

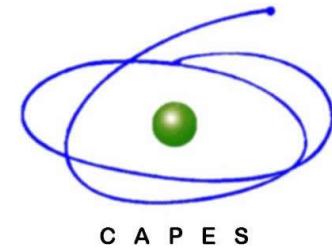
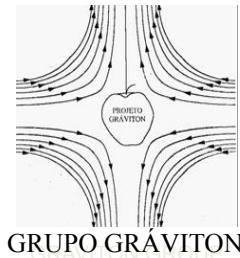
# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES DA ANTENA SCHENBERG

## MOLAS DE GÁS PARA O SISTEMA DE PÊNDULOS MULTI-ANINHADOS

Elvis Camilo Ferreira (Doutorado)

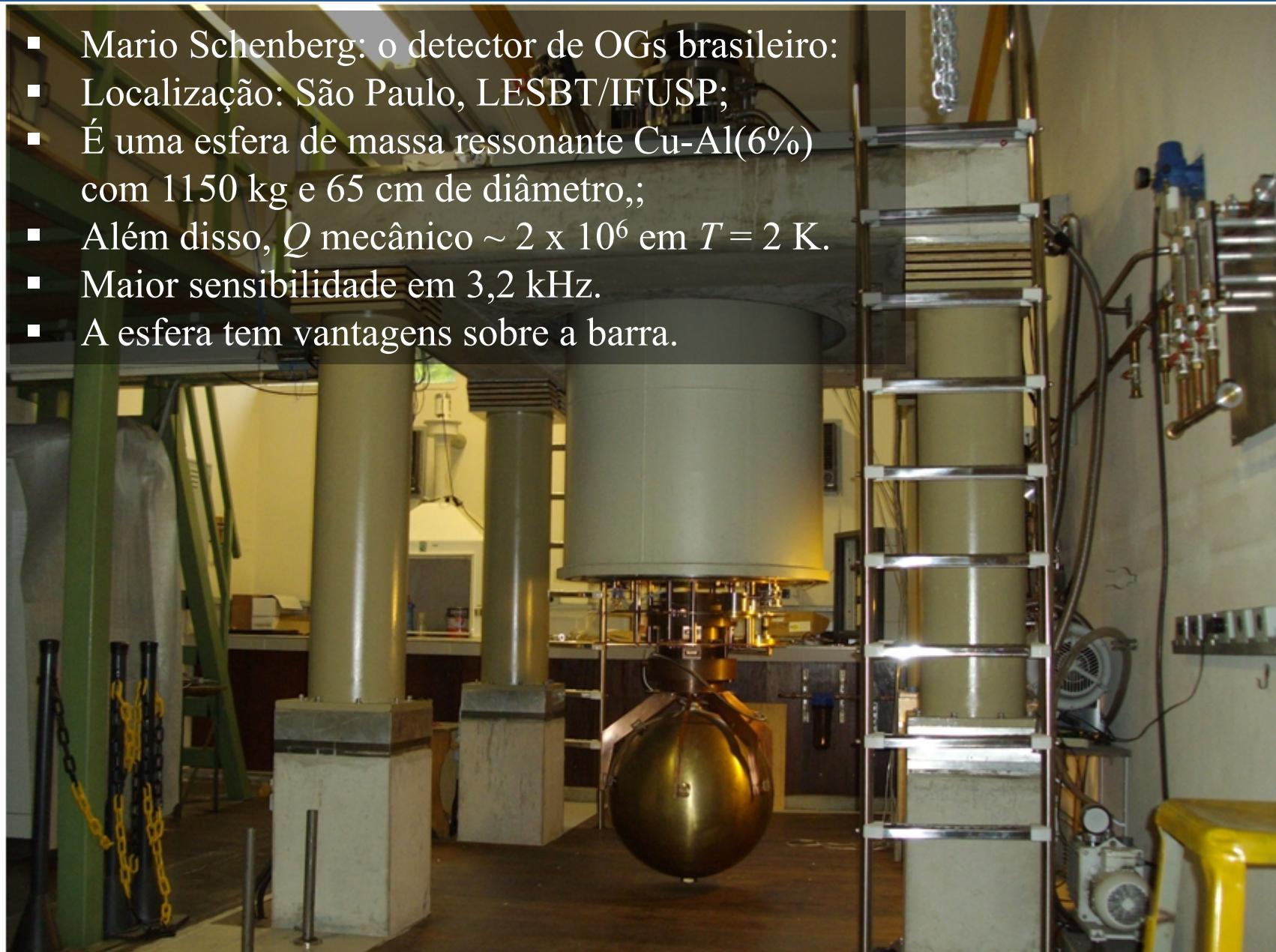
Orientador: Dr. Odylio Denys de Aguiar

Workshop DAS, 09 de abril de 2014.



## DETECTOR DE MARIO SCHENBERG

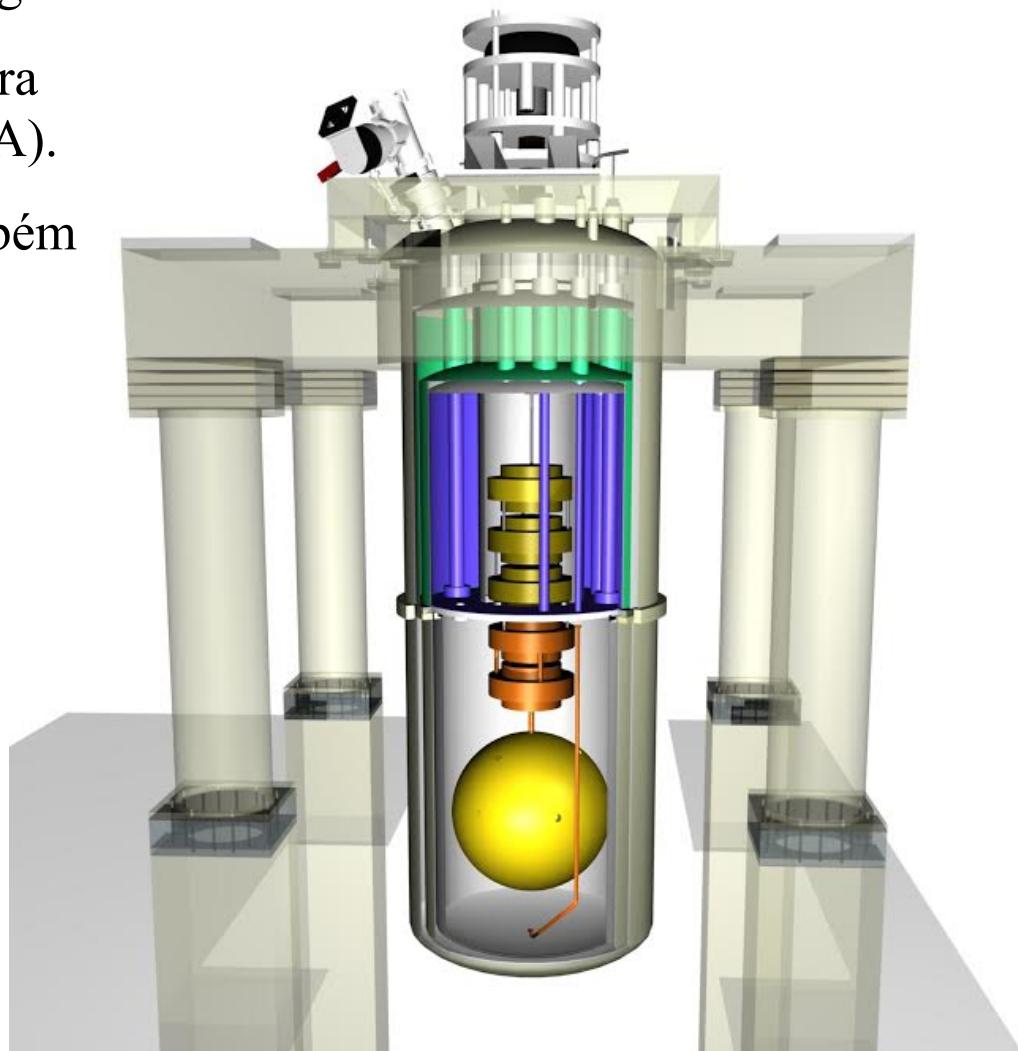
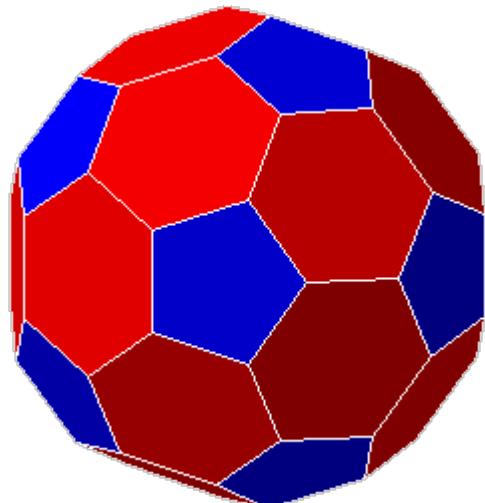
- Mario Schenberg: o detector de OGs brasileiro;
- Localização: São Paulo, LESBT/IFUSP;
- É uma esfera de massa ressonante Cu-Al(6%) com 1150 kg e 65 cm de diâmetro,;
- Além disso,  $Q$  mecânico  $\sim 2 \times 10^6$  em  $T = 2$  K.
- Maior sensibilidade em 3,2 kHz.
- A esfera tem vantagens sobre a barra.



# DETECTOR DE MARIO SCHENBERG

## Disposição dos transdutores

- A esfera possui cinco modos quadrupolares de massa efetiva 287 kg.
- O arranjo dos transdutores na esfera obedece um icosaedro truncado (TIGA).
- O modo monopolar da esfera também pode ser monitorado.

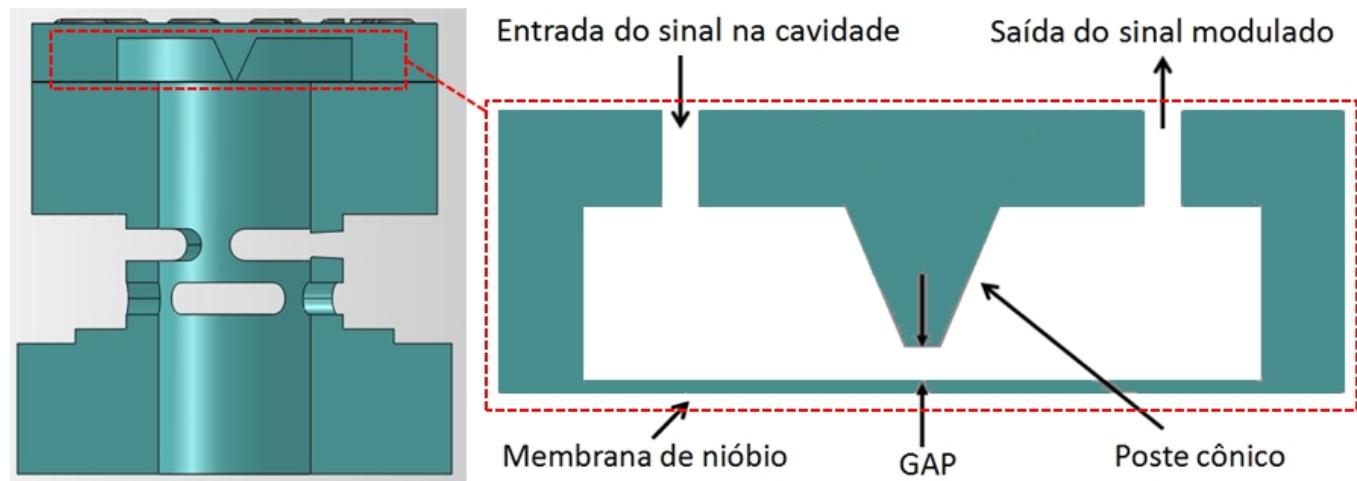
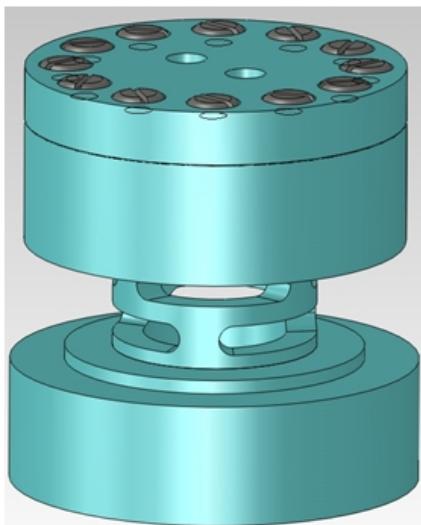


- Os transdutores ressonantes paramétricos serão acoplado à antena.



# DETECTOR DE MARIO SCHENBERG

Transdutores



A amplitude de oscilação mecânica terá um ganho  $\sim 10^4$ .

Ressonância mecânica da membrana: 3,2 kHz.



Essa configuração forma uma capacitância e uma indutância na cavidade, que determinam a frequência de ressonância.

Meta: ressonância elétrica da cavidade em 9,44 GHz.  
(fonte do sinal, oscilador de Safira)

*Gap de 3 microns.*

# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES

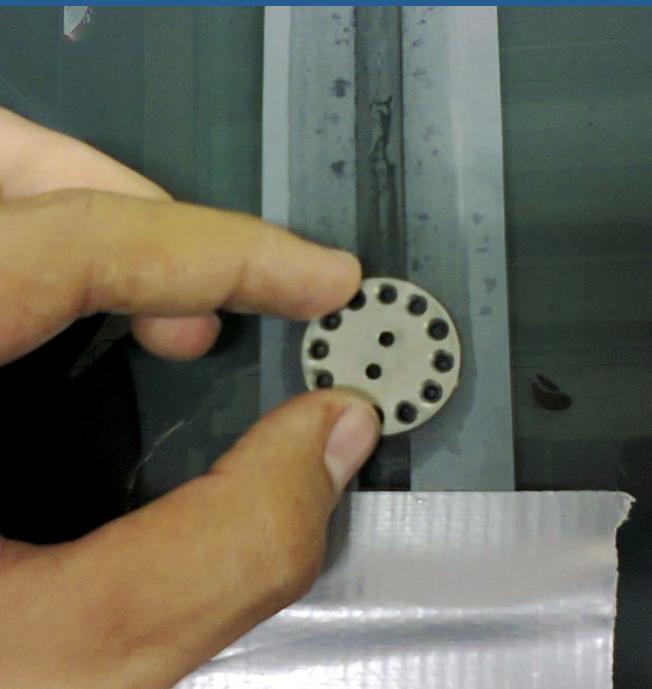
Torno mecânico



Resultado preliminar: *gaps* eram ~100 mícrons  
e se tornaram 10-20 mícrons

# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES

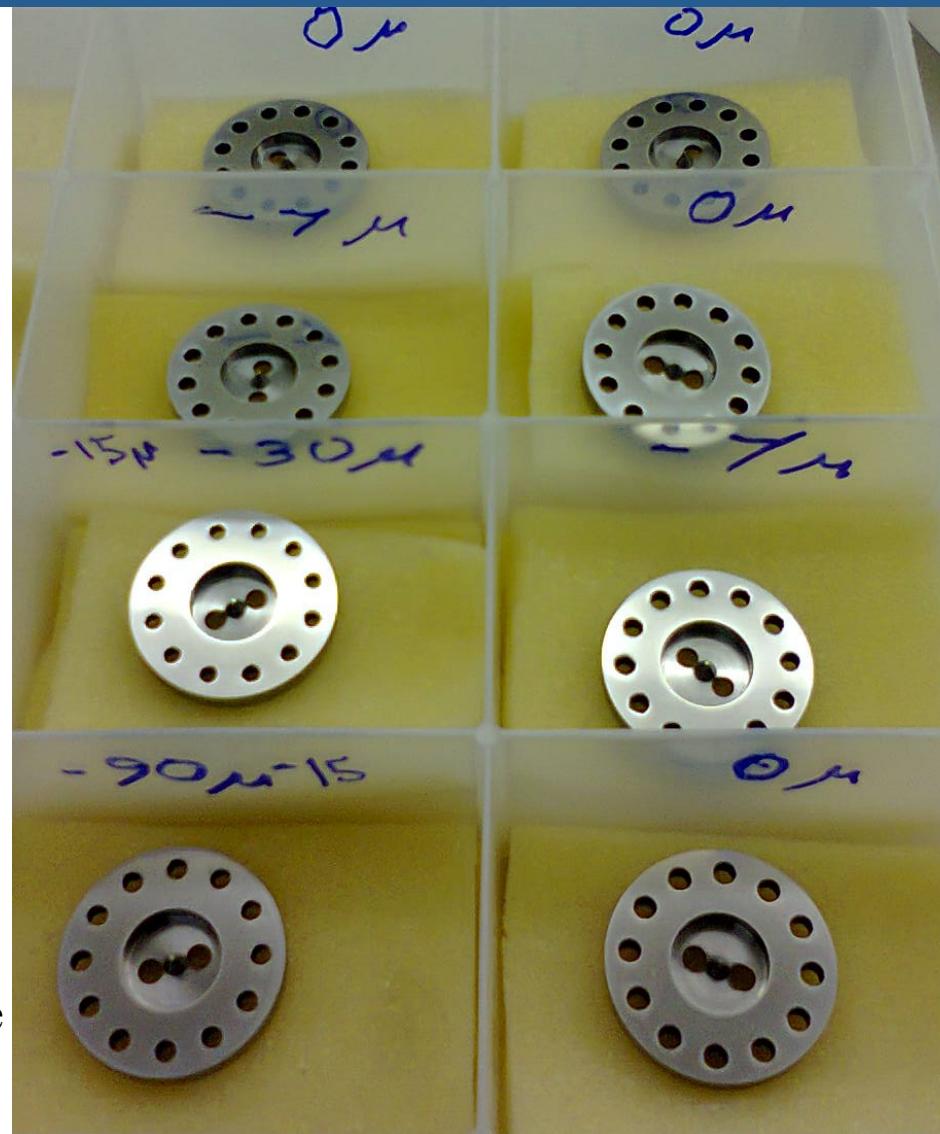
## Lixamento Manual

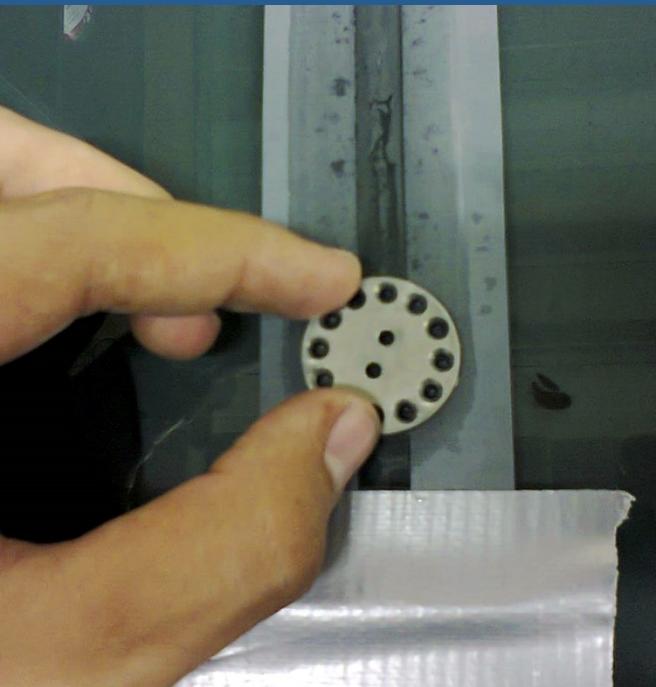


Irregularidades no procedimento anterior  
→ Lixamento manual.

Lixas 600, 1200 e 2000.

As amostras obtiveram um ótimo acabamento e  
os *gaps* se reduziram para a ordem de grandeza  
esperada.





Irregularidades no procedimento anterior  
→ Lixamento manual.

Lixas 600, 1200 e 2000.

As amostras obtiveram um ótimo acabamento e os *gaps* se reduziram para a ordem de grandeza esperada.

| Amostra | Gap médio aproximado [em $\mu\text{m}$ ] |
|---------|--|
| 1       | 0  |
| 2       | 0  |
| 3       | 0  |
| 4       | -7                                       |
| 5       | 0  |
| 6       | -15                                      |
| 7       | 0  |
| 8       | -15                                      |

# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES Montagem das cavidades



# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES

# Reajuste das cavidades



# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES

# Reajuste das cavidades

| Amostra | $f_0^{\text{cav}}$ [GHz] |             |             |             |             |
|---------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | Etapa 1                  | Etapa 2     | Etapa 3     | Etapa 4     | Etapa 5     |
| 1       | 12,76                    | 12,88       | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> |
| 2       | 12,44                    | 12,32       | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> |
| 3       | 13,40                    | 13,88       | 13,36       | 13,16       | 12,76       |
| 4       | 10,96                    | 10,92       | <b>9,88</b> | <b>9,88</b> | <b>9,88</b> |
| 5       | 13,12                    | 13,28       | 13,00       | 12,76       | 12,64       |
| 6       | 12,64                    | 13,20       | 12,36       | 12,00       | 11,74       |
| 7       | <b>9,76</b>              | <b>9,76</b> | <b>9,76</b> | <b>9,76</b> | <b>9,76</b> |
| 8       | 11,28                    | 11,28       | 10,60       | 10,08       | <b>9,48</b> |

| Amostra | $f_0^{\text{cav}}$ [GHz] |             |             |             |
|---------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
|         | Etapa 6                  | Etapa 7     | Etapa 8     | Etapa 9     |
| 1       | <b>9,52</b>              | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> |
| 2       | <b>9,52</b>              | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> | <b>9,52</b> |
| 3       | 12,72                    | 12,32       | 12,06       | 11,08       |
| 4       | <b>9,88</b>              | <b>9,88</b> | <b>9,88</b> | <b>9,88</b> |
| 5       | 12,08                    | 11,92       | 11,56       | 10,54       |
| 6       | (nenhum pico)            | 12,52       | 12,20       | 12,13       |
| 7       | <b>9,76</b>              | <b>9,76</b> | <b>9,76</b> | <b>9,76</b> |
| 8       | <b>9,48</b>              | <b>9,48</b> | <b>9,48</b> | <b>9,48</b> |

# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES

Instalação

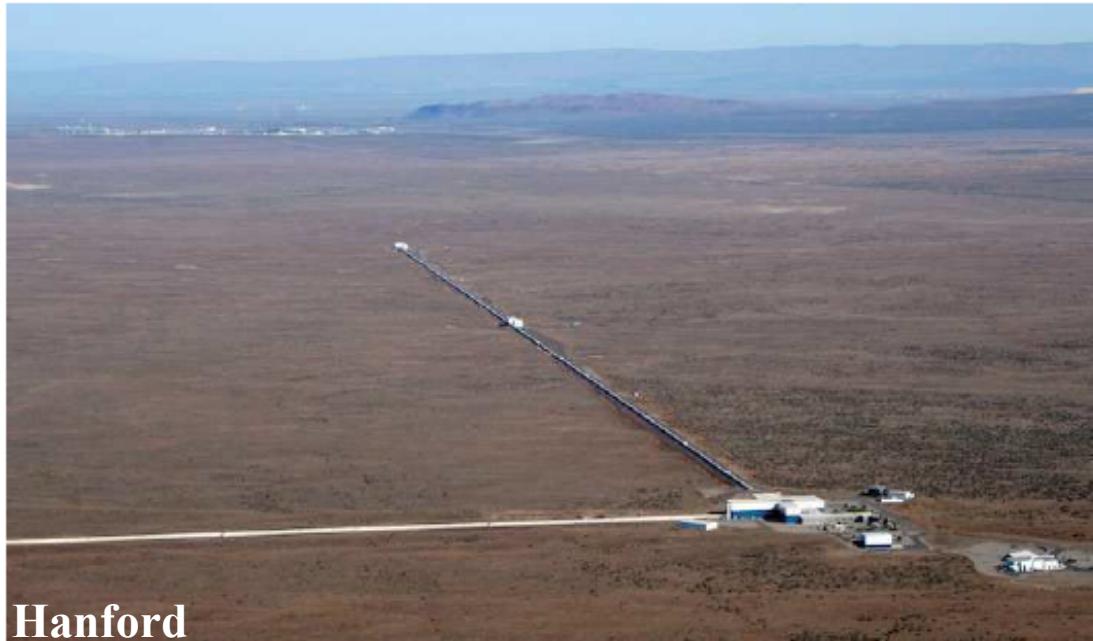
Instalação



Testes.



# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO LIGO



Hanford



Livingstone

braços de 4 km de comprimento

$\sim$ 3000 km

$h \sim 10^{-21} / \sqrt{\text{Hz}}$

- O detector está sendo atualizado para *Advanced LIGO* (ou aLIGO), previsto para ser ligado em 2014.

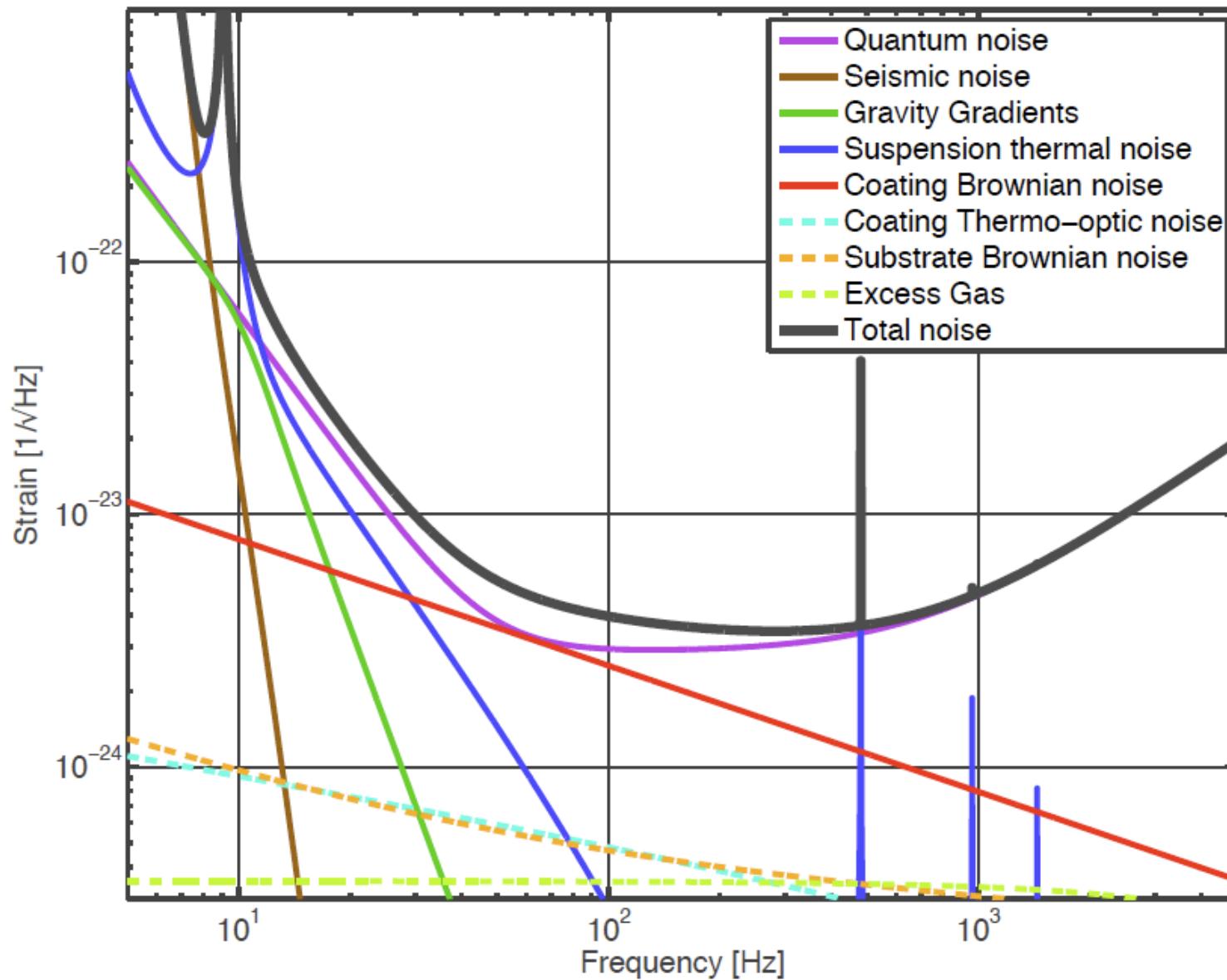
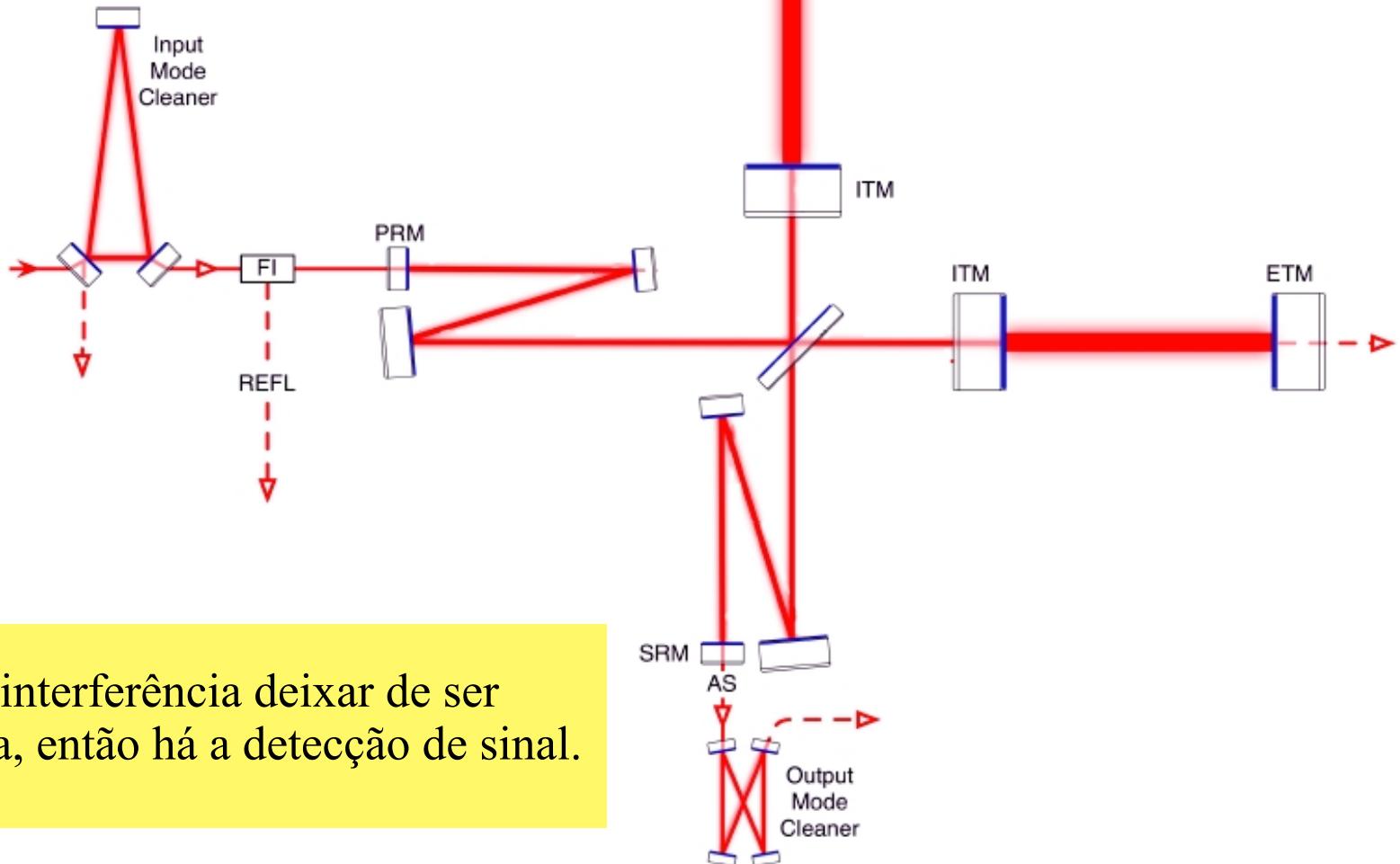


Figure 2: Baseline aLIGO Noise Budget (GWINC v2.0). Power into the interferometer is 125 W. Arm cavity power is 730 kW. SRM position is tuned to 0 deg for broadband operation.

# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO

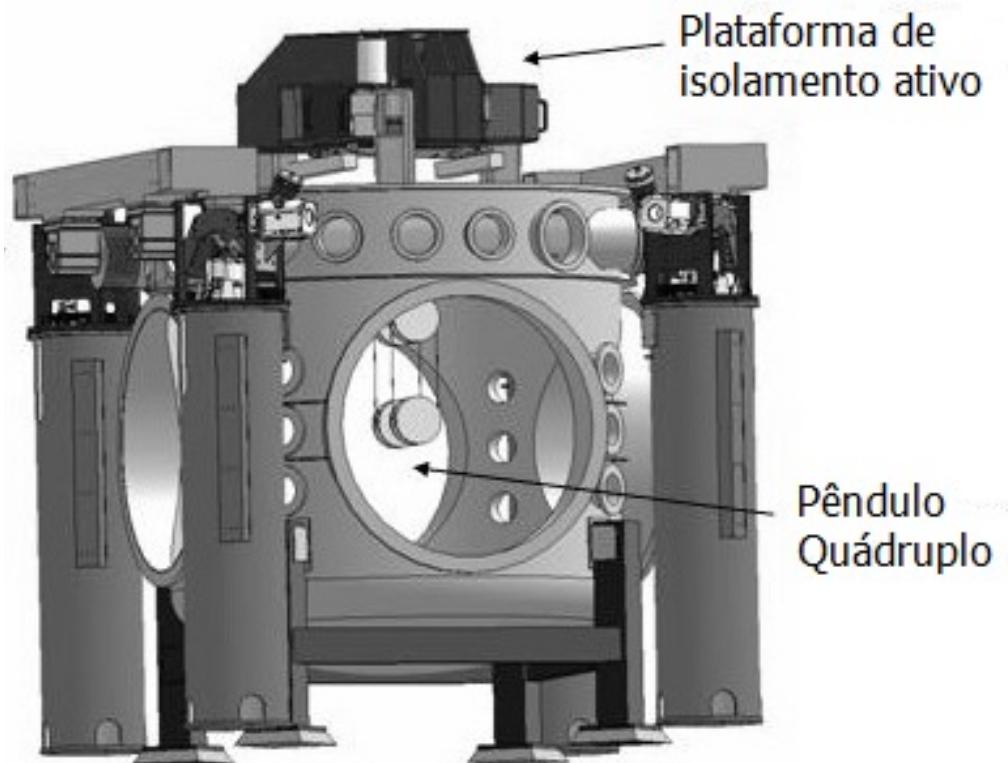
*Advanced LIGO*

Configuração do aLIGO



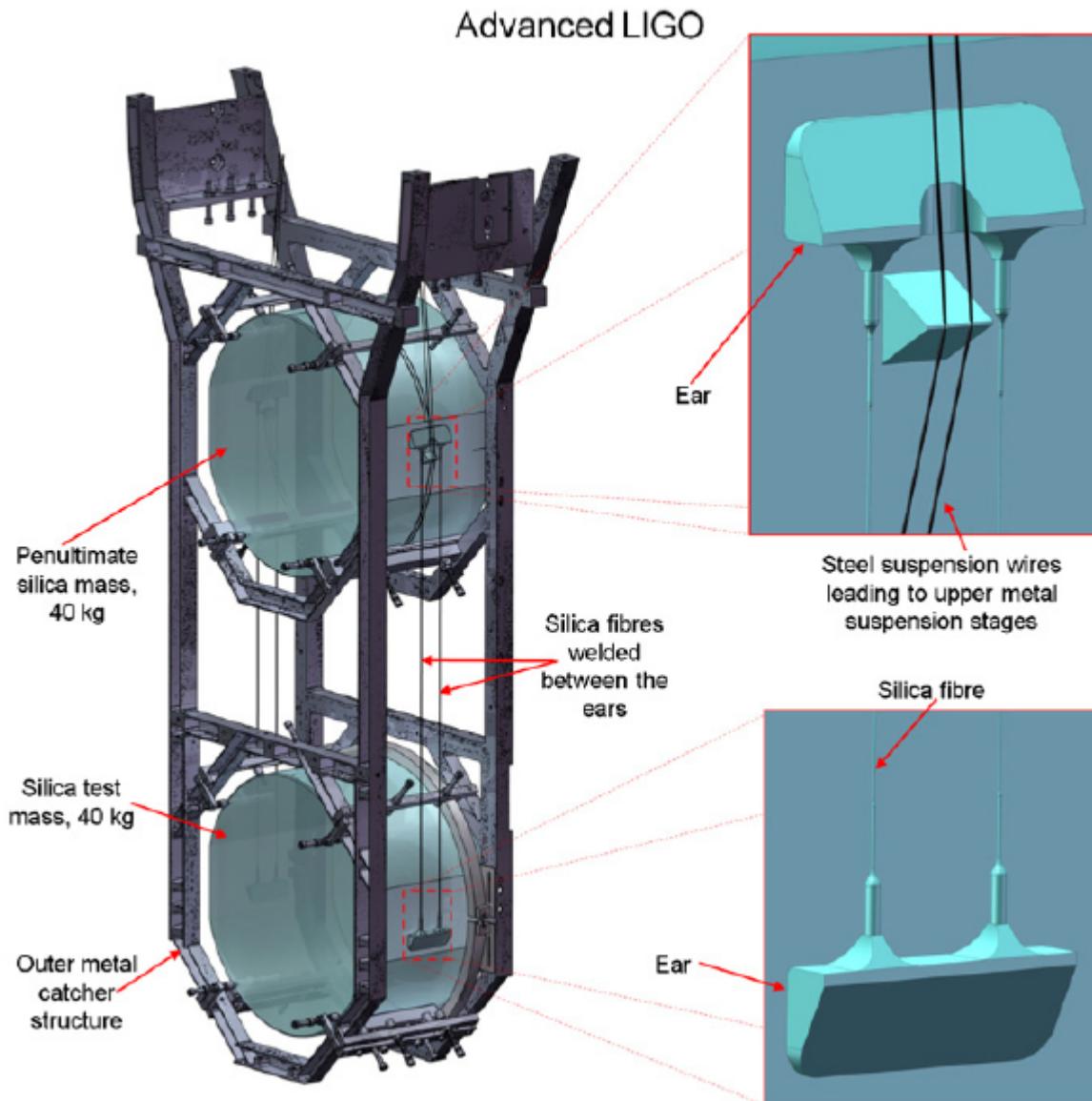
# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO

# Isolamento sísmico



# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO

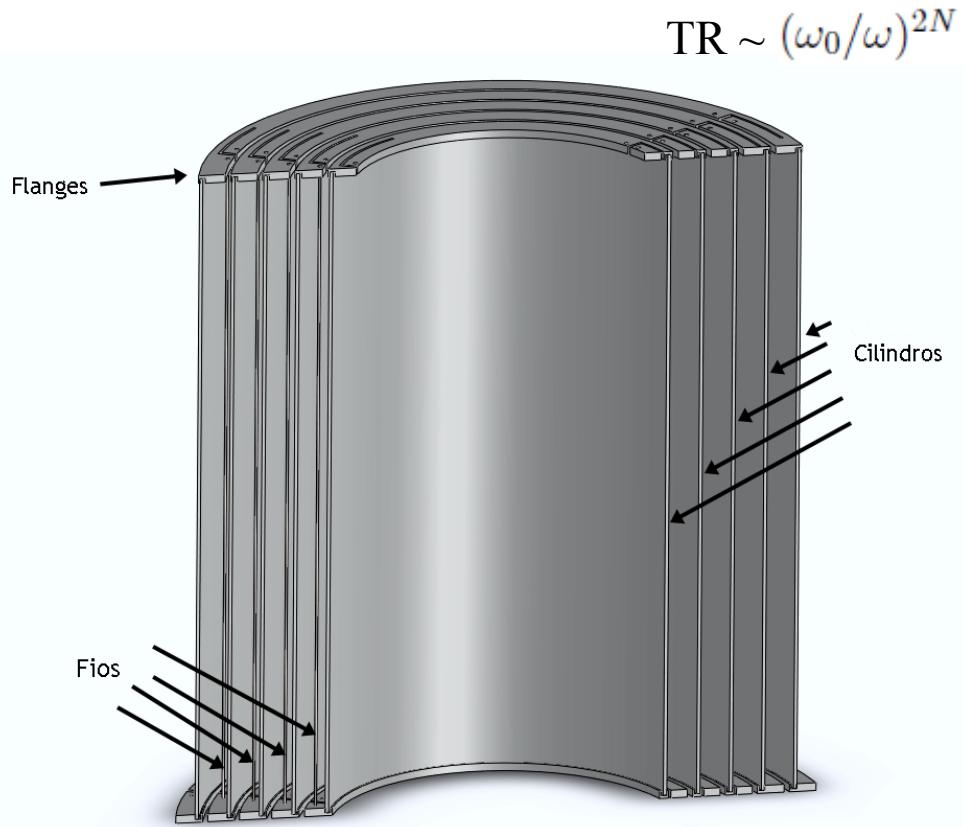
# Isolamento sísmico



# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO

# Sistema de Pêndulos Multi-Aninhados

Proposta do Multi-Nested Pendula (MNP): Isolamento adicional passivo em baixas frequências para o sistema de suspensão.



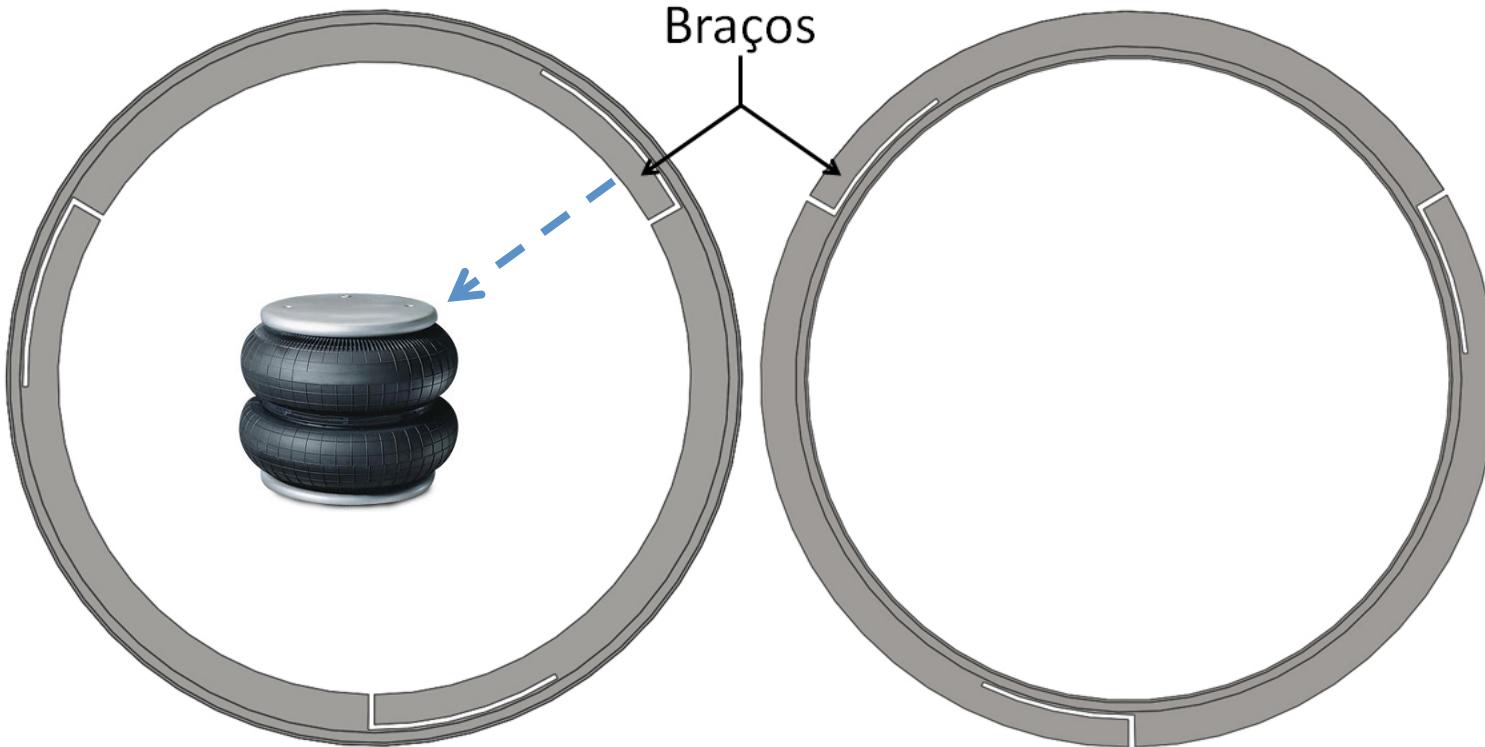
$$TR \sim (\omega_0/\omega)^{2N}$$

O movimento pendular é responsável pela atenuação de vibrações horizontais e os braços atuam como molas, atenuando as vibrações verticais.

# MOLAS DE GÁS PARA ISOLAMENTO VERTICAL

Adicionar filtros ao MNP, substituindo os braços dos flanges por molas de gás:  
isolamento vertical.

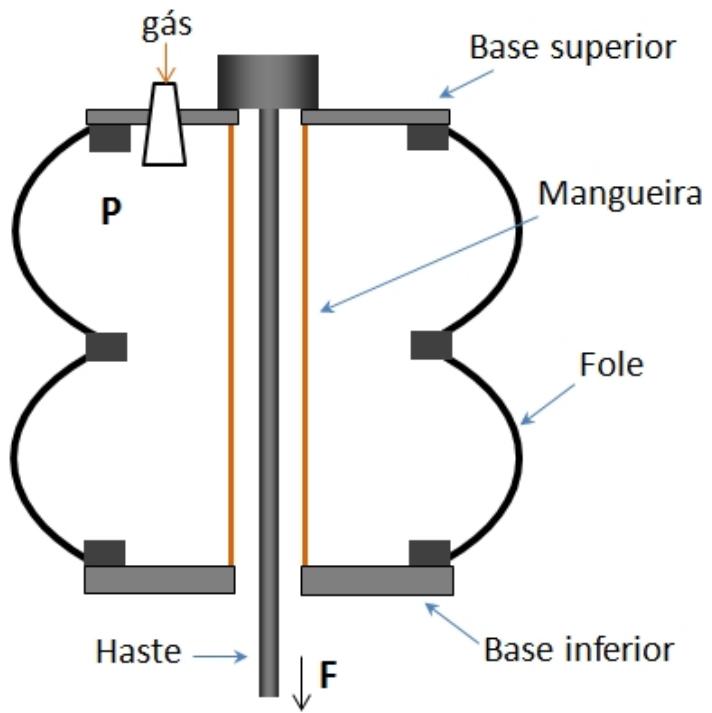
Movimentos verticais podem gerar movimentos horizontais por um fator  $<10^{-2}$ , e ruídos.



Controle da constante elástica, independentemente em cada haste do MNP.  
Maior controle da estabilidade e amortecimento do sistema.

# MOLAS DE GÁS

Protótipo



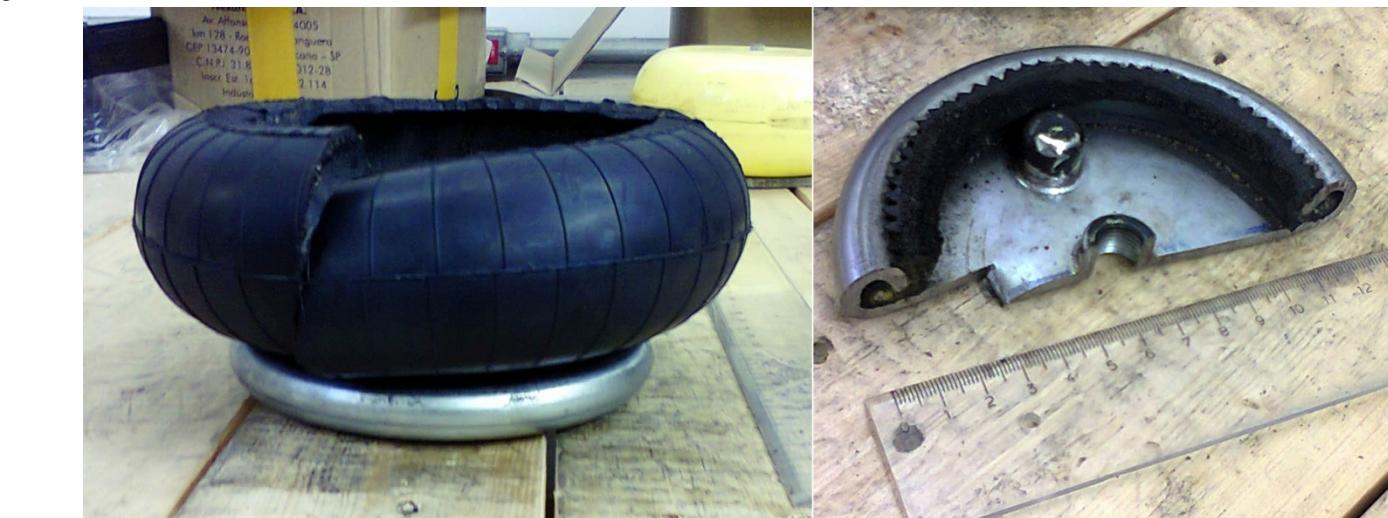
| Diâmetro máximo | Altura mínima | Percentual aproximado de isolamento à 6,7 Hz |
|-----------------|---------------|--|
| 218,4 mm        | 80,0 mm       | 91,0   |

# MOLAS DE GÁS

## Protótipo

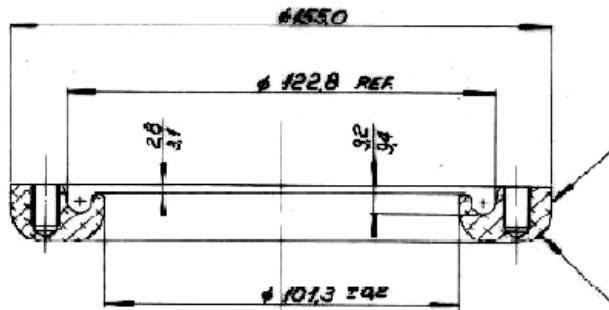


Após medições de  
transmissibilidade

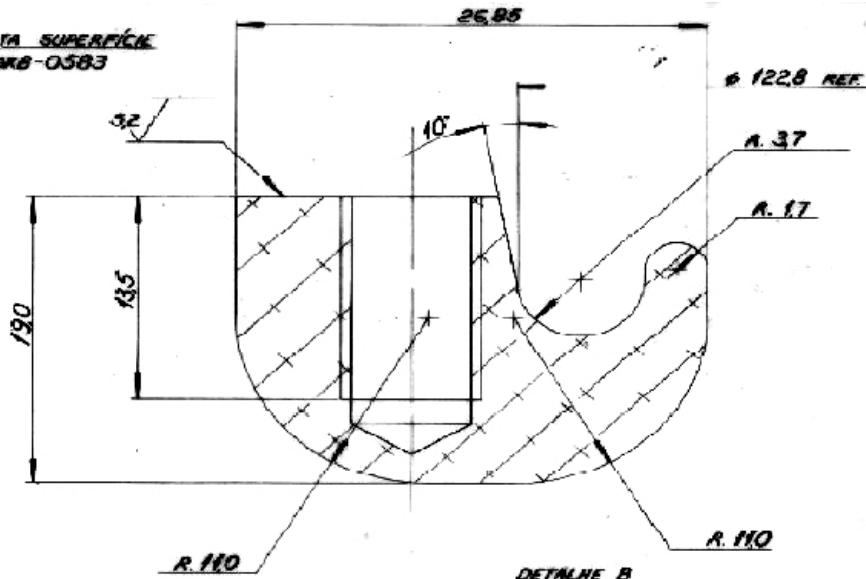


# MOLAS DE GÁS

Protótipo

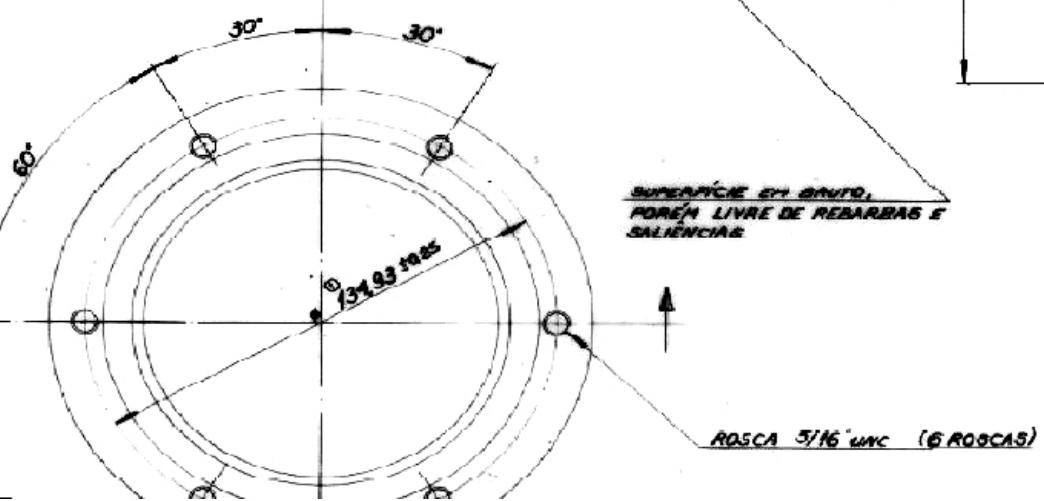


GRAMAR NESTA SUPERFÍCIE  
26/116 - ARB-0583



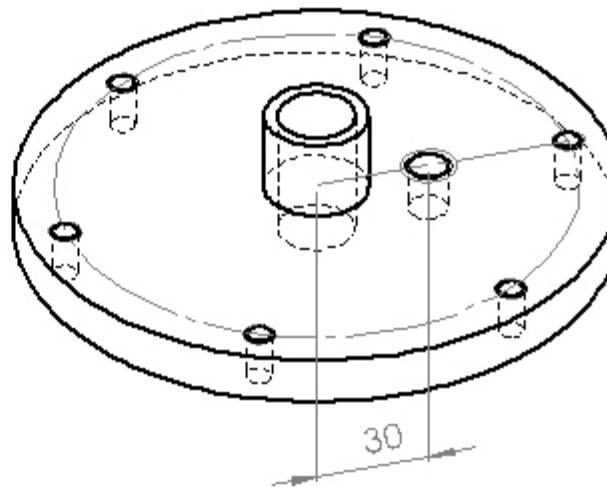
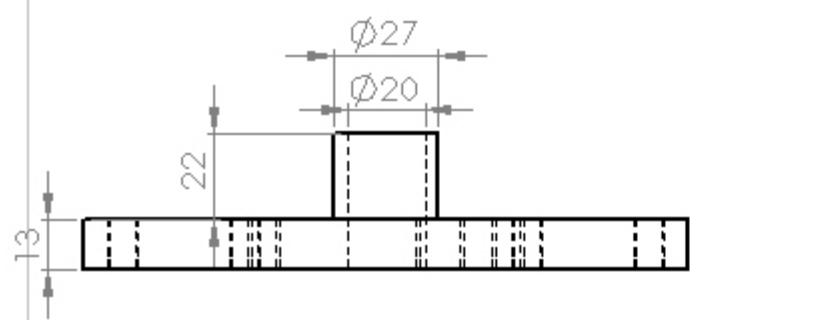
DETALHE B  
ESC. 5-1

TOLERANCIA LINEAR: ±0.25mm  
TOLERANCIA ANGULAR: ±30°

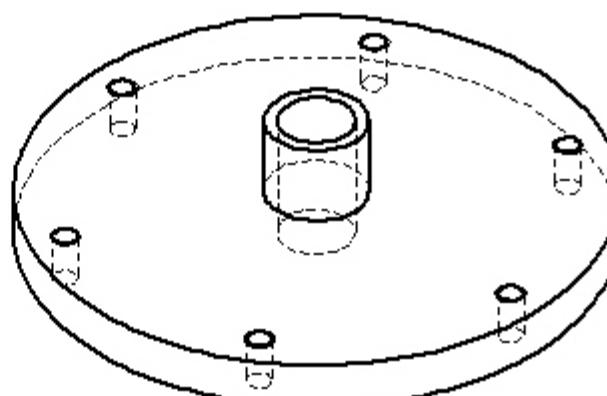
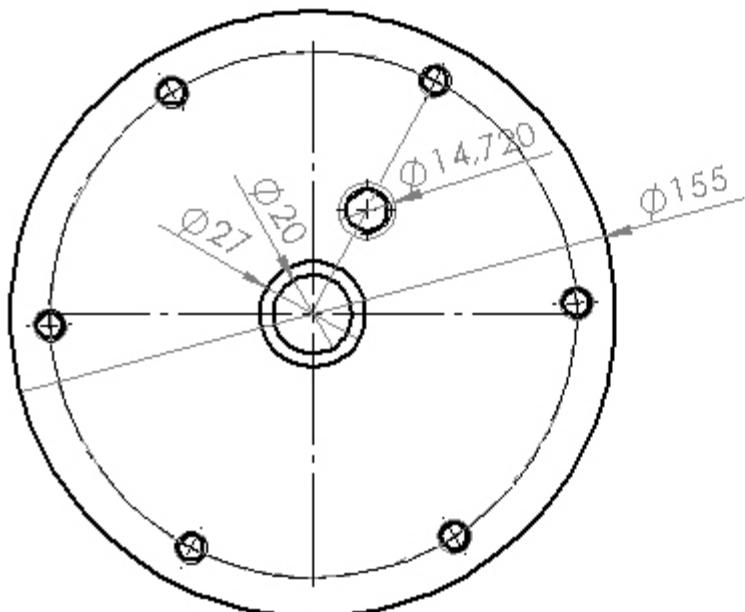


# MOLAS DE GÁS

## Protótipo



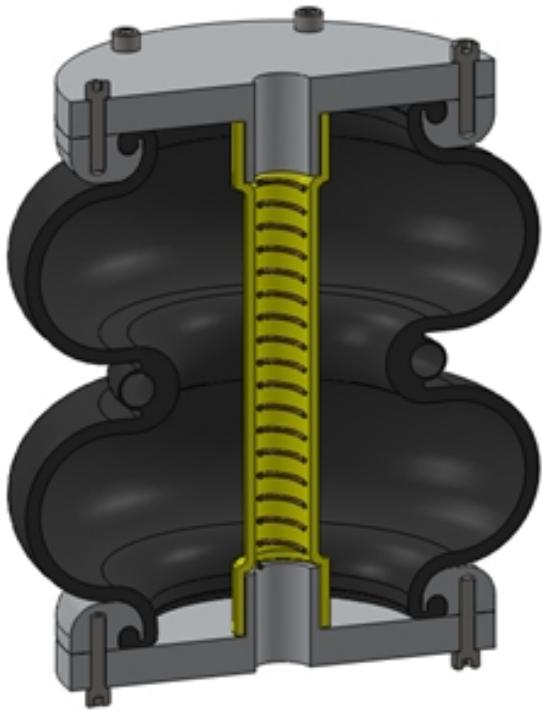
**Placa superior**  
Com furo para  
entrada de ar  
15 peças



**Placa inferior**  
Sem furo para  
entrada de ar  
15 peças

# MOLAS DE GÁS

## Montagem e testes



Testes de vazamento....OK



# MOLAS DE GÁS

## Montagem e testes

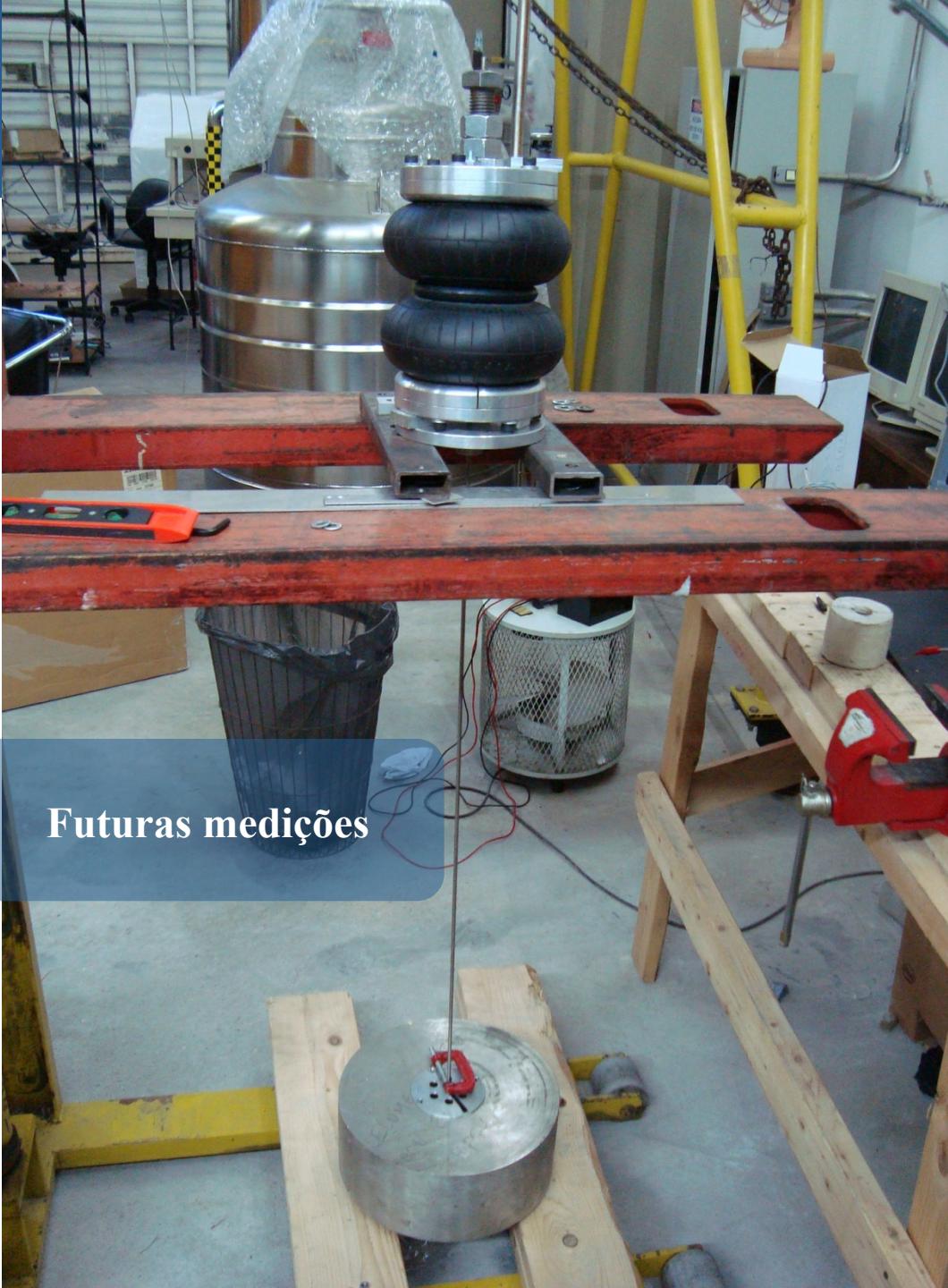


Modelo 504  
Diâmetro interno 19,05 mm  
Espessura 0,50 mm



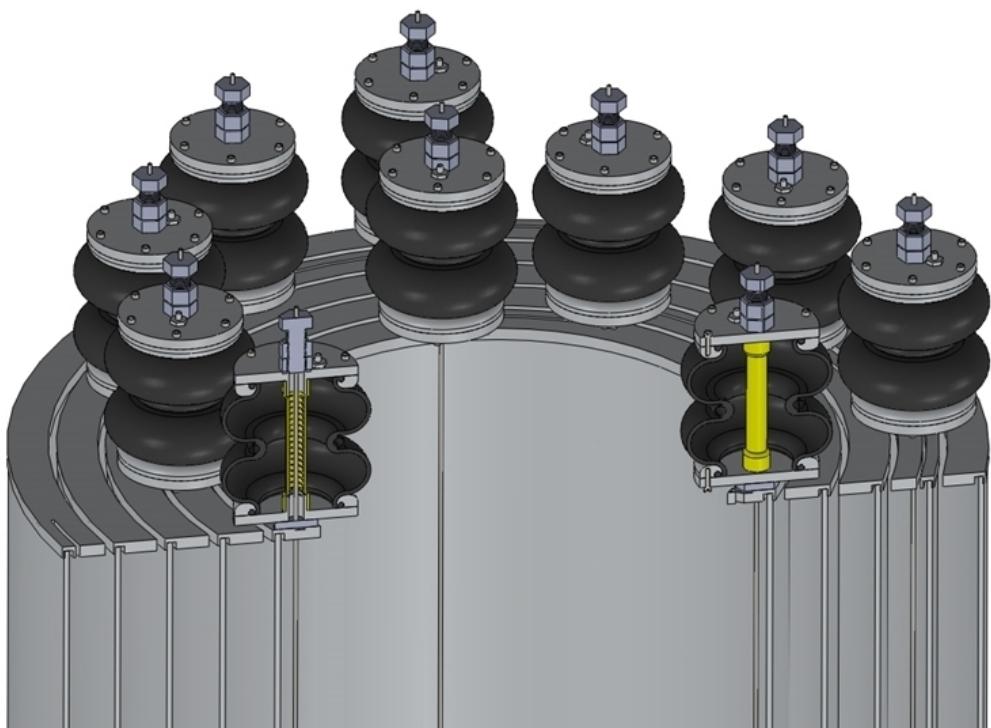
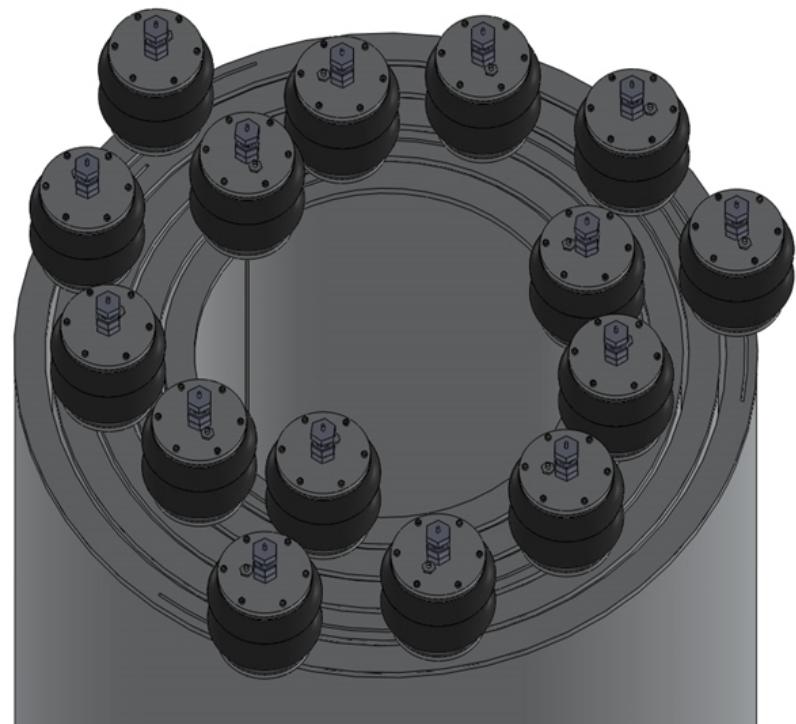
Modelo 211  
Diâmetro interno 19,00 mm  
Espessura 3,18 mm

# MOLAS DE GÁS



# MOLAS DE GÁS

# Instalação no MNP



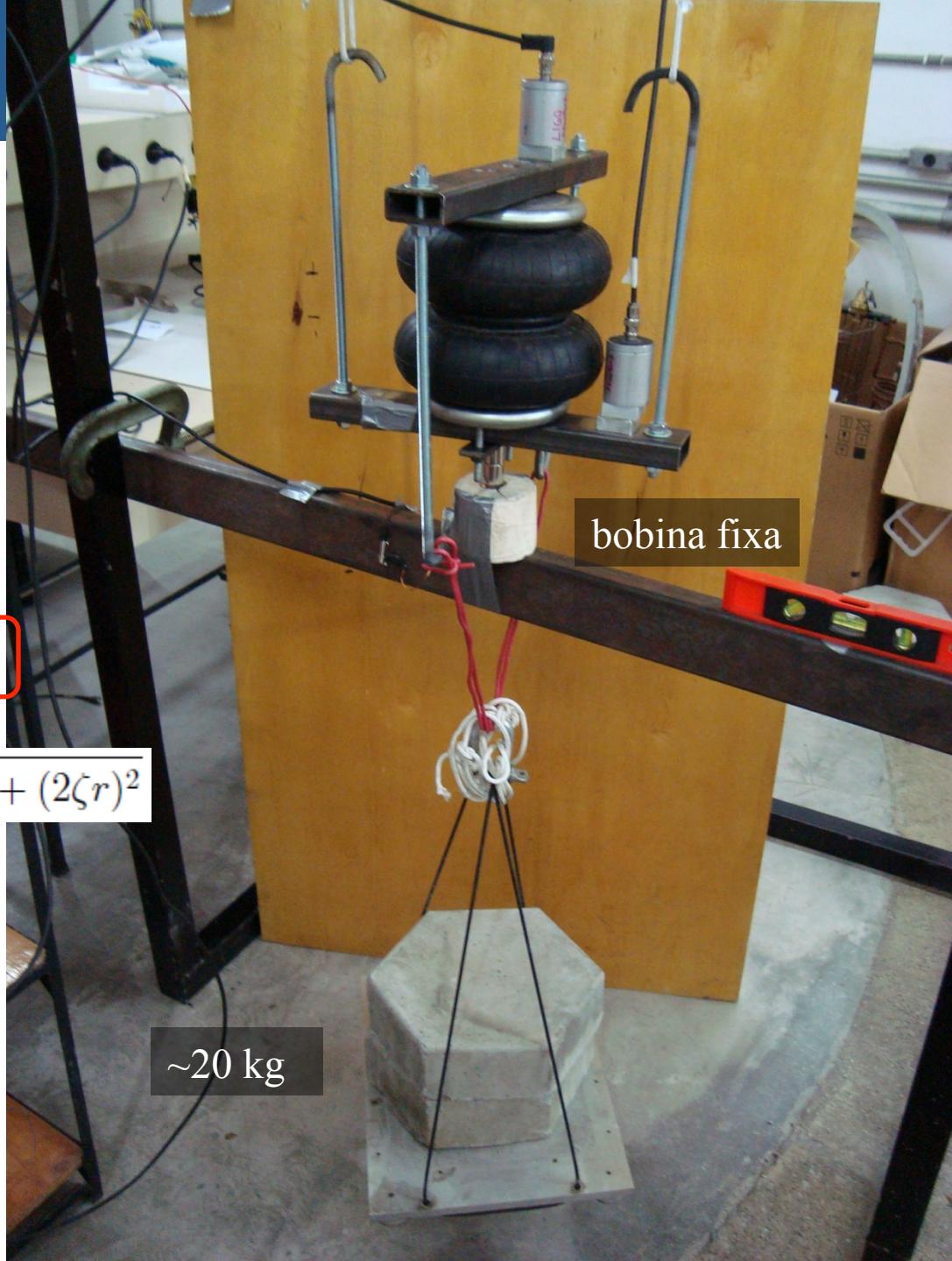
# MEDIÇÕES COM O ISOLADOR

- Os dados são as amplitudes relativas, em decibéis.
- A diferença  $\Delta\text{dB}$  entre a base isolada e excitada fornece a *transmissibilidade* do isolador:

$$\Delta\text{dB} = 20 \log(A_t/A_0) = 20 \log(\text{TR})$$

$$\text{TR} = A_t/A_0 = \sqrt{1 + (2\zeta r)^2}/\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}$$

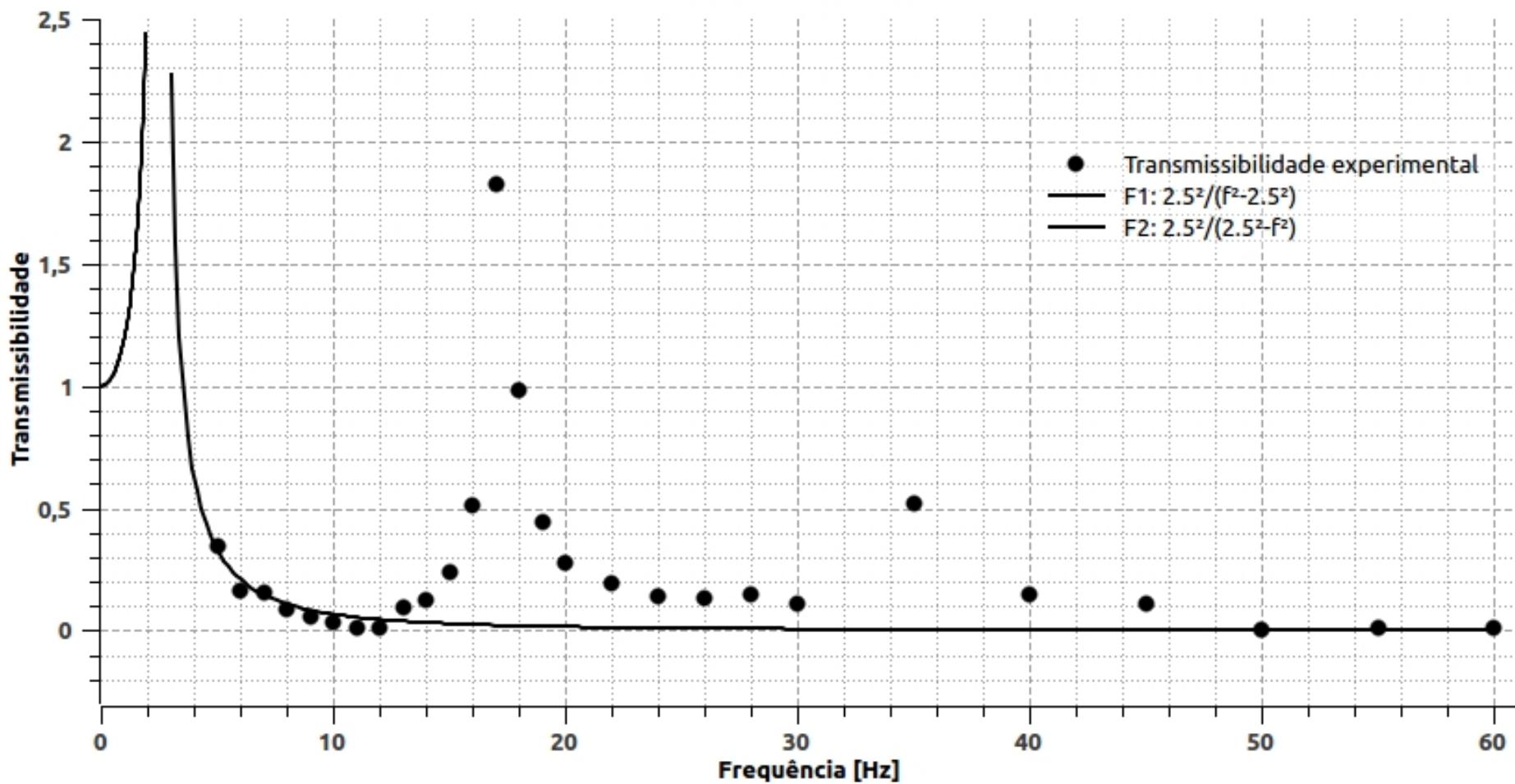
$$\text{TR} = \omega_0^2/(\omega_0^2 - \omega^2)$$



# MOLAS DE GÁS

Medições com o isolador

Transmissibilidade



Obrigado!