



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

*Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE*

*Observatório Espacial do Sul – OES*

*Universidade Federal de Santa Maria – UFSM*

*Centro de Tecnologia – CT*

*Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM*



*Sicinpe 2005 – Teste de Resistência do  
Servomecanismo Componente das  
Antenas do Projeto Radioastronomia,  
utilizando software para modelamento  
digital*

***Autor: Jean Paulo Guarnieri***

***Orientador: Nelson Jorge Schuch***

# *Objetivos*

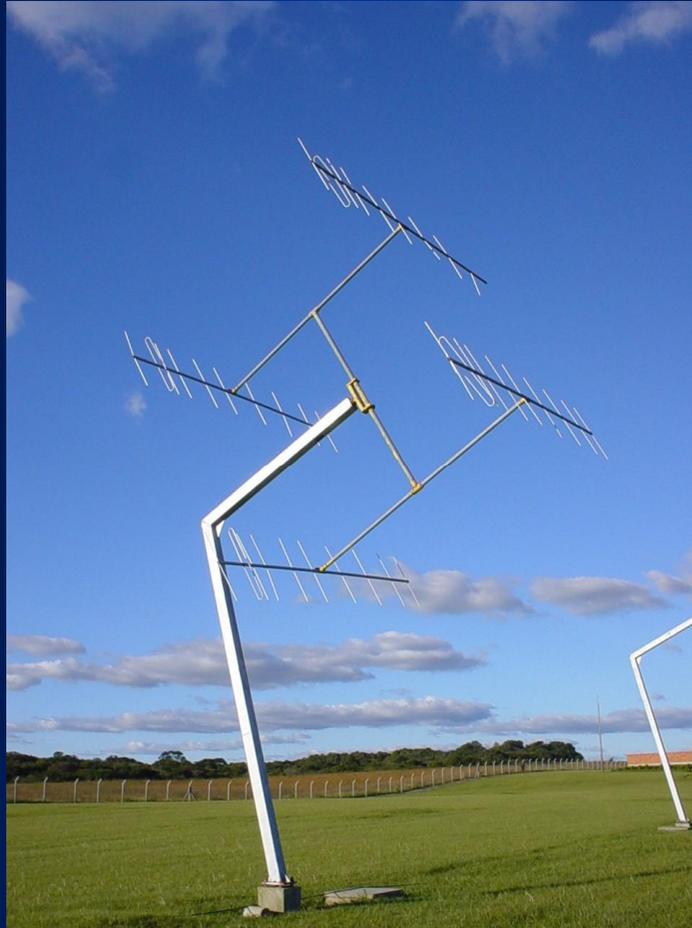
## *Objetivos do Projeto Radioastronomia*

*Construção de um Radiointerferômetro, de síntese de abertura com a rotação da terra operando em baixas frequências (151,1 Mhz), que está sendo instalado no Observatório Espacial do Sul – OES, em São Martinho da Serra – RS.*

## *Objetivos do Trabalho*

*Realização de testes de resistência mecânica nas estruturas componentes das antenas coletoras do Radiointerferômetro, utilizando um software de análise de tensão e deformação.*

# Introdução



*Vista de um conjunto coletor, do Radiointerferômetro, instalado no Observatório Espacial do Sul-OES, em São Martinho da Serra, RS.*

*Altura até o centro da antena de **5,70 m**;*

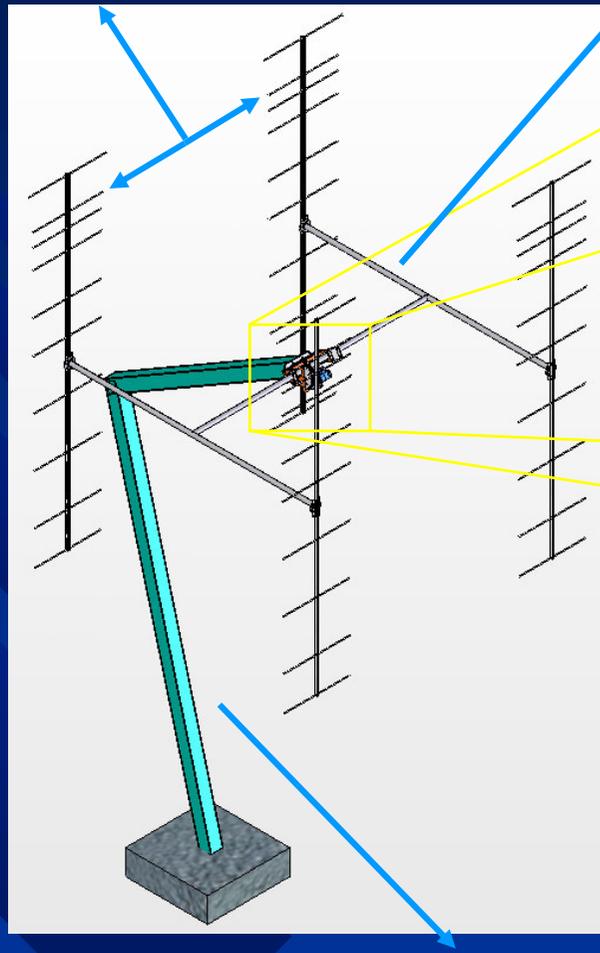
*Possui uma inclinação de aproximadamente **30°**, que representa a **latitude na região de São Martinho da Serra - RS**;*

*Permite a movimentação em dois **graus de liberdade**.*

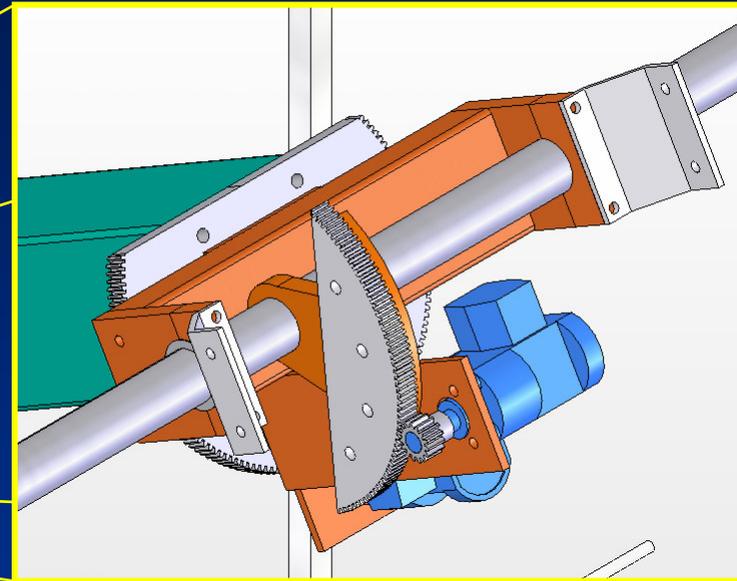
# Introdução

*Antenas Yagi*

*Estrutura H*



*Torre de Sustentação*

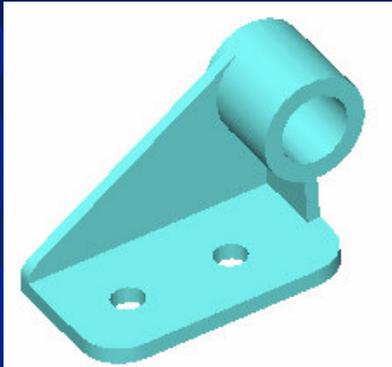


*Servomecanismo*

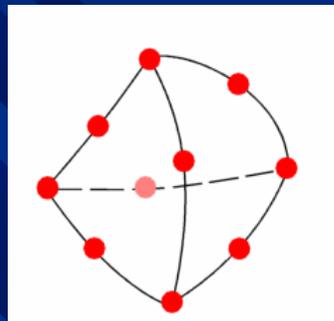
- *Transmissão do movimento*
- *Redução da Velocidade*
- *Motores de baixa velocidade e alto torque*

# Desenvolvimento Teórico

## Métodos de Elementos Finitos



Método que substitui um complexo problema em problemas mais simples, isto é, ele divide o modelo em **pequenos pedaços** de formato simples chamados **elementos**.



Cada extremidades possui pontos chamados de **nós**. O movimento de cada nó é totalmente descrito por **translações** em torno das direções dos eixos  $X$ ,  $Y$  e  $Z$ .

Em cada elemento aplicam-se equações obtendo os **deslocamentos** ( $X$ ,  $Y$  e  $Z$ ) desses pontos, a partir dos pontos de apoios, das cargas e dos materiais conhecidos. Através dos deslocamentos são calculadas as **tensões** em cada elemento em várias direções.

# Metodologia

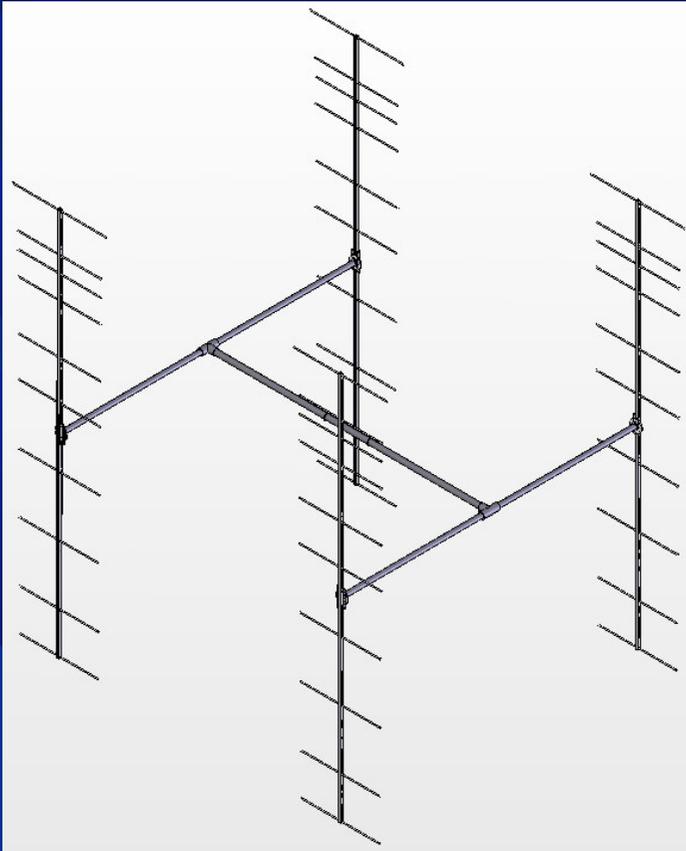
## *Metodologia utilizada para análise de cada peça:*

- 1. Modelagem da peça a ser analisada em 3D;*
- 2. Escolher o material de que a peça é constituída;*
- 3. Informar os pontos onde a peça é apoiada;*
- 4. Determinar localização e valor do carregamento;*
- 5. Executar os cálculos de análise tensão e deformação;*
- 6. Resultados:*
  - Fator de segurança aproximado;*
  - Distribuição de tensão;*
  - Deslocamento e deformação.*

# Análise da Estrutura H

## Objetivo:

1. Avaliar a deformação presente na estrutura H;
2. Comparar as deformações obtidas em cálculos teóricos, com as obtidas por meio de software;





# Cálculos Teóricos

## Haste Central

$$\delta_A = \frac{17,2 \text{ kgf} \times (143 \text{ cm})^3}{3 \times 2,14 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \times 13,55 \text{ cm}^4} +$$
$$+ \frac{0,045 \text{ kgf/cm} \times (143 \text{ cm})^4}{8 \times 2,14 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \times 13,55 \text{ cm}^4}$$

$$\delta_A = 0,578 + 0,081$$

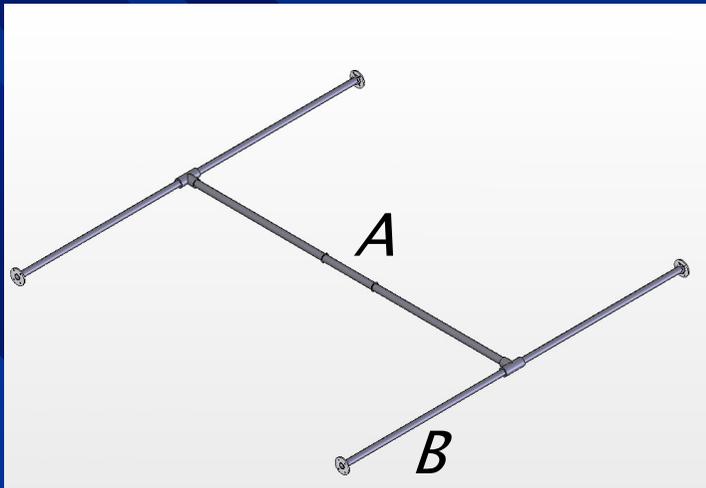
$$\delta_A = 0,659 \text{ cm} = 6,59 \text{ mm}$$

## Haste Lateral

$$\delta_B = \frac{3,5 \text{ kgf} \times (150 \text{ cm})^3}{3 \times 2,14 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \times 7,5 \text{ cm}^4} +$$
$$+ \frac{0,034 \text{ kgf/cm} \times (150 \text{ cm})^4}{8 \times 2,14 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \times 7,5 \text{ cm}^4}$$

$$\delta_B = 0,245 + 0,134$$

$$\delta_B = 0,379 \text{ cm} = 3,79 \text{ mm}$$



## Deflexão Total

$$\delta_T = \delta_A + \delta_B$$

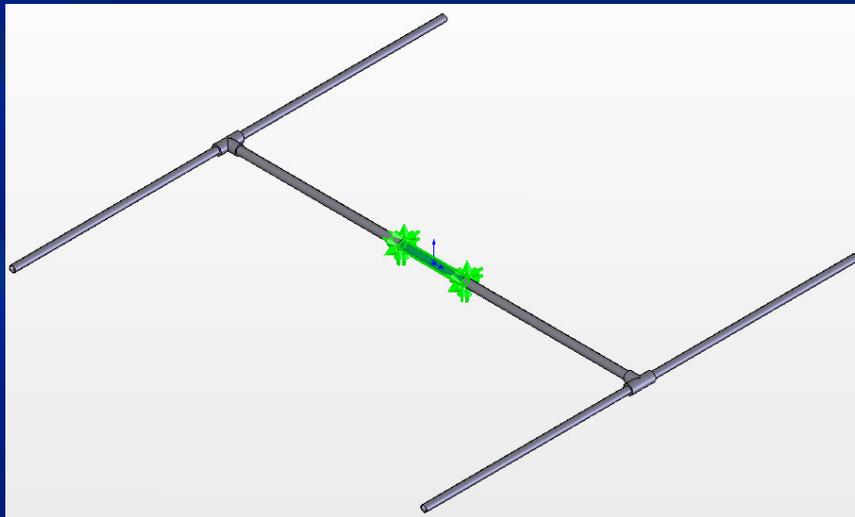
$$\delta_T = 6,59 + 3,79$$

$$\delta_T = 10,38 \text{ mm}$$

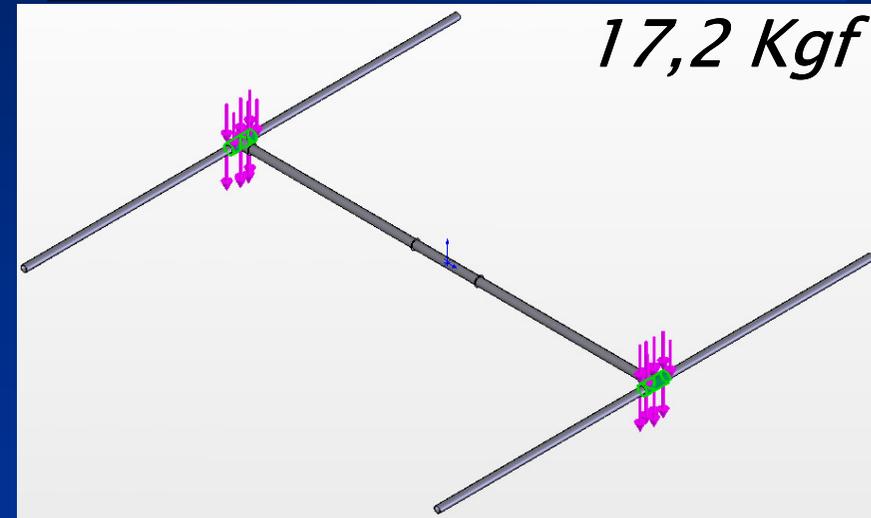
# Análise por Elementos finitos Estrutura Central

Material	Massa	Volume
Aço Inoxidável AISI 304	35.3 kg	0.0044 m <sup>3</sup>

*Pontos de apoio*



*Pontos de carregamento*

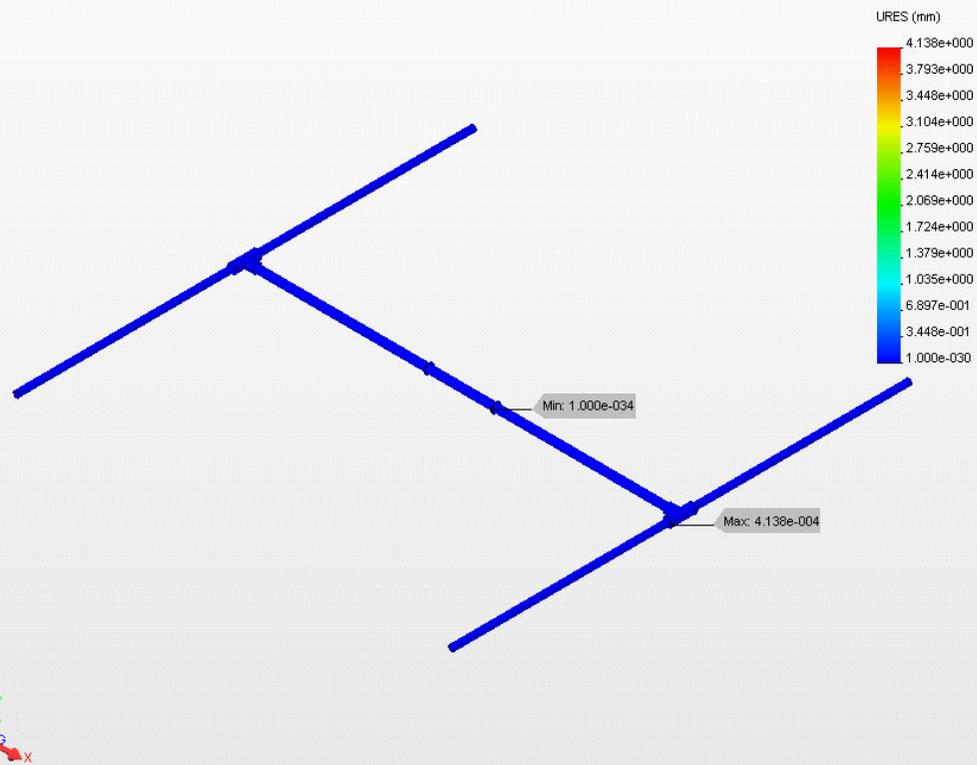


## Informações da Malha pelo Método de Elementos Finitos

Número de Elementos	61541
Número de nós	122957

# Análise por Elementos finitos Estrutura Central

Model name: h2  
Study name: COSMOSXpressStudy  
Plot type: Static displacement Plot2  
Deformation scale: 72.4964

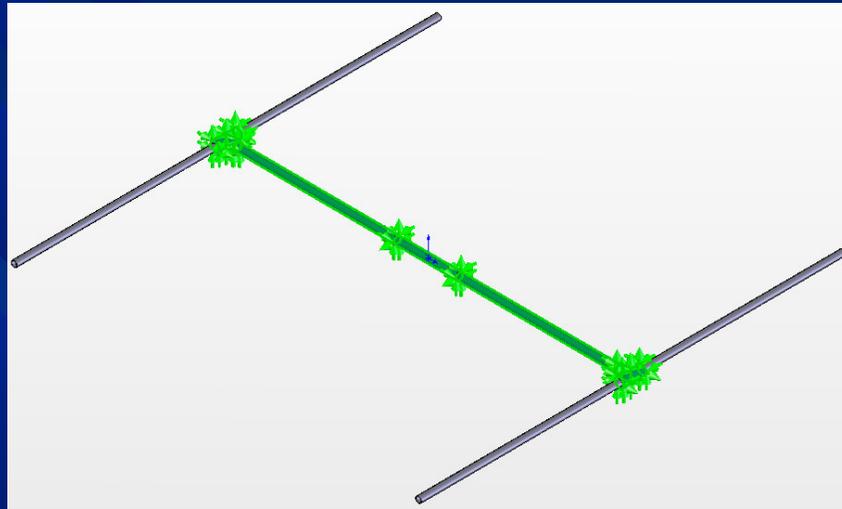


Deslocamento Mínimo	Localização
0	X = 219,2 mm Y = 0 Z = 24,4 mm
Deslocamento Máximo	Localização
4,14 mm	X = 1462 mm Y = 0 Z = 80 mm

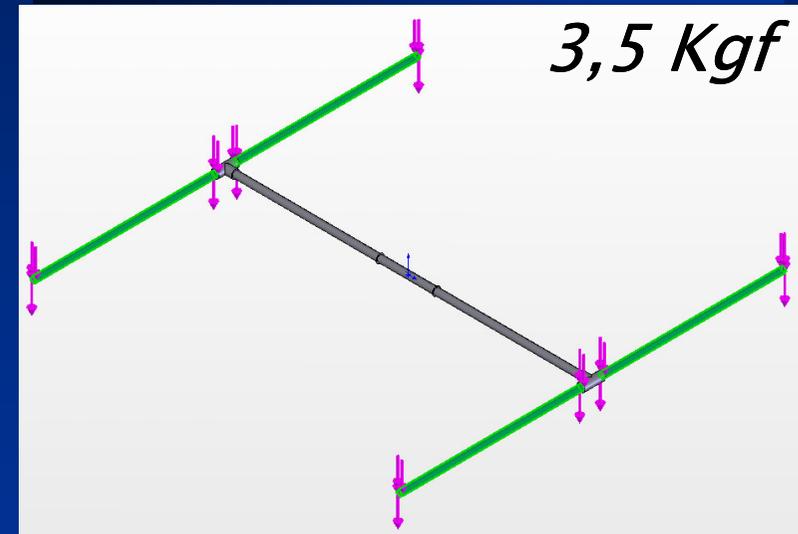
# Análise por Elementos finitos Estrutura Lateral

Material	Massa	Volume
Aço Inoxidável AISI 304	35.3 kg	0.0044 m <sup>3</sup>

## Pontos de apoio



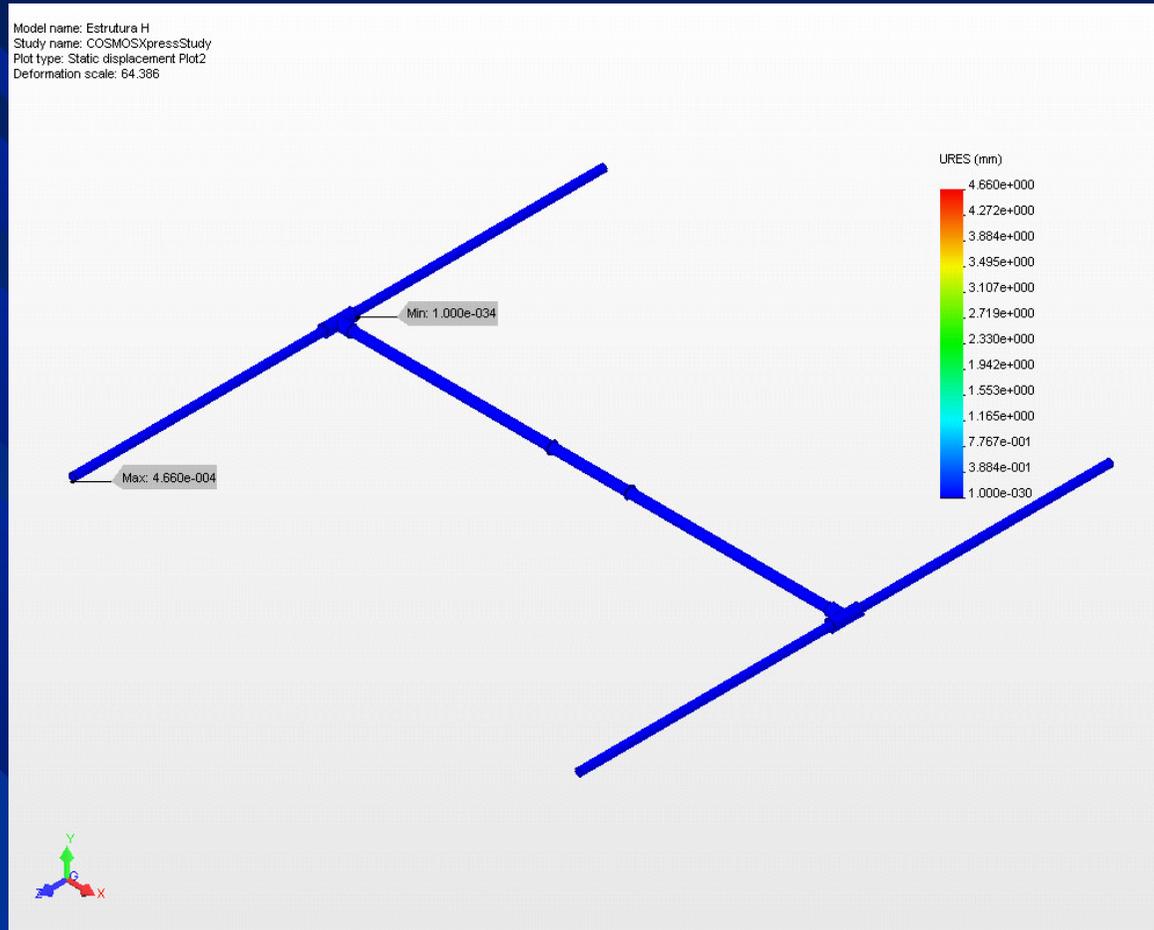
## Pontos de carregamento



## Informações da Malha pelo Método de Elementos Finitos

Número de Elementos	61541
Número de nós	122957

# Análise por Elementos finitos Estrutura Lateral



Deslocamento Mínimo	Localização
0	X = -1398,2 mm Y = 0 Z = -80 mm
Deslocamento Máximo	Localização
4,66 mm	X = -1430,1mm Y = -21,1 mm Z = 1500 mm

# Resultados – Estrutura H

*Deflexão total através do método de elementos finitos*

$$\delta_T = \delta_A + \delta_B$$

$$\delta_T = 4,138 + 4,660$$

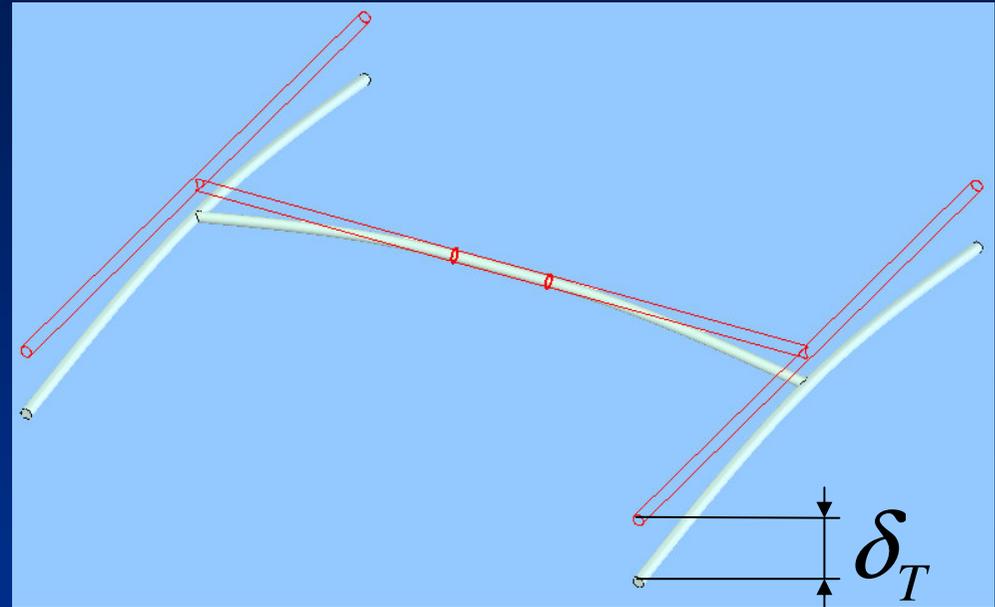
$$\delta_T = 8,798 \text{ mm}$$

*Deflexão total teórica*

$$\delta_T = \delta_A + \delta_B$$

$$\delta_T = 6,59 + 3,79$$

$$\delta_T = 10,38 \text{ mm}$$

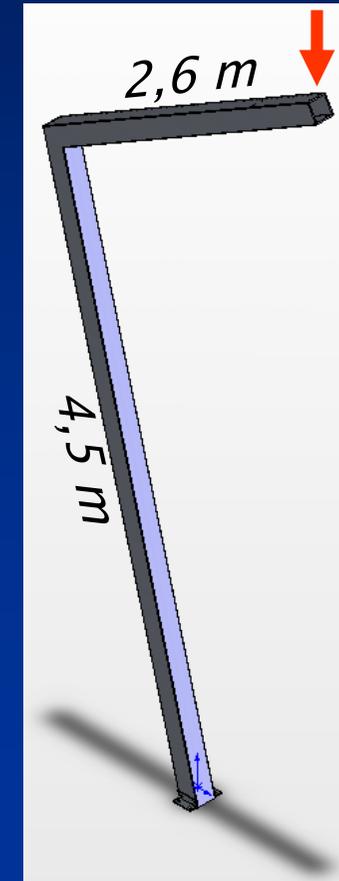
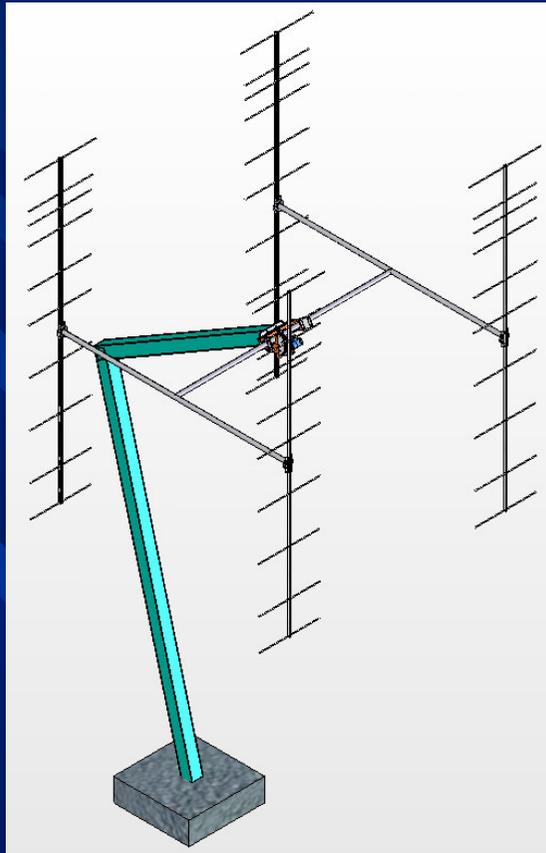


➔ *Pouca variação obtida entre os resultados por cálculos teóricos e os resultados obtidos pelo software.*

➔ *Esta deflexão não afetará a resolução do Radiotelescópio.*

# Análise Torre de Sustentação

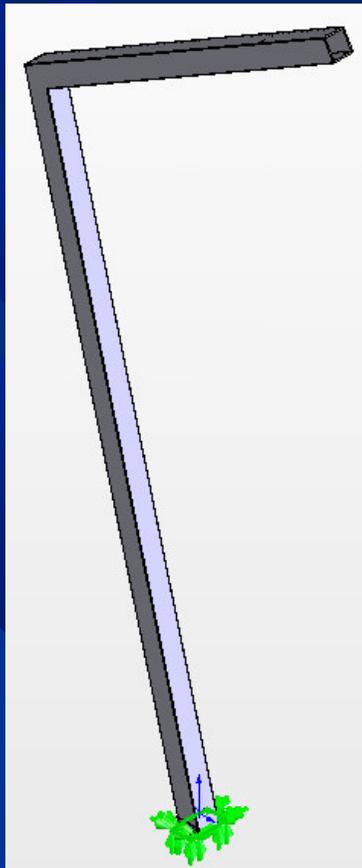
- Objetivo:**
1. Avaliar a máxima tensão e deformação presente na torre de sustentação;
  2. Comparar a máxima tensão com a tensão de escoamento do material.



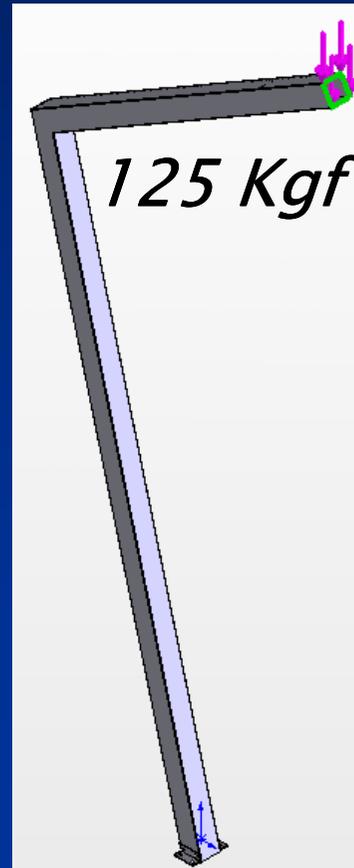
# Características

Material	Massa	Volume
AISI 1020	310,4 kg	0.03929 m <sup>3</sup>

**Apoio**



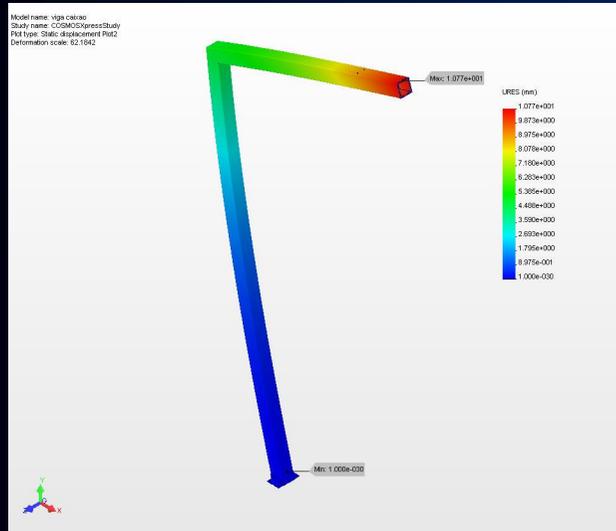
**Carregamento**



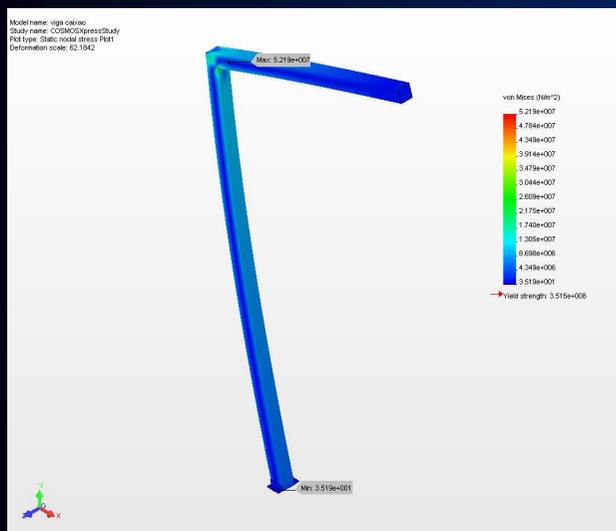
## Informações da Malha pelo Método de Elementos Finitos

Tipo de Malha	<b>Sólida</b>
Número de Elementos	<b>64380</b>
Número de nós	<b>128990</b>
Tamanho dos Elementos	<b>10 mm</b>
Qualidade da Análise	<b>Alta</b>

# Resultados – Torre de Sustentação



Deslocamento Mínimo	Localização
0	X = 20,56mm Y = 0 Z = - 33 mm
Deslocamento Máximo	Localização
10,77 mm	X = 1086,98 mm Y = 5646,67 mm Z = 75 mm

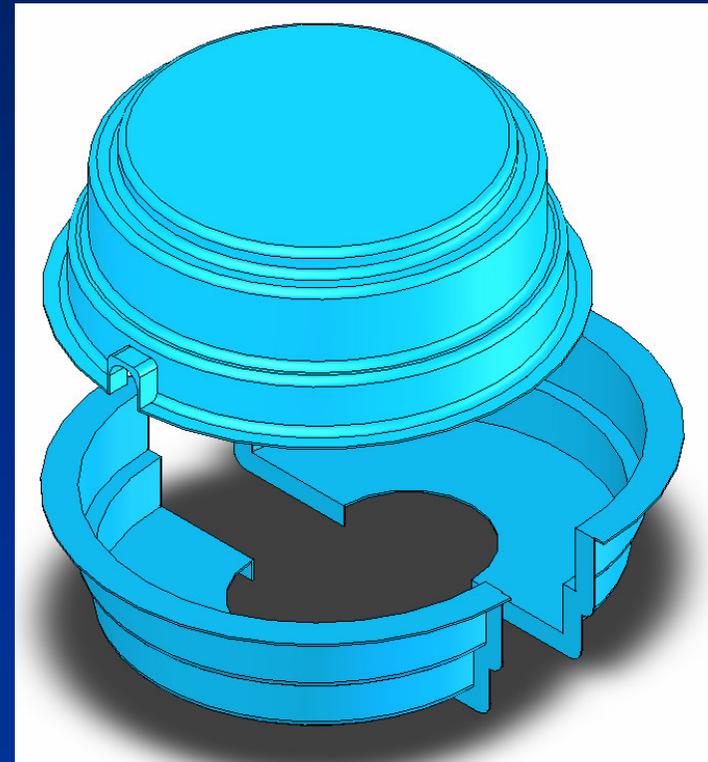
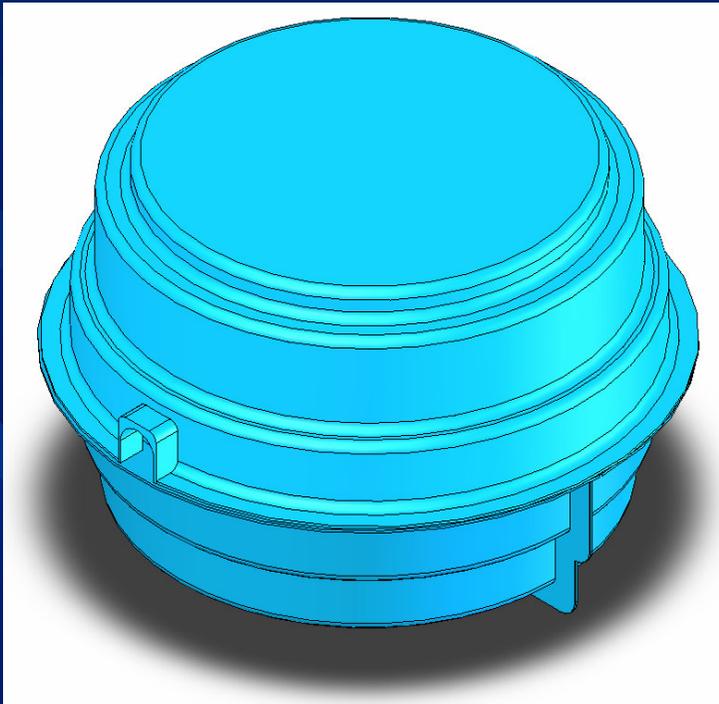


Tensão Mínima	Localização
35,19 N/m <sup>2</sup>	X = 85,09 mm Y = 6 mm Z = 210 mm
Tensão Máxima	Localização
5,21 x 10 <sup>7</sup> N/m <sup>2</sup> = 52,1 MPA	X = - 990 mm Y = 4274,31 mm Z = 5 mm

**Tensão de Escoamento Aço1020 = 350 MPA**

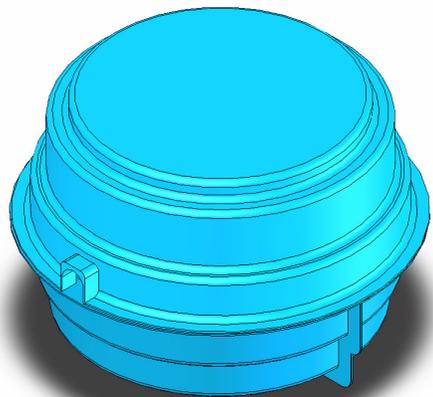
# Capa de Proteção

**Objetivo:** Proteger das intempéries climáticas o servomecanismo de posicionamento, movimentação e controle, utilizado nas antenas coletoras do Projeto Radioastronomia.



# Metodologia

- Projeto em Software;
- Escolha do processo de fabricação;
- Construção do modelo em madeira;
- Construção da matriz fibra de vidro;
- Construção da peça final em fibra;



*Projeto*

*Modelo*



*Matriz*



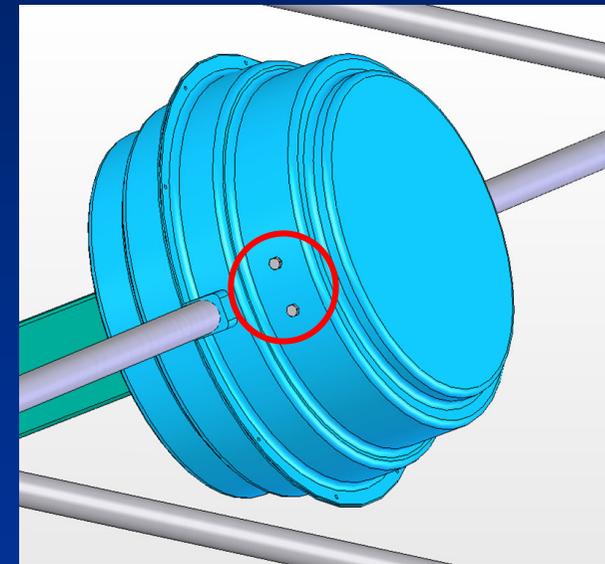
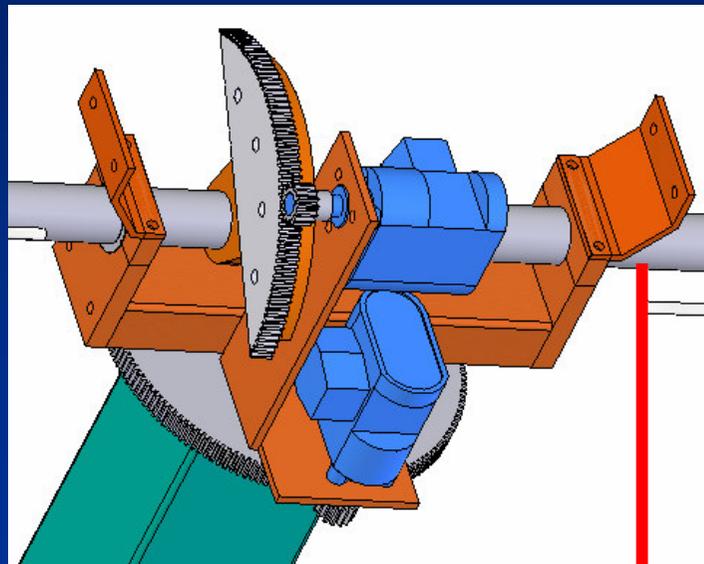
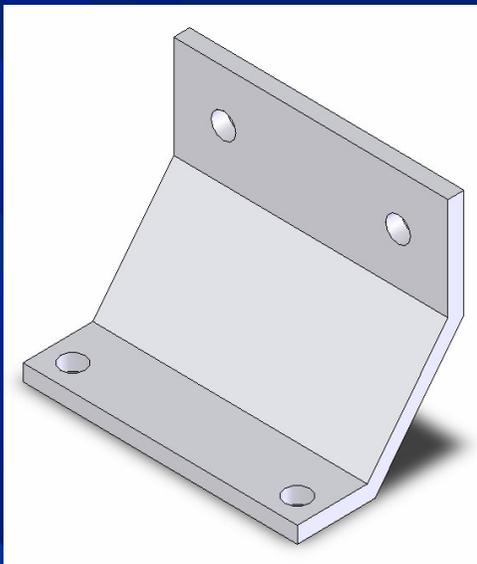
*Peça Final*



# Capa de Proteção – Fixação

→ A capa será presa internamente a um suporte por meio de parafusos;

→ O suporte é fabricado em chapa de aço de  $\frac{1}{4}$  de polegadas com dobramentos de  $45^\circ$ ;



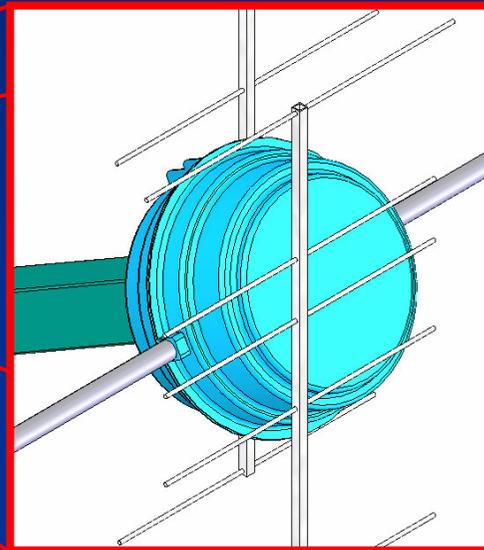
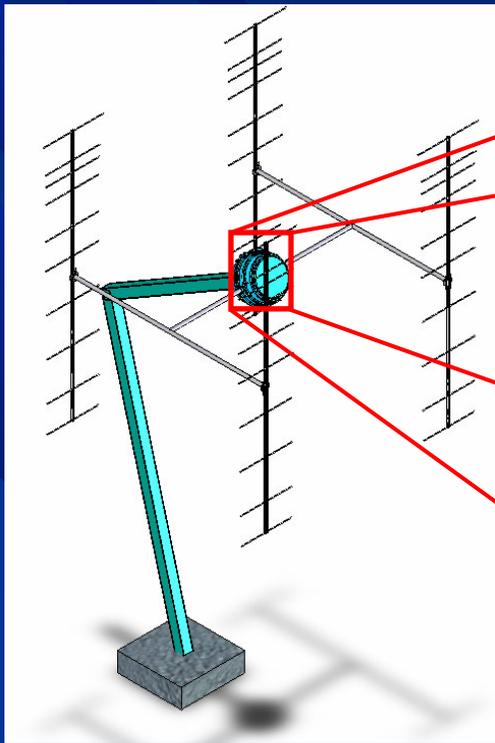
*Chapa onde será preso o capacete de proteção*

# Capa de Proteção – Instalação



## Testes

*Acoplamento das capas de proteção sobre um protótipo do servomecanismo montado no Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas – CRSPE/INPE.*



## Instalação

*Após a montagem de todo sistema servomecanismo no topo das antenas, no Observatório Espacial do Sul – OES, serão colocadas as capas de proteção.*

# Conclusões



*Todos os componentes apresentaram elevada resistência mecânica quando submetido a esforços;*



*Nos testes realizados em software não foram computados esforços dinâmicos, somente carregamentos estáticos. Dessa forma, foi possível observar o super-dimensionamento de algumas estruturas, o que demonstra que elas resistiriam tanto a aplicação de esforços estáticos como dinâmicos (esforço do vento e movimento da estrutura);*



*O projeto e construção da capa de proteção foram realizados com sucesso, uma vez que, o capacete de proteção foi acoplado a um sistema servomecanismo, não apresentando nenhum defeitos ou alterações de dimensões do projeto inicial;*



*O projeto mecânico do Radiointerferômetro, esta em fase de conclusão no Observatório espacial do Sul - OES, em São Martinho da Serra, RS.*

# *Agradecimentos*

*Gostaria de agradecer ao Dr. Nelson J. Schuch, pela orientação neste trabalho. Aos meus colegas, Viviane C. Marques e Silvano L. Prochnow, que participaram no desenvolvimento do projeto.*

*Meus sinceros agradecimentos ao INPE e MCT/CNPq pela concessão da bolsa PIBIC/CNPq – INPE, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.*

E-mail para contato:

[jpguarnieri@lacesm.ufsm.br](mailto:jpguarnieri@lacesm.ufsm.br)