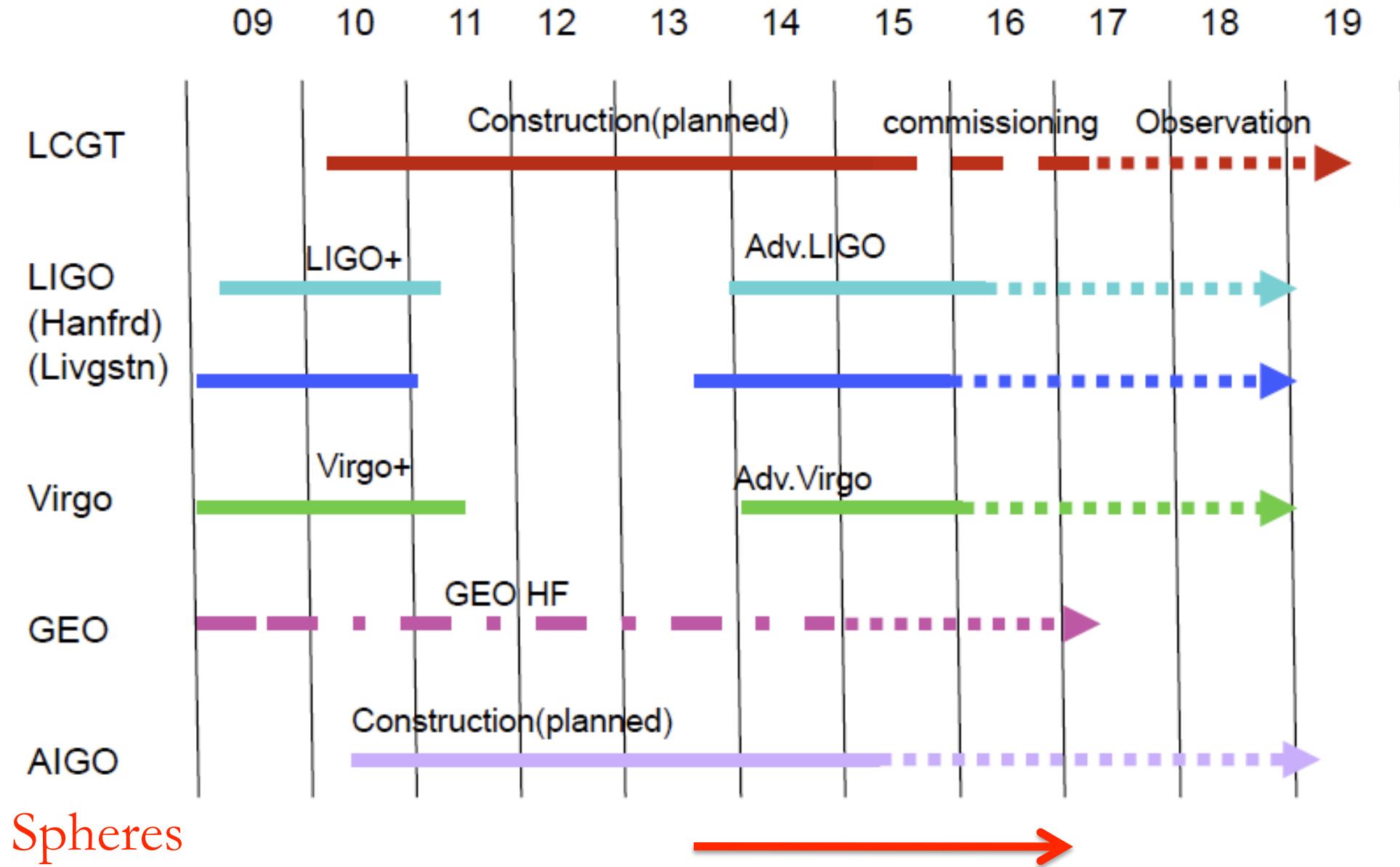
LIGO-G0900923



x10 better amplitude sensitivity
 \Rightarrow **x1000** rate=(reach)³
 \Rightarrow 1 year of Initial LIGO
< 1 day of Advanced LIGO !

LCGT Schedule with other ground projects

Kazuaki Kuroda



Atividades para Teses e Dissertações

■ Experimental

- Criogenia (4K e <0.1K)
- 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

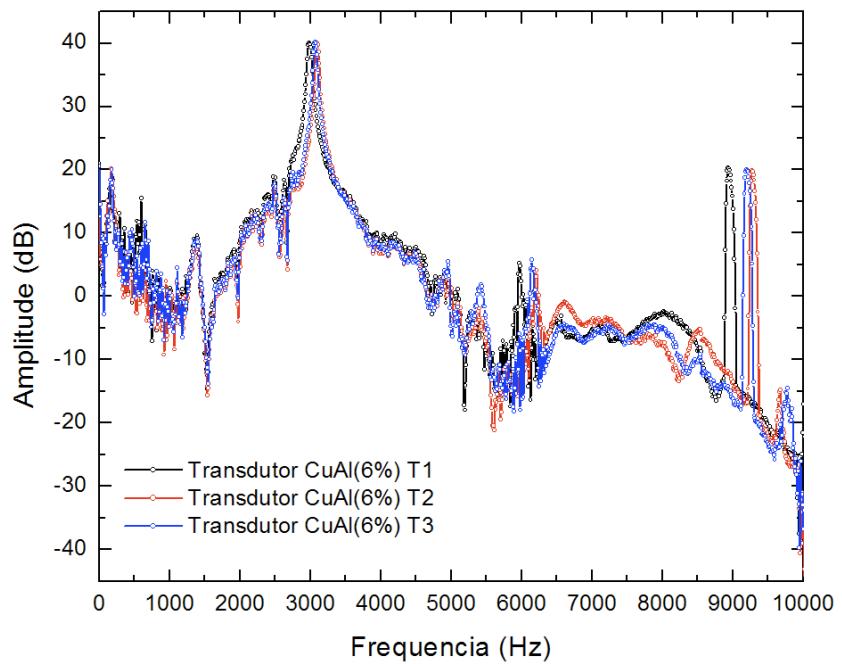


The three initial
transducers:

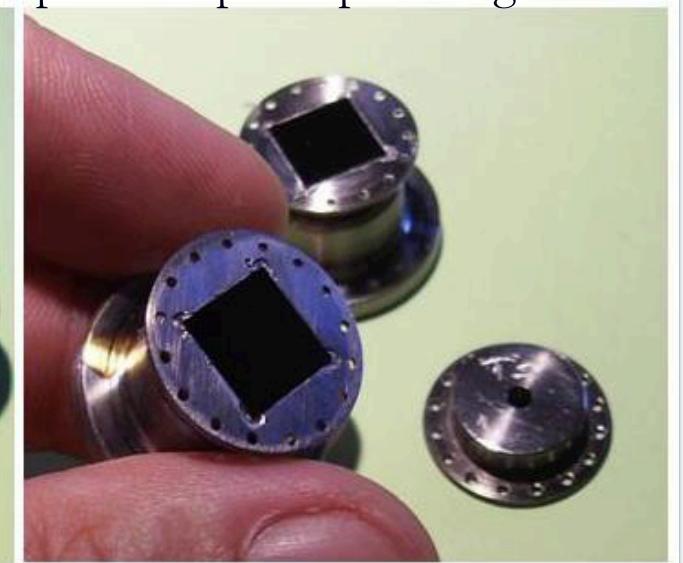
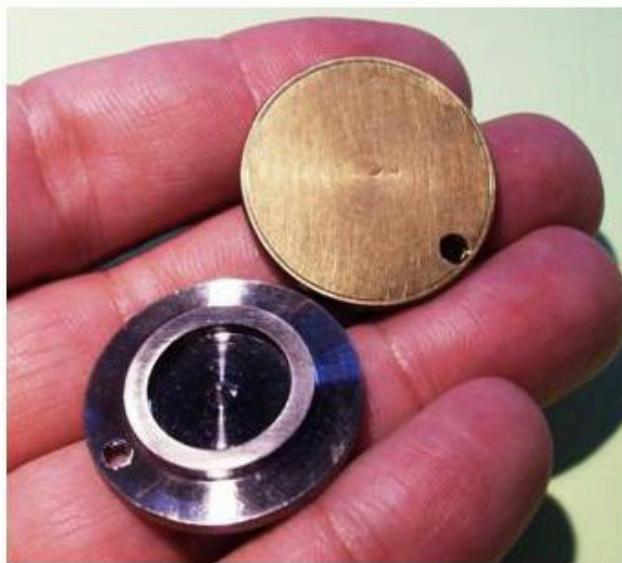
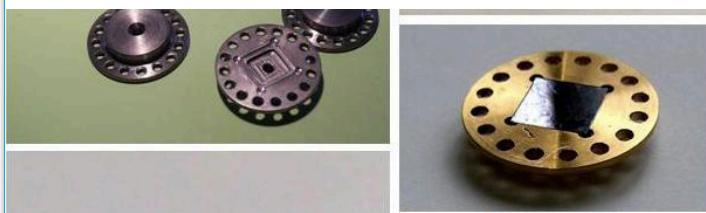
$$Q_e \sim 10^4$$

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)



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

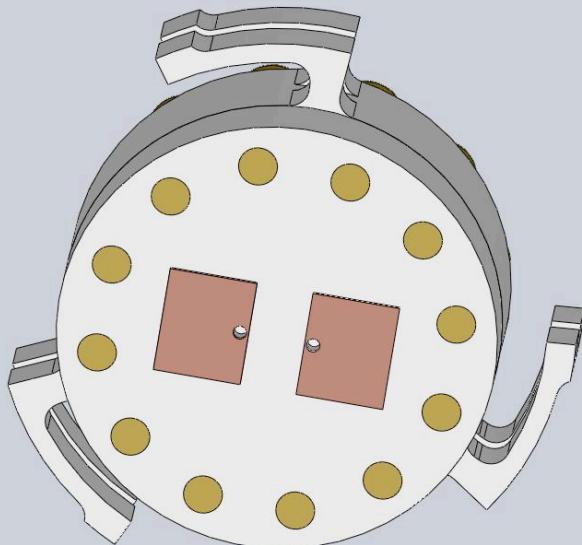
(ii)



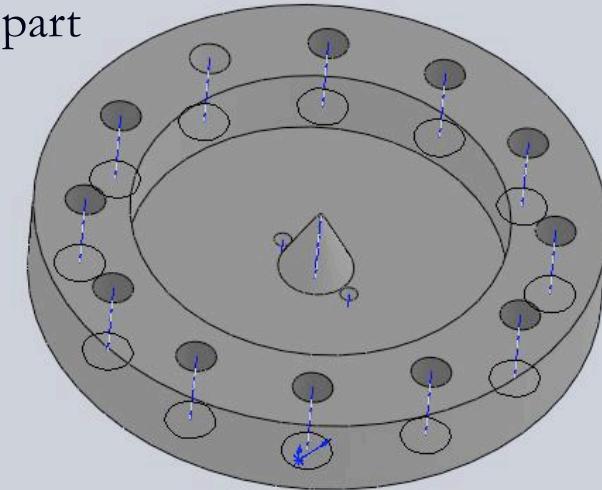
(iii)



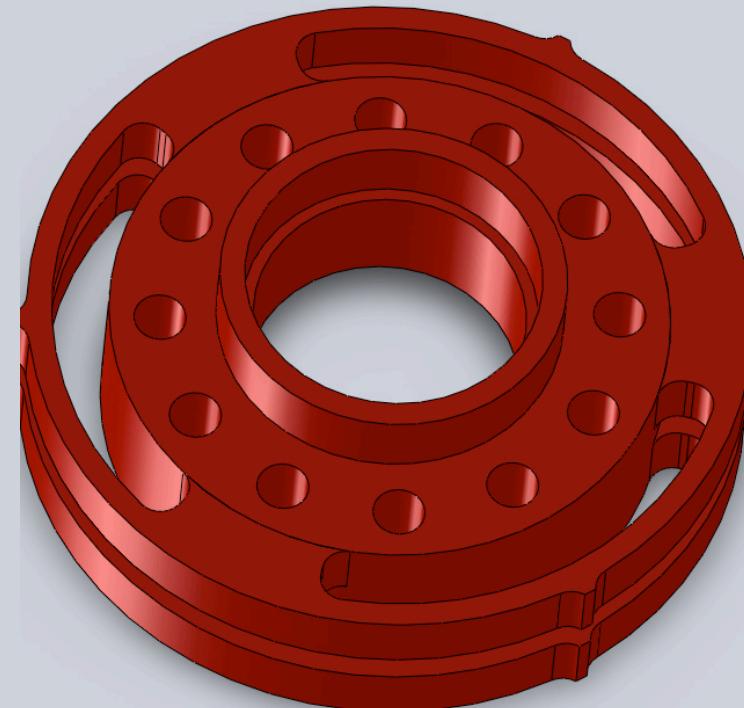
Third design



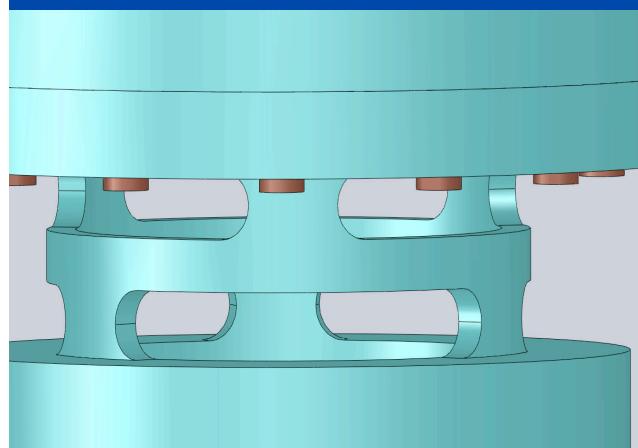
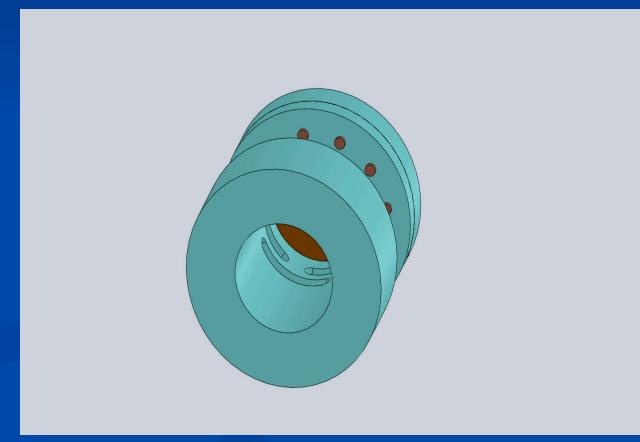
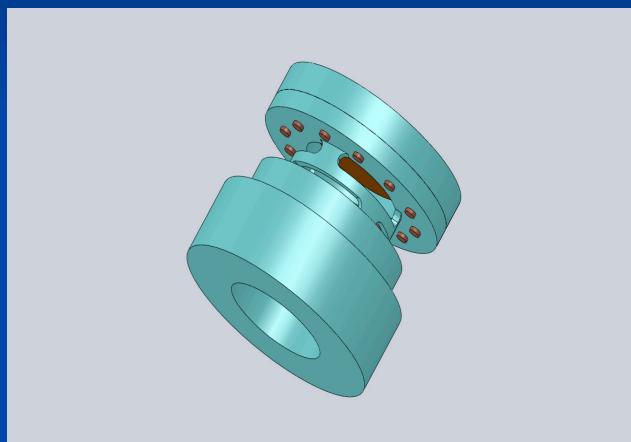
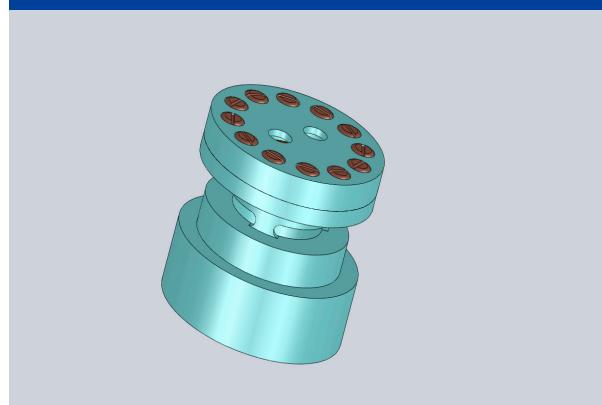
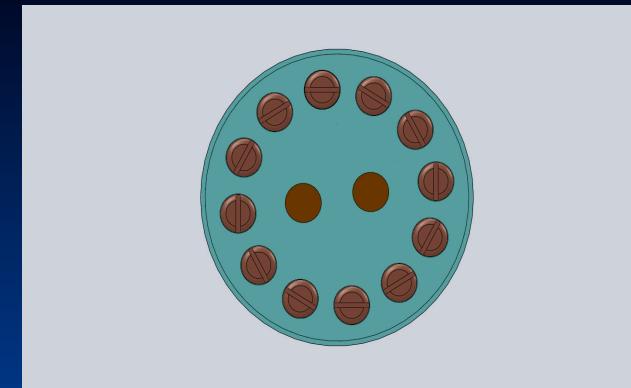
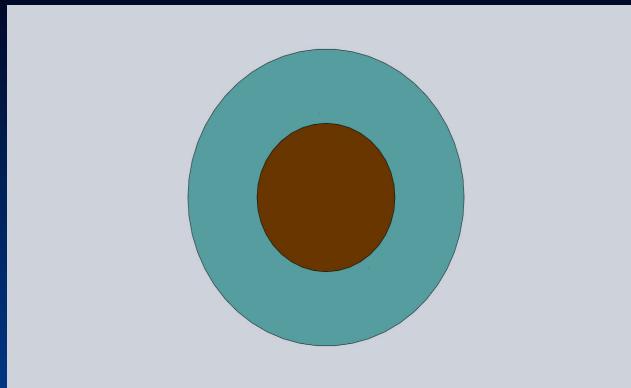
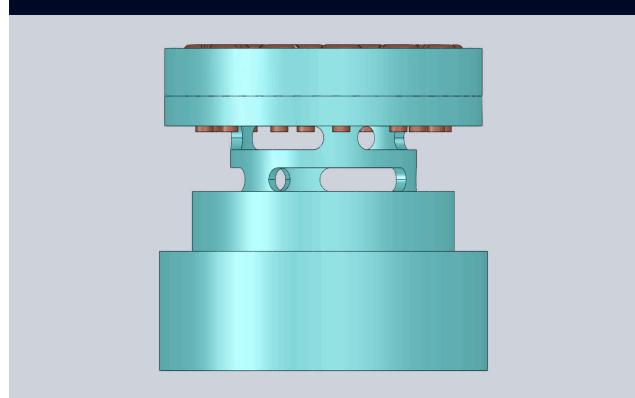
Alumina part



Fourth design

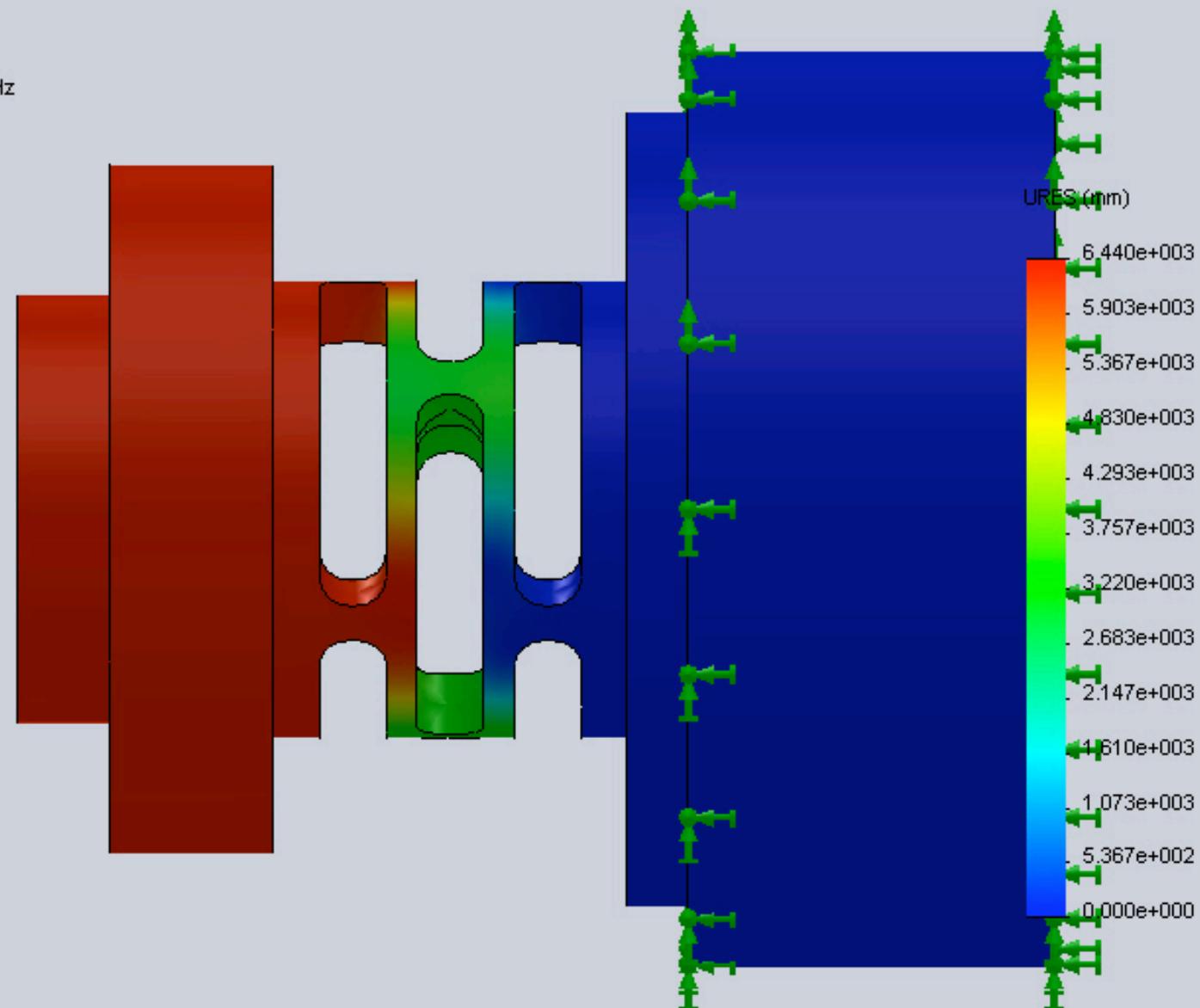


Niobium part



Fifth design

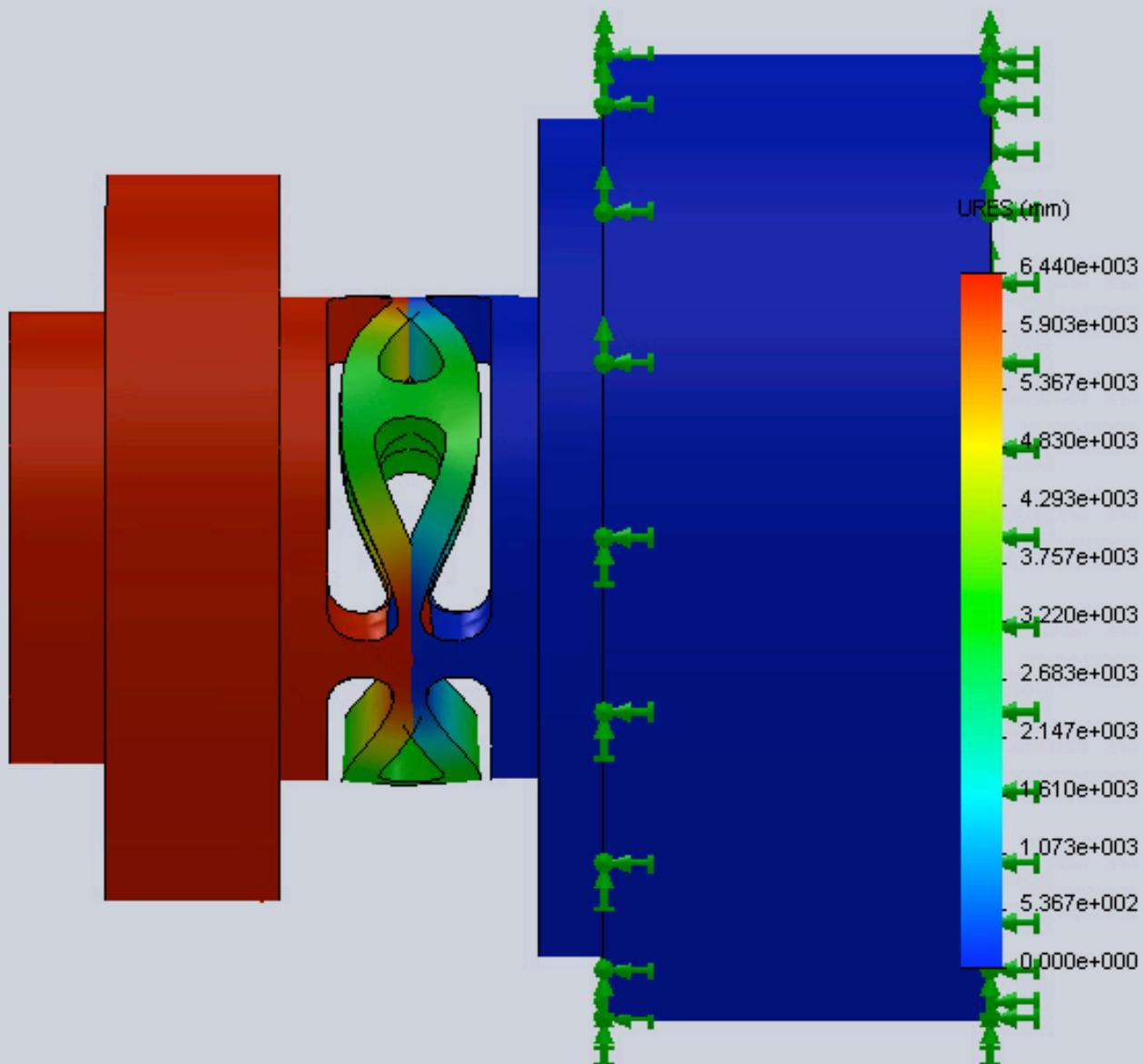
Model name: montagemMb2
Study name: Study 9
Plot type: Frequency Displacement3
Mode Shape : 3 Value = 3399.6 Hz



Fifth design

Educational Version. For Instructional Use Only

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



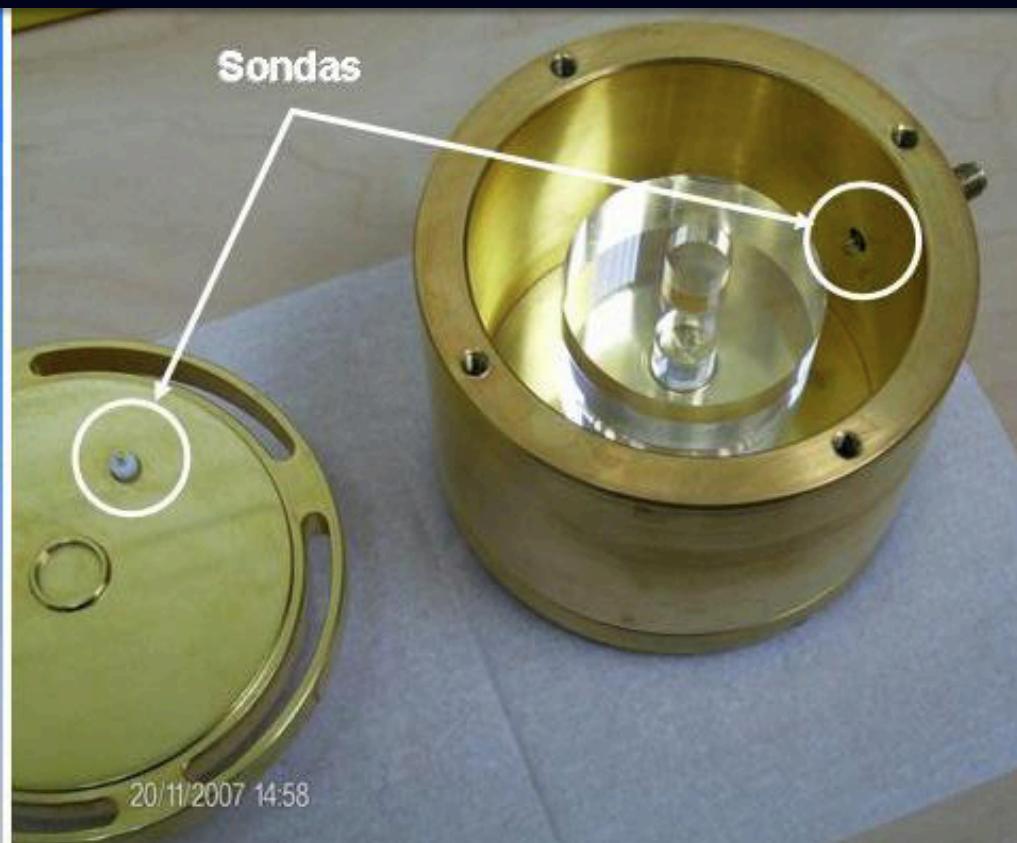
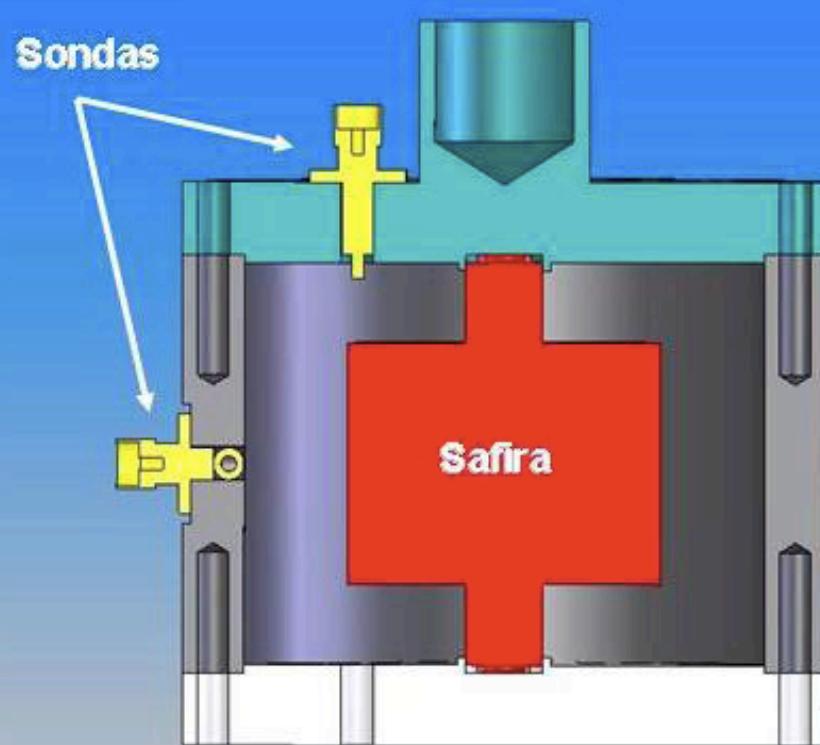
Fifth design

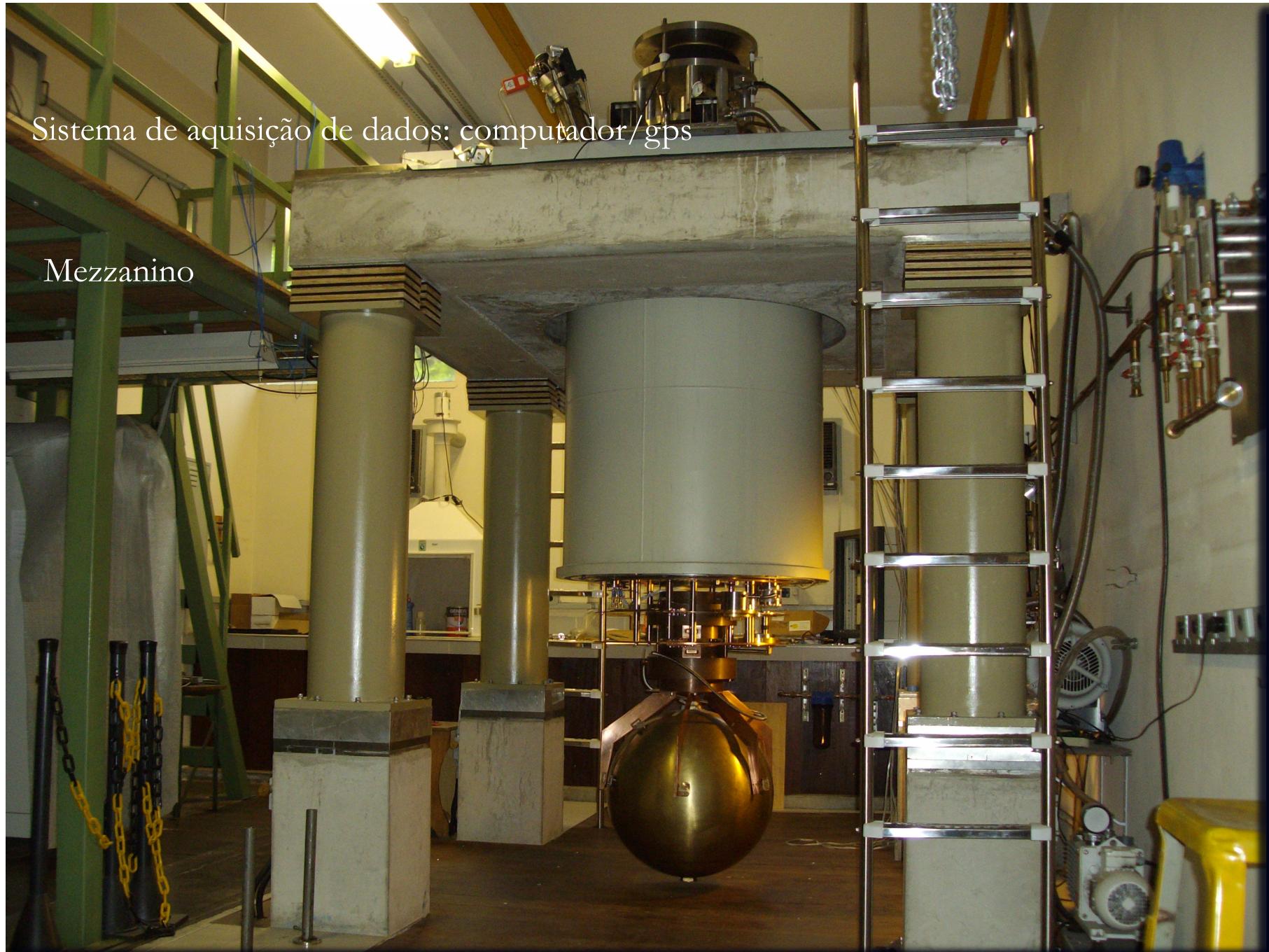
Educational Version. For Instructional Use Only



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.





Sistema de aquisição de dados: computador/gps

Mezzanino

Linha
de
retorno
do gás
hélio

A esfera foi levantada 1.5 m e immobilizada. Foi construído um piso de madeira abaixo desta, tornando o trabalho de montagem mas fácil. Foram construídos duas escadas tipo “piscina” de nove degraus para se ter acesso à parte superior do detector.

Multi-Nested Pendula Vibration Isolation System for Cryogenic Advanced LIGO



Nos últimos 16 anos (1998-2013), no grupo da DAS:

- 11 doutorados concluídos (Herman, Kilder, Andrade, José Melo, César, Sérgio, Márcio, Dennis, Cláudio Brandão, Eduardo e Sérgio de Souza);
 - 14 mestrados concluídos (Andrade, César, Sérgio, José Melo, Carla, Emílio, Cláudio, Márcio, Eduardo, Edgard, Pedro, Natália, Patrick e Márcio Constâncio Jr.);
 - 4 trabalhos de graduação do ITA concluídos (e várias outras iniciações científicas).
 - 5 orient. de doutorado em andam. (Edgard, Pedro, Carlos, Márcio e Enrique);
 - 3 orientações de mestrado em andamento (Carolina, Elvis e Luiz);
- Antes disso, tivemos apenas três doutorados concluídos no Brasil na área (Walter Velloso (Orientador: Pacheco), Nadja Magalhães (Orientador: Escobar), Carlos Frajua (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.