



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

# PESQUISAS EM ASTROFÍSICA NO INPE

## DIAST – Divisão de Astrofísica

Carlos Alexandre Wuensche  
18/08/2021



# Sobre a DIAST

- A Divisão de Astrofísica - DIAST está ligada à Coordenação Geral de Engenharia e Ciências Espaciais – CGCE
- A DIAST é uma das divisões de pesquisa básica da CGCE e realiza pesquisas e atividades ligadas à astrofísica e à cosmologia em, essencialmente, todas as janelas do espectro eletromagnético e também na janela de ondas gravitacionais
- Efetivo: 67 pessoas

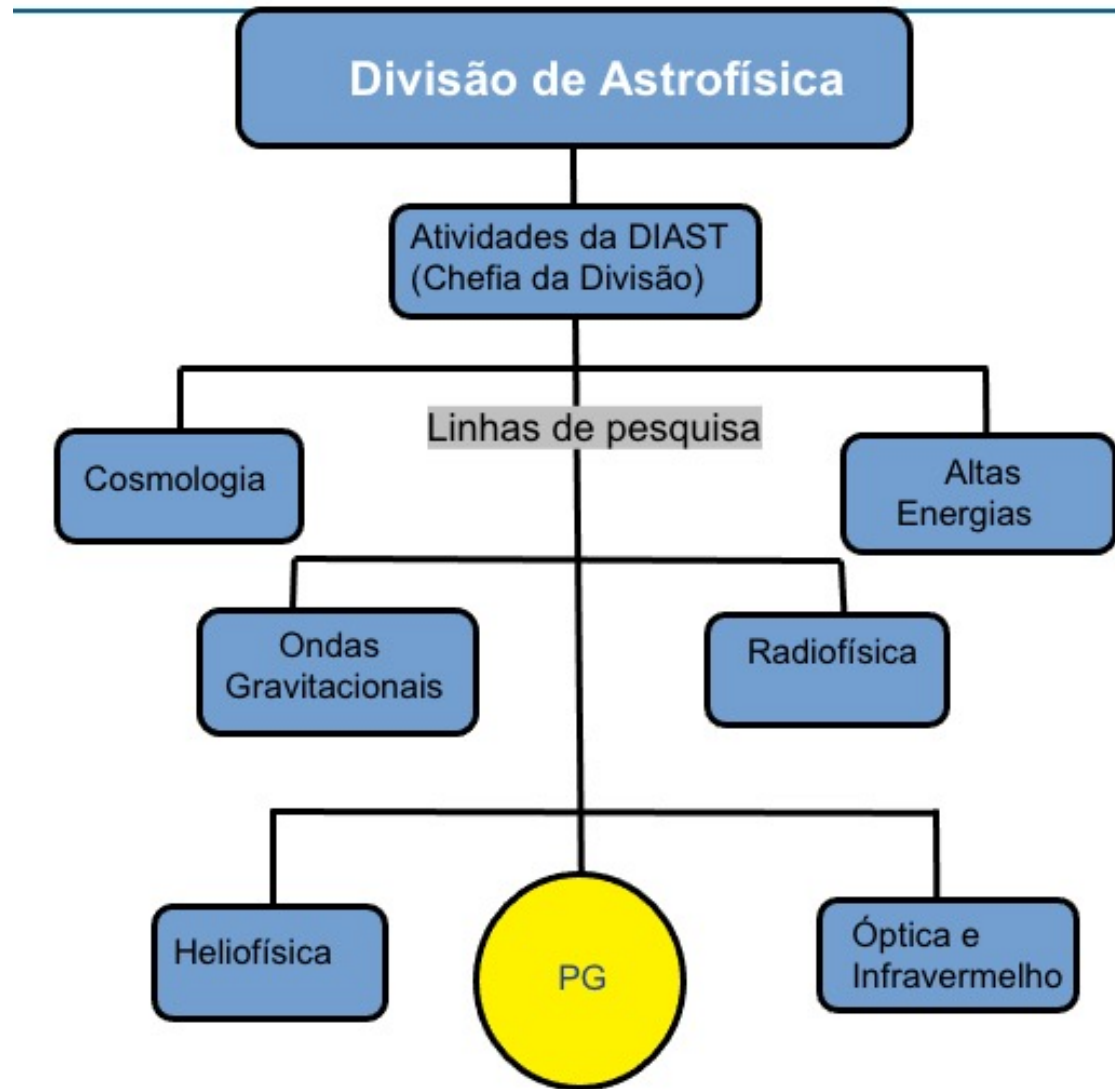
<b>Servidores</b>	<b>23</b>
Alunos	27
Pos-docs	3
Bolsistas PIBIC	6
PCI	2
Colaboradores voluntários	2
Outros colaboradores	2



# Atribuições

- I - Realizar atividades de pesquisa científica em astrofísica nas áreas de astrofísica de altas energias, astrofísica óptica e no infravermelho, radioastronomia, física do meio interplanetário, cosmologia e astrofísica de ondas gravitacionais;
- II - Desenvolver cooperação científica com pesquisadores e instituições de pesquisas nacionais e estrangeiras;
- III - Realizar estudos, desenvolvimento, modelagem teórica e computacional, e construção de experimentos e equipamentos necessários ao bom andamento das atividades e projetos da Divisão;
- IV - Representar os interesses do Instituto em fóruns nacionais e internacionais nas áreas de astrofísica teórica, observacional, computacional e que envolvam o desenvolvimento de instrumentação científica para estudo do espaço profundo e do cosmos;
- V - Coletar dados e disseminar os resultados observacionais entre outros centros de pesquisas nacionais e internacionais, cooperando com a Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação do INPE para que o arquivamento ocorra em bancos de dados estruturados e formatados de acordo com padrões internacionais da área científica; e
- VI - Atuar em outras atividades que lhe forem atribuídas pertinentes à sua área de competência.

# Organograma



# Infraestrutura

- Diversos equipamentos de eletrônica com valor superior a R\$ 100.000,00
- Laboratórios
  1. Laboratório de Cosmologia – sala 40
  2. Laboratório de Ondas gravitacionais – sala 34 e anexo III do prédio CEA Novo
  3. Laboratório de Rádio Física – Sala 32
  4. Laboratório de Óptica – Sala 4
  5. Laboratório de Astrofísica de Altas energias – Sala 42
  6. Salão de integração de experimentos – Anexo I do prédio CEA Novo
  7. Salão de testes (administrado pela coordenação e originalmente alocado ao SLB) - Anexo II do prédio CEA Novo



# Experiência

- Todos os doutores com mais de 20 anos de formados
- Todos os servidores com mais de 18 anos de instituição
- Bolsistas de produtividade CNPq: 4
- Cooperações internacionais em todos os projetos
- Liderança em projetos nas áreas de Astrofísica Óptica, Astrofísica de Altas Energias, Cosmologia e Ondas Gravitacionais
- Todos os projetos acima abordam uma forte componente de desenvolvimento de instrumentação, tanto com sinergias externas no país, quanto internacionais.



# Infraestrutura laboratórios

- Atividades com forte viés observacional, liderança no desenvolvimento de instrumentação astronômica no país
- A DIAST possui os seguintes laboratórios:
  - ☐ Astrofísica óptica
  - ☐ Astrofísica de Altas Energias
  - ☐ Radioastronomia (cobrindo desde Física Solar até Cosmologia)
  - ☐ Ondas Gravitacionais, únicos no país
- Possui acesso direto ao COLIT – Laboratório de Integração e Testes de Satélites, único do gênero no Hemisfério Sul.
  - ☐ **Laboratório de Integração e Testes** de satélites
  - ☐ Laboratórios Associados de Plasma e de Computação Aplicada
  - ☐ **Rádio Observatório Pierre Kaufmann**(ROPK, Atibaia, SP)
  - ☐ Miniobservatório Astronômico, criado para servir como **suporte às atividades de difusão científica, bem como às de ensino de pós-graduação.**
- Forte colaboração externa
  - ☐ Interação com as empresas locais, para construção de instrumentos e qualificação do parque industrial do estado de SP



# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E FOMENTO À INDÚSTRIA

- Fomento à indústria local e, em alguns casos, transferência de tecnologia, por praticamente todas as linhas de pesquisa mas, em particular, as linhas ONG, COSMO e FMI.
  - ITALBRONZE: usinagem da esfera do Detector Schenberg (fornecedora para outros grupos no mundo)
  - METALCARD: usinagem de cornetas, guias de onda e transições para diversos projetos de cosmologia, particularmente o ARCADE (Absolute Radiometer for Astrophysics, Cosmology and Diffuse Emission)
  - Nêuron Eletrônica: desenvolvimento de receptores para as antenas do projeto BDA
  - CALFER: construção de cornetas e estruturas para o radiotelescópio BINGO
  - ALLTEC : construção de cornetas e estruturas para o radiotelescópio BINGO





# PUBLICAÇÕES 2019-2021

- 2017 – 63 (58 em Qualis A)
  - 2018 – 35 (33 em Qualis A)
  - 2019 – 70 (66 em Qualis A)
  - 2020 – 61 (57 em Qualis A)
  - 2021 – 27 até o momento (22 em Qualis A)
- 
- Se consideramos a colaboração LIGO, a fração de publicação com discentes é de 56% no quadriênio
  - Há artigos de discentes e pós-docs sem a participação docentes na contabilidade acima



# EXTENSÃO E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

## ■ Organização de cursos e eventos:

- “INPE Advanced Course” (2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2018)
- Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica (anual, desde 1998)
- Ciclo de Palestras para o público em geral (ocorre, com interrupções, desde 2005)
- Desde 2018, curadoria das palestras de divulgação em astronomia no Parque Vicentina Aranha
- Visitação e observação remota com o Miniobservatório (ocorre, com interrupções, desde 2004)
- Participação ativa na Semana de C&T desde sua criação (2004)



**Astrofísica de Altas Energias**



**Cosmologia**



**Astrofísica Óptica e Infravermelho**



**Radiofísica**



**Heliofísica**



**Ondas Gravitacionais**



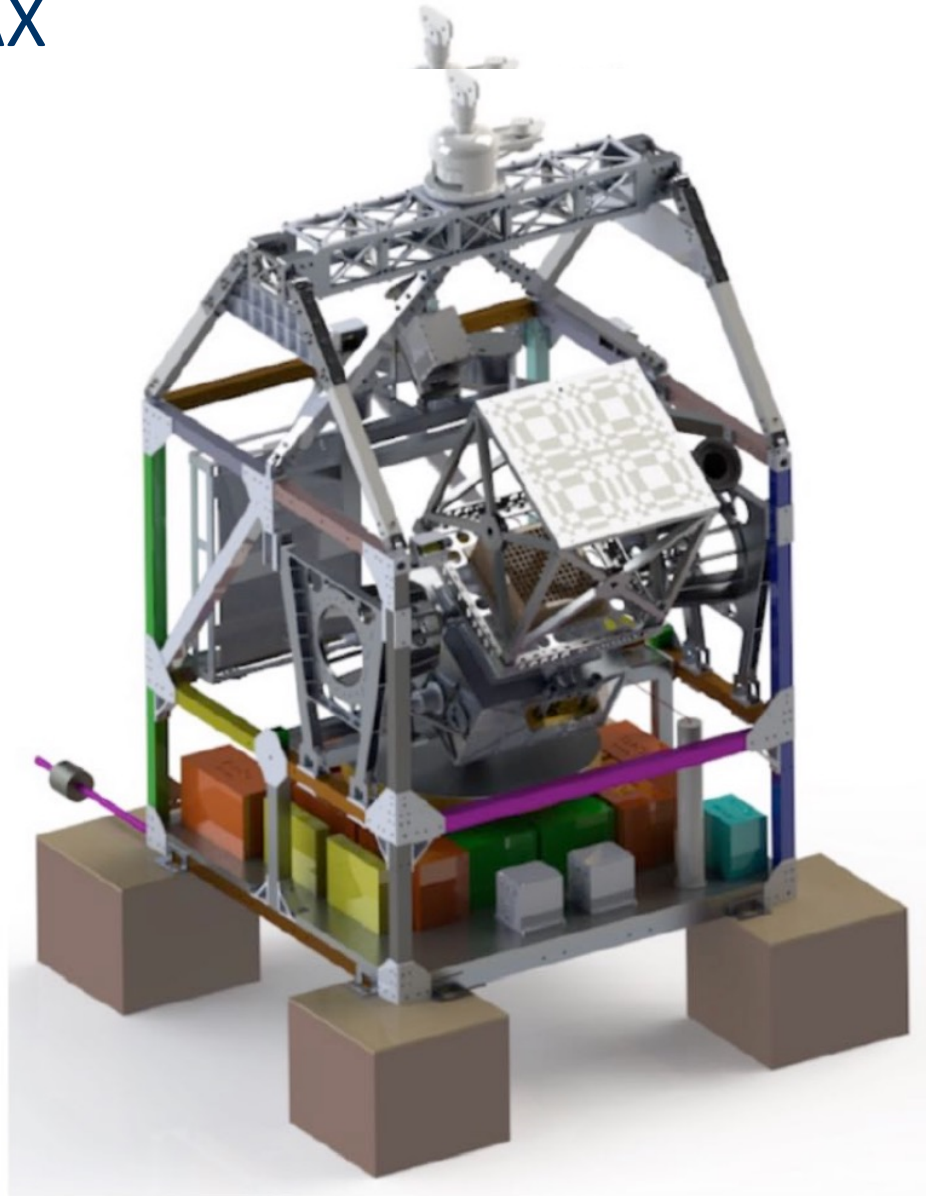
# ASTROFÍSICA DE ALTAS ENERGIAS

- Pesquisadores: João Braga e Flavio D'Amico
- O objetivo desta linha de pesquisa é o estudo de fontes cósmicas de radiação X e gama através de:
  - desenvolvimento de instrumentos científicos espaciais projetados para este fim;
  - estudos de objetos emissores de raios X e gama através da análise de dados científicos de missões espaciais internacionais ou de dados obtidos em telescópios terrestres em outros comprimentos de onda.



# ProtoMIRAX

- Atividades 2020: conclusão do módulo de controle de sinais
- Previsão 2021: implementar o software de apontamento
- Problemas: fim de financiamento da FINEP
- Propostas de solução: buscar “expertise” via outras fontes (PCI, por exemplo)

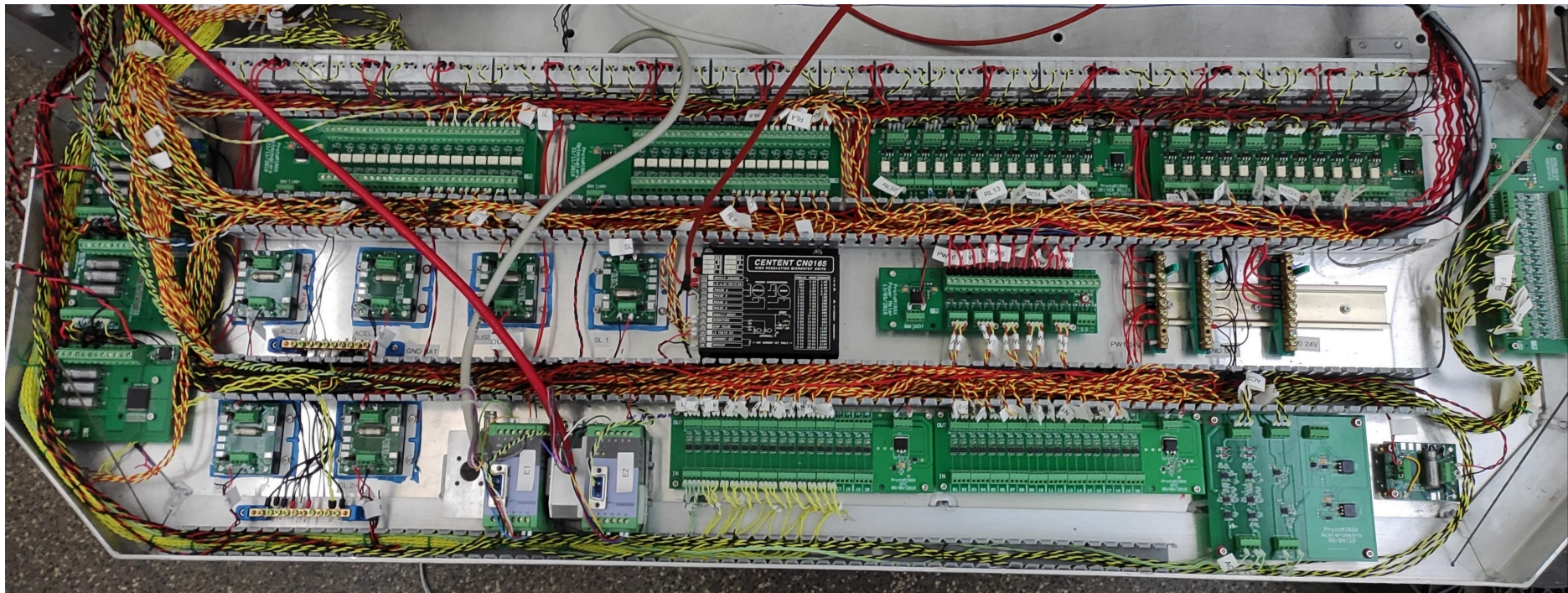


Crédito: João Braga



# protoMIRAX – módulo de controle de sinais

- Plano para 2021: primeiras implementações no “software” de apontamento



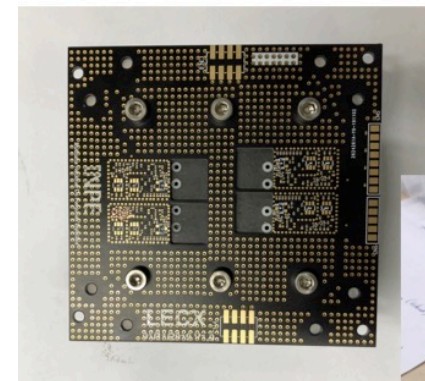
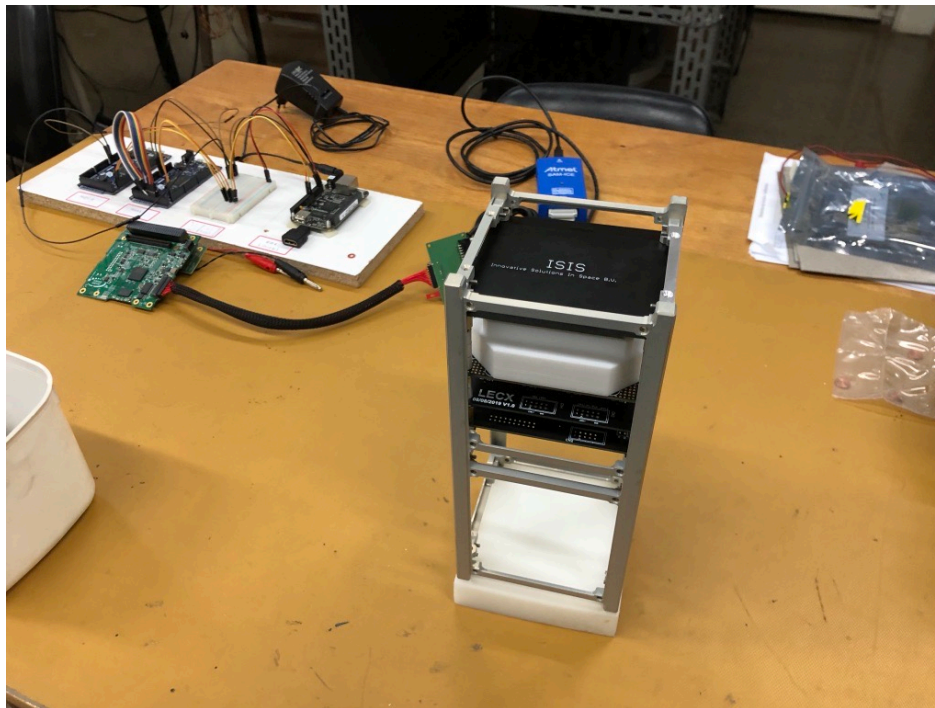
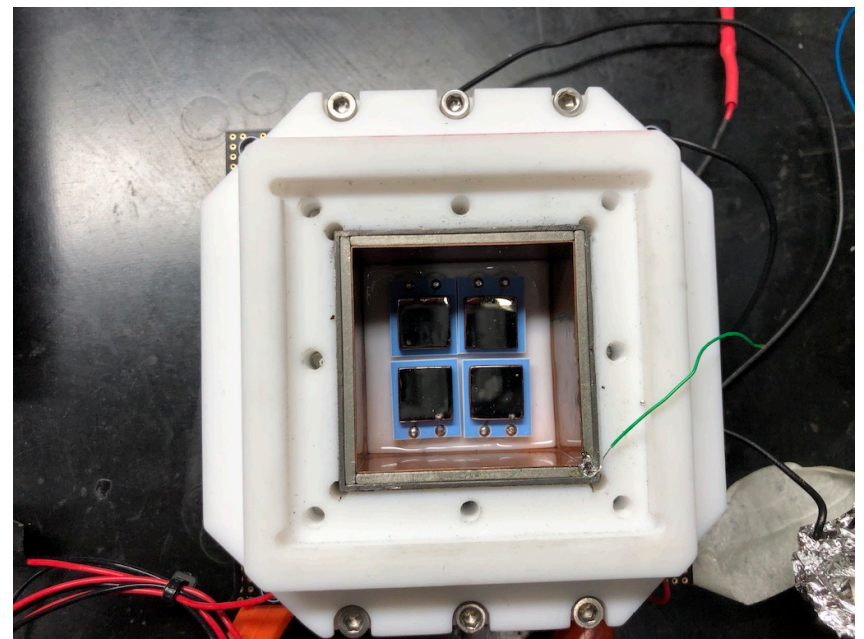
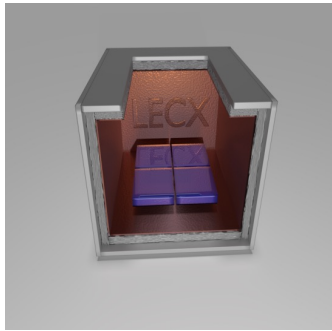


## Projeto LECX/nanoMIRAX

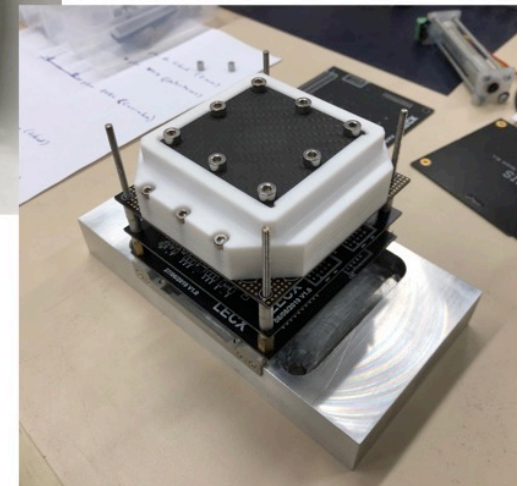
- Este projeto consiste no desenvolvimento e provimento de uma carga útil científica – o experimento LECX - para o satélite nanoMIRAX, em desenvolvimento pela empresa CRON de S. J. Campos com financiamento do programa PIPE da FAPESP.
- Trata-se de um CubeSat 2U.
- Atividades 2020: término do modelo de engenharia, testes de vibração e térmico no LIT.
- Plano 2021: desenvolver o modelo de voo do LECX e do satélite.
- Problemas: conseguir financiamento para o modelo de voo; contratar pessoal qualificado; conseguir recursos para lançamento.
- Propostas de solução: auxílio da AEB; auxílio da FAPESP; conseguir bolsas e/ou contratos via FUNCATE.



# Projeto LECX/nanoMIRAX



DPCB - detectors





# HELIOFÍSICA

- Pesquisadores: José Roberto Cecatto e Joaquim Eduardo Rezende Costa
- Colaborador voluntário: Hanumant Shankar Sawant
- As pesquisas em Heliofísica do PG em Astrofísica do INPE almejam investigar os efeitos de fenômenos solares (erupções, "Coronal Mass Ejections" - CME – e filamentos eruptivos)
  - responsáveis pela aceleração de partículas
  - geração de ondas de choque e de sua propagação pelo meio interplanetário



# BDA – Brazilian Decimetric Array

**Interferômetro rádio (1-6 GHz) de 26 antenas de 4 m diâmetro p/ pesquisa sobre fenômenos solares, galáticos e extra-galáticos, principalmente do hemisfério Sul celeste.**

- Atividades 2020: Projeto de novo sistema rastreo, Contratação sistema proteção de descargas atmosféricas, Automatização síntese de freq. e telemetria – testes de bancada bem sucedidos e Recuperação de 12 receptores danificados (módulos FI e banda base)
  
- Problemas (temas desafiadores no projeto)
  - (1) Componentes sistema rastreo das antenas: próximo final de vida útil e descontinuadas fabricação / manutenção;
  - (2) destruição redes fibras óticas e ethernet por incêndio;
  - (3) correlacionador - implementação / testes / operação;
  - (4) receptores danificados, fabricante encerrou atividades e falta de documentação;
  - (5) modernização / automatização de receptores;
  - (6) “software” de imageamento;



# BDA – Planos 2021

- Renovação do sistema de rastreo das antenas;
- Troca de cabos de fibras óticas, com fusões e ajuste de fase dos sinais, e cabos de ethernet;
- Agregar novo(s) membro(s) equipe técnica e dar sequencia no desenvolvimento do correlacionador e automatização de receptores;
- Levantamento de diagramas e lista de componentes, aquisição dos componentes e placas C.I. e construção de 26 novos receptores, além disso, implementação e testes de 2 unidades de recepção usando SDR;
- aquisição dos microcontroladores na quantidade necessária e automatização dos receptores;
- Contratação de empresa qualificada para implementação do “software” de imageamento.
- Modernização / implementação e testes do correlacionador;
- Reengenharia / levantamento esquemas elétricos e lista de componentes dos receptores atuais, confecção de novas placas de C.I. e aquisição de componentes necessários para replicação das unidades receptoras atuais;
- (2) como alternativa, testes de recepção/interferometria usando 2 unidades de SDR para estudo de viabilidade de uso futuro como unidades receptoras.







# RADIOFÍSICA

- Pesquisadores: José Williams dos Santos Vilas-Boas e Luiz Cláudio de Lima Botti





Foto: Wilson Camargo/NTAI



Foto: Cassio Leandro



# Radio observatório Pierre Kaufmann

- Recuperação da infraestrutura de Atibaia
  - Aposentadoria de servidores, pane na antena → infraestrutura deteriorada por falta de manutenção.
  - Retomada do interesse após conserto da antena e acordo de cooperação com Mackenzie
  - Monitoramento da ionosfera prossegue normalmente, com instrumentos remotos e automáticos
  - Antena de 14m fora de operação → aguarda instalação dos motores e liberação do laboratório
  - Plano: projeto executivo → obras de recuperação → retomada das operações
- Em 2020: manutenção do gerador, projeto executivo em elaboração, adaptadores para os novos motores projetados e em fabricação, início do pagamento da taxa de lixo





# ROPK – Desafios e perspectivas 2021

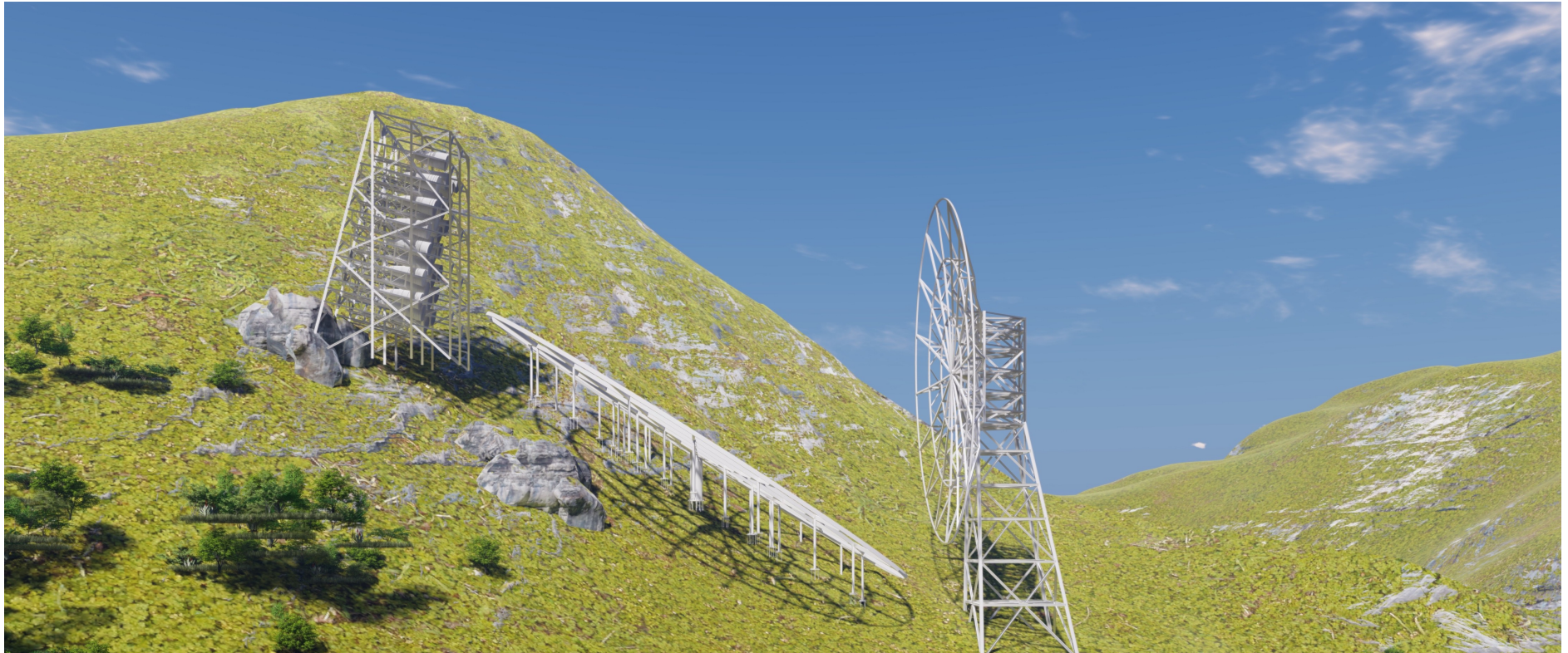
- Desafios: falta d'água (manutenção da mina), poda de galhos na fiação elétrica, linhas telefônicas mudas (falta de resposta das companhias), falta de itens de segurança, dificuldade em obter propostas de orçamentos, silêncio elétrico (urbanização)
- Solução: continuar recebendo o apoio das áreas de manutenção, administrativa, financeira e de segurança do trabalho
- Realizar palestra na câmara de vereadores para reforçar a lei de silêncio elétrico
- Em 2021: receber o projeto executivo e realizar as obras → liberação do laboratório para manutenção dos receptores → retomada das operações da antena de 14m



# COSMOLOGIA

- Pesquisadores: Carlos Alexandre Wuensche, Christine Córdula Dantas e Oswaldo Duarte Miranda
- Pesquisador cedido a outro órgão do MCTI: Thyrso Villela
- As áreas de interesse científico do grupo de Cosmologia do INPE são:
  - Radiação Cósmica de Fundo em Microondas - aspectos teóricos, fenomenológicos e observacionais
  - Cosmologia de 21 cm
  - Emissão difusa da Galáxia na faixa de rádio
  - Cosmologia Quântica
  - Simulações cosmológicas e matéria escura
  - Química do Universo primordial

# O RADIOTELESCÓPIO BINGO



Projeto com liderança brasileira e colaboração internacional, iniciado em Dezembro 2016, para medir oscilações acústicas de bárions, através de mapeamento de intensidade da linha de 21 cm do Hidrogênio neutro.

Crédito: Carlos Alexandre Wuensche

## ■ Realizações 2020

- ☐ Coordenação: INPE/USP/UFCG
- ☐ Maior parte do hardware disponível a partir de 09/2020 para montagem receptores
- ☐ Protótipos da antena, front-end e componentes eletrônicos testados e qualificados
- ☐ Projeto óptico concluído
- ☐ Projetos de engenharia da estrutura e fabricação dos espelhos em fase de conclusão

## ■ Desafios 2021

- ☐ Fabricação em massa das antenas
- ☐ Calibração e estabilidade dos receptores: colfets e uma fonte de onda contínua como calibrador externo estão sendo estudados para identificar nível de ruído e a estabilidade
- ☐ Backend digital: as placas SKARAB são a escolha. A curva de aprendizado para sua programação ainda não é conhecida, precisa ser integrada ao sistema do laboratório
- ☐ Interferência de radiofrequência: discussões interrompidas em 2020. Zona de silêncio em rádio já solicitada às autoridades estaduais e à ANATEL
- ☐ Limpeza do terreno, abertura de estrada e início da construção das fundações iniciadas

## ■ Simulações cosmológicas e matéria escura

- Esta linha de pesquisa tem por objetivo o estudo da formação de galáxias e estruturas em grande escala, e da natureza da matéria escura, a partir da investigação de diferentes observáveis em astrofísica e cosmologia, e de sua consistência com previsões teóricas advindas de diversos setores.
- Esta linha de pesquisa também desenvolve a análise de simulações cosmológicas de última geração, como ferramenta de auxílio na interpretação da física da matéria escura, sob diferentes estados dinâmicos e ao longo da história evolutiva do Universo

## ■ Cosmologia quântica

- O objetivo desta linha de pesquisa é entender propriedades físicas relevantes no início do Universo, a tempos próximos do tempo de Planck, e seus potenciais observáveis cosmológicos, contemplando aspectos teóricos e numéricos em Loop Quantum Gravity e suas aplicações em Loop Quantum Cosmology.
- Um dos estudos vêm analisando teoricamente um cenário em que o inflaton é substituído por uma "versão primordial" do campo de Higgs.
- Uma outra linha de estudos analisa fenômenos críticos no contexto de modelos de spin networks em LQG, e sua produção de espaços em expansão, que podem ser de interesse para cenários alternativos ao inflacionário.



# ASTROFÍSICA ÓPTICA E NO INFRAVERMELHO

- Pesquisadores: Cláudia Vilega Rodrigues, André Milone e Francisco Jablonski
- O grupo de Astrofísica óptica e no infravermelho desenvolve pesquisas científicas em
  - astrofísica estelar e extragaláctica
  - tem um forte viés observacional utilizando dados fotométricos, espectroscópicos e polarimétricos no visível e infravermelho.



# SPARC4 – Simultaneous Polarimeter And Rapid Camera in 4 bands

Instrumento em construção a ser instalado do telescópio de 1,6 m do Observatório do Pico dos Dias

Progresso em 2020

- Usinagem em curso

- Início do software de controle

- Início do pipeline

Problemas (temas desafiadores no projeto)

- Montagem dos barris ópticos

Propostas de solução

- Já temos um procedimento testado em um protótipo que atende aos requisitos

Plano para 2021

- Término da usinagem

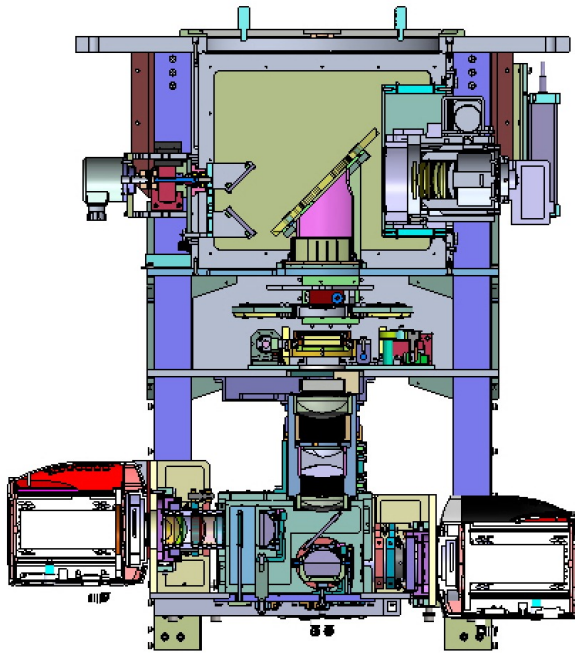
- Montagem dos subsistemas

- Possivelmente montagem de todo o instrumento

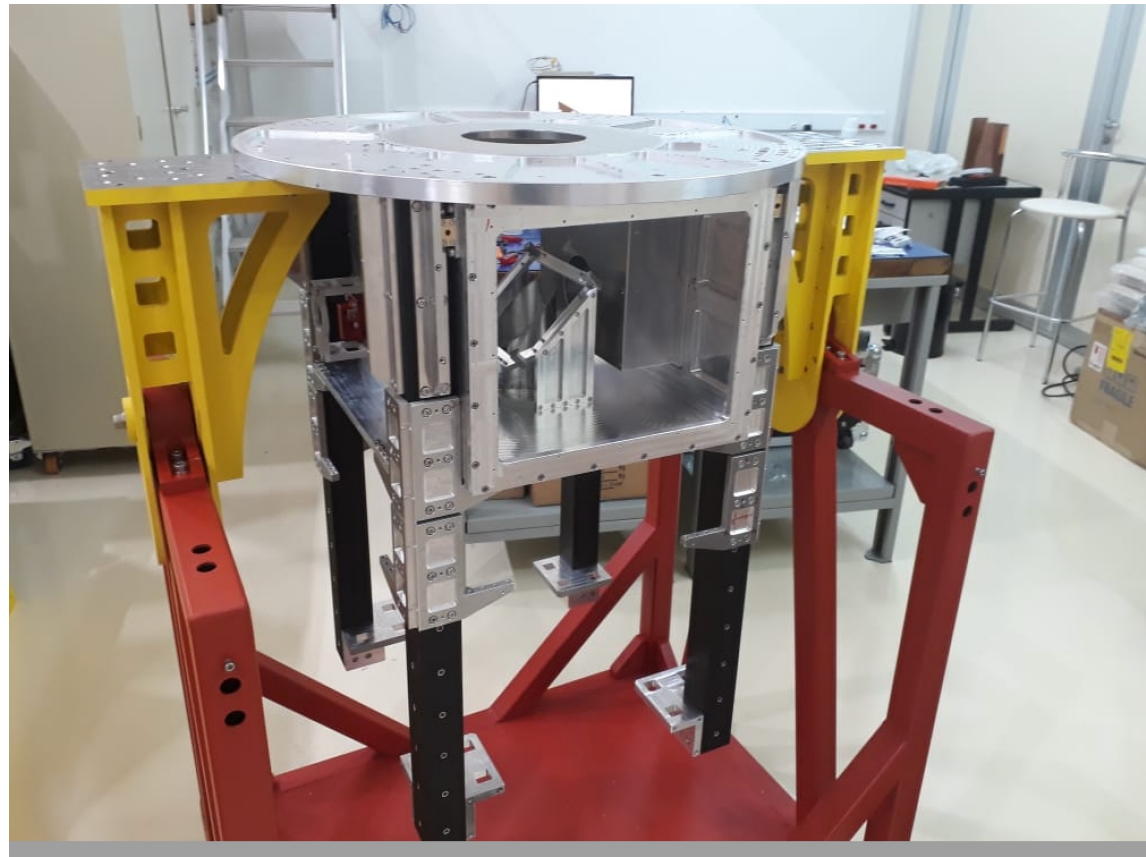
Primeira luz: 2021-2022



## Projeto 3D



Carrinho de transporte, montagem e teste  
+  
Estrutura mecânica da SPARC4  
+  
Estrutura mecânica do autoguider







# MINIOBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO

## ■ PI: André Milone (DIAST)

- ☐ **Colaboradores:** pesquisadores da DIAST e estudantes do PPG-Astrofísica do INPE.

## ■ Atuação:

- ☐ suporte ao Curso de Pós-Graduação em Astrofísica do INPE
- ☐ realiza observações astrofísicas em colaboração com instituições nacionais/estrangeiras
- ☐ realiza o atendimento presencial por meio de visitas presenciais para visualização do céu noturno

## ■ Desafios:

- ☐ necessidade de reparos no prédio
- ☐ adquirir uma câmera astronômica com melhor desempenho de resposta/leitura e com detector CCD maior
- ☐ servidor com dedicação exclusiva ou parcial.

## ■ Metas

- ☐ reiniciar presencialmente as observações astrofísicas em meados de 2021 e retomar o programa de visitação pública em 2022.





# ASTROFÍSICA DE ONDAS GRAVITACIONAIS

- Pesquisadores: Odylio Denis de Aguiar e José Carlos Neves de Araújo
- O objetivo científico envolve:
  - a construção do primeiro Observatório de Ondas Gravitacionais no Brasil
  - a colaboração com outros projetos internacionais;
  - o estudo do Universo através do seu espectro gravitacional.



# Projeto do Detector de Ondas Gravitacionais Schenberg:

- O Detector de Ondas Gravitacionais Mario SCHENBERG iniciou sua operação comissionada em 08 de Setembro de 2006.
- O projeto envolve a colaboração entre INPE, USP, ITA, PUC-Rio, IFSP, UNICAMP, CBPF, UNIFESP, UNESP, UFABC, IAE, UNIPAMPA, UESC, Leiden University, UWA, LSU, OCA, entre outras instituições.
- Construído inicialmente no Instituto de Física da USP, o seu desenvolvimento foi interrompido em 2015, ainda sem ele ter atingido a sua sensibilidade de projeto.
- Em 2016 foi desmontado e transportado para o INPE.
- Em 2020 foi feita uma licitação para a aquisição de 4 plataformas metálicas para a sua remontagem no INPE.
- Cinco empresas concorreram, mas nenhuma aceitou fornecer as 4 plataformas pelo preço médio total cotado de R\$ 212 mil, alegando que o preço do aço e de serviços de soldagem aumentaram muito no período da pandemia.
- Estamos reavaliando o custo benefício do projeto, diante dos novos valores para a aquisição das plataformas (R\$ 350 mil).

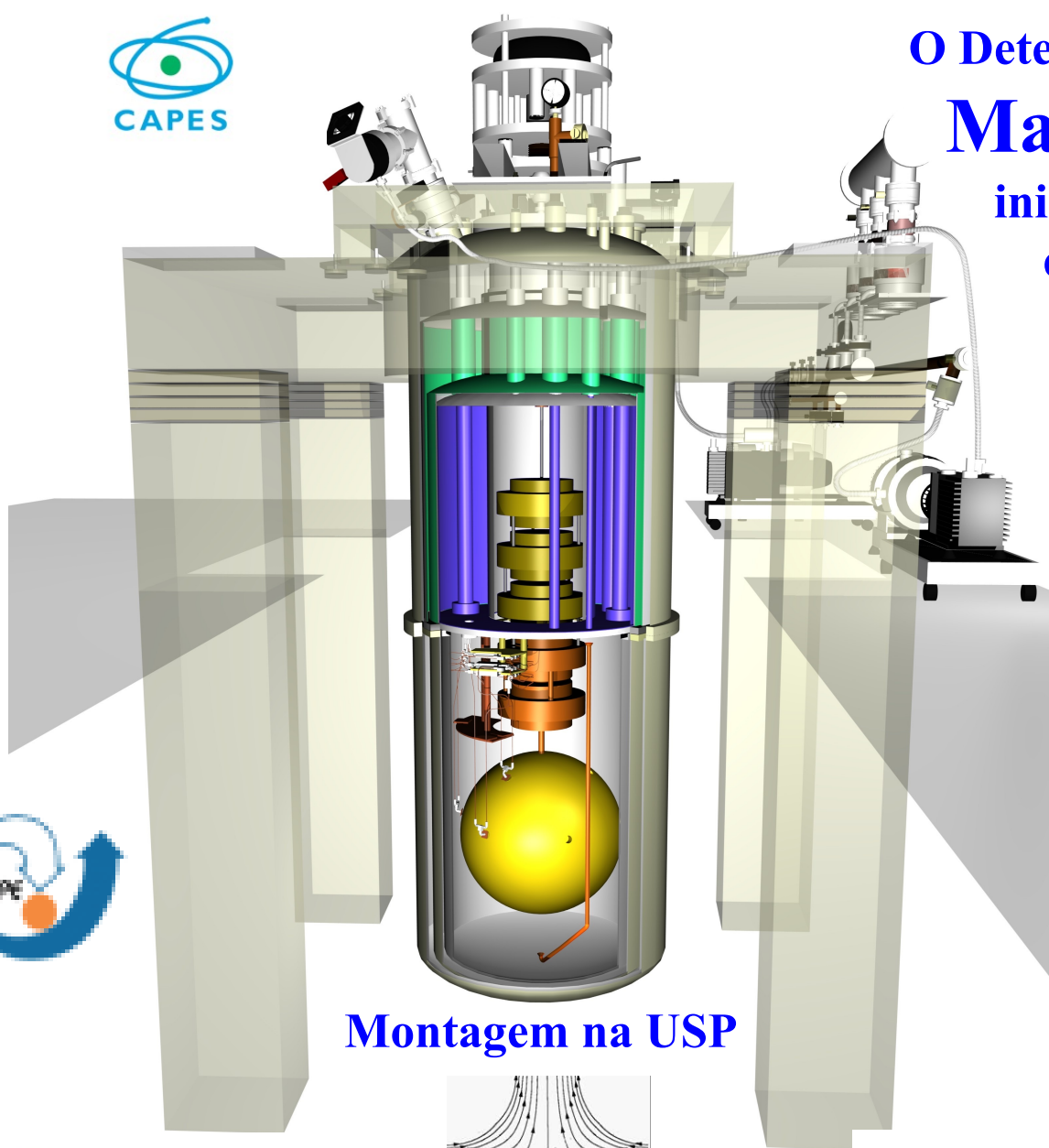


O Detector de Ondas Gravitacionais

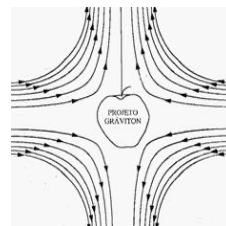
**Mario SCHENBERG**

iniciou sua operação comissionada  
em 08 de Setembro de 2006.

O projeto envolve a  
colaboração entre  
INPE, USP, ITA,  
PUC-Rio, IFSP,  
UNICAMP, CBPF,  
UNIFESP, UNESP,  
UFABC, IAE,  
UNIPAMPA, UESC,  
Leiden University,  
UWA, LSU, OCA,  
entre outras instituições.



Montagem na USP



GRAVITON GROUP





## Projeto dentro da colaboração científica LIGO (LSC)



Crédito: Odylio Denis de Aguiar



# A pós-graduação em Astrofísica

<http://www.inpe.br/posgraduacao/ast/>

[pg.ast@inpe.br](mailto:pg.ast@inpe.br)



# Informações gerais

- Coordenação: Claudia Vilega Rodrigues

- [claudia.rodrigues@inpe.br](mailto:claudia.rodrigues@inpe.br)

- Atividades de pesquisa

- O programa de pós-graduação em Astrofísica do INPE tem os cursos de mestrado e doutorado

- As atividades de pesquisa na pós-graduação estão vinculadas às linhas de pesquisa da DIAST





# Objetivo

- De modo geral, a Pós-Graduação em Astrofísica do INPE tem como objetivo contribuir para o conhecimento astronômico em escala mundial.
- Atua em diversas áreas de pesquisa utilizando várias ferramentas
  - dados obtidos através de diferentes técnicas observacionais
  - modelagem com códigos matemáticos complexos
  - desenvolvimento de instrumentação



# Contexto

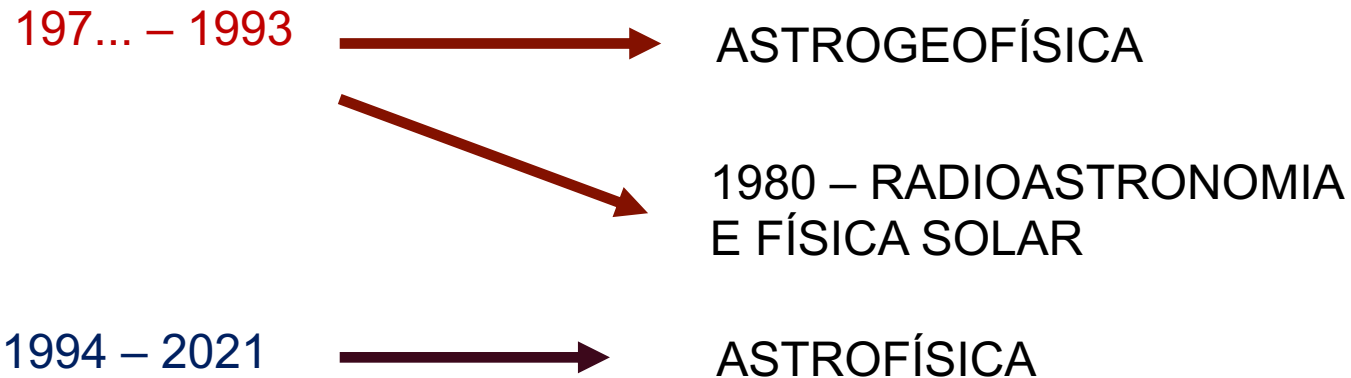
- O INPE é uma unidade de pesquisa do MCT, com quatro grandes áreas de atuação, seis programas de pós-graduação e mais de 300 doutores, divididos entre as carreiras de pesquisador e tecnologista.
- Não há cursos de pós-graduação de forte tradição a menos de 80 km de São José dos Campos (sede principal do INPE), o que dificulta a captação de alunos.
- Divide com ON, LNA e CBPF as atividades de pesquisa em astronomia no MCT.



# PROPOSTA DO PROGRAMA

- Suprir as necessidades do Instituto e do País no campo da Astrofísica, dando **ênfase**, além da produção de ciência de qualidade, ao **desenvolvimento de instrumentação astronômica**.
- Outros objetivos: formação mais ampla ao pessoal graduado nas áreas de Ciências Exatas e Engenharia, capacitação e treinamento para atividade de pesquisa em suas universidades, institutos de pesquisa e empresas.
- Foco: conhecimento de Ciência e Tecnologia Espacial.

# Histórico



- DESDE 1994, Ampliação do corpo docente com 3 concursos:
  - 1994 (6 pesquisadores, 4 ainda atuam): FENOMENOLOGIA/INSTRUMENTAÇÃO
  - 2002 (2 pesquisadores): T + E
  - 2004 (1 pesquisador): T
- HOJE: 14 pesquisadores, 10 docents da DIAST



## Sugestões aos interessados na nossa PG...

- **Visitem** o portal da DIAST ([www.das.inpe.br](http://www.das.inpe.br))
- **Visitem** as páginas da pós-graduação (<http://www.das.inpe.br/posgraduacao>)
- **Leiam** o regimento do curso de PG em Astrofísica
- **Leiam** o regimento geral dos cursos de pós-graduação do INPE
- **Pensem**, já, no desdobramento de sua pós-graduação
  - ☐ bolsa CAPES? CNPq? FAPESP?
  - ☐ Doutorado sanduíche? Aonde?
  - ☐ Fico na área de pesquisa do mestrado ou mudo, no doutorado?
- **Conversem** com os colegas e com os professores para compartilhar experiências!!!



**OBRIGADO!**