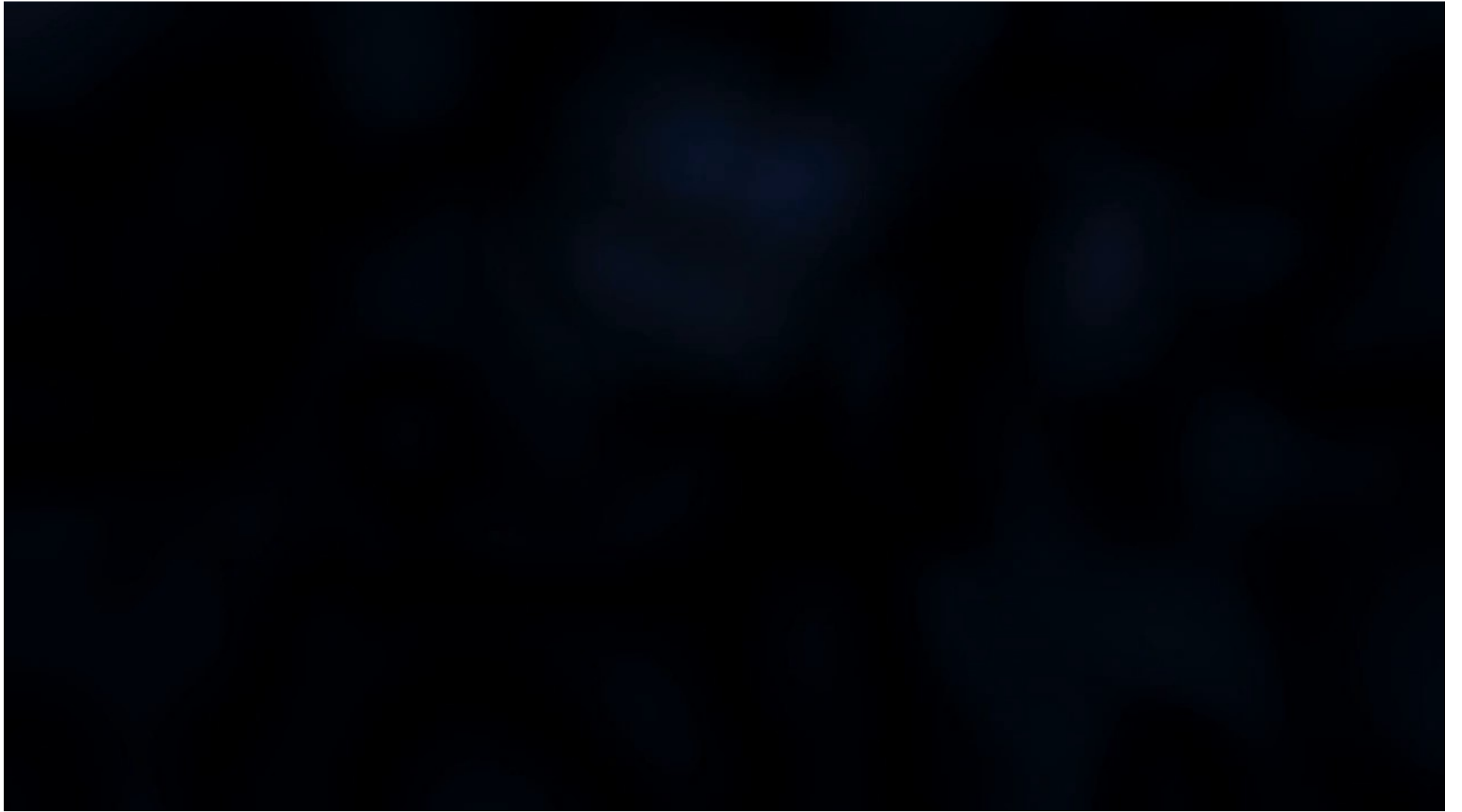




**Instrumentation to the
Middle-Sized Telescopes
of the Cherenkov
Telescope Array**

Vitor de Souza







CTA Organização

- Partidos Brasileiros

- CTA-SP-SST

- Instituição Líder: IAG/USP

- CTA-SP-MST

- Instituição Líder: IFSC/USP

- CTA-Rio (LST)

- Instituição Líder: CBPF



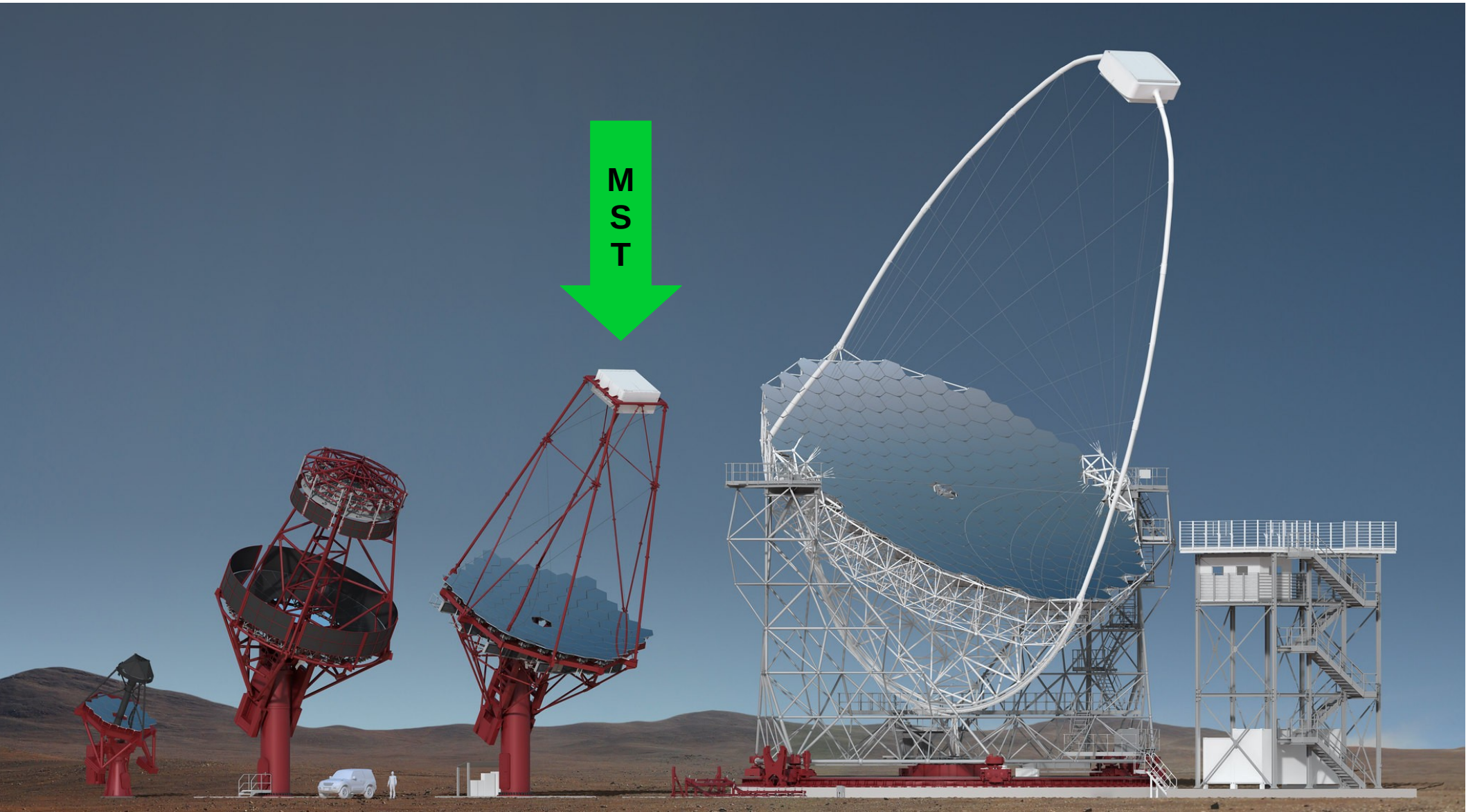
- Matéria Escura

- LIV

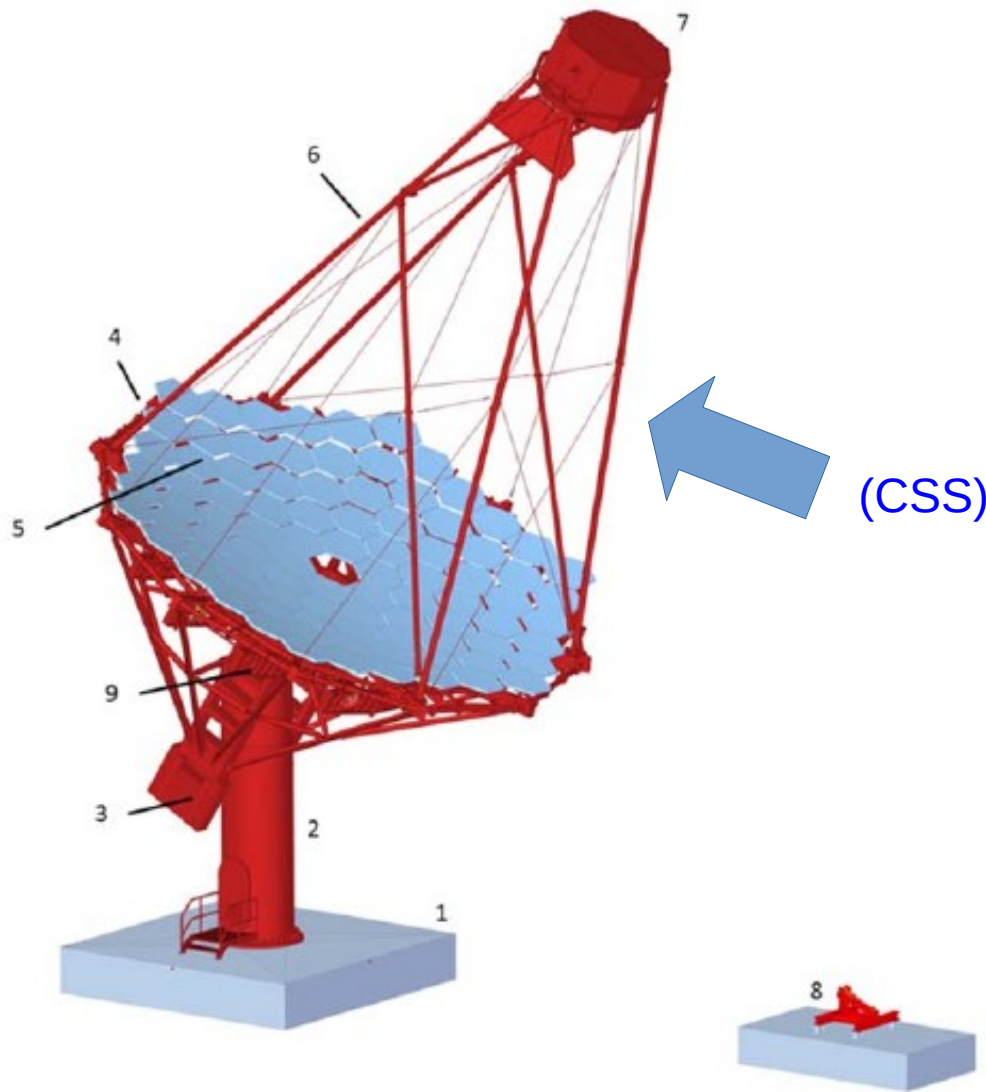
- Gama ↔ Raios Cósmicos

Alvos científicos distintos
Recursos independentes
Equipes independentes

Esta apresentação

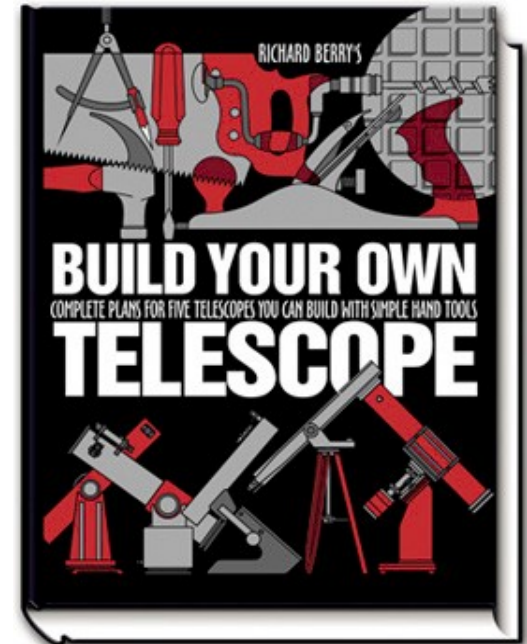


Construindo um MST



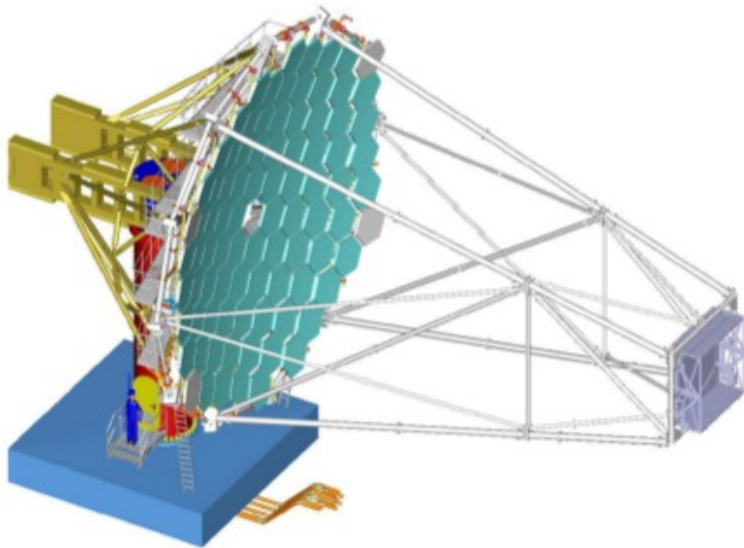
- 1 – Foundation
- 2 – Tower
- 3 – Counterweight
- 4 – Optical Support Structure
- 5 – Mirrors
- 6 – Camera Support Structure
- 7 – Camera
- 8 – Camera Lock
- 9 - Head

Figure 1: Description of the telescope structure



- **2010:** Auxílio Regular FAPESP: Início.
- **2011:** Estudando os requisitos e procurando por parceiros.
- **2012:** Auxílio Regular FAPESP: projeto e protótipo.
- **2013:** Desenvolvimento e aprovação do projeto.
- **2014:** Construção, instalação e teste do protótipo.
- **2015:** Protótipo aprovado e melhorias sugeridas.
- **2016:** Auxílio Temático FAPESP: pré-produção.
- **2017:** Projeto de versão de melhorada terminado.
- **2018:** Construção da versão melhorada.
- **2019:** Tomada de dados de comissionamento.
- **2020/2021:** Últimas etapas de projeto
- **2022/2023:** Fabricação
- **2024/2025:** Teste e calibração

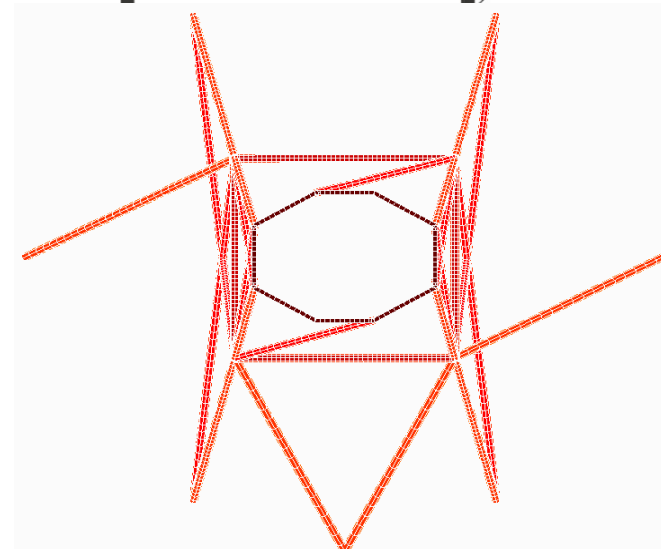
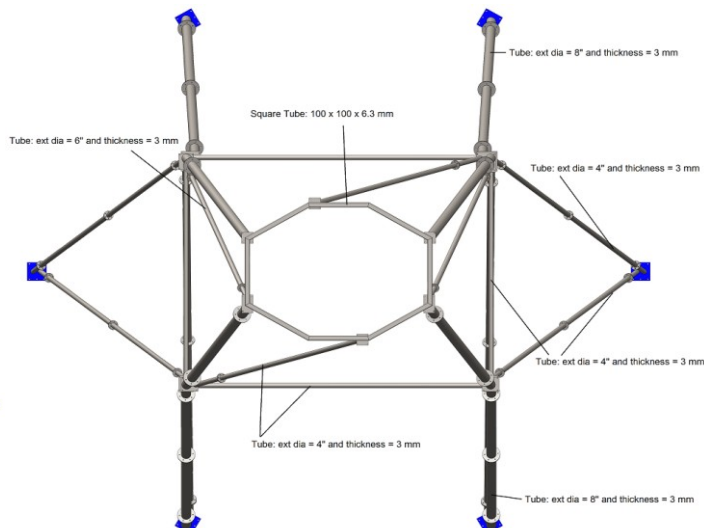
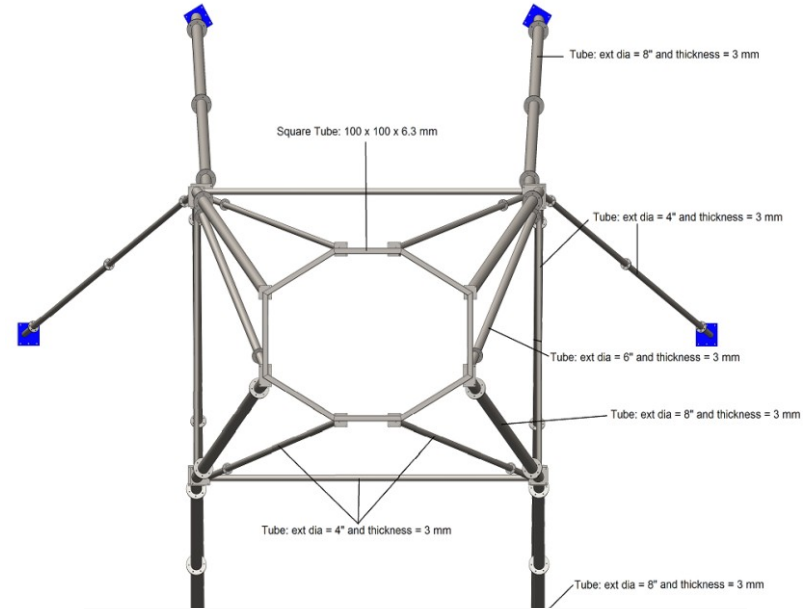
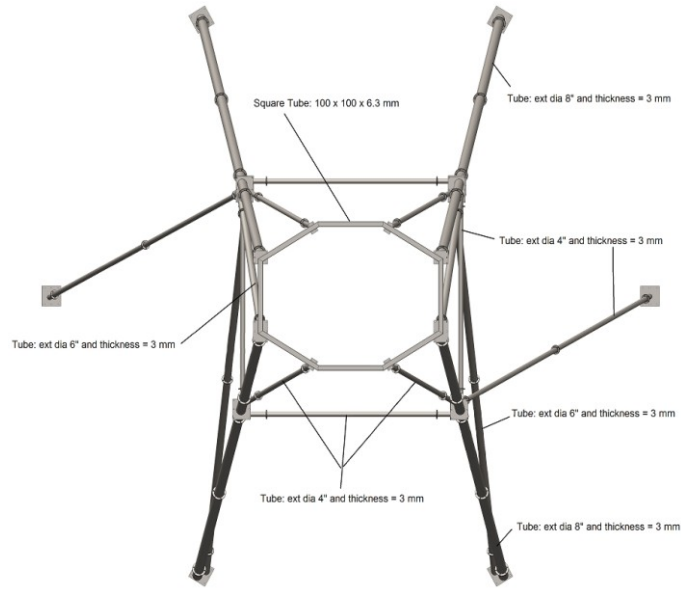
Projeto, Construção e Teste do Protótipo



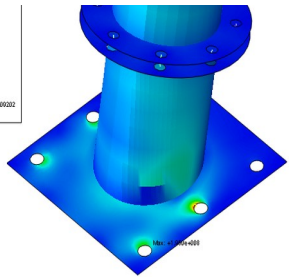
Parameter	Definition
Life expectancy (for bearings and structure)	30 years
Eigenfrequency (whole structure)	≥ 2.5 Hz
Amplitude of camera due to vibrations	≤ 3 mm
Tracking accuracy	≤ 1.2 arcmin
Displacement of camera due to loading	$\leq \frac{1}{2}$ pixel ~ 19 mm
Angular misalignment of camera	not significant
Weight of mirrors including mirror control units	≤ 35 kg/m ²
Weight camera	≤ 2.0 t

Parameter	Definition	Remarks
Telescope Design	Modified Davies-Cotton	Mirror centre layout on a sphere
Diameter of dish (D)	~ 12 m	
Radius of the dish	$1.2 * \text{focal length}$	
Focal length (f)	16 m	Distance centre of the hypothetical middle mirror to the camera
Camera field of view	8°	
Gross mirror area	> 100 m ²	
Point spread function (mirror misalignment due to loading)	≤ 1 mrad	

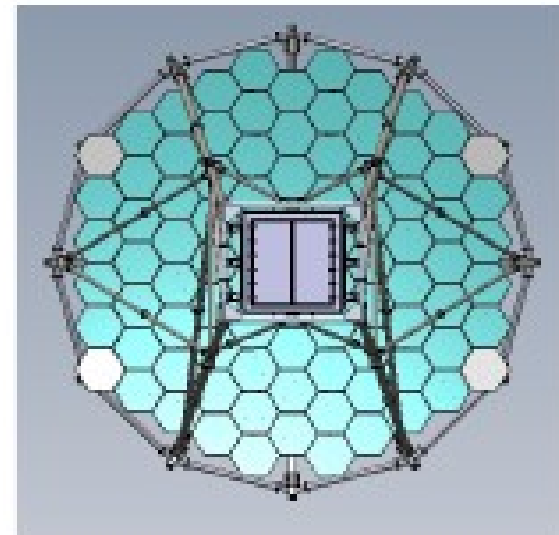
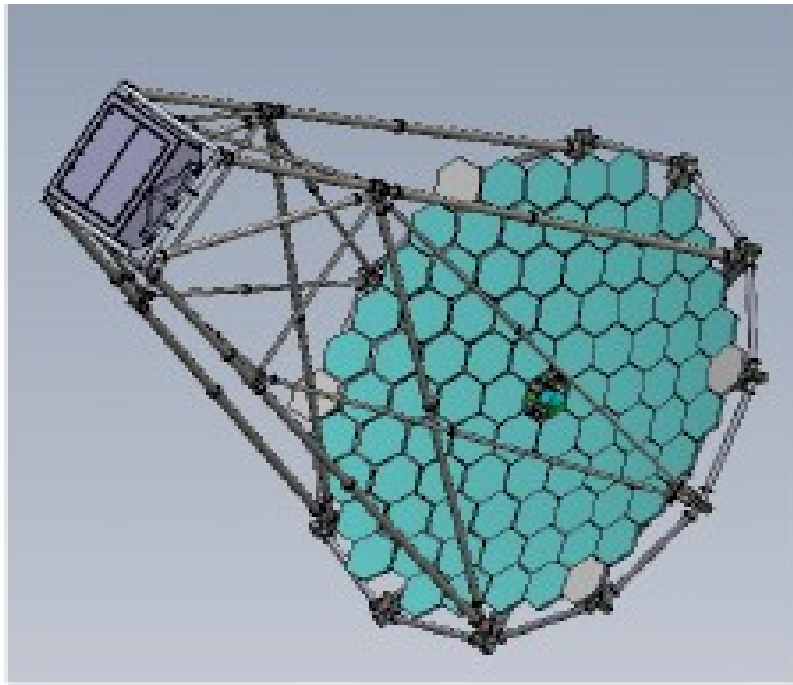
Vários modelos testados



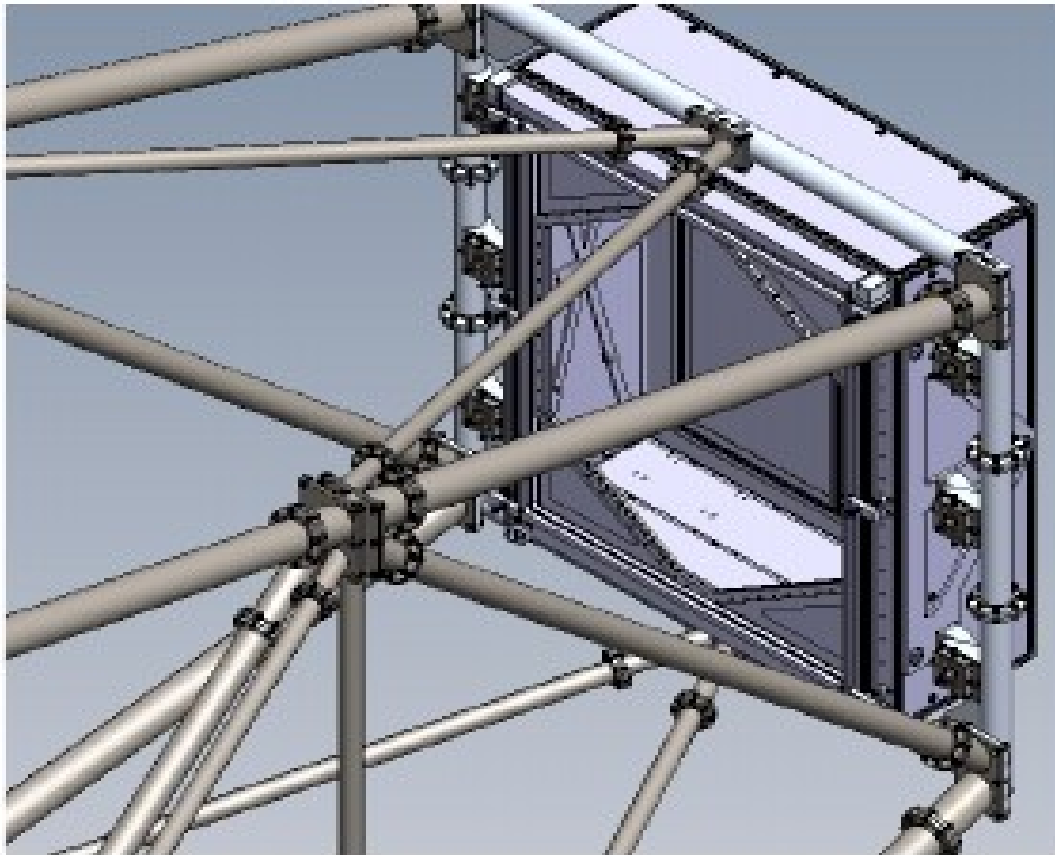
Aluminium



CSS Construção



Dispositivo de Ajuste



Mover toneladas
com precisão
milimétrica

Inovação

Patente depositada

CSS Brasileiro: Montagem @ Berlim



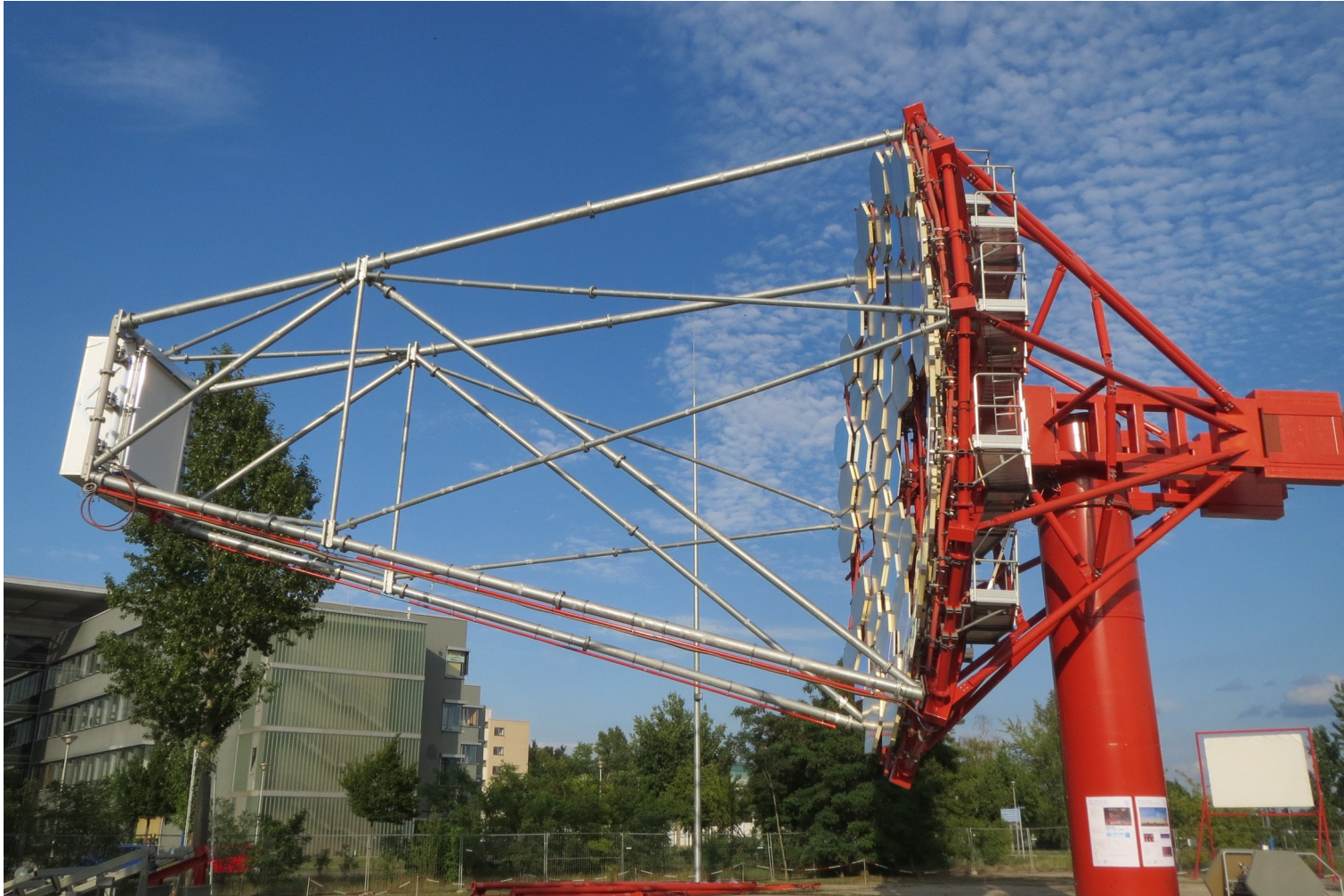
CSS Brasileiro: Montagem @ Berlim



CSS Brasileiro: Montagem @ Berlim



CSS Brasileiro: Montagem @ Berlim



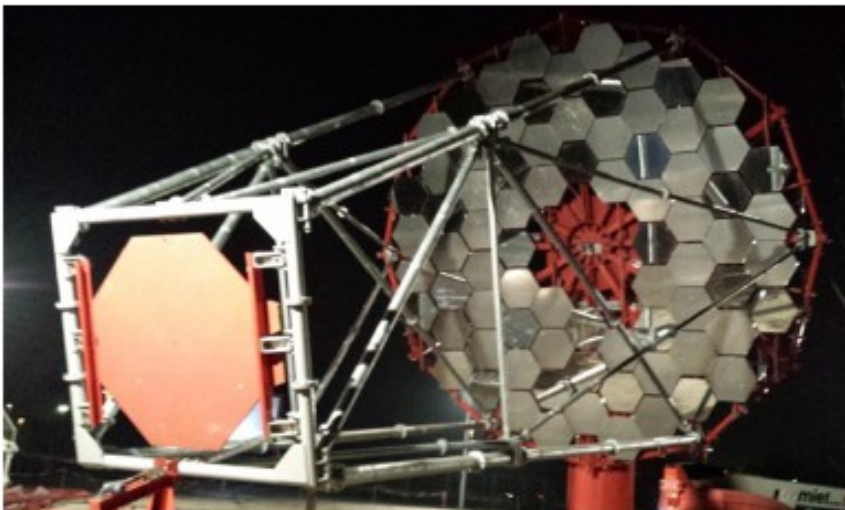
CSS Test Report

DESY and Humboldt University Berlin

Authors: Anja Schubert, Dirk Naumann,
Stefan Schlenstedt,
Louise Oakes and Ulrich Schwanke



CEA/IRFU - France



IFSC/USP - UFABC - Orbital Brazil

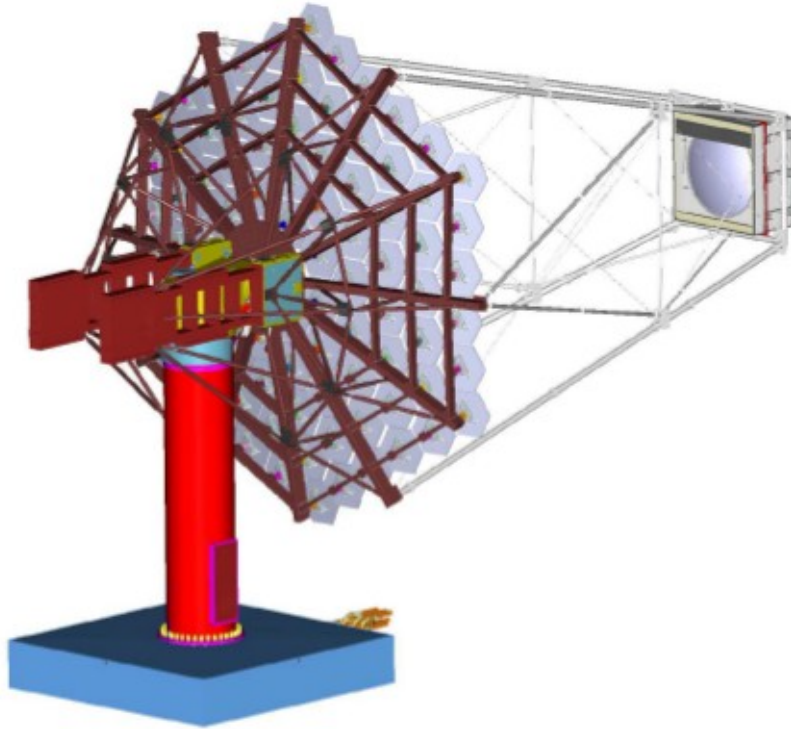


CSS Test Report: Conclusions

- Vibration studies: both proposals meets the requirements
- Displacement under control for both structures
- Lack of pre-tension ropes is a **advantage** of the Brazilian proposal
- **Better** temperature balance of the Brazilian proposal
- Galvanized steal in the Brazilian structure **garantees 30 years operation**
- Adjustment device in the Brazilian proposal is **advantage**
- The increased shadowing of the Brazilian structure can be compensated with the use of two extra mirror facets

Authors: Anja Schubert, Dirk Naumann, Stefan Schlenstedt,
Louise Oakes and Ulrich Schwanke
Desy and Humboldt University Berlin

2017-2021 - CSS Versão Melhorada

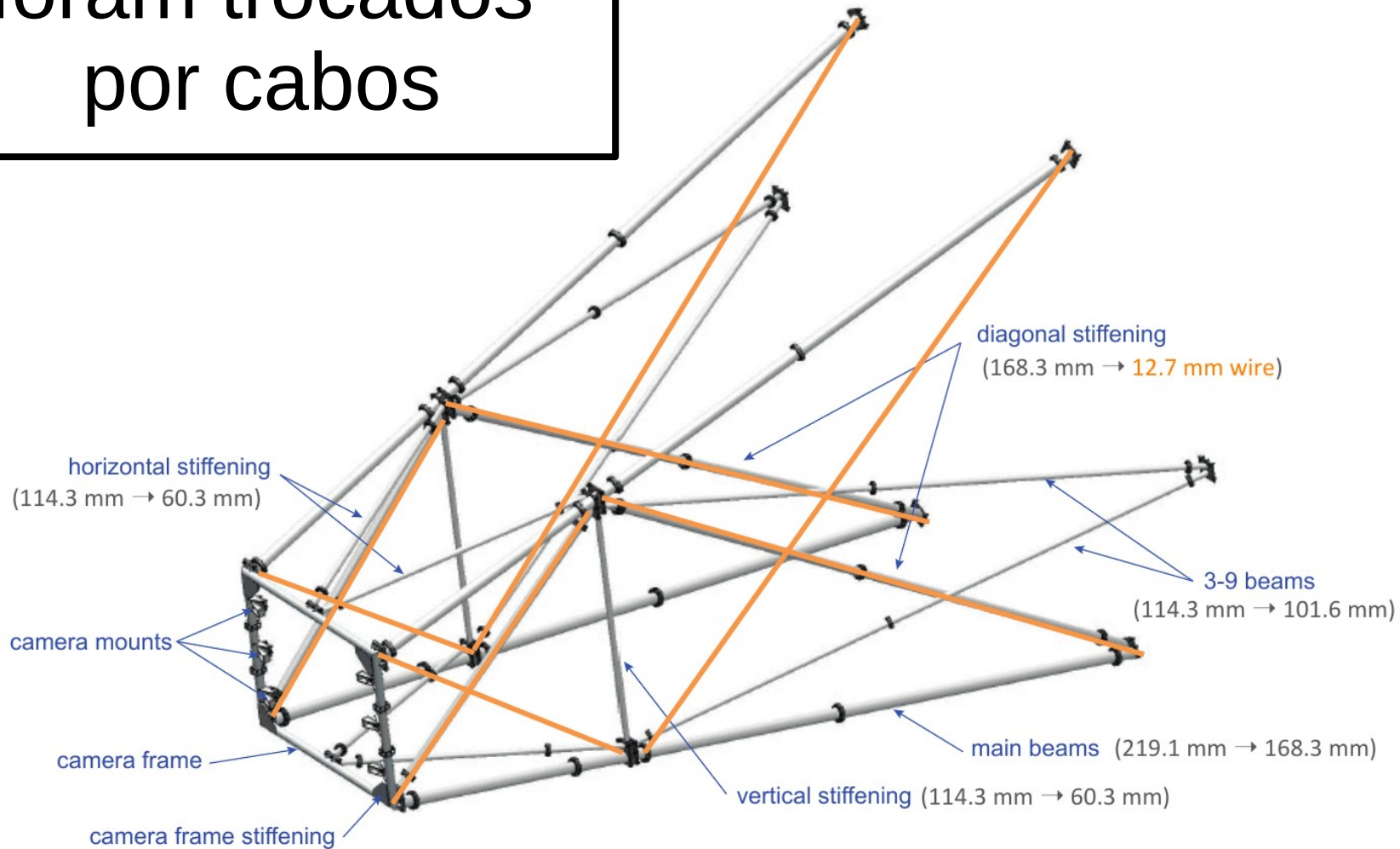


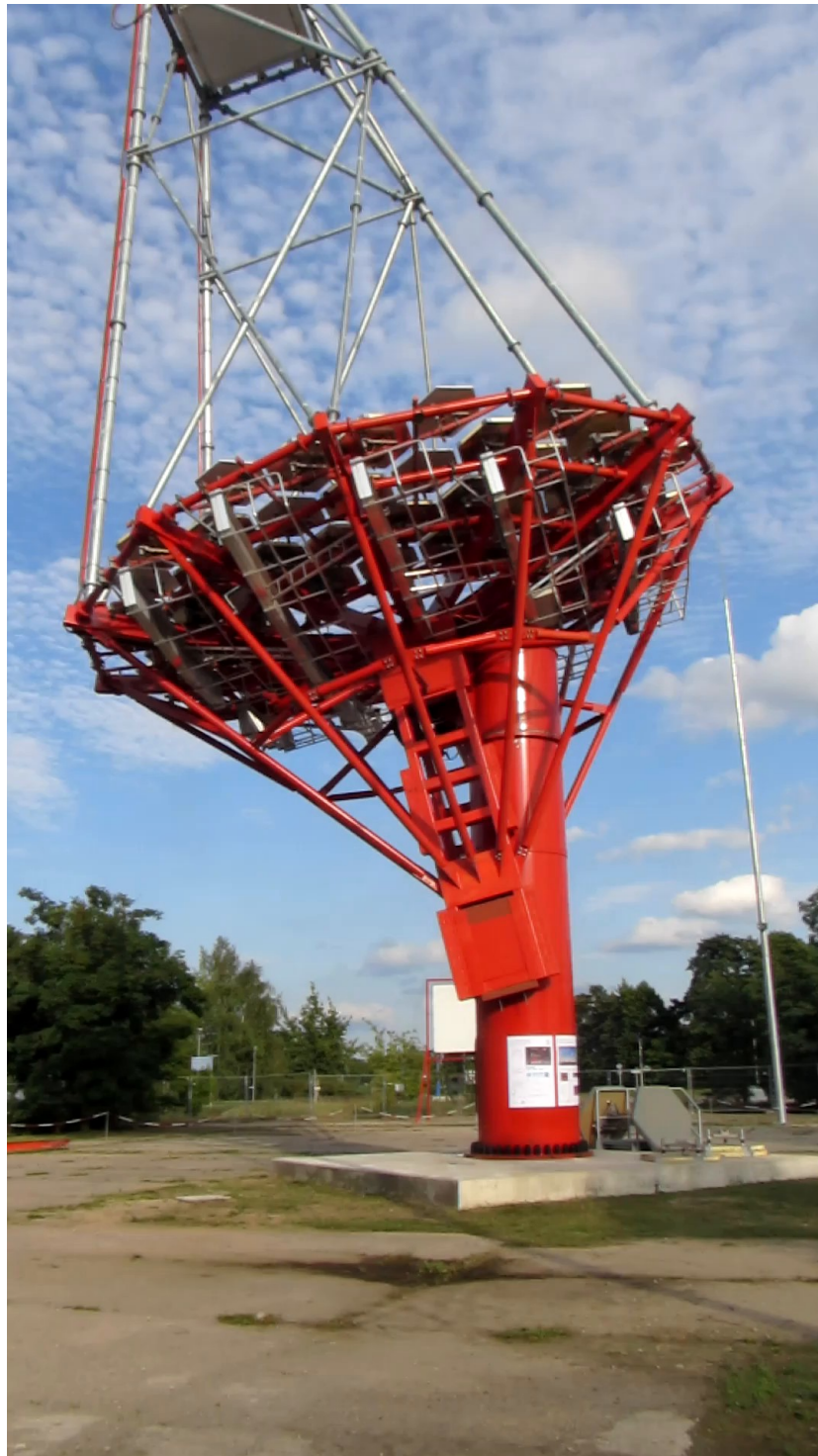
Objetivos Re-design:
Reduzir peso e
sombreamento

	old design	new design
weight [kg]	4.479	3.843
shadow [% / m ²]	19.0 / 86.8	17.2 / 88.7

Principal Modificação

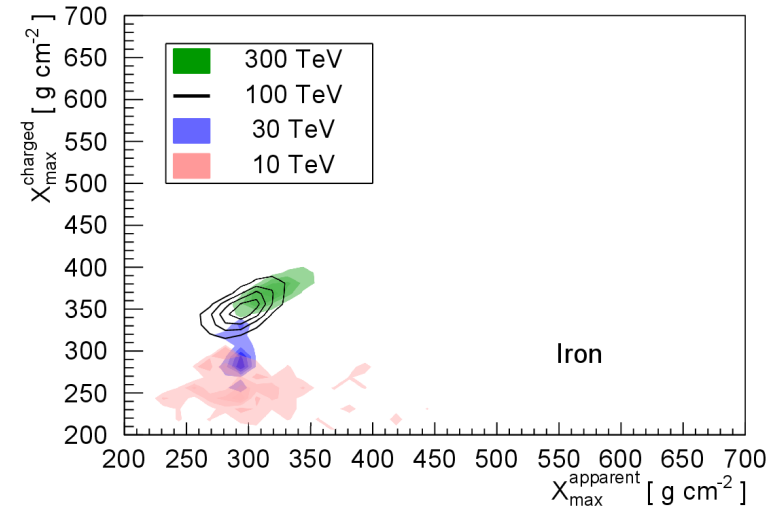
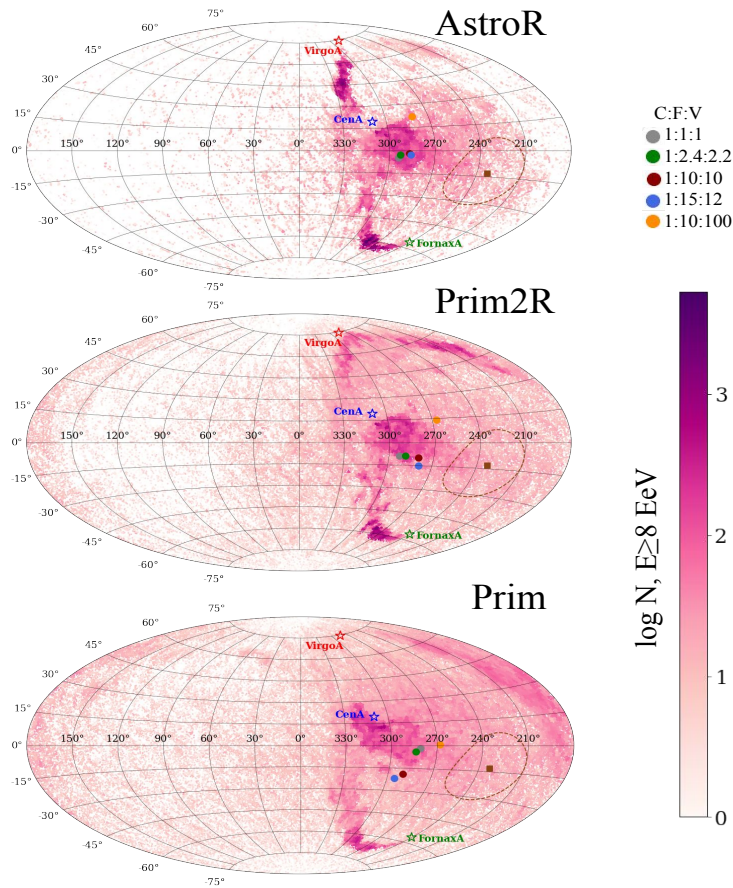
Alguns tubos foram trocados por cabos





Análise e Simulação

- Simulação de Monte de Carlo
 - Propagação pelo Universo
 - Chuveiro Atmosférico Extenso
 - Telescópios / Detectores
- Análise de dados
 - Técnicas lineares e não lineares
 - Multiparamétricas (ajustes) ou aprendizagem de máquina
 - Espectros e mapas



Cainã de Oliveira, em preparação

Conclusão

- Instrumentos projetados e construídos no Brasil para o CTA
- Protótipos aprovados
- Garantia aos dados do experimento
- Inovação na indústria nacional
- Patente depositada
- Solicitar nos próximos anos recursos para construir no Brasil:
 - 25 CSS/MST - (~ 15MR\$)

Resumo

- **Título do projeto:** CTA - MST
- **Instituições envolvidas:**
 - IFSC, IF/USP, UFABC, UFSCar, UFPR, UNIFESP, EEL/USP, IFT, UFRGN, UNIFAL, ICTSJC/UNESP, IAG/USP, UTFPR e Groningen.
- **Cronograma aproximado:**
 - Construção: 2022-2023
 - Comissionamento: 2024-2025
 - Dados preliminares: 2026-2027

- **Estimativa de custos e possíveis fontes de recursos:**
 - Custo MST: ~15 MR\$
 - Possível fonte: FAPESP: ~10MR\$
 - RENAFAE: Custos operacionais
 - Hoje: 5 kEuros/ano para o LST (CBPF)
 - Futuro: ~ Centenas kEuros/ano para SST, MST e LST.
- **Possíveis sinergias com atividades experimentais de outros grupos/experimentos:**
 - Desenvolvimento de estruturas
 - Análise e Simulação
- **Possíveis spin-off (aplicações) do projeto**
 - Posicionamento de altas cargas com precisão.