



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



EDITAL N° 29/2023/SEI-INPE
Chamada Pública 01/2023
Programa de Capacitação Institucional - PCI

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) torna pública a presente Chamada e convida os interessados a se inscreverem para os Subprojetos, nos termos aqui estabelecidos.

1. OBJETO

A presente Chamada tem por finalidade a seleção de especialistas, pesquisadores, tecnologistas e técnicos que possam contribuir para a execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento, no âmbito do Programa de Capacitação Institucional - PCI. Nesta Chamada Pública haverá bolsas de longa duração, de até 60 meses de vigência.

1.1. Projetos de Pesquisa a serem apoiados:

Os seguintes projetos de pesquisa serão apoiados no âmbito do Subprograma de Capacitação Institucional:

CÓDIGO	SUBPROJETO	MODALIDADE	LOCALIDADE
1.1.1	Aprimoramento e Validação de Produtos de Sensoriamento Remoto para Monitoramento do fogo na vegetação	DA	São José dos Campos
2.1.1	Automatização de Atividades para a Análise de Lixo Espacial de Dinâmica de Voo e Controle de	DA	São José dos Campos

	Órbita de Satélites		
3.1.1	Desenvolvimento de um sistema de gestão de portfólio de projetos	DB	São José dos Campos
4.1.1	Desenvolvimento de Linhas de Transmissão Não Lineares para Geração de RF	DA	São José dos Campos
4.2.1	Desenvolvimento de modelo para simulação térmica de um radiômetro de banda larga	DC	São José dos Campos
4.3.1	Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico	DC	São José dos Campos
4.4.1	Desenvolvimento, produção e caracterização de materiais para dispositivos de armazenamento de energia e eletrocatalisadores visando aplicações aeroespaciais	DB	São José dos Campos
4.5.1	Materiais em Microgravidade	DB	São José dos Campos
4.6.1	Desenvolvimento do processo de ensaio (referente a parte do sistema de Propelentes) de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE	DB	Cachoeira Paulista
4.7.1	Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado de um Estágio	DB	Cachoeira Paulista

4.8.1	Desenvolvimento de estudo técnico para implementação do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho dos Bancos de Testes de propulsores, de maneira a garantir a segurança e confiabilidade durante o processo de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE	DE	Cachoeira Paulista
5.1.1	Aplicação do software de redução do instrumento SPARC4 no banco de dados do Observatório do Pico dos Dias	DB	São José dos Campos
5.2.1	Desenvolvimento de pesquisa para redução de ruídos transientes nos observatórios de ondas gravitacionais LIGO	DB	São José dos Campos
5.3.1	Desenvolvimento de instrumentação para radioastronomia: tecnologias aplicáveis para a observação do Universo entre as frequências de 980 MHz e 720 GHz	DB	São José dos Campos
5.4.1	Anãs F-G-K-M com planetas do tipo rochoso terrestre: parâmetros atmosféricos e indicadores químicos de habitabilidade	DB	São José dos Campos
5.5.1	Estudo de ondas atmosféricas na alta atmosfera e ionosfera no setor Brasileiro	DD	São José dos Campos
5.6.1	Modelagem do fluxo de partículas no cinturão de radiação externo utilizando dados de missões espaciais	DB	São José dos Campos

5.7.1	Desenvolvimento e testes da instrumentação do radiotelescópio BINGO	DA	São José dos Campos
6.1.1	Desenvolvimento de válvula solenoide para aplicação em propulsores de CubeSat	DB	São José dos Campos
6.2.1	Estação Terrena para Plataforma Multimissão - Hardware	DD	São José dos Campos
6.3.1	Desenvolvimento de células OSR para radiadores de satélites	DB	São José dos Campos
6.4.1	Estação Terrena para Plataforma Multimissão - Software	DD	São José dos Campos
6.5.1	Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (EDC) para Satélites de Pequeno Porte	DB	São José dos Campos
6.6.1	Corrosão e tribocorrosão de materiais para aplicação aeroespacial	DB	São José dos Campos
7.1.1	Avaliação dos algoritmos de classificação Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) e Artificial Neural Network (ANN) para imagens de satélites no monitoramento da supressão da cobertura vegetal	DC	Santa Maria - RS
7.2.1	Projeto de Detecção de Degradação e Exploração Florestal em tempo quase real - DETER-B	DC	Belém - PA

7.3.1	Desenvolvimento e aperfeiçoamento do Coletor de Dados Ambientais (Environmental Data Collector - EDC) para nanossatélites padrão CubeSat do Projeto CONASAT	DD	Natal - RN
8.1.1	Desenvolvimento de método para calibração de microfones padrão de trabalho por comparação de pressão	DD	São José dos Campos
8.2.1	Desenvolvimento de medição e calibração de grandezas de massa para aplicações em artefatos de uso espacial e objetos de uso geral	DD	São José dos Campos
8.3.1	Especificação do Sistema de Software e das Plataformas de Desenvolvimento para o Sistema de Aquisição de Dados Usando IoT e Soc	DD	São José dos Campos
8.4.1	Estudos para desenvolvimento de atividades de calibração de sistemas aplicados em Telecomunicações Ópticas e melhorias voltadas para atividades em Metrologia de Alta Frequência	DD	São José dos Campos
9.1.1	Assimilação de dados de radiância no aprimoramento da Previsão Numérica do CPTEC	DC	Cachoeira Paulista
9.2.1	Realizar estudo de casos de eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, com enfoque na energética	DA	São José dos Campos
9.3.1	Previsão de Tempo Estendido no Contexto da Assimilação de Dados por Conjunto	DC	Cachoeira Paulista

9.4.1	Desenvolvimento de produtos para o nowcasting utilizando a base de dados de descargas atmosféricas	DD	Cachoeira Paulista
9.5.1	Avaliação orientada a processos do papel dos fluxos de superfície continental e oceânica sobre os padrões de precipitação na América do Sul simulados pelo MONAN	DA	Cachoeira Paulista
9.6.1	Pesquisa e desenvolvimento da componente física do modelo unificado MONAN – microfísica de nuvens	DB	Cachoeira Paulista
9.7.1	Atualização e evolução da infraestrutura de supercomputação da Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação (COIDS/CGIP) que disponibiliza infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e operação dos modelos de previsão numérica de tempo e clima do INPE	DD	Cachoeira Paulista
9.7.2	Atualização e evolução da infraestrutura de supercomputação da Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação (COIDS/CGIP) que disponibiliza infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e operação dos modelos de previsão numérica de tempo e clima do INPE	DE	Cachoeira Paulista
10.1.1	Implementação e aperfeiçoamento do sistema Moodle para a promoção da Extensão e Capacitação	DD	São José dos Campos

10.2.1	Desenvolvimento de traçador de absorção de carbono pela floresta Amazônica	DA	São José dos Campos
--------	--	----	---------------------

1.2. Do detalhamento dos projetos:

Os projetos a serem apoiados pela presente Chamada serão realizados nas Unidades Técnico-Científicas do INPE, conforme especificado no item 1.1. O detalhamento dos projetos, assim como o perfil do respectivo bolsista a ser selecionado, pode ser consultado no **Anexo I**.

2. CRONOGRAMA

FASES	DATA
Inscrições	de 03/03/2023 a 12/03/2023
Prazo para impugnação da Chamada	Até 07/03/2023
Divulgação preliminar das inscrições homologadas	20/03/2023
Prazo para interposição de recurso administrativo das inscrições homologadas	22/03/2023
Divulgação final das inscrições homologadas	27/03/2023

Divulgação do resultado preliminar	A partir de 03/05/2023
Prazo para interposição de recurso administrativo do resultado preliminar	05/05/2023
Resultado final (a ser ratificado pelo CNPq após indicação do bolsista na plataforma integrada Carlos Chagas)	Até dia 10/05/2023

3. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

3.1. Os critérios de elegibilidade indicados abaixo são obrigatórios e sua ausência resultará no indeferimento da inscrição.

3.2. Quanto ao Proponente:

3.2.1. O proponente, responsável pela inscrição, deve atender, obrigatoriamente, aos itens abaixo:

3.2.1.1. Bolsa PCI-D

a) Ser brasileiro ou estrangeiro residente e em situação regular no País;

b) ter seu currículo cadastrado na Plataforma Lattes, **atualizado em janeiro/2023** até a data limite para submissão da proposta;

c) Ter perfil e experiência adequados à categoria/nível de bolsa PCI da proposta, conforme anexo I da RN 026/2018;

d) Não ter tido vínculo empregatício direto ou indireto ou ter sido aposentado pela mesma instituição executora do projeto;

e) Não acumular a bolsa pleiteada com outras bolsas de longa duração do CNPq ou de qualquer outra instituição brasileira ou estrangeira, na data de indicação do bolsista aprovado;

f) Não possuir parentesco com ocupantes de funções gratificadas da Instituição, membros da Comissão de Pré-Enquadramento ou da equipe do projeto para o qual deseja se inscrever, em atendimento ao disposto pela Lei nº 8.027, de 12/04/1990, pelo Decreto nº 6.906, de 21/07/2009 e pelo Decreto 7.203/2010 de 04/06/2010;

g) Não possuir vínculo celetista ou estatutário ou ser microempresário individual (MEI) ou sócio administrador de empresa, na data da indicação do bolsista aprovado;

h) Não estar matriculado em curso de pós-graduação ou ser aluno especial, na data da indicação do bolsista aprovado.

i) Não possuir pendência de relatórios e/ou prestações de contas junto ao CNPq ou CAPES.

3.2.1.2 - Bolsa PCI-E

a) Não estar vinculado à instituição proponente;

b) Não ser aposentado pela instituição executora do projeto.

3.3. **Quanto à Instituição de Execução do Projeto:**

3.3.1. O projeto será executado nas unidades do INPE, instituição de execução do Subprograma de Capacitação Institucional, conforme indicado na tabela do item 1.1 desta Chamada. Seguem abaixo os endereços das unidades:

INPE – São José dos Campos (SP) - SEDE

Av. dos Astronautas, 1758 – Jardim da Granja

CNPJ: 01.263.896/0005-98

Caixa Postal: 515

CEP: 12227-010

INPE Cachoeira Paulista (SP)

Rodovia Presidente Dutra, km 40 SP/RJ

CNPJ: 01.263.896/0016-40

Caixa Postal: 01

CEP: 12630-970

INPE Santa Maria (RS)

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (RS) - CRCRS

Campus da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Caixa Postal: 5021

CEP: 97105-970 Santa Maria, RS

Prédio INPE

INPE Natal (RN)

Centro Regional do Nordeste - CRCRN

Rua Carlos Serrano, 2073 - Lagoa Nova

CNPJ: 01.263.896/0007-50

CEP: 59076-740

INPE Eusébio (CE)

Centro Regional do Nordeste - CRCRN

Estrado do Fio, 5624-6140 – Mangabeira

CEP: 61760-000

INPE Belém (PA)

Prédio 50

Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá

Av. Perimetral, 2651

CEP 66077-830

Belém - PA - Brasil

INPE – Cuiabá (MT)

Coordenação Espacial do Centro-Oeste (COECO)

Rua Dr. Hélio Ponce de Arruda, s/nº, Centro Político Administrativo

CNPJ: 01.263.896/0010-55

CEP 78049-944

Cuiabá, Mato Grosso

4. RECURSOS FINANCEIROS

4.1. As bolsas serão operacionalizadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e financiadas com recursos no valor anual de R\$ 1.258.400,00 (Hum milhão, duzentos e cinquenta e oito mil e quatrocentos reais), oriundos do orçamento do Ministério da Ciência Tecnologia, Inovações - MCTI.

5. ITENS FINANCIÁVEIS

5.1. Bolsas

5.1.1. Os recursos da presente chamada serão destinados ao financiamento de bolsas na modalidade **PCI**, nas suas categorias D e E, nos seus diferentes níveis.

1. A implementação das bolsas deverá ser realizada dentro dos prazos e critérios estipulados para cada uma dessas modalidades, conforme estabelecido nas normas do CNPq que regem essa modalidade.
2. A duração das bolsas não poderá ultrapassar o prazo de execução do projeto.
3. As bolsas não poderão ser utilizadas para pagamento de prestação de serviços, uma vez que tal utilização estaria em desacordo com a finalidade das bolsas do CNPq.

6. SUBMISSÃO DA INSCRIÇÃO

6.1. As inscrições deverão ser encaminhadas ao INPE exclusivamente via e-mail, no endereço pci.programa@inpe.br, utilizando-se o Formulário Inscrição para Bolsa PCI/INPE, disponível no link http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-inscricao-para-bolsa-pci_v4.pdf

6.2. O horário limite para envio das inscrições ao INPE será até às 23h59 (vinte e três horas e cinquenta e nove minutos), horário de Brasília, da data descrita no **CRONOGRAMA**, não sendo aceitas propostas submetidas após este horário.

6.2.1. Recomenda-se o envio das inscrições com antecedência, uma vez que o INPE não se responsabilizará por aquelas não recebidas em decorrência de eventuais problemas técnicos e de congestionamentos. **Formulário de inscrição preenchidos erroneamente ou incompletos serão considerados indeferidos.**

6.2.2. Caso a solicitação de inscrição seja enviada fora do prazo de submissão, ela não será aceita, razão pela qual não haverá possibilidade da mesma ser acolhida, analisada e julgada.

6.3. Esclarecimentos e informações adicionais acerca desta Chamada podem ser obtidos pelo endereço eletrônico pci.programa@inpe.br ou pelo telefone (12) 3208-7646 ou 3208-7280.

6.3.1. O atendimento a que se refere o item 6.3 encerra-se impreterivelmente às 17h, em dias úteis, e esse fato não será aceito como justificativa para envio posterior à data limite.

6.3.2. É de responsabilidade do proponente entrar em contato com o INPE em tempo hábil para obter informações ou esclarecimentos.

6.4. Todos os candidatos devem preencher o formulário de parentesco, http://www.inpe.br/pci/solicitacao_bolsa/ e enviá-lo juntamente com a ficha de inscrição e o currículo Lattes no momento da inscrição, para o e-mail pci.programa@inpe.br.

6.5. O Formulário Inscrição para Bolsa PCI/INPE deverá ser preenchido com os dados do proponente e enviado por e-mail, juntamente com o Currículo Lattes **atualizado em janeiro/2023** e o formulário de parentesco, todos em formato de arquivo, anexo ao e-mail, até data limite para submissão da inscrição. Solicitações enviadas **sem formulário de parentesco ou sem Currículo Lattes ou com data de atualização anterior a janeiro de 2023 não serão aceitas**.

6.6. Cada proponente poderá se candidatar a, **no máximo, 03 dos projetos** listados no item 1.1, sendo que, para cada projeto, uma Ficha de Inscrição deverá ser preenchida, com os respectivos dados.

6.7. Na hipótese de envio de mais de uma proposta pelo mesmo proponente, para o mesmo projeto, será considerada para análise apenas a última proposta recebida.

7. JULGAMENTO

7.1. Critérios do Julgamento

7.1.1. Os critérios para classificação dos candidatos quanto ao mérito técnico-científico são:

Critérios de análise e julgamento		Peso	Nota
A	Alinhamento do histórico acadêmico e profissional do proponente às competências e atividades exigidas à execução do projeto.	3,0	0,0 a 10
B	Adequação do perfil do proponente ao projeto a ser apoiado.	1,0	0,0 a 10

C	Experiência prévia do proponente em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação na área do projeto de pesquisa selecionado.	1,0	0,0 a 10
---	---	-----	-----------------

7.1.1.1. As informações relativas aos critérios de julgamento A, B e C, descritas no item 7.1.1, deverão constar no CV Lattes do proponente.

7.1.1.1.1. As informações contidas no campo “Breve Descrição da Experiência”, do formulário de inscrição, poderão ser utilizadas para análise da Comissão de Mérito, de forma complementar àquelas apresentadas no CV Lattes, instrumento essencial para análise e julgamento.

7.1.1.2. A avaliação dos critérios de Julgamento A, B e C será feita com base nas informações constantes no CV Lattes submetido junto com a proposta; alterações do CV Lattes realizadas após o ato de inscrição não serão consideradas.

7.1.2. Para estipulação das notas serão utilizadas até duas casas decimais.

7.1.3. A pontuação final de cada candidato será aferida pela média ponderada das notas atribuídas para cada item.

7.1.4. Em caso de empate, a Comissão de Avaliação de Mérito, considerará o candidato com a maior nota no critério A, seguidas das maiores notas nos critérios B e C, respectivamente..

7.1.4.1. Persistindo o empate, a Comissão de Avaliação de Mérito deverá analisar os candidatos empatados e definir a sua ordem de classificação, apresentando de forma fundamentada as razões e motivos.

7.2. **Etapas do Julgamento**

7.2.1. **Etapa I – Análise pela Comissão de Pré-Enquadramento**

7.2.1.1. A composição e as atribuições da Comissão de Pré-Enquadramento seguirão as disposições contidas na Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

7.2.1.2. Esta etapa, a ser realizada pela Comissão de Pré-Enquadramento, consiste na análise das inscrições apresentadas quanto ao atendimento às disposições estabelecidas no item 3.2 desta Chamada.

7.2.2. **Etapa II – Classificação pela Comissão de Avaliação de Mérito**

7.2.2.1. A composição e as atribuições da Comissão de Avaliação de Mérito seguirão as disposições contidas na Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

7.2.2.2. A pontuação final de cada candidato será aferida conforme estabelecido no item 7.1.

7.2.2.3. Todos os candidatos avaliados serão objeto de parecer de mérito consubstanciado, contendo a fundamentação que justifica a pontuação atribuída. A Comissão de Mérito poderá realizar entrevistas com todos candidatos inscritos para um mesmo subprojeto, caso julgue necessário.

7.2.2.4. Após a análise de mérito de cada candidato, a **Comissão deverá recomendar:**

a) **aprovação**; ou

b) não aprovação.

7.2.2.5. O parecer da Comissão de Avaliação de Mérito será registrado em Planilha de Julgamento, contendo a relação dos candidatos recomendados e não recomendados por projeto, com as respectivas pontuações finais, assim como outras informações e recomendações pertinentes.

a) candidatos avaliados com **média final 6,0 ou menor** serão considerados **não aprovados**.

7.2.2.6. Para cada candidato aprovado, a Comissão de Avaliação de Mérito deverá sugerir o nível da bolsa a ser financiada.

7.2.2.7. Durante a classificação dos candidatos pela Comissão de Avaliação de Mérito, o Gestor da Chamada e a Comissão de Pré-Enquadramento responsável acompanharão as atividades e poderão recomendar ajustes e correções necessários.

7.2.2.8. A Planilha de Julgamento será assinada pelos membros da Comissão de Avaliação de Mérito.

7.2.3. Etapa III – Decisão do julgamento pelo Diretor do INPE

7.2.3.1. O Diretor do INPE emitirá decisão do julgamento com fundamento na Nota Técnica elaborada pela Comissão de Pré-enquadramento, acompanhada dos documentos que compõem o processo de julgamento.

7.2.3.2. Na decisão do Diretor do INPE deverão ser determinadas quais os candidatos aprovados por projeto, as respectivas classificações e níveis de bolsa recomendados.

8. RESULTADO PRELIMINAR DO JULGAMENTO

8.1. A relação de todas as inscrições julgadas, aprovadas e não aprovadas, será divulgada na página eletrônica do INPE, disponível na Internet no endereço www.inpe.br/pci

9. RECURSOS ADMINISTRATIVOS

9.1. Recurso Administrativo do Resultado Preliminar do Julgamento

9.1.1. Caso o proponente tenha justificativa para contestar o resultado preliminar do julgamento, poderá apresentar recurso em formulário eletrônico específico, disponível no endereço <http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-Recurso.pdf>, no prazo de 02 (dois) dias úteis a partir da publicação do resultado na página do INPE.

10. RESULTADO FINAL DO JULGAMENTO PELA DIRETORIA

10.1. A Diretoria do INPE emitirá decisão do julgamento com fundamento na Nota Técnica elaborada pela Comissão de Mérito, acompanhada dos documentos que compõem o processo de julgamento.

10.2. O resultado final do julgamento pela Diretoria será divulgado na página eletrônica do INPE, disponível na Internet no endereço www.inpe.br/pci e publicado, por extrato, no **Diário Oficial da União, conforme CRONOGRAMA**.

11. COMISSÃO DE ENQUADRAMENTO

11.1. O candidato que for aprovado, considerando o número de bolsas informado no Edital, para cada código de projeto, terá sua documentação encaminhada para análise e ratificação do resultado final pela Comissão de Enquadramento do MCTI.

12. EXECUÇÃO DAS PROPOSTAS APROVADAS

12.1. Caberá ao coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional realizar as indicações dos bolsistas, seguida a ordem de classificação do resultado final do julgamento, após a aprovação pela Comissão de Enquadramento, conforme previsto na Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

12.1.1. No caso da aprovação do mesmo candidato para mais de um projeto, caberá ao coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional indicar o projeto a ser atendido.

12.2. O coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional poderá cancelar a bolsa, por rendimento insuficiente do bolsista ou por ocorrência, durante sua implementação, de fato cuja gravidade justifique o cancelamento, sem prejuízo de outras providências cabíveis, em decisão devidamente fundamentada.

13. DA AVALIAÇÃO

13.1. O desempenho do bolsista será avaliado pelo coordenador do Subprograma de Capacitação Institucional.

14. IMPUGNAÇÃO DA CHAMADA

14.1. Decairá do direito de impugnar os termos desta Chamada o cidadão que não o fizer até o prazo disposto no **CRONOGRAMA**.

14.1.1. Caso não seja impugnada dentro do prazo, o proponente não poderá mais contrariar as cláusulas desta Chamada, concordando com todos os seus termos.

14.2. A impugnação deverá ser dirigida à Direção do INPE, através do "Formulário Recurso", disponível em <http://www.inpe.br/pci/arquivos/formulario-de-Recurso.pdf>, por correspondência eletrônica, para o endereço eletrônico pci.programa@inpe.br, seguindo as normas do processo administrativo federal.

15. VALIDADE DA CHAMADA PÚBLICA E PROJETOS

15.1. O resultado da Chamada Pública em questão tem validade de 12 meses, a contar da data de publicação do resultado final.

15.2. Todos os projetos desta Chamada Pública têm vigência de 8 meses, em decorrência da disponibilidade de recursos financeiros. Parte ou o total das bolsas, descritas neste Edital, poderão ser prorrogadas a partir 01/02/2024, em havendo disponibilidade de recursos financeiros a partir de fevereiro de 2024.

16. DISPOSIÇÕES GERAIS

16.1. A presente Chamada regula-se pelos preceitos de direito público inseridos no caput do artigo 37 da Constituição Federal, pelas disposições da Lei nº 8.666/93, no que couber, e, em especial, pela RN 026/2018 do CNPq e Portaria 2.195/2018 do MCTIC.

16.2. A qualquer tempo, a presente Chamada poderá ser revogada ou anulada, no todo ou em parte, seja por decisão unilateral da Direção do INPE, seja por motivo de interesse público ou exigência legal, em decisão fundamentada, sem que isso implique direito à indenização ou reclamação de qualquer natureza.

16.3. A Direção do INPE reserva-se o direito de resolver os casos omissos e as situações não previstas na presente Chamada.

São José dos Campos, 03 de março de 2023.

Clezio Marcos De Nardin
Diretor do INPE



Documento assinado eletronicamente por **Clezio Marcos De Nardin, Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, em 01/03/2023, às 18:02 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.mcti.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **10862998** e o código CRC **48227D5E**.



ANEXO I

do Edital

Nº 29/2023



Projeto 1: PESQUISA E DESENVOLVIMENTOS COM BASE EM DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADOS À CARACTERIZAÇÃO E MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS DO TERRITÓRIO NACIONAL

Subprojeto 1.1: Aprimoramento e Validação de Produtos de Sensoriamento Remoto para Monitoramento do fogo na vegetação

1.1.1 - Introdução

O Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros se insere no contexto institucional e missão do INPE, em conformidade com as atribuições regimentais da Coordenação Geral de Ciências da Terra. O projeto BiomasBR consta do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Neste contexto, os objetivos relacionados com o monitoramento de queimadas devem ser atendidos por meios de aprimoramento no mapeamento de áreas queimadas nos biomas Brasileiros. Portanto, este subprojeto propõe atender os objetivos de monitoramento de fogo dentro do projeto BiomasBR. O objetivo geral do projeto BiomasBR é: manter e expandir seus sistemas operacionais atuais de monitoramento e agregar processos inovadores. Com isso, permitindo o monitoramento de mudanças da cobertura terrestre, a contabilidade de carbono, a quantificação da poluição atmosférica e dos riscos climáticos para as principais atividades econômicas. Está no escopo atingir o objetivo aprimorando ferramentas de processamento e disseminação de dados e intensificando o treinamento e a capacidade técnica dos recursos humanos. Desta forma, está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas do INPE. O Projeto BiomasBR apresenta os seguintes objetivos específicos:

1. Produzir e manter as séries históricas de dados fundamentais sobre o uso e cobertura da terra e queimadas em todos os biomas do país.
2. Integrar os dados gerados de uso e cobertura da terra e queimadas com dados de outras fontes e modelos para gerar produtos críticos para subsidiar a elaboração e a evolução metodológica utilizadas para documentos essenciais para o planejamento estratégico e a relatoria nacional e internacional das metas para o desenvolvimento sustentável, com aplicação em diferentes setores da economia.
3. Produzir em escalas temporais da ordem de dias a anos dados espaciais georreferenciados sobre a climatologia, as emissões de gases de efeito estufa, especialmente CO₂, e aerossóis atmosféricos provenientes das conversões da cobertura da terra e queimadas no Brasil.
4. Desenvolver e disponibilizar indicadores de riscos à produtividade agrícola, à estabilidade dos recursos ambientais, à saúde humana e dos biomas associados à modificações ambientais, associadas às mudanças



da cobertura da terra e a presença de poluentes provenientes das queimadas.

5. Produzir indicadores do risco de impacto das mudanças climáticas em setores chaves à economia do país, relacionando a vulnerabilidade e exposição desses setores e dos sistemas sociais e ambientais às variações climáticas e mudanças nos usos e cobertura da terra;

6. Produzir e incorporar tecnologias críticas essenciais para gerar, processar, disseminar os resultados para a sociedade.

7. Promover a formação de recursos humanos especializados visando manter a perenidade do Estado Brasileiro na execução das ações propostas no BiomassBR-MCTI e conduzir programas de ciências ambientais vinculados às ações acima descritas para a sociedade civil em geral, mas com foco especial nas escolas públicas.

Diante das necessidades geradas para atingir os objetivos do projeto, o mapeamento de áreas queimadas demonstrou-se um gargalo relevante com necessidade de aprimoramento. O monitoramento do fogo é desenvolvido desde 1998 pelo Programa Queimadas no INPE. Este programa desenvolve o monitoramento de queimadas/incêndios no continente sul americano e estudos e pesquisas sobre o mapeamento de áreas queimadas. A partir de 2015, o programa passou a operar e disponibilizar o mapeamento da área queimada para o bioma Cerrado usando imagens orbitais de baixa (1 km) e média resolução (30 m), correspondente aos produtos aq1km e aq30m, respectivamente (INPE, 2021). Contudo, mapeamentos de área queimada em outros biomas ainda precisam ser implementadas, visto que características fitofisionômicas e edafoclimáticas reservam peculiaridades que devem ser consideradas na metodologia de mapeamento em cada bioma. O próximo desafio é estender a operação para outros biomas, gerando mapas digitais das áreas de vegetação queimada de forma automática, com auditoria de controle de qualidade e validação. Para atender a demanda atual, foi planejado um conjunto de atividades para serem executadas neste período, visando atender uma demanda técnico/científica do programa Biomass BR. No entanto, existem demandas e possibilidades de ampliação destas atividades para seguirem produzindo conhecimento científico específico para outras áreas, períodos e técnicas empregadas.

Este subprojeto está associado ao processo **SEI 01340.004107/2021-71** - *Projeto MapIA30M = Automatização do Mapeamento de Área Queimada 30m com uso de Inteligência Artificial para garantia do controle de qualidade.*

1.1.2 - Objetivos

O objetivo principal deste projeto é estimar a quantidade de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e suas incertezas a partir dos polígonos de áreas



queimadas do obtidas pelo produto AQ30M (processo institucional: 444327/2018-5), para o bioma Cerrado. Para tanto, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- A. Estimar a perda de biomassa associada com as queimadas e suas incertezas.
- B. Estimar a emissão de GEE para atmosfera associada a queimadas.
- C. Contabilizar a perda de biomassa e emissões de GEE para as diferentes coberturas da Terra.
- D. Avaliar incertezas das emissões de GEE associadas com as estimativas de área queimada e biomassa.

1.1.3 - Insumos

1.1.3.1 - Custeio

Para a demanda atual, considerando bolsas de 8 meses, não se pleiteia valores de custeio.

Finalidade	Ítem de custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	-

1.1.3.2 - Bolsas

Código	Formação Acadêmica/Titulação	Área de experiência	Objetivo específico	PCI Categoria /nível	Meses	Quant
1.1.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior em Biologia, Geografia, Meteorologia, Engenharia Ambiental e áreas afins, ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos em Sensoriamento Remoto, Meteorologia ou áreas afins; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos em Sensoriamento Remoto, Meteorologia ou áreas afins.	Qualquer das áreas Interdisciplinares a seguir: Sensoriamento Remoto ou áreas correlatas. Manuseio de dados e imagens de satélite (Processamento Digital de Imagens); validação de mapeamento	A-D	D-A	8	1

1.1.4 - Atividades de Execução

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, as seguintes atividades são necessárias:

1. Obter os mapas de biomassa (GEDI).
2. Estimar a emissão de GEE por efeito do fogo.
3. Integrar as estimativas de perda de biomassa e emissão de GEE com mapas de uso e cobertura da Terra (TerraClass: <https://www.terraclass.gov.br/geoportal-cerrado/> /MapBiomass: <https://mapbiomas.org/en>).
4. Obter a participação relativa de cada tipo de cobertura da Terra nas áreas queimadas.
5. Estimar as incertezas associadas com a estimativa de emissão de GEE relacionadas a perda de biomassa.
6. Estimar as incertezas associadas com a estimativa de área queimada.
7. Obter a integração das incertezas de estimativa de perda de biomassa e área queimada.
8. Analisar e reportar os resultados obtidos;
9. Apresentar os resultados em reunião científica e submeter um artigo para publicação em revista revisada por pares.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1	A	Mapas de biomassa.	x	
2	C	Mapas de queimadas e mapas de uso e cobertura da Terra.	x	
3	B-C	Mapas com biomassa por área queimada.	x	
4	B	Tabela com participação relativa de cada cobertura da Terra.	x	
5	D	Tabela com	x	

		emissões de GEE e incertezas associadas.		
6	D	Tabela com as incertezas associadas a estimativa de área queimada.	x	
7	C	Tabela e cálculos associados com as estimativas de perda de biomassa e área queimada.	x	
8	A-B-C-D	Relatórios referentes à análise dos resultados obtidos.	x	x
9	A-B-C-D	Apresentação e publicação dos resultados	x	x

1.1.5 - Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres	
	2023/2	2024/1
1	x	
2	x	
3	x	
4	x	
5	x	
6	x	
7	x	
8	x	x
9	x	x

1.1.6 - Produtos



Produtos	Objetivo específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Mapas e tabelas	A-B-C-D	Quantidade de biomassa perdida por unidade de área	x	
Artigo científico	A-B-C-D	Quantidade de emissão de GEE por unidade de área		x

1.1.7 - Resultados esperados

Resultados	Objetivo específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Participação relativa de cada cobertura da Terra nas áreas queimadas.	A-B	Mapas e tabelas	x	
Emissão de GEE nas áreas queimadas.	C	Mapas e tabelas	x	
Avaliar incertezas destas estimativas	D	Tabelas	x	
Publicação em revista científica.	A-B-C-D	Publicação contendo os resultados obtidos		x

1.1.8 - Recursos solicitados

1.1.8.1 - Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	



1.1.8.2 - Bolsas:

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5200,00	8		41.600,00
	B	4160,00			
	C	3380,00			
	D	2860,00			
	E	1950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6500,00			
	2	4450,00			
Total (R\$)					41.600,00

1.1.9 - Equipe do projeto

- Alice dos Santos Macedo <alice.santos@inpe.com>
- Fabiano Morelli <fabiano.morelli@inpe.br>
- Thales Sehn Körting <thales.korting@inpe.br>
- Marcos Adami <marcos.adami@inpe.br>

1.1.10 - Referências bibliográficas

[1] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Programa Queimadas: Área Queimada. Disponível em: Acesso em: 09 ago. 2020.



Projeto 2: CENTRO DE RASTREIO E CONTROLE DE SATÉLITES

Subprojeto 2.1: Automatização de Atividades para a Análise de Lixo Espacial de Dinâmica de Voo e Controle de Órbita de Satélites

2.1.1 – Introdução

Este subprojeto faz parte do PROJETO 1 – CENTRO DE RASTREIO E CONTROLE DE SATÉLITES do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível no site do INPE na web.

Este projeto está baseado no processo SEI 01340.004090/2021-52, cujo objetivo é o desenvolvimento de aplicativos para o planejamento e preparação do Centro de Rastreo, Recepção e Controle de Satélites do INPE para a operação e controle de todas as missões espaciais sob a responsabilidade do INPE.

As atividades de rastreo e controle de satélites são planejadas e realizadas pelo Coordenação de Rastreo, Controle e Recepção de Satélites - CORCR, que é um conjunto integrado de instalações, sistemas e equipes dedicados ao rastreo e controle de veículos espaciais desenvolvidos pelo INPE ou em cooperação com instituições estrangeiras. O COCRC é constituído pelas seguintes unidades:

- Centro de Controle de Satélites (CCS), em São José dos Campos, SP;
- Estação Terrena de Rastreo e Controle de Cuiabá (ETC), MT e
- Estação Terrena de Rastreo e Controle de Alcântara (ETA), MA.

A infraestrutura de rastreo e controle de satélites de baixa altitude (até 2000 km) do CORCR/ INPE deve ser continuamente preservada e atualizada. As atividades de rastreo e controle de veículos espaciais são imprescindíveis para que os dados gerados por estes veículos possam ser utilizados adequadamente, levando à sociedade importantes benefícios nas áreas de monitoramento ambiental, meteorologia, oceanologia, agricultura, geologia, hidrologia, desenvolvimento tecnológico, telecomunicações, navegação, localização, estudo da atmosfera, estudo de mudanças climáticas, clima espacial, química da atmosfera, entre outras. Para manter suas atividades atuais e futuras de controle de veículos espaciais em nível tecnológico compatível com outros centros internacionais similares, o CORCR mantém um processo contínuo de pesquisa e desenvolvimento em atualização tecnológica de sistemas de controle de satélites (hardware, software aplicativo de tempo real e de dinâmica de voo), planejamento e automação das ações de controle em órbita, desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de configuração, tanto de procedimentos operacionais quanto de software e capacitação de seu quadro de pessoal.

O objetivo deste subprojeto atuar na área de dinâmica de voo de veículos espaciais, no CORCR do INPE.



2.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral é o desenvolvimento uma ferramenta para avaliação do risco de colisão e que possibilite visualização da trajetória do objeto em função da incerteza. Deverá também desenvolver uma ferramenta que visualize a probabilidade de colisão e a seção geométrica da conjunção para o encontro do lixo espacial com os satélites que estão sendo operados pela Coordenação de Rastreo, Controle e Recepção de Satélites – CORCR. Ambas ferramentas serão utilizadas na operação de satélites no INPE. Este sistema será utilizado pela equipe de dinâmica de voo de veículos espaciais na preparação do Sistema de Dinâmica de Voo do CORCR/INPE para atender aos requisitos impostos para o controle dos satélites do INPE, CBERS 04, CBERS 04A e Amazonia 1, e, futuras missões.

Objetivo Específico 1:

Desenvolvimento uma ferramenta para avaliação do risco de colisão que possibilite visualização da trajetória do objeto em função da incerteza.

Objetivo Específico 2:

Desenvolvimento de uma ferramenta que visualize a probabilidade de colisão e a seção geométrica da conjunção para o encontro do lixo espacial com os satélites em operação no INPE.

2.1.3 - Insumos

2.1.3.1 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica/ Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria / nível	Meses	Quant
2.1.1	Profissional com formação em Engenharia Mecânica, Engenharia Aeronáutica, Física, Astronomia ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior, ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos,	Dinâmica de Voo de veículos espaciais e Controle de Órbita de Satélites Artificiais	1 e 2	D-A	8	1

	ou ainda com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos.					
--	---	--	--	--	--	--

2.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	2023/2024
Estudo e revisão da documentação existente para a análise de lixo espacial no CORCR.	1	Percentagem de cumprimento	40
Pesquisar na literatura ferramentas e modelos utilizados na análise de lixo espacial.	1	Percentagem de cumprimento	40
Desenvolvimento uma ferramenta para avaliação do risco de colisão que possibilite visualização da trajetória do objeto em função da incerteza.	1	Percentagem de cumprimento	15
Pesquisar na literatura técnicas para o cálculo probabilidade de colisão.	2	Percentagem de cumprimento	5

2.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2023/2024
Estudo e revisão da documentação existente para a análise de lixo espacial no CORCR.	
Pesquisar na literatura ferramentas e modelos utilizados na análise de lixo espacial.	
Desenvolvimento uma ferramenta para avaliação do risco de colisão que possibilite visualização da trajetória do objeto em função da incerteza.	
Pesquisar na literatura técnicas para o cálculo probabilidade de colisão	
Desenvolvimento de uma ferramenta que visualize a probabilidade de colisão e a seção geométrica da conjunção para o encontro do lixo espacial com os satélites em operação no INPE.	
Confeccionar o relatório técnico do projeto.	

2.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	2023/2024



Protótipo de sistema para o Desenvolvimento uma ferramenta para avaliação do risco de colisão que possibilite visualização da trajetória do objeto em função da incerteza.	1	Percentagem de cumprimento	25%
--	---	----------------------------	-----

2.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	2023/2024
			25
Protótipo validado e Protótipo de sistema para o Desenvolvimento uma ferramenta para avaliação do risco de colisão que possibilite visualização da trajetória do objeto em função da incerteza.	1	Percentagem de cumprimento	25

2.1.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	8	1	41.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					41.600,00

2.1.9 - Equipe do Projeto

Mauricio Goncalves Vieira Ferreira(supervisor)

Jun Tominaga

Andréa Nogueira Peña Durán

2.1.10 - Referências Bibliográficas



- [1] KLINKRAD, Heiner. Space debris: models and risk analysis. Berlin, Germany: Springer, 2006. 430 p. ISBN 3-540-25448-5.
- [2] Aida, S. and Kirschner, M. "Critical Conjunction Detection and Mitigation." 25th International Symposium on Spaceflight Dynamics, Munich, Germany. Oct. 19-23, 2015.
- [3] Alfriend, K., Akella, M., Lee, D., Frisbee, J., Foster, J., Lee, D., and Wilkins, M. "Probability of Collision Error Analysis." Space Debris Vol. 1 No. 1 (1999) pp. 21-35
Springer.
- [4] Wertz, J.R.; Larson, W.J. "Space mission analysis and design", Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic, 1991.
- [5] Vallado, D. A. "Fundamentals of Astrodynamics and Applications", 4th ed., Microcosm Press/ Springer, 2013, ISBN: 978-188188318



Projeto 3: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Subprojeto 3.1: Desenvolvimento de um sistema de gestão de portfólio de projetos

3.1.1 – Introdução

Desde meados de 2020, o INPE, por meio da COGPI, vem estruturando a base de dados de seu portfólio de programas, projetos, tecnologias, serviços e produtos. A base de dados atualmente está apoiada no 3PST (Sistema de Gestão de Programas, Projetos, Produtos, Serviços e Tecnologias), versão 1.0; no sistema SIGE3P; no SEI e em arquivos armazenados no servidor da COGPI.

O 3PST 1.0 é um sistema baseado em Microsoft Access desenvolvido pela equipe do SEPEC para a gestão do portfólio de programas e projetos inicialmente. É um sistema monousuário, sem controle de acesso e recursos de segurança, sem acesso via web.

Dessa forma, faz-se necessário desenvolver um sistema próprio do INPE para a gestão de seu portfólio.

O sistema a ser desenvolvido deve contemplar as funcionalidades necessárias para a gestão do portfólio de programas, projetos, tecnologias, serviços e produtos do INPE; e ser baseado em plataformas mais recentes e robustas das que a utilizada na versão 1.0, de modo a permitir o acesso simultâneo via web de vários usuários, com controle e segurança adequados. Além disso, deverá abranger a gestão da propriedade intelectual e outras atribuições regimentais do SEPEC.

O projeto prevê o desenvolvimento de dois módulos do sistema: Módulo I para a gestão do portfólio de programas e projetos; e Módulo II para a gestão do catálogo de produtos, serviços e tecnologia.

Este subprojeto colabora com o **Projeto 3** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE; e está vinculado ao **TAP** “3PST - Sistema de Gestão do Portfólio Institucional” – SEI **01340.000531/2022-28**.

3.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do subprojeto " Desenvolvimento de um sistema de gestão de portfólio de projetos" é desenvolver e implementar de um sistema informatizado via web e multiusuário para a gestão do portfólio de programas, projetos, produtos, serviços e tecnologias do INPE.

São objetivos específicos do projeto:

O1 - Modelar o sistema;



O2 - Desenvolver protótipo do Módulo I do sistema.

3.1.3 - Insumos

3.1.3.1 – Custeio

Não são previstas despesas de custeio.

3.1.3.2 – Bolsas

Necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do subprojeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessário à inclusão destes recursos humanos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
3.1.1	Profissional graduado em Análise de Sistemas, Ciências da Computação, Engenharia da Computação ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Desenvolvimento de banco de dados/sistemas de informação; Linguagens de programação e ferramentas <i>open source</i>	O1; O2	DB	8	1

3.1.4 - Atividades de Execução

Atividades que levarão ao cumprimento dos objetivos específicos do projeto 1.

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			06/23	07/23	08/23	09/23	10/23	11/23	12/23

Planejamento detalhado das atividades do Projeto	O1; O2	I1 - Planejamento finalizado.	X							
Análise dos requisitos do Módulo I	O1; O2	I2 – Requisitos analisados e definidos			X					
Modelagem do Módulo I	O1	I3 – Modelo conceitual do Módulo I				X				
Desenvolvimento de protótipo do Back-end do Módulo I	O2	I4 – Função de cadastro de informações de projetos, programas e serviços							X	
Elaboração de relatório de acompanhamento de atividades	O1; O2	I5 – Relatório de acompanhamento								X

3.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês							
	06/23	07/23	08/23	09/23	10/23	11/23	12/23	01/24
Planejamento detalhado das atividades do Projeto	X				X			
Análise dos requisitos do Módulo I		X	X					
Modelagem do Módulo I			X	X				
Desenvolvimento de protótipo do Back-end do Módulo I				X	X	X	X	
Elaboração de relatório de acompanhamento de atividades							X	X

3.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Mês							
			06/23	07/23	08/23	09/23	10/23	11/23	12/23	01/24



Plano do Projeto	O1; O2	I1		X						
Modelo Conceitual do Módulo I	O1	I3					X			
Relatório de acompanhamento de atividades	O1; O2	I5								X

3.1.7 – Resultados Esperados

Espera-se que nessa primeira etapa o Módulo 1 do Sistema esteja modelado e seja capaz de coletar, em modo experimental, informações sobre os projetos portfólio institucional do INPE com agilidade e confiabilidade.

3.1.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8		33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

3.1.9 - Equipe do Projeto

Alberto de Paula Silva - Tecnologista - COGPI/SEPEC

Andreia Fátima Sorice Genaro - Tecnologista - COGPI/SEPEC

Adla Bourdoukan – Analista de C&T - COGPI/SEPEC

Bárbara Alessandra Gonçalves Pinheiro Yamada – Tecnologista –
CGCT/DIMNT

Nelson Veissid - Pesquisador - COGPI/SEPEC

Thamires Barbosa - Estagiária - COGPI/SEPEC



Projeto 4: Projeto de Desenvolvimento e de Pesquisas dos Laboratórios Associados

Subprojeto 4.1: Desenvolvimento de Linhas de Transmissão Não Lineares para Geração de RF

4.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI Nº 01340.003240/2021-19, intitulado “Eletrromagnetismo Aplicado”.

Linhas de Transmissão Não Lineares (LTNLs) como as discretas têm se demonstrado promissoras para geração de radiofrequência (RF), com publicações que provam sua capacidade em alcançar 1.0 GHz. Este projeto de pesquisa visa o estudo desse tipo de estrutura para substituir tubos eletrônicos que são empenhados hoje em dia para a comunicação com o satélite, os quais são grandes e pesados, demandando considerável potência do sistema. A vantagem na técnica proposta é gerar a RF provida por esses tubos, mas de forma compacta, consumindo menos potência e com custo efetivo mais baixo. A linha discreta é caracterizada de forma especial para ser embarcada em satélites miniaturizados, uma vez que estes possuem limitações de tamanho. Para isso, estudos relacionados às LTNLs precisam ser realizados, além do desenvolvimento de um pulsador rápido com tamanho reduzido utilizado para alimentar a linha, para a possível operação espacial. A ideia é utilizar um gerador que já possuímos no laboratório como parâmetro para projetar uma versão compactada, sendo este um dos maiores desafios. Realizaremos testes de medição e irradiação do gerador e arremataremos com simulações Spice para validação dos resultados. Ademais, considerando o interesse do instituto em desenvolver satélites miniaturizados, esta pesquisa complementa outras linhas já em progresso no INPE. Outra linha que se beneficia com essa pesquisa é a giromagnética, com aplicabilidade tanto espacial quanto militar. Em suma, esta linha de pesquisa tem importante impacto científico espacial, e ambiciona-se o estudo de sua aplicabilidade em sistemas embarcados, com probabilidade de resultar em um produto patenteável.

4.1.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto deverá estar vinculado diretamente às diretrizes estratégicas da instituição.

Desenvolver produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadoras nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada para atender missões espaciais e suas aplicações durante o período deste projeto.



Objetivo Específico 1: Desenvolver pesquisa básica e aplicada envolvendo aspectos teóricos, processos e experimentos em física e tecnologia de plasmas.

OE2.1.: Desenvolvimento de Linhas de Transmissão Não-Lineares (LTNL) para geração de RF, e de cerâmicas não lineares a base de titanato de bário e zircônia (BZT) para aplicações em LTNL.

4.1.3 - Insumos

4.1.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

4.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
4.1.1	Profissional formado em Engenharia Elétrica/Eletrônica, Telecomunicações ou Física, ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Ter experiência com projetos na geração de RF de micro-ondas durante o doutorado ou experiência profissional nesta referida área de pelo menos 2 anos	1	D-A	8	1



4.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	O. E.	Ind.	Metas								
			2023								2024
			06	07	08	09	10	11	12	01	
Simulação da linha giromagnética no HFSS	2.1	% ex.	30	30	40						
Experimento com a linha giromagnética	2.1	% ex.				50	50				
Simulação da LTNL LC com cerâmicas	2.1	% ex.					50	50			
Experimento da LTNL LC com cerâmicas	2.1	% ex.						30	30	40	

4.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meta								
	2023								2024
	06	07	08	09	10	11	12	01	
Simulação da linha giromagnética no HFSS	X	X	X						
Experimento com a linha giromagnética				X	X				
Simulação da LTNL LC com cerâmicas					X	X			
Experimento da LTNL LC com cerâmicas						X	X	X	

4.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			01/2024
Linha giromagnética com ferritas	2.1	entrega	X
LTNL LC com cerâmicas	2.1	entrega	X
Artigos em Revistas	2.1	No.	1
Anais em conferências	2.2	No.	1

4.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			01/2024



Novas Tecnologias para Sistemas Embarcados	2.1	Técnicas de geração de RF	X
--	-----	---------------------------	---

4.1.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	8	1	41.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					41.600,00

4.1.9 - Equipe do Projeto

Servidores/INPE:

Dr. José Osvaldo Rossi

Dr. Elizete Gonçalves Lopes Rangel

Colaborador Externo/UNIFESP:

Dr. Lauro Paulo da Silva Neto



4.1.10 - Referências Bibliográficas

[1] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.2: Desenvolvimento de modelo para simulação térmica de um radiômetro de banda larga

4.2.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1 e está em linha com o TAP do INPE, Processo SEI: 01340.005858/2021-13.

O estudo da radiação solar, tanto no âmbito terrestre quanto fora da atmosfera, é de fundamental importância dentro do contexto das mudanças climáticas globais e suas aplicações vão desde a compreensão do clima do planeta até a otimização de sistemas de energia. Os dados obtidos por satélites e os modelos computacionais não substituem as medições realizadas em solo no caso de instalações fotovoltaicas. Este projeto visa o desenvolvimento de um pirômetro por substituição elétrica para medir a irradiância solar utilizando um sensor térmico do tipo cavidade desenvolvido no Instituto. O princípio de funcionamento desse tipo de radiômetro consiste em comparar o aquecimento gerado pela radiação incidente em uma superfície absorvedora (sensor) com a mesma quantidade de aquecimento gerado por efeito Joule em uma resistência elétrica acoplada ao mesmo sensor. O elemento sensor é conectado a um dissipador de calor por meio de uma pequena junção de baixa condutância térmica. A condutância térmica da junção deve ser alta o suficiente para não reduzir a sensibilidade do instrumento, mas deve permitir que o calor flua para o dissipador sem prejudicar o tempo de resposta do radiômetro. O sensor é mantido a uma temperatura fixa e durante o período de exposição a potência elétrica é reduzida na mesma proporção da potência absorvida para manter a temperatura do sensor constante. A diferença da potência elétrica antes e depois da exposição é igual à potência incidente no sensor.

O presente trabalho consiste em desenvolver um modelo térmico do radiômetro visando auxiliar no projeto e construção de modelos de engenharia para testes. O conhecimento do comportamento térmico do radiômetro é de extrema importância uma vez que isto está diretamente relacionado com a sensibilidade e ciclo de operação do equipamento. Este modelo térmico deverá contribuir para definir a janela de operação do equipamento, estimar incertezas, e direcionar futuras melhorias do radiômetro.

4.2.2 - Objetivo Geral

Atuar em pesquisa básica e aplicada, desenvolvimento e inovação, de caráter tecnológico e científico nas áreas de novos materiais e sensores com aplicações espaciais e ambientais (OE3 do Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional 2018-2023).

Objetivos específicos:



1 - Desenvolvimento de sistemas de caracterização de dispositivos fotovoltaicos para uso espacial e terrestre.

1.1 - Desenvolvimento de um radiômetro térmico por substituição elétrica.

1.1.1 – Desenvolvimento de modelo térmico para o protótipo do radiômetro.

4.2.3 – Insumos

4.2.3.1 – Bolsas

Para o objetivo específico 1, o quantitativo de bolsas PCI necessário é descrito na tabela abaixo:

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
4.2.1	Profissional com Graduação em Engenharia Mecânica ou áreas afins, com experiência de, no mínimo, 5 (cinco) anos em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a graduação, ou título de mestrado na área equivalente	Profissional com experiência em programas de desenho (Ex.: Autocad e Freecad) e conhecimento em térmica	1	D-C	8	1

4.2.4 - Atividades de Execução

A atividades que levarão ao cumprimento do subprojeto associado ao objetivo específico 1 são:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (Bimestres)			
			1º	2º	3º	4º
1) Atualização dos desenhos em 3D das partes do protótipo atual.	1.1	% execução	100			
2) Levantamento para definir a melhor técnica de modelagem térmica e pesquisa de plataforma de trabalho.	1.1.1	% execução	100			
3) Simulação térmica das partes que compõe o protótipo atual (cavidade absorvedora, link térmico, reservatório de calor).	1.1.1	% execução		100		



4) Simulação térmica do protótipo montado	1.1.1	% execução		50	50	
5) Validação do modelo térmico comparando os resultados de simulação com os obtidos com o protótipo	1.1.1	% execução			100	
6) Com o modelo térmico identificar pontos críticos e propor melhorias	1.1.1	% execução				100
7) Elaboração de relatório final	1.1.1	% execução				100

4.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestres			
	1	2	3	4
1) Atualização dos desenhos	X			
2) Levantamento para definir a melhor técnica de modelagem	X			
3) Simulação térmica das partes que compõe o protótipo		X		
4) Simulação térmica do protótipo		X	X	
5) Validação do modelo			X	
6) Propor melhorias				X
7) Relatório final				X

4.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Bimestres			
			1	2	3	4
Desenhos atualizados do protótipo	1.1	Entrega dos desenhos	Desenhos atualizados e entregues			
Definição de técnica de modelagem e plataforma de trabalho	1.1.1	Relatório 1	Relatório detalhando a técnica de modelagem escolhida			



Simulação térmica das partes do protótipo	1.1.1	Relatório 2		Relatório descrevendo os parâmetros e resultados		
Simulação térmica do protótipo do radiômetro e validação do modelo	1.1.1	Relatório 3			Relatório descrevendo os resultados	
Propostas de melhorias e relatório final		Relatório 4				Entrega de relatório final

4.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (Bimestres)			
			1	2	3	4
Modelo térmico do radiômetro	1.1.1	Modelo para estudo de radiômetros térmicos				Modelo entregue e validado

4.2.8 - Recursos Solicitados

Custos: não existe previsão de custeio para este projeto.

Bolsas:

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	C	3.380,00	8	1	27.040,00
Total (R\$)					27.040,00

4.2.9 - Equipe do Projeto

Luiz Angelo Berni



Waldeir Amaral Vilela
Ricardo Toshiyuki Irita

4.2.10 - Referências Bibliográficas

S.K. Solanki, N.A. Krivova e J.D. Haigh, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 51, 311 (2013).

J.M. Rodríguez Gómez, F. Carlesso, L.E. Vieira e L. Silva, *Revista brasileira de ensino física*, 40, e3312 (2018).

K.L. Yeo, W.T. Ball, N.A. Krivova, S.K. Solanki, Y.C. Unruh e J. Morrill, *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 120, 6055 (2015).

L.E.A. Vieira, S.K. Solanki, N.A. Krivova e I. Usoski, *Astronomy & Astrophysics* 531, A6 (2011).

F. Carlesso, Desenvolvimento de elemento sensor para medida da irradiância solar total. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos (2018).

Franciele Carlesso, Jenny Marcela Rodríguez Gómez, Luis Eduardo Antunes Vieira, Graziela da Silva Savonov, Luiz Angelo Berni, Lucas Lopes Costa, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, nº 2, e20180220 (2019).

Andre Godoi Lopes, Ricardo Toshiyuki Irita, Luiz Angelo Berni, Waldeir Amaral Vilela, Graziela da Silva Savonov, Franciele Carlesso, Luis Eduardo Antunes Vieira, Edson Luiz de Miranda; *Simplified Thermal Model for Absolute Radiometer Simulation*; *Journal of Solar Energy Engineering*, 2021, Vol. 143 / 051004-1. <https://doi.org/10.1115/1.4049939>

Franciele Carlesso, Luis E. A. Vieira, Luiz A. Berni and Graziela da S. Savonov; *Design, Implementation and Characterization of Cavity for Absolute Radiometer*; *Frontiers in Physics*, 1 March 2021, Volume 9, Article 598490
Doi: 10.3389/fphy.2021.598490

DESENVOLVIMENTO DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIDA DA IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL, André de Godoi Lopes, Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.3: Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico

4.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, e está em linha com o TAP do INPE, Processo SEI: 01340.005858/2021-13. Parte da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, que englobou os Laboratórios Associados – COPDT atua no desenvolvimento de produtos, processos, protótipos, softwares e técnicas inovadores nas áreas de novos materiais e sensores, tecnologia de plasma, combustão e propulsão, engenharia espacial, computação e matemática aplicada, visando atender missões espaciais e suas aplicações com o objetivo de promover o avanço da área espacial e do setor produtivo nacional. Neste contexto, no Grupo de Dispositivos Fotovoltaicos (GDF) que pertence ao COPDT, está em andamento o desenvolvimento de um radiômetro de substituição elétrica (electrical substitution radiometer) para medir a Irradiância Solar Total (TSI, sigla do inglês). Este tipo de radiômetro consiste em um elemento absorvedor (sensor) ligado a um dissipador de calor através de um link de calor de baixa condutividade. O sensor é mantido a uma temperatura constante através de um sistema de controle elétrico. Assim que o corpo do sensor sofre a perturbação, com a incidência de radiação, a temperatura é corrigida pela realimentação (ou controle) adotada, que por conseguinte, provoca a variação da corrente elétrica para manter a temperatura do sensor constante. A diferença entre as correntes antes e durante a exposição fornece a irradiância incidente no sensor. Neste contexto o bolsista de nível D-C executará o subprojeto intitulado “**Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico**”. Neste subprojeto, o bolsista será responsável pela elaboração, montagem e testes do circuito de medição e controle do radiômetro.

4.3.2 - Objetivo Geral

Atuar em pesquisa básica e aplicada, desenvolvimento e inovação, de caráter tecnológico e científico nas áreas de novos materiais e sensores com aplicações espaciais e ambientais (OE3 do Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional 2018-2023).

Objetivo específico 1 (OE3.2 do Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional 2018-2023) - Desenvolvimento de sistemas de caracterização de dispositivos fotovoltaicos para uso espacial e terrestre.

Objetivo específico 1.1 - Desenvolvimento de um radiômetro térmico de substituição elétrica.



Objetivo específico 1.1.1 - Elaboração, montagem e testes do circuito de controle do radiômetro térmico.

4.3.3 – Insumos

4.3.3.1 – Bolsas

Para o objetivo específico 1, o quantitativo de bolsas PCI necessário é descrito na tabela abaixo:

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ Nível	Meses	Quant
4.3.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia da Computação, Engenharia Eletrônica ou áreas afins, com, no mínimo, 5 anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação, ou título de mestrado na área equivalente	Profissional com prática em elaboração de Placas de Circuitos Impressos, circuitos digitais, microcontroladores, circuitos de aquisição de sinais (tratamento e manipulação de dados experimentais). Desejável experiência com simulador de circuitos elétricos.	1 1.1 1.1.1	D-C	8	1

4.3.4 - Atividades de Execução

A atividades que levarão ao cumprimento do subprojeto associado ao objetivo específico 1 são:

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4
Levantamento dos parâmetros básicos de entrada e saídas do radiômetro	1 1.1 1.1.1	% execução	100			
Apresentação da Proposta de testes a ser implementado	1 1.1 1.1.1	% execução	50	100		
Montagem e testes no Programa simulador de circuitos elétricos	1 1.1 1.1.1	% execução		100		



Montagem e testes dos circuitos elétricos no Protoboard	1 1.1 1.1.1	% execução		100		
Elaboração de Placa de Circuito Impresso.	1 1.1 1.1.1	% execução		20	100	
Montagem e testes dos circuitos elétricos na Placa de Circuito Impresso.	1 1.1 1.1.1	% execução		50	100	
Apresentação completa do teste em bancada	1 1.1 1.1.1	% execução				100
Elaboração relatório (manual) do teste apresentado ate o momento	1 1.1 1.1.1	% execução				100

4.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestres			
	2023-2024			
	1	2	3	4
Levantamento dos parâmetros básicos de entrada e saída do radiômetro	X			
Apresentação da Proposta de testes a ser implementado	X	X		
Montagem e testes no Programa simulador de circuitos elétricos		X		
Montagem e testes dos circuitos elétricos no Protoboard		X		
Elaboração de Placa de Circuito Impresso.		X	X	
Montagem e testes dos circuitos elétricos na Placa de Circuito Impresso.			X	X
Apresentação completa do teste em bancada				X
Elaboração relatório (manual) do teste apresentado ate o momento				X

4.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4

Parâmetros básicos de entrada e saída do radiômetro.	1 1.1 1.1.1	Identificação dos Parâmetros	Identificados			
Proposta de testes a ser implementado	1 1.1 1.1.1	Procedimentos detalhados	Iniciado	Finalizado		
Circuitos elétricos no Simulador	1 1.1 1.1.1	Desenho e etapas de simulação		Totalmente efetuados		
Placa de Circuito Impresso - PCB	1 1.1 1.1.1	Layout e placa física		Layout feito	Placa feita	
Testes implementado em bancada	1 1.1 1.1.1	Procedimentos detalhados				Totalmente realizado
Apresentação do teste em bancada	1 1.1 1.1.1	Montagem e procedimentos				Apresentados completamente
Relatório (manual) do teste apresentado até o momento	1 1.1 1.1.1	Confecção				Completo

4.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-2024			
			Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4
Realização do teste em bancada	1 1.1 1.1.1	Sinais enviados e recebidos corretamente				Identificados, apresentados e verificados com êxito

4.3.8 - Recursos Solicitados

Custos: não existe previsão de custeio para este projeto.

Bolsas:

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	C	3.380,00	8	1	27.040,00



Total (R\$)	27.040,00
-------------	-----------

4.3.9 - Equipe do Projeto

Luiz Angelo Berni
Waldeir Amaral Vilela
Ricardo Toshiyuki Irita

4.3.10 - Referências Bibliográficas

Andre Godoi Lopes, Ricardo Toshiyuki Irita, Luiz Angelo Berni, Waldeir Amaral Vilela, Graziela da Silva Savonov, Franciele Carlesso, Luis Eduardo Antunes Vieira, Edson Luiz de Miranda; Simplified Thermal Model for Absolute Radiometer Simulation; Journal of Solar Energy Engineering, 2021, Vol. 143 / 051004-1. <https://doi.org/10.1115/1.4049939>

Franciele Carlesso, Luis E. A. Vieira, Luiz A. Berni and Graziela da S. Savonov; Design, Implementation and Characterization of Cavity for Absolute Radiometer; Frontiers in Physics ,1 March 2021, Volume 9, Article 598490. Doi: 10.3389/fphy.2021.598490

André de Godoi Lopes; DESENVOLVIMENTO DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIDA DA IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL; Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020.

Luiz Angelo Berni, Ricardo Toshiyuki Irita, Waldeir Amaral Vilela; Geometric parameters determination by ray tracing of a radiation-absorbing cavity painted with specular ink; Brazilian Journal of Physics (2022) 52:103 <https://doi.org/10.1007/s13538-022-01105-8>



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.4: Desenvolvimento, produção e caracterização de materiais para dispositivos de armazenamento de energia e eletrocatalisadores visando aplicações aeroespaciais

4.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP 01340.003046/2021-2.

As atividades do projeto estarão centradas no desenvolvimento, produção e caracterização de compósitos formados por matrizes carbonosas oriundas prioritariamente de fontes renováveis e metais via processos simples e de baixo custo. Este projeto visa a produção de materiais por meio de processos inovadores que possam atender as demandas aeroespaciais do INPE. Materiais compósitos, constituídos de matriz carbonosa e metais, tem sido amplamente aplicados em estudos com baterias, supercapacitores, células combustíveis e, processos catalíticos, como, por exemplo, a redução eletroquímica de CO₂. A utilização de rotas e precursores renováveis para obtenção de materiais aplicados à sistemas de armazenamento de energia e catálise colabora com o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente amigáveis. Estas tecnologias são estratégias importantes que visam a redução de impactos ambientais. No presente projeto, as características morfológicas, físico-químicas e eletroquímicas dos materiais produzidos serão analisadas por diversas técnicas, visando o ajuste e a otimização das propriedades para as aplicações pretendidas. Além da produção de materiais por meio de novas tecnologias, este projeto compreenderá o desenvolvimento, fabricação e testes de uma célula eletroquímica que viabilize os ensaios eletroquímicos aplicados a células combustíveis e sistemas de sequestro e conversão de CO₂. O grupo de pesquisa MAPA (Materiais Avançados e Pesquisas Aeroespaciais) do INPE/São José dos Campos conta com diversos laboratórios que incluem laboratório químico e infraestrutura com diversos equipamentos, como, potenciostatos, analisador de porosidade, picnômetro de hélio, espectrômetro de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), espectrômetro de infravermelho por transformada Fourier, analisador termogravimétrico, entre outros. Assim, este projeto envolverá a capacitação da equipe envolvida na operação destes equipamentos do grupo MAPA .

4.4.2 - Objetivo Geral

Dentro das perspectivas da Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT), vinculada à Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP), o objetivo geral do projeto “Desenvolvimento, produção e caracterização de materiais para dispositivos de armazenamento de energia e eletrocatalisadores visando aplicações aeroespaciais” está alinhado através das seguintes competências



relacionadas no Artigo 68 Regimento Interno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Portaria Nº 3.446, de 10 de setembro de 2020):

IV - buscar o domínio de tecnologias de ponta e de interesse estratégico às atividades espaciais ou correlatas, no âmbito de sua competência;

VI - contribuir para a formação de recursos humanos, em nível de graduação e de pós-graduação, no âmbito de sua competência;

VII - realizar projetos de consultoria, pesquisa e desenvolvimento de combustão e catálise, materiais especiais, dispositivos e sensores espaciais e ambientais, processos e suas caracterizações nas áreas de interesse espacial ou correlatas;

VIII - obter o domínio de técnicas, processos e desenvolvimento de tecnologias críticas em suas áreas de atuação, assim:

Objetivos Gerais (OG):

OG-1 O presente projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento e caracterização de materiais produzidos a partir de processos inovadores e, aplicados em sistemas que atendam as demandas aeroespaciais do INPE.

OG-2 Desenvolvimento, fabricação e testes de sistemas que viabilizem os ensaios em células combustíveis e no sequestro e conversão de CO₂.

OG-3 Capacitação de recurso humano para operar diversos equipamentos de caracterização de materiais.

Objetivos Específicos (OE):

Objetivo Específico 1: Produção de materiais compósitos baseados em matrizes carbonosas oriundas de fontes renováveis e metais, a partir de processos simples e de baixo custo (OG-1);

Objetivo Específico 2: Caracterização da morfologia e propriedades texturais dos materiais (área superficial e volume de poros) (OG-1);

Objetivo Específico 3: análise das propriedades estruturais e composição química dos materiais (OG-1);

Objetivo Específico 4: Caracterização eletroquímica dos materiais (OG-2);

Objetivo Específico 5: Design, fabricação e testes de protótipos: células eletroquímicas (OG-2);

Objetivo Específico 6: Operação de equipamentos existentes na infraestrutura dos laboratórios do grupo MAPA e COPDT (OG-3).

Objetivo Específico 7: Capacitação da equipe envolvida (OG-3).



4.4.3 - Insumos

4.4.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

4.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
4.4.1	Profissional formado em Engenharia Química, Química, Engenharia de Materiais, da Computação, Mecatrônica/Automação, Física ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Conhecimento em processos de síntese de materiais carbonosos; experiência em caracterização físico-química de materiais; experiência em caracterização eletroquímica de materiais; experiência em aplicações catalíticas.	1	D-B	8	*1

*- Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o SubProjeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

4.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023 - Bimestre			
			1º	2º	3º	4º
Atividade 1- Produção de materiais compósitos	1	Processos inovadores e simplificados para a produção de materiais	x			
Atividade 2- Caracterização morfológica, textural e físico-química	2, 3	Caracterização, classificação e seleção dos materiais para aplicações em dispositivos de armazenamento de energia e processos catalíticos		x		
Atividade 3- Caracterização eletroquímica	4	Caracterização, classificação e seleção dos materiais para aplicações em dispositivos de armazenamento de energia e processos catalíticos			x	x
Atividade 4- Design, fabricação e testes de protótipos: células eletroquímicas	5	Montagem de aparato para ensaios eletroquímicos			x	x
Atividade 5- Operação de equipamentos e capacitação da equipe	6, 7	Capacitação de recurso humano		x	x	x

4.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestre			
	2023			
	1	2	3	4
Atividade 1-Produção de materiais compósitos	x			



Atividade 2- Caracterização morfológica, textural e físico-química		x		
Atividade 3- Caracterização eletroquímica			x	x
Atividade 4-Design, fabricação e testes de protótipos: células eletroquímicas			x	x
Atividade 5- Operação de equipamentos e capacitação da equipe		x	x	x

4.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-Bimestre			
			1	2	3	4
Materiais oriundos de fontes renováveis e processos inovadores	1, 2 e 3	Desenvolvimento de processos simplificados para a produção de materiais	x	x	x	
Aparato montado para testes eletroquímicos	4, 5	Desenvolvimento de estrutura			x	x
Recurso humano habilitado para operar diversos equipamentos de caracterização	6, 7	Operação de equipamentos de caracterização instalados		x	x	x

4.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023-Bimestre			
			1	2	3	4
Desenvolvimento de processos inovadores para obtenção de materiais direcionados às demandas aeroespaciais	1	Desenvolvimento de processos simplificados para a produção de materiais	x			



Obtenção de materiais de alto valor agregado	1	Utilização de recursos e precursores renováveis	x			
Materiais caracterizados	2, 3 e 4	Operação de equipamentos de caracterização instalados		x	x	x
Aparato montado para ensaios eletroquímicos aplicados a células combustíveis e sistemas de sequestro e conversão de CO ₂	5	Desenvolvimento de estrutura			x	x
Equipe habilitada	6, 7	Aperfeiçoamento de profissionais		x	x	x

4.4.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:



PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	*1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

4.4.9 - Equipe do Projeto

Dr. Maurício Ribeiro Baldan
Dr. Isaías de Oliveira

4.4.10 - Referências Bibliográficas

[1] Avaliação de Políticas Públicas: Guia Prático de Análise Ex Ante, volume 1, IPEA, 2018.

[2] Priya, D. S.; Kennedy, L. J.; Anand, G. T. Emerging trends in biomass-derived porous carbon materials for energy storage application: A critical review. **Materials Today Sustainability**, v. 21, 100320, 2023.

[3] Bijesh, P.; Selvaraj, V; Andal, V. A review on synthesis and applications of nano metal Oxide/porous carbon composite. **Materials Today: Proceedings**, v. 55, p. 212-219, 2022.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.5: Materiais em Microgravidade

4.5.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1. Disponível na página do INPE.

O ambiente espacial é único devido ao vácuo, a radiação de alta energia do Sol e outras fontes cósmicas, e a aparente ausência de efeitos gravitacionais. Este último fator, chamado microgravidade, permite observar e explorar fenômenos que seriam mascarados sob a influência da gravidade terrestre. A realização de experimentos em um ambiente de microgravidade permite uma melhor compreensão e aperfeiçoamento dos processos físicos, químicos e biológicos na Terra [1,2]. Por ser considerada uma área estratégica de pesquisa, no Brasil, o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) fornece diretrizes e ações prioritárias que buscam o desenvolvimento de tecnologia crítica e pesquisa em microgravidade, e a formação de especialistas em atividades espaciais [3].

A área de ciência dos materiais é uma das que mais se beneficiam do ambiente de microgravidade. Isto inclui estudos sobre materiais imiscíveis, ligas eutéticas, desenvolvimento morfológico durante a solidificação, fenômenos de nucleação, crescimento dendrítico isotérmico, macross segregação e o comportamento das partículas insolúveis à frente da interface de solidificação. No Brasil, existem poucas instalações multiusuárias (incluindo um forno multiusuário de alta temperatura construído no INPE) capazes de fornecer as condições adequadas de temperatura, gradiente térmico e resfriamento controlado para o processamento, solidificação e crescimento de ligas e cristais de diversos tipos de materiais [1,2,4].

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, através do grupo de Microgravidade do Laboratório Associado de Sensores e Materiais possui grande experiência em projetos em ambiente de microgravidade e participa do 6º Anúncio de Oportunidade (6ºAO) do Programa Microgravidade da Agência Espacial Brasileira (AEB), que tem como objetivo realizar experimentos de solidificação em microgravidade.

Dessa forma, este projeto contemplará vários objetivos envolvendo pesquisas de materiais em microgravidade, conforme descrito nas ações de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos e Processos Inovadores para o Setor Espacial. Devido à disponibilidade permanente dos equipamentos, experimentos em laboratório utilizando um tubo de queda livre e um forno para solidificação em centrifuga, serão também realizados para melhor compreensão de vários fenômenos envolvendo a ação da gravidade na solidificação de materiais. Este projeto propõe assim dotar a área de ciências dos materiais, que é uma das



que mais se beneficia do ambiente de microgravidade, com mais uma facilidade multiusuária permanente para experimentos em microgravidade.

4.5.2 - Objetivo Geral

Dentro das perspectivas da Coordenação de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT), vinculada a coordenação de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas, o objetivo geral do projeto “Materiais em Microgravidade” visa atender as competências relacionadas no Artigo 68 do Regimento Interno do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Portaria N° 3.446, de 10 de setembro de 2020):

IV - buscar o domínio de tecnologias de ponta e de interesse estratégico às atividades espaciais ou correlatas, no âmbito de sua competência;

VI - contribuir para a formação de recursos humanos, em nível de graduação e de pós-graduação, no âmbito de sua competência;

VII - realizar projetos de consultoria, pesquisa e desenvolvimento de combustão e catálise, materiais especiais, dispositivos e sensores espaciais e ambientais, processos e suas caracterizações nas áreas de interesse espacial ou correlatas;

VIII - obter o domínio de técnicas, processos e desenvolvimento de tecnologias críticas em suas áreas de atuação.

Dessa forma, ficam fixados os Objetivos Gerais (OG):

OG-1 Pesquisa de solidificação de materiais em ambiente de microgravidade a bordo do foguete de sondagem VSB-30.

OG-2 Desenvolvimento dos equipamentos utilizados para os experimentos em ambiente de microgravidade.

OG-3 Capacitação de recurso humano para operar diversos equipamentos de caracterização de materiais

Objetivo Específico 1: Produção das amostras eutéticas de PbBiSn e PbBi para os experimentos de solidificação (OG-1).

Objetivo Específico 2: Experimentos e caracterização das amostras em condições de gravidade terrestre (OG-1 e OG-3).

Objetivo Específico 3: Realização de testes de qualificação do forno multiusuário de solidificação e do seu sistema eletrônico de controle e monitoração (OG-2).

Objetivo Específico 4: Operação de equipamentos existentes na infraestrutura dos laboratórios do grupo MAPA e COPDT (OG-3).

Objetivo Específico 5: Capacitação da equipe envolvida (OG-3).



4.5.3 - Insumos

4.5.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Participação na Operação Igaratá	Diárias	3.000,00
Participação na Operação Igaratá	Passagens	5.000,00
Participação em Congressos	Diárias	3.000,00
Participação em Congressos	Passagens	5.000,00

4.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
4.5.1	Profissional formado em Engenharia de Materiais, Mecatrônica, Automação, Física, Ciência e Tecnologia, ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Solidificação de Materiais em Microgravidade, Influência da gravidade na Solidificação de Materiais	1	D-B	8	*1

*- Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o SubProjeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

4.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas – 2023 bimestre			
			1°	2°	3°	4°
1 - Preparação da liga eutética de PbBiSn e PbBi	1 e 2	Ligas eutéticas disponível para uso nas próximas etapas	x	x		
2 – Experimento de solidificação em condição de gravidade da terra	2	Amostras de PbBiSn e PbBi solidificadas		x	x	
3- Caracterização das amostras obtidas na atividade 2	2	Resultados das caracterizações			x	
4- Testes do Sistema Eletrônico e do Programa de Monitoração	3	Resultados dos testes do Sistema Eletrônico e do Programa de Monitoração			x	
5- Testes e qualificação do forno multiusuário	3	Resultados dos testes e qualificação do forno multiusuário				x
6 - Operação de equipamentos e capacitação da equipe	4 e 5	Capacitação de recurso humano	x	x	x	x

4.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestre (2023)			
	1	2	3	4
Atividade 1	x	x		
Atividade 2		x	x	
Atividade 3			x	
Atividade 4			x	
Atividade 5				x
Atividade 6	x	x	x	x

4.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (2023)			
			1° bim	2° bim	3° bim	4° bim
Amostras solidificadas das ligas eutéticas de PbBiSn e PbBi	1 e 2	Indicadores das atividades 1, 2 e 3	x	x	x	
Módulo Eletrônico	3	Indicador da atividade 4			x	
Forno de Solidificação	3	Indicador da atividade 5				x
Recurso humano habilitado para operar diversos equipamentos de caracterização	4 e 5	Indicador da atividade 6	x	x	x	x

4.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Ind	Metas (2023)			
			1° bim	2° bim	3° bim	4° bim
Amostras das ligas de PbBiSn e PbBi solidificadas	2	Indicadores das atividades 1 e 2	x			
Caracterização das amostras solidificadas	2	Indicador da atividade 3		x	x	
Testes do Sistema Eletrônico e do Programa de Monitoração	3	Indicador da atividade 4			x	
Testes e qualificação do Forno Multiusuário	3	Indicador da atividade 5				x
Equipe habilitada	6, 7	Indicador da atividade 6	x	x	x	x

4.5.8 - Recursos Solicitados



Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Participação na Operação Igaratá	Diárias	3.000,00
Participação na Operação Igaratá	Passagens	5.000,00
Participação em Congressos	Diárias	3.000,00
Participação em Congressos	Passagens	5.000,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	*1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

*- Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o SubProjeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

4.5.9 - Equipe do Projeto

Dr. Mauricio Ribeiro Baldan (supervisor)

Dr. Chen Ying An

Dr. Rafael Cardoso Toledo

4.5.10 - Referências Bibliográficas



- [1]HAMACHER, H.; FITTON, B.; KINGDON, J. The environment of earth-orbitingsystems. In: WALTER, H. U. (Ed.). **Fluid sciences and materials science in space: A european perspective**. Berlin, Germany: Springer, 1987. cap. I, p. 1–50.
- [2]NAUMANN, R. J.; HERRING, H. W. **Materials processing in space: Early experiments**. Washington, D.C.: NASA, 1980. Scientific and Technical Information Branch.
- [3]AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE: 2012 - 2021/ Agência Espacial Brasileira**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Agência Espacial Brasileira, 2012.
- TOLEDO, R. C. **Study of solidification of eutectic alloys in microgravity environment** (PhD Thesis). São José dos Campos: INPE, 2013. In portuguese.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.6: Desenvolvimento do processo de ensaio (referente a parte do sistema de Propelentes) de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE

4.6.1 – Introdução

Conforme declara o Plano Diretor 2022-2026 do INPE, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área de propulsão espacial fazem parte das Competências Essenciais deste Instituto. É uma das etapas do desenvolvimento de propulsores espaciais se dá na qualificação dos mesmos por meio de ensaios realizados no Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA) da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT).

Durante estes ensaios, são utilizados como propelentes o Tetróxido de nitrogênio (oxidante) e a Hidrazina ou monometilhidrazina (combustíveis), além da Amônia como gás refrigerante nos Chillers. Tais substâncias são danosas ao organismo humano, conforme especificado em publicações específicas, como as Normas Regulamentadoras (NR) 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 16 – Atividades e Operações Perigosas, e a documentação ACGIH “TLVs[®] e BEIs[®] Limites de Exposição Ocupacional (TLVs[®]) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs[®])”. Ocorre ainda que os propelentes utilizados (combustíveis e oxidante mencionados) formam um par hipergólico, ou seja, se ambos estiverem presentes no mesmo ambiente em determinadas concentrações, ocorre a combustão espontânea (sem necessidade de uma chama ignitora ou qualquer outro tipo de ignição), e como os propelentes são materiais altamente energéticos, esta combustão em um espaço fechado seria na prática uma explosão, que poderia levar a acidentes e fatalidades, além do dano ao patrimônio público (prédio e equipamentos).

Apesar disso, a tecnologia de propulsão espacial química que utiliza estes propelentes é bastante utilizada na área espacial, dada sua relativa maior confiabilidade em relação a novas tecnologias de propulsão. Porém, dada a criticidade do propulsor no sucesso de uma missão espacial (como no controle da atitude de um satélite, por exemplo), faz-se necessário um processo de testes e qualificação destes propulsores, a ser realizado em Bancos de Testes. O INPE dispõe de um Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA), capaz de simular as condições extremas de trabalho na qual estes propulsores terão que atingir seu desempenho esperado.

Neste projeto, pretende-se desenvolver e montar/revisar a infraestrutura necessária a realização da campanha de testes destes propulsores de 1N, permitindo que o ensaio de qualificação do propulsor tenha o rigor técnico necessário para assegurar o desempenho do mesmo, e ainda com o objetivo



de proteger a saúde ocupacional dos operadores, garantir a segurança deles e a integridade do patrimônio público, dado o risco inerente ao se trabalhar com tais propelentes. Assim, o projeto almeja a revisão e melhoria da infraestrutura do sistema de Propelentes do BTSA, incluindo desde a linha de propelentes até a sistemática de operação da linha, manuseio de propelentes e planejamento e acompanhamento dos testes, permitindo que os testes sejam realizados de forma segura e apresente resultados confiáveis.

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP SEI número 01340.000947/2023-27 intitulado “Ensaio de Qualificação de Propulsores de 1N para Missão ACQUABRASILIS/ACQUA”.

4.6.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto visa a obtenção de Bancos de Testes (BTSA e BTCA) com suas linhas de propelentes devidamente instaladas, verificadas e documentadas, capazes de testar propulsores espaciais com a necessária segurança e qualidade, sem vazamentos e que permitam a comunicação com os sistemas de Aquisição e Controle (medidores de vazão etc.), estando de acordo com o Objetivo Estratégico 2 (OE2) do Projeto Institucional de “Realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento para o domínio de tecnologias críticas e geração de produtos e processos inovadores necessários ao Programa Espacial Brasileiro, com ênfase na transferência de conhecimento ao setor produtivo”

Objetivo Específico 1: Revisão da linha de propelentes do BTSA, verificando a situação atual da linha (vazamentos, calibração dos medidores de vazão, etc.), e elaboração de Plano de Ação Técnico para melhorias necessárias para os testes.

Objetivo Específico 2: Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no sistema de propelentes do BTSA.

Objetivo Específico 3: Apoio nas operações de manutenção e instalações/melhorias dos Bancos de Testes (BTSA e BTCA) e também durante a realização dos testes.

Objetivo Específico 4: Planejamento da linha e do sistema de propelentes do BTCA, com elaboração de documentação e operacionalização das linhas.

Objetivo Específico 5: Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes ao manuseio de propelentes no BTSA e BTCA, bem como apoio durante as operações de manuseio.

4.6.3 - Insumos



4.6.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	-
-	-	-
-	-	-

4.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
4.6.1	Profissional formado em Engenharia Química ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Engenharia e Tecnologias Espaciais; Engenharia Química ou Bacharel em Química; Com experiência na área de Propelentes Espaciais e Ensaios de Testes e Qualificação de Propulsores Espaciais	1 a 5	D-B	8	*1

*- Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o SubProjeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados

4.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Atividade 1 – planejamento e levantamento do status da linha, e ações necessárias para reparos e melhorias	1	Checklist de inspeção da linha e listagem de ações necessárias	X	X

Atividade 2 – estudo e elaboração da documentação revisada referente a infraestrutura de Propelentes dos Bancos de Teste, bem como implementação das melhorias	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	X	X
Atividade 3 – Apoio nos testes e demais atividades dos Bancos de Testes	3	Relatório das operações.	X	X
Atividade 4 – Planejamento e operacionalização do sistema de Propelentes do BTCA	4	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade.	X	X
Atividade 5 – Revisão e apoio nos processos e atividades de manuseio de propelentes	5	Documentação revisada e relatórios de atividades.	X	X
Atividade 6 – Prover sistemas de propelentes do BTSA e BTCA revisados e operacionais	1, 2, 3, 4, 5	Documentação e relatório.	X	X

4.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre												
	2022		2023		2024		2025		2026		2027		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Atividade 1			X	X	X								
Atividade 2			X	X	X								
Atividade 3			X	X	X								
Atividade 4			X	X	X								
Atividade 5			X	X	X								
Atividade 6			X	X	X								

4.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024



Diagnóstico da linha de propelentes do BTSA	1,2	Checklist de inspeção da linha e listagem de ações necessárias	x	x
Linha de propelentes do BTSA operacional e com documentação revisada.	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Realização dos testes de propulsores de 1N	1, 2, 4 e 5	Relatório das operações.	x	x
Linha de propelentes do BTCA instalada e operacional	3, 4 e 5	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade.	x	x

4.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Linhas de Propelentes do BTSA e BTCA revisadas e operacionais	1, 2, 3, 4, 5	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x
Propulsores de 1N qualificados com segurança e qualidade	1, 2, 3, 4, 5	Relatório das operações.	x	x

4.6.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0
Passagens	0
Total (R\$)	0

Bolsas:



PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	-	-	-
	B	4.160,00	8	*1	33.280,00
	C	3.380,00	-	-	-
	D	2.860,00	-	-	-
	E	1.950,00	-	-	-
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)					33.280,00

*- Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o SubProjeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados

4.6.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-B;
Douglas Miranda Rodrigues;
Sayuri Okamoto;
Isaías Oliveira.

4.6.10 - Referências Bibliográficas

[1] ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos**. São Paulo: ABHO, 2014.

[2] CALEGÃO, I. C. C. et al. **Segurança e manuseio de hidrazina anidra**. Cachoeira Paulista: INPE, 1995.

[3] SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. **Rocket Propulsion Elements**. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.

[4] TURNER, M. J. L. **Rocket and Spacecraft Propulsion**. 2nd ed. New York: Springer, 2006.

[5] LEY, W; WITTMAN, K; HALLMAN, W. **Handbook of Space Technology**. New York: John Wiley & Sons, 2009.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.7: Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado de um Estágio

4.7.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023 e é parte do projeto “Propulsor de Plasma Pulsado para uso em nanossatélite” referente ao **TAP com processo SEI 01340.005318/2021-21**. Propulsores de plasma pulsado são propulsores elétricos para satélites e sondas espaciais que utilizam forças de origem elétrica para acelerar o propelente a velocidades até dez vezes maiores do que propulsores químicos convencionais e, portanto, podem consumir até dez vezes menos propelente. Isto permite que o veículo seja mais leve, que se carregue mais carga útil ou que o tempo da missão possa ser aumentado ou ainda que o alcance da missão possa ser aumentado. No Brasil, o Laboratório de Propulsão Elétrica Espacial do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LABCP), parte do COPDT da CGIP do INPE desenvolve pesquisas em propulsão elétrica de plasma pulsado envolvendo protótipos inovadores deste tipo de propulsor. O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um protótipo de um propulsor de plasma pulsado, PPT para aplicação em satélites.

Devido às restrições orçamentárias este projeto contempla 8 meses de um projeto de 5 anos de desenvolvimento do protótipo do propulsor de plasma pulsado de um estágio, PPT – Pulse Plasma Thruster. Este projeto de 8 meses produzirá a primeira fase do projeto do PPT.

4.7.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o de desenvolver o propulsor de plasma pulsado para uso em satélites e sondas espaciais. *Este projeto contempla 8 meses de trabalho referentes ao objetivo específico 1. Ao final deste projeto será entregue a primeira fase do projeto.*

O projeto completo, que tem 5 anos de duração, é descrito neste documento para facilitar a avaliação e compreensão das atividades. Entretanto, **apenas a fase 1 do objetivo 1, será contemplada**. O projeto completo compreende os seguintes objetivos:

Objetivo Específico 1:

Objetivo 1A: Fase 1 do Projeto do protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado (Objeto deste projeto)

Objetivo 1B: Fase 2 do Projeto do Protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado

Objetivo Específico 2: Aquisição das partes para construção do PPT

Objetivo Específico 3: Montagem do PPT



Objetivo Específico 4: Integração do PPT na balança de empuxo na câmara de vácuo

Objetivo Específico 5: Testes básicos de funcionamento do propulsor na balança de empuxo em vácuo

Objetivo Específico 6: Testes longos de funcionamento e levantamento de características do PPT

Objetivo Específico 7: Relatório com sugestões para a próxima fase

4.7.3 - Insumos

4.7.3.1 – Custeio

Não existe previsão de custeio pois este é um projeto para bolsas PCI. Porém, o custeio está descrito no TAP e é necessário que os recursos estejam disponíveis.

4.7.3.2 – Bolsas

O bolsista ora contratado trabalhará na **fase 1 do objetivo específico 1** por 8 meses e produzirá a fase 1 do projeto do PPT.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
4.7.1	Profissional graduado em Engenharia Elétrica ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor em Engenharia Elétrica ou Engenharia Espacial ou áreas afins; ou ainda, com grau de mestre em Engenharia Elétrica ou Engenharia Espacial ou áreas afins há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Necessária experiência em desenvolvimento de dispositivos eletrônicos para de sistemas embarcados, microcontroladores, programação em “C” para microcontroladores, experiência com o software AutoDesk Inventor e experiência de trabalhos em alta tensão. É desejável experiência com projetos mecânicos de baixa complexidade usando AutoDesk Inventor ou similar, conhecimentos do Software EAGLE de projeto de circuitos elétricos e NI LabView. Além disso, é desejável experiência com câmaras de vácuo.	1A	D-B	8	1



4.7.4 - Atividades de Execução e Cronograma de Atividades

Número da Atividade	Nome da Atividade	Objetivo Específico	Indicadores	Cronograma
				2023/2024
1	Projeto do protótipo do Propulsor de Plasma Pulsado (PPT) – FASE 1	1A	Fase 1 do Projeto do propulsor concluído	X

4.7.5 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Cronograma
			2023/2024
Documento do Projeto do Propulsor de Plasma Pulsado – FASE 1	1ª	Indicador 1	X

4.7.6 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Cronograma
			2023/2024
Realização da FASE 1 do Projeto do PPT	1A	Indicador 1A	X

4.7.7 - Bolsas

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	-	-	-
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00	-	-	-
	D	2.860,00	-	-	-
	E	1.950,00	-	-	-
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)					33.280,00

4.7.8 - Equipe do Projeto

-Dr. Rodrigo Intini Marques, pesquisador LABCP/INPE



-Bolsista PCI classificado através deste edital

4.7.9 - Bibliografia

INTINI MARQUES, R. A mechanism to accelerate the late ablation in pulsed plasma thruster. 192 p. Tese (PhD in Engineering Sciences) — University of Southampton - Faculty of Engineering, Science Mathematics - School of Engineering Sciences, Southampton - UK, 2009.

FIN, P. Influência da Geometria dos Eletrodos Secundários. 2014. 89 p. (sid.inpe.br/mtc- m21b/2014/04.10.16.00-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Combustão e Propulsão) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. 2014.

MARIN, L. F. C. Análise do desempenho de um propulsor a plasma pulsado de dupla descarga através da variação da distribuição de energia entre os seus dois estágios. 2014. 131 p. Dissertação (Mestrado em Combustão e Propulsão) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2014

ANSELMO, M. R. Desenvolvimento de uma balança de empuxo para propulsores elétricos. 2017. 177 p. Dissertação (Mestrado em Combustão e Propulsão) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017.

Intini Marques, R.; GABRIEL, S. B. . IMPROVED PULSED PLASMA THRUSTER AND METHOD OF OPERATION THEREOF. 2007, Grã-Bretanha. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: WO2008/035061, título: "IMPROVED PULSED PLASMA THRUSTER AND METHOD OF OPERATION THEREOF" , Instituição de registro: WIPO - World Intellectual Property Organization. Depósito: 19/09/2007; Depósito PCT: 29/09/2007; Concessão: 27/03/2008. Instituição(ões) financiadora(s): University of Southampton.



Projeto 4: PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E DE PESQUISA DOS LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

Subprojeto 4.8: Desenvolvimento de estudo técnico para implementação do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho dos Bancos de Testes de propulsores, de maneira a garantir a segurança e confiabilidade durante o processo de qualificação de propulsores de 1N para serem integrados no satélite Amazônia 1B, baseado na Plataforma Multimissão (PMM), a ser utilizado na Missão ACQUABRASILIS/ACQUAE

4.8.1 – Introdução

Conforme declara o Plano Diretor 2022-2026 do INPE, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área de propulsão espacial fazem parte das Competências Essenciais deste Instituto. É uma das etapas do desenvolvimento de propulsores espaciais se dá na qualificação dos mesmos por meio de ensaios realizados no Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA) da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (COPDT).

Durante estes ensaios, são utilizados como propelentes o Tetróxido de nitrogênio (oxidante) e a Hidrazina ou monometilhidrazina (combustíveis), além da Amônia como gás refrigerante nos Chillers. Tais substâncias são danosas ao organismo humano, conforme especificado em publicações específicas, como as Normas Regulamentadoras (NR) 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 16 – Atividades e Operações Perigosas, e a documentação ACGIH “TLVs[®] e BEIs[®] Limites de Exposição Ocupacional (TLVs[®]) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índices Biológicos de Exposição (BEIs[®])”. Ocorre ainda que os propelentes utilizados (combustíveis e oxidante mencionados) formam um par hipergólico, ou seja, se ambos estiverem presentes no mesmo ambiente em determinadas concentrações, ocorre a combustão espontânea (sem necessidade de uma chama ignitora ou qualquer outro tipo de ignição), e como os propelentes são materiais altamente energéticos, esta combustão em um espaço fechado seria na prática uma explosão, que poderia levar a acidentes e fatalidades, além do dano ao patrimônio público (prédio e equipamentos).

Apesar disso, a tecnologia de propulsão espacial química que utiliza estes propelentes é bastante utilizada na área espacial, dada sua relativa maior confiabilidade em relação a novas tecnologias de propulsão. Porém, dada a criticidade do propulsor no sucesso de uma missão espacial (como no controle da atitude de um satélite, por exemplo), faz-se necessário um processo de testes e qualificação destes propulsores, a ser realizado em Bancos de Testes. O INPE dispõe de um Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA), capaz de simular as condições extremas de trabalho na qual estes propulsores terão que atingir seu desempenho esperado.



Além de toda a infraestrutura física necessária, também se faz necessário um sistema consolidado para gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho dos Bancos de Teste, amparado em documentação técnica envolvendo estudos e análises técnicas dos riscos e potenciais falhas da instalação, de maneira a permitir antecipar e evitar qualquer acidente ou falha, bem como de maneira a assegurar a qualidade, confiabilidade e rastreabilidade dos dados obtidos durante os testes de qualificação dos propulsores.

Neste projeto, pretende-se desenvolver um estudo técnico estruturado de maneira a fornecer um diagnóstico do estágio atual das instalações no que se refere a Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho, tendo como referência as normas ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025, e traçar um *roadmap* que permita determinar as ações a serem tomadas rumo às certificações ISO 45001 e ISO/IEC 17025 e o acompanhamento das mesmas, de maneira a assegurar a realização da campanha de testes destes propulsores de 1N dentro de um cenário conhecido e documentado, permitindo que o ensaio de qualificação do propulsor tenha o rigor técnico necessário para assegurar o desempenho do mesmo, e ainda com o objetivo de proteger a saúde ocupacional dos operadores, garantir a segurança deles e a integridade do patrimônio público, dado o risco inerente ao se trabalhar com tais propelentes. Assim, o projeto almeja a revisão e melhoria do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho do BTSA e BTCA, incluindo toda a sistemática de operação dos testes, permitindo que os testes sejam realizados de forma segura e apresente resultados confiáveis.

Este subprojeto consta no Projeto 4 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP SEI número 01340.000947/2023-27 intitulado “Ensaio de Qualificação de Propulsores de 1N para Missão ACQUABRASILIS/ACQUA”.

4.8.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto visa a obtenção de Bancos de Testes (BTSA e BTCA) com Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho revisado e documentado, refletindo a realidade atual da instalação tanto nos aspectos físicos quanto gerenciais, apresentando informações verificadas e documentadas, capazes de atestar a segurança e qualidade durante os testes de propulsores espaciais, considerando todos os subsistemas das instalações (Propelentes, Aquisição e Controle, e Vácuo), estando de acordo com o Objetivo Estratégico 2 (OE2) do Projeto Institucional de “Realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento para o domínio de tecnologias críticas e geração de produtos e processos inovadores necessários ao Programa Espacial Brasileiro, com ênfase na transferência de conhecimento ao setor produtivo”



Objetivo Específico 1: Levantamento da situação atual dos Bancos de Testes considerando os requisitos das normas ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025.

Objetivo Específico 2: Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho do BTSA e BTCA.

Objetivo Específico 3: Apoio nas operações de manutenção e instalações/melhorias dos Bancos de Testes (BTSA e BTCA) e também durante a realização dos testes.

Objetivo Específico 4: Planejamento da implementação das alterações propostas, com elaboração de documentação (incluindo *roadmap*, *milestones* e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna).

Objetivo Específico 5: Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes às operações no BTSA e BTCA, bem como apoio durante as operações, de maneira a refletir as melhorias propostas ao sistema.

4.8.3 - Insumos

4.8.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	-
-	-	-
-	-	-

4.8.3.2 – Bolsas

Descrever a necessidade de agregação de especialistas, pesquisadores e técnicos, com vistas à execução dos objetivos específicos do projeto 1, bem como, o quantitativo de bolsas PCI por nível necessário à inclusão destes recursos humanos.



Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
4.8.1	Técnico de nível médio com diploma de Escola Técnica reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Engenharia Química ou Engenharia Mecânica ou Engenharia de Produção; Com experiência na área de Engenharia da Qualidade e Sistema de Gestão da Qualidade e/ou Engenharia de Segurança e Sistema de Gestão da Segurança do Trabalho	1	D-E	8	*1

4.8.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Atividade 1 – Levantamento da situação atual dos Bancos de Testes considerando os requisitos das normas ISO 45001, ISO 31000, ISO/IEC 31010 e ISO/IEC 17025.	1	Relatório técnico.	X	X
Atividade 2 – Elaboração de documentação referente às alterações propostas e realizadas no Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho do BTSA e BTCA.	1,2	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	X	X
Atividade 3 – Apoio nos testes e demais atividades dos Bancos de Testes	3	Relatório das operações.	X	X

Atividade 4 – Planejamento da implementação das alterações propostas	4	Documentação técnica estruturada, incluindo <i>roadmap</i> , <i>milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.	X	X
Atividade 5 – Revisão e acompanhamento dos processos de trabalho referentes às operações no BTSA e BTCA, de maneira a refletir as melhorias propostas ao sistema.	5	Documentação atualizada e revisada, e relatórios de atividades.	X	X

4.8.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre												
	2022		2023		2024		2025		2026		2027		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Atividade 1			X	X	X								
Atividade 2			X	X	X								
Atividade 3			X	X	X								
Atividade 4			X	X	X								
Atividade 5			X	X	X								
Atividade 6			X	X	X								

4.8.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Diagnóstico do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança do Trabalho atual dos Bancos de Testes da COPDT	1, 2 e 3	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico.	x	x

Planejamento da implementação das melhorias rumo às certificações ISO 45001 e ISO/IEC 17025	4	Documentação técnica estruturada, incluindo <i>roadmap</i> , <i>milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.	x	x
Processos de trabalhos revisados para atender os requisitos das normas rumo às certificações ISO 45001 e ISO/IEC 17025	5	Documentação atualizada e revisada, e relatórios de atividades.		
Realização dos testes de propulsores de 1N em Banco de Testes atendendo padrões internacionais de Qualidade e Segurança (facilita parcerias internacionais em propulsão)	1, 2, 3, 4 e 5	Relatório das operações.	x	x

4.8.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
BTSA e BTCA com Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança diagnosticado, revisado, e ações planejadas para futura certificação	1, 2, 3, 4, 5	Documentação técnica estruturada, incluindo diagramas/plantas conforme necessidade, e relatório técnico. <i>Roadmap</i> , <i>milestones</i> e ferramentas de diagnóstico, tais como checklists e formulários de auditoria interna.	x	x



Propulsores de 1N qualificados atendendo padrões internacionais de Qualidade e Segurança	1, 2, 3, 4, 5	Relatório das operações.	x	x
--	---------------	--------------------------	---	---

4.8.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0
Passagens	0
Total (R\$)	0

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	-	-	-
	B	4.160,00	-	-	-
	C	3.380,00	-	-	-
	D	2.860,00	-	-	-
	E	1.950,00	8	*1	15.600,00
	F	900,00	-	-	-
PCI-E	1	6.500,00	-	-	-
	2	4.550,00	-	-	-
Total (R\$)					15.600,00

4.8.9 - Equipe do Projeto

Bolsista PCI-D;
Douglas Miranda Rodrigues;
Sayuri Okamoto;
Isaías Oliveira;
Evandro Daniel Calderaro Cotrim;
Ricardo Emílio da Silva.

4.8.10 - Referências Bibliográficas

[1] ACGIH. **Limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos**. São Paulo: ABHO, 2014.



- [2] CALEGÃO, I. C. C. et al. **Segurança e manuseio de hidrazina anidra**. Cachoeira Paulista: INPE, 1995.
- [3] SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. **Rocket Propulsion Elements**. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [4] TURNER, M. J. L. **Rocket and Spacecraft Propulsion**. 2nd ed. New York: Springer, 2006.
- [5] LEY, W; WITTMAN, K; HALLMAN, W. **Handbook of Space Technology**. New York: John Wiley & Sons, 2009.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos – Princípios e diretrizes**. Rio de Janeiro, 2009. 24 p.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 31010: Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos**. Rio de Janeiro, 2012. 96 p.
- [8] FALCONI, V. **TQC – Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 8ª ed. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 45001: Sistema de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional**. Rio de Janeiro, 2009. 24 p.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, 2012. 96 p.



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.1- Aplicação do software de redução do instrumento SPARC4 no banco de dados do Observatório do Pico dos Dias

5.1.1 – Introdução

O subprojeto “PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS” consta como Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

O INPE, em seu Objetivo Estratégico 5 do Plano Diretor 2016-2019 [1], prevê a geração de conhecimento científico por meio de pesquisa básica e de tecnologias com desenvolvimento instrumental na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas. As pesquisas e os desenvolvimentos nesta área têm por objetivo entender fenômenos físicos e químicos que ocorrem nas áreas de Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial. Como exemplo das metas associadas a essas atividades, podemos citar o Plano de Trabalho celebrado entre o INPE e a Agência Espacial Brasileira (AEB), referente à Ação Orçamentária 20VB-PO 0009-2018 [2], onde constam metas quantitativas de realização de pesquisa científica, desenvolvimento instrumental e adequação de infraestrutura nas áreas de Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial. Em particular, esse plano de trabalho incluiu o desenvolvimento, lançamento e/ou adequação de 4 instrumentos científicos desenvolvidos pelo INPE nas áreas acima, a saber, Protomirax, Detector Schenberg, SPARC4 e Telescópio Solar, atividades estas consonantes com as metas existentes no Plano Diretor do INPE [1] que servem para orientar os esforços científicos da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA) do instituto. Portanto, o presente projeto, associado ao instrumento SPARC4, está completamente alinhado ao Plano Diretor do INPE e às metas pactuadas com as instituições governamentais da área.

O Projeto 5 do “Programa de Capacitação Institucional - PCI 2019 – 2023” [3] apresenta as atividades da área de CEA que podem se beneficiar do Programa de Capacitação Institucional (PCI). Esse projeto tem como Objetivo Geral (OG) aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, desenvolvimento de instrumentação e provisão de recursos de forma a potencializar a realização de pesquisas em Aeronomia, Geofísica Espacial, Astrofísica e Clima Espacial na instituição e, com isso, gerar e divulgar conhecimento científico nessas áreas para a sociedade. O presente projeto está vinculado ao Objetivo Específico 12 desse projeto, que visa obter insumos do Programa de Capacitação Institucional (PCI) para o desenvolvimento, testes de validação e aplicação do software de redução de dados do instrumento SPARC4 – *Simultaneous Polarimeter and Rapid Camera in 4 bands* – em consonância com os objetivos estratégicos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O SPARC4 [4] está em fase de comissionamento e já teve



sua primeira luz em novembro de 2022 no telescópio de 1,60 m do Observatório do Pico dos Dias (OPD) do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) também do MCTI. O projeto SPARC4 é liderado pela Divisão de Astrofísica (DIAS) do INPE, com uma forte colaboração do LNA.

O instrumento caracteriza-se pela aquisição simultânea de imagens em quatro bandas largas na região óptica do espectro eletromagnético, por resolução temporal de até décimos de segundo e por dois modos de operação: fotometria e polarimetria. Essa combinação faz com que o SPARC4 seja um instrumento bastante versátil, com um amplo leque de aplicações científicas, de modo que a expectativa é que exista uma grande demanda por observações com esse instrumento. O SPARC4 configura-se em uma melhoria significativa da instrumentação disponibilizada aos usuários do OPD e é esperado um aumento da produtividade desse observatório.

No instrumento, a luz proveniente do telescópio passa pelo *autoguider*. A seguir, como função do modo de operação escolhido (apenas fotometria ou fotometria e polarimetria), o feixe atravessa ou não os elementos ópticos polarimétricos. O feixe é então colimado e separado nas quatro bandas por divisores de feixe dicróicos. Cada um dos feixes passa por uma câmera óptica que transforma o feixe colimado em um feixe f/5, encontrando finalmente detectores com multiplicação de elétrons. Serão entregues para o observatório programas especificamente desenvolvidos para controle do instrumento e aquisição de dados. O desenvolvimento de uma calculadora de tempo de exposição está sendo realizado. Para facilitar o uso e manutenção da SPARC4, será produzida documentação específica e manuais.

Para atingir o objetivo de um aumento da produtividade do OPD, o projeto SPARC4 prevê o desenvolvimento de um software validado para redução de dados fotométricos e polarimétricos. O software deve possuir dois modos de uso, o *quick look* e o *pipeline*, que são descritos a seguir.

Um dos principais usos do SPARC4 é a aquisição de séries temporais de imagens de objetos variáveis. Um software para inspeção rápida dos resultados (*quick look*), baseado em uma redução preliminar dos dados, permitirá a tomada de decisões durante a aquisição dos dados, no sentido de modificar ou não a estratégia observacional inicialmente adotada de modo que os resultados possuam as características necessárias (razão sinal-ruído, por exemplo) para se alcançar os objetivos científicos planejados.

Uma *pipeline* para uma redução de dados mais elaborada e final deve também ser desenvolvida. Essa *pipeline* deve ser capaz de tratar qualquer dos modos de observação automaticamente. Em linhas gerais, os modos de observação são: fotometria de imagem, polarimetria de imagem, série temporal de fotometria, série temporal de polarização linear ou circular e calibração polarimétrica. Por exemplo, a redução de séries fotométricas deve realizar a fotometria diferencial e prover magnitudes, instrumentais ou corrigidas a um dado sistema, de estrelas do campo e eventualmente curvas de luz.



O software de redução deve realizar as correções de *bias* e *flat-field* em todas as imagens obtidas, de acordo com a banda da imagem. Não é prevista a necessidade de correção de *fringing*, já que os detectores do instrumento têm tratamento para supressão de franjas nas imagens. Os dados de calibração de cada noite devem ser convenientemente arquivados de modo que possam ser utilizados em reduções de noites subseqüentes. Isso também permitirá o acompanhamento de eventuais deteriorações do detector. Será estudada a criação de um banco de dados com imagens *master* para correção de *bias* e *flat-field*, que poderão ser usadas pelo *software* de *quick look*.

Idealmente, o *pipeline* deve rodado no observatório a cada fim de noite de observação com os resultados entregues para o observador no dia seguinte ao da observação. Isso implica em um requisito no tempo de processamento, que não pode ser maior que algumas horas. O software de redução deve rodar em um computador diferente daqueles responsáveis pela aquisição de dados e pelo controle do instrumento.

A redução dos dados do instrumento SPARC4 envolve passos de processamento que são similares a softwares já existentes. Assim, é razoável considerar pacotes similares de código aberto e em linguagem também aberta como um *baseline* para o desenvolvimento de modo a minimizar o tempo de desenvolvimento e maximizar a qualidade do produto final. Assim, o software de redução de dados do instrumento SPARC4 está sendo desenvolvido em Python e tem como base o pacote ASTROPOP [5].

As rotinas básicas para redução de dados já estão com desenvolvimento bastante avançado. De fato, todas as etapas de redução já possuem rotinas operacionais, sendo que no momento estamos realizando testes e aprimorando seu funcionamento. Com o sucesso do desenvolvimento das rotinas de redução, surge a possibilidade de sua utilização em outros contextos. Especificamente, pretendemos usar a versão *pipeline* para reduzir os dados polarimétricos disponíveis no banco de dados do OPD. Este projeto prevê-se a contratação de um profissional para a criação de um protótipo de um catálogo polarimétrico baseado nesses dados, conforme detalhado abaixo.

5.1.2 - Objetivo Geral

Este projeto insere-se no objetivo geral de construir o instrumento astronômico SPARC4, uma câmera óptica rápida que permite realizar imageamento simples e polarimétrico simultaneamente em quatro canais em diferentes intervalos de comprimento de onda. O projeto visa, além da construção do instrumento, a disponibilização de um software de redução de dados testado e validado para fornecer produtos científicos astronômicos básicos a partir dos dados a serem obtidos com o SPARC4.

Os excelentes resultados do desenvolvimento do software de redução de dados do SPARC4 propiciam a análise de uma forma homogênea dos dados polarimétricos obtidos com lâmina de meia-onda (utilizada para medir apenas a polarização linear) disponíveis no banco de dados públicos do OPD e



consequente criação de um catálogo de polarização linear a ser disponibilizado publicamente.

O objetivo específico deste projeto é a:

OE1: Criação de um protótipo de um catálogo público de polarização linear a partir de dados públicos disponíveis no banco de dados do OPD.

Este objetivo específico se realizará através da execução das seguintes etapas:

- 1.1. Inspeção do banco de dados públicos do OPD e escolha de alguns conjuntos de dados para sistematização dos procedimentos;
- 1.2. Verificação dos requisitos dos dados para que sejam adequados para sua utilização para obtenção da polarização linear dos objetos contidos nas imagens. Alguns exemplos de requisitos: identificação do campo observado, qualidade das imagens, informações suficientes no header, existência de imagens de calibração e existência de estrelas padrões observadas na mesma noite ou missão.
- 1.3. Adaptação dos dados para redução com o *pipeline*;
- 1.4. Redução dos dados com o pipeline da SPARC4;
- 1.5. Criação dos produtos a serem disponibilizados publicamente. Avaliar o uso do formato “virtual observatory” (VO);
- 1.6. Criação de um repositório web para acesso aos dados.

5.1.3 - Insumos

5.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
	Passagens	0,00
	Diárias	0,00
	Passagem	0,00
	Diárias	0,00

5.1.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação de nível superior ou pós-graduação preferencialmente em astronomia. Profissionais com formação na área de exatas, em física ou computação, também podem participar do processo seletivo.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
5.1.1	Profissional com formação	Preferencialmente o	OE1	DB	5	1*

	em Astronomia, Física, Computação ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos; ou com título de doutor.	candidato deve possuir experiência em redução de dados astronômicos da faixa óptica do espectro eletromagnético. Candidatos com experiência na redução ou análise de dados astronômicos em outras faixas espectrais também podem participar do processo seletivo.			
--	--	---	--	--	--

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

5.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2022	2023	2024
1. Criação de um repositório público com dados de polarização linear obtidos a partir de dados públicos do OPD.	OE1	Disponibilização do repositório			Redução de parte dos dados polarimétricos do banco de dados do OPD e disponibilização em site provisório.

5.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2022		2023		2024		2025		2026	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1.										

5.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2022	2023	2024
Publicação de Artigos em revistas indexadas de Heliofísica ou Astrofísica	1	Nº de artigos submetidos/período	-	-	1



Softwares e sistemas computacionais	1	Nº de softwares desenvolvidos	-	-	1
Softwares e sistemas computacionais	1	No. de softwares validados	-	-	1
Divulgação científica em congressos ou similares	1	Nº de pôsteres ou de apresentações orais apresentados no período	-	-	1

5.1.7 – Resultados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas		
			2022	2023	2024
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB-AO 20VB-PO 0009-2018).	1	Número de publicações	-	-	1
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais (Meta 5.2 do Plano Diretor do INPE)	1	No de desenvolvimentos de projetos instrumentais	-	-	1

5.1.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	0,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1*	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			



	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para este projeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

5.1.9 - Equipe do Projeto

Ana Carolina Matiucci Figueiredo (INPE)
André Alves (LNA)
Antonio M. Magalhães (USP)
Antonio Pereyra (IGP/Peru)
Braulio de Albuquerque (INPE)
Cláudia Vilega Rodrigues (INPE) - Investigator principal
Clemens Gneiding (LNA)
Denis Bernardes (Unifei/LNA)
Eder Martioli (LNA)
Flavio Ribeiro (LNA)
Francisco J. Jablonski (INPE)
Jesulino Bispo (LNA)
Laerte Brandão Paes de Andrade (LNA)
Luciano Fraga (LNA)
Rene Laporte (INPE)
Ted Leandro de Almeida (LNA)
Valentino Lau (INPE)
Wagner Schlindwein (INPE)

Alex Carciofi (USP)
André de C. Milone (INPE)
Gabriel Franco (UFMG)
Joaquim E. R. Costa (INPE)
Karleyne M. G. da Silva (ESO)
Leonardo A. de Almeida (UFRN)
Marcelo Assafin (UFRJ)
Marcelo Borges Fernandes (Observatório Nacional/MCTIC)

5.1.10 - Referências Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2016-2019: São José dos Campos, 2016.

[2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474), 2018.



[3] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. “Programa de Capacitação Institucional - PCI 2019 – 2023 - PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS E SUAS APLICAÇÕES”: São José dos Campos, 2022.

[4] “Concept of SPARC4: a simultaneous polarimeter and rapid camera in 4 bands”

Rodrigues, Claudia V.; Taylor, Keith; Jablonski, Francisco J.; Assafin, Marcelo; Carciofi, Alex; Cieslinski, Deonísio; Costa, Joaquim E. R.; Dominguez, Ruben; Dominici, Tania P.; Franco, Gabriel A. P.; Jones, Damien J.; Kanaan, Antonio; Laporte, René; Magalhaes, Antonio M.; Milone, André; Neri, José A.; Pereyra, Antonio; Reitano, Luiz A.; Silva, Karleyne M. G.; Strauss, Cesar. Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV. Proceedings of the SPIE, Volume 8446, article id. 844626, 13 pp., 2012 - [DOI](#)

[5] “ASTROPOP: the ASTRONomical POLarimetry and Photometry Pipeline”
Neves Campagnolo, Julio Cesar. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Volume 131, Issue 996, pp. 024501, 2019. - [DOI](#)



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.2: Desenvolvimento de pesquisa para redução de ruídos transientes nos observatórios de ondas gravitacionais LIGO

5.2.1 – Introdução

O subprojeto “PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS” consta como Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. O INPE, em seu Objetivo Estratégico 5 do Plano Diretor 2016-2019 [1], prevê a geração de conhecimento científico por meio de pesquisa básica e de tecnologias com desenvolvimento instrumental na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas. As pesquisas e os desenvolvimentos nesta área têm por objetivo entender fenômenos físicos e químicos que ocorrem nas áreas de Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial. Como exemplo das metas associadas a essas atividades, podemos citar o Plano de Trabalho celebrado entre o INPE e a Agência Espacial Brasileira (AEB), referente à Ação Orçamentária 20VB-PO 0009-2018 [2], onde constam metas quantitativas de realização de pesquisa científica, desenvolvimento instrumental e adequação de infraestrutura nas áreas de Aeronomia, Astrofísica e Geofísica Espacial. Portanto, o presente projeto, associado ao Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferometria Laser (sigla LIGO, em inglês), está completamente alinhado ao Plano Diretor do INPE e às metas pactuadas com as instituições governamentais da área.

O projeto proposto faz parte dos estudos do grupo de Caracterização do Detector (DetChar) do LIGO e tem como principal objetivo caracterizar e buscar fontes dos ruídos transientes nos detectores de ondas gravitacionais. Os ruídos transientes, também chamados de glitches, podem ser provenientes de mudanças abruptas no clima, de vibrações terrestres, de atividades humanas próximas aos detectores e de diferentes fatores instrumentais; no entanto, muitos não têm causas específicas identificadas. Uma vez que os glitches podem mimetizar sinais astrofísicos e diminuir a significância estatística de um evento real, estudá-los é um desafio fundamental para a Colaboração Científica do LIGO (LSC). A proposta deste trabalho é entender e buscar as fontes causadores de algumas classes de glitches e tentar relacioná-las com a instrumentação do detector. Para isso, será de grande importância a aplicação de métodos de Machine Learning ou, em português, Aprendizado de Máquina (AM). Este projeto está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP LIGO/INPE (SEI 01340.008513/2022-94).

Este projeto é uma continuação do trabalho que vem sendo desenvolvido pelo grupo de detecção de ondas gravitacionais do INPE.

5.2.2 - Objetivo Geral



O Objetivo Geral (OG) deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, desenvolvimento de instrumentação e provisão de recursos de forma a potencializar a realização de pesquisas em Aeronomia, Geofísica Espacial, Astrofísica e Clima Espacial na instituição e, com isso, gerar e divulgar conhecimento científico nessas respectivas áreas para a sociedade.

O principal objetivo deste projeto é buscar indícios das fontes causadoras de algumas classes de glitches (ruídos) presentes nos observatórios LIGO e relacioná-las ao impacto na instrumentação dos detectores. Descobrir a origem dos ruídos transientes é fundamental para limpar os dados e buscar sinais reais de ondas gravitacionais.

Objetivo Específico 14: Desenvolvimento em Detecção/Observação de Ondas Gravitacionais.

O objetivo específico deste projeto é:

OE1: Analisar os dados dos observatórios LIGO e associar ruídos com problemas na instrumentação, fenômenos ambientais ou atividades antropogênicas

Para esse objetivo, serão necessárias as seguintes atividades:

OE1.1: Obtenção dos dados diretamente do *cluster* do LIGO

OE1.2: Aplicar as ferramentas computacionais (como de aprendizado de máquina) para buscar a presença de glitches em canais auxiliares (sensores que monitoram os observatórios);

OE1.3: Indicar a possível causa do glitch. Se a causa for conhecida, a fonte poderá ser removida ou adaptada de forma que a taxa de ocorrência desse glitch seja diminuída;

OE1.4: Iniciar código em Python para automatizar a busca da presença de glitches nos canais auxiliares.

5.2.3 - Insumos

5.2.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.



Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

5.2.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com titulação de doutorado preferencialmente em astronomia/física/astrofísica.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
5.2.1	Profissional graduado em Física, Astronomia ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor em Física, Astronomia, Astrofísica ou áreas afins; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Preferencialmente, o candidato deve possuir experiência em astronomia de ondas gravitacionais, análise de dados e caracterização do detector	OE1	D-B	8	1

5.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023/2024
1. Obtenção dos dados	OE1	Banco de dados criado	Buscar evidências nos dados e nos canais auxiliares que apresentem indícios das causas de alguns ruídos presentes no detector
2. Desenvolvimento de códigos/uso de <i>pipelines</i>	OE1	Ferramentas para análise finalizadas	
3. Testes e aplicações dos códigos	OE1	Resultados compatíveis com a literatura	
4. Busca pela relação de glitches com instrumentação	OE1	Coincidências entre sinais no canal gravitacional e sinais nos canais auxiliares	

5.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mês							
	2023/2024							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Atividade 1	x	x						



Atividade 2		x	x					
Atividade 3			x	x	x			
Atividade 4				x	x	x	x	x

5.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Banco de dados	OE1	Repositório montado	Banco de dados criado	
Ferramenta computacional desenvolvida	OE1	Possível publicações em GitHub ou similar	Ferramenta computacional funcionando	
Artigos em revistas	OE1	Artigos aceitos		Divulgação dos resultados
Divulgação em eventos, congressos ou similares	OE1	Número de pôsteres ou de apresentações orais		Divulgação dos resultados

5.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Participação na Colaboração Científica do LIGO (LSC)	OE1	Artigos publicados em colaboração		Continuidade na colaboração
Encontrar evidências das causas dos glitches	OE1	Comprovação da causa do ruído glitch no canal de ondas gravitacionais		Descobrir um método para limpar os dados de ruído

5.2.8 - Recursos Solicitados

Apresentar a totalidade de recursos solicitados para o Subprograma de Capacitação Institucional.

5.2.8.1 - Custeio:



Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

5.2.8.2 - Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

5.2.9 - Equipe do Projeto

Odylio Denys de Aguiar (INPE)
Marcos André Okada (INPE)

5.2.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2016-2019: São José dos Campos, 2016.
- [2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474), 2018.



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

SubProjeto 5.3 - Desenvolvimento de instrumentação para radioastronomia: tecnologias aplicáveis para a observação do Universo entre as frequências de 980 MHz e 720 GHz

5.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, e está associado aos seguintes Termos de Abertura de Projeto (TAP): “BINGO (BAO from Integrated Neutral Gas Observations)”, processo SEI 01340.003275/2021-40; “BDA - Brazilian Decimetric Array”, processo SEI 01340.003688/2021-24 e “Construção e operacionalização do Latin American Millimeter/Submillimeter Array – LLAMA”, processo 01340.009423/2022-11. Este último TAP encontra-se em processo de análise na Instituição. No Projeto Institucional, a presente proposta contempla o Objetivo Específico 18.

O projeto de desenvolvimento de instrumentação rádio da DIAST/CGCE/INPE atualmente engloba a viabilização da observação do Universo entre as frequências de 980 MHz e 720 GHz através de quatro distintos observatórios, aqui listados em ordem crescente de frequências de operação: o BINGO, que está sendo instalado no município de Aguiar, Paraíba; o BDA, interferômetro instalado em Cachoeira Paulista; o Rádio Observatório Pierre Kaufmann (ROPK), em Atibaia e o LLAMA, em processo de construção na província de Salta, Argentina. O sítio de cada observatório foi selecionado para oferecer as condições observacionais necessárias para sua respectiva faixa de frequência: no caso do BINGO, BDA e ROPK, o principal critério é o isolamento para evitar interferências pela geração antropogênica de sinais rádio (RFI); por sua vez, as frequências de operação do LLAMA exigem minimizar a quantidade de vapor de água da atmosfera, condição que só é possível em altitudes elevadas (4850 metros, no caso).

Enquanto cada observatório possui nichos científicos específicos, também há sinergias importantes, especialmente na investigação de fontes transientes e, em particular, de alvos de oportunidade que demandam observações multibanda e/ou multimensageiras. Do ponto de vista tecnológico, os observatórios podem se beneficiar de trabalhos em conjunto. Em particular, cabem atividades como a programação de FPGAs, especificação e testes de equipamentos para compor o back-end de receptores, os sistemas de rastreamento de rádio telescópios e o desenvolvimento de software relacionado.



Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo incorporar na equipe da DIAST uma pessoa para atuar em temas comuns aos rádio observatórios nos quais o INPE participa, tirando proveito da estrutura de laboratórios que já é compartilhada e com foco em desenvolvimentos que podem ser aplicados em uma larga faixa de frequências da janela atmosférica para observações em rádio.

5.3.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de instrumentação e software para projetos rádio astronômicos que operam, ou futuramente irão operar, em frequências entre 980 MHz e 720 GHz. Estes observatórios constituirão uma infraestrutura que potencializará a realização de pesquisas em Astrofísica na instituição, gerando e divulgando conhecimento científico para a sociedade em suas áreas de atuação. Em particular, busca-se a excelência no desenvolvimento instrumental para realização de pesquisas científicas com os radiotelescópios BINGO, BDA, ROPK e LLAMA.

Objetivo específico 1: Desenvolver instrumentação, visando a operacionalização dos receptores de 22 e 43 GHz do ROPK e a conceituação de um sistema de Total Power para o LLAMA com base na experiência do ROPK;

Objetivo específico 2: Aprender a programação dos FPGAs utilizados na instrumentação do radiotelescópio BINGO, que devem futuramente ser instalados também no ROPK e no BDA;

Objetivo específico 3: Colaborar na atualização e/ou desenvolvimento de sistemas de rastreamento/apontamento para o BDA (hardware e software), ROPK (hardware e software) e LLAMA (software).

Objetivo específico 4: Concluir o desenvolvimento e executar testes de desempenho dos receptores pseudo-correlacionadores utilizados no radiotelescópio BINGO, operando entre 980 e 1260 MHz, bem como o sistema de controle térmico associado.

5.3.3 - Insumos

5.3.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em engenharias (preferencialmente eletrônica), ciência da computação ou Física, com um dos perfis listado abaixo:



Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Qtde
5.3.1	Profissional graduado em Engenharia, Ciências da Computação ou Física, com pelo menos 7 anos de experiência após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor na área tecnológica com foco em instrumentação científica; ou com título de mestre há, no mínimo, quatro anos	Engenharias, Física, Ciência da Computação	1, 2, 3, 4	DB	8	1

5.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	O E	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Testar os receptores de 22 e 43 GHz do ROPK	1	Receptores operacionais	Relatório com avaliação do desempenho dos receptores em testes de bancada.	Receptores operacionais e disponíveis para a comunidade astronômica
Conceituação de um sistema de Total Power para o LLAMA	1	Projeto de Total Power para o milestone "Eyes Opening" do LLAMA	Relatório de testes com os nano voltímetros do ROPK e da Poli/USP	Projeto de Total Power elaborado
Programação do FPGA no digital backend	2	Sistemas programados e em funcionamento	Digital backend testado em bancada	
Desenvolvimento do sistema de rastreamento do BDA	3	Sistema atualizado	Sistema especificado e em testes	
Atualização do sistema de rastreamento do ROPK	3	Antena operacional	Sistema de apontamento atualizado	

Desenvolvimento de software de apontamento para o LLAMA	3	Software de apontamento desenvolvido e testado	Software de apontamento desenvolvido para o Site Acceptance Test (SAT)	Software de apontamento desenvolvido e testado para "Eyes Opening"
Integração e testes do receptor pseudo-correlacionador do radiotelescópio BINGO	4	pseudo-correlacionador testado e integrado à corneta	Integração e testes do pseudo-correlacionador do radiotelescópio BINGO	

5.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
1 - Teste de receptores ROPK	x	x	x	
2 - Conceituação Total Power		x	x	
3 - Programação de FPGA	x	x	x	
4 - Sistema de rastreamento do BDA		x	x	
5 - Sistema de rastreamento do ROPK	x			
6 - Software de apontamento do LLAMA		x	x	
7 - Integração e testes do receptor do BINGO	x	x	x	

Produtos	OE	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Receptores do ROPK testados em bancada	1	Receptores de 22 e 43 GHz em funcionamento	Receptores integrado e testado	Receptores operacionais
Programação de FPGA	2	Sistema programado	Programação concluída e digital backend testado	
Sistema de rastreamento do BDA	3	Sistema atualizado	Sistemas especificado e em testes	
Sistema de rastreamento do ROPK	3	Antena operacional	Sistema de apontamento atualizado	



Software de rastreo do LLAMA	3	Software de apontamento desenvolvido e testado		Software de apontamento desenvolvido para o Site Acceptance Test (SAT)
Integração e testes do receptor do BINGO	4	Sistema integrado e acoplado às cornetas para montagem no sítio	Receptor integrado e em condições de "primeira luz"	

5.3.6 – Produtos

5.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Receptores do ROPK (22 e 43 GHz) em condições de operação, com diagnóstico de funcionamento apresentado em forma de relatório	1	Resultados e diagnósticos apresentados na forma de um relatório.	Roteiro de testes do protótipo dos receptores.	Relatório de desempenho entregue.
Primeira unidade do receptor do BINGO integrado à corneta e em condições de operação, com relatório de funcionamento elaborado e tese de doutorado associada concluída	4	Resultados e diagnósticos apresentados na forma de relatório	Testes iniciais do protótipo do receptor.	Relatório de desempenho entregue.
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCE	1, 2, 3	percentual do Nº de publicações em relação ao total anual estabelecido para a CGCE	18% da meta anual de publicações da CGCE	



Contribuição para a realização de prospecção, concepção e elaboração de requisitos científicos e técnicos de instrumentos científicos para Ciências Espaciais	1, 2, 3	No de prospecções, concepções e elaborações realizadas	2	
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais	1, 2, 3	No. de desenvolvimentos de projetos instrumentais	2	

5.3.8 - Recursos Solicitados

Custeio: Não se aplica

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Mese s	Quantida de	Valor (R\$)
PCI-D	B	4.160,00	8	1	33.280,00

5.3.9 - Equipe do Projeto

- Carlos Alexandre Wuensche
- José Williams dos Santos Vilas-Bôas
- José Roberto Cecatto
- Alan Braga Cassiano
- Khristhiano Lemos da Rocha Souza
- César Strauss
- Luiz Reitano
- Tânia Pereira Dominici

5.3.10 - Referências Bibliográficas

- Wuensche, Carlos A., Villela, Thyrso, Abdalla, Elcio, et al. "The BINGO project - II. Instrument description". A&A 664 A15 (2022), DOI: 10.1051/0004-6361/202039962.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Lépine, J.R.D, Abraham, Z., Castro C.G.C. de, et al. The LLAMA Brazilian-Argentinian radiotelescope project: progress in Brazil and BRICS collaboration. ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, v. 93, p. e20200846, 2021.



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.4: Anãs F-G-K-M com planetas do tipo rochoso terrestre: parâmetros atmosféricos e indicadores químicos de habitabilidade

5.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está associado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) 'Caracterização físico-química-evolutiva de estrelas de tipo solar: conexão com formação de planetas e evolução química da Galáxia' (processo SEI 01340.000973/2023-55).

A busca por planetas extrassolares tem sido realizada por meio de levantamentos fotométricos e espectroscópicos, tanto com o uso de telescópios/instrumentos em solo como em satélites científicos, nos quais as estrelas de tipo solar são majoritariamente inspecionadas. A formação de planetas parece ser um processo bem comum em torno de estrelas na vizinhança solar no disco da Galáxia. Os exoplanetas exibem uma grande variedade de dimensão e massa, de modo que podem ser classificados como subterras, terrestres, superterras/subnetunos, netunos e gigantes gasosos (jupíteres).

Investigar a conexão físico-química entre estrelas de tipo solar e a presença de planetas de diferentes classes tem sido um dos nichos da astrofísica estelar/galáctica. A formação de planetas gasosos e talvez rochosos terrestres parece ter maior probabilidade em torno de estrelas enriquecidas em metais mapeados pela abundância de vários tipos de elementos químicos (ex. pico do ferro, alfa, grupo CNO). Efeitos advindos da evolução quimio-dinâmica da Galáxia, especialmente na vizinhança solar, precisam ser considerados neste contexto e, dentro do possível, descontados.

Com base nisto, temos compilado e determinado para diferentes amostras de estrelas de tipo solar, — de modo sistemático, homogêneo e criterioso — parâmetros fotosféricos fundamentais (T_{ef} , $[\text{Fe}/\text{H}]$, $\log g$, V_{micro}), abundâncias de elementos de grupos nucleossintéticos distintos, e indicadores de atividade magnética junto com parâmetros evolutivos (massa e idade), entre outros parâmetros que caracterizam fisicamente uma estrela.

No caso de planetas rochosos de tipo terrestre, tendo a Terra como protótipo, suas estruturas internas são ditadas pelo processo de formação em si em função da colisão e acreção de planetésimos com assentamento mineralógico diferencial e, também, pelo reservatório de energia interno adquirido ao longo de formação. A Terra, como exemplo singular, possui um núcleo metálico rígido e "plástico" (liga de Fe-Ni-S-O) em processo de cristalização mais internamente, um manto liquefeito de silicatos (MgSiO_3) e óxidos de Mg/Si cuja convecção proporciona a tectônica de placas continentais de uma crosta

rochosa externa. O campo magnético dipolar da Terra advém, principalmente, dos movimentos de rotação e convecção da parte mais externa do núcleo como também do manto.

Com relação à habitabilidade na superfície de planetas terrestres (rochosos-metálicos), torna-se interessante inspecionar indicadores ligados à presença de um possível tectonismo, o qual é proporcionado pela presença de um manto convectivo sob uma crosta rígida rochosa. A tectônica de placas continentais induz à existência de um ciclo geológico do carbono que contribui para a estabilização térmica da atmosfera (efeito estufa), a qual dá condições para o desenvolvimento e evolução da vida em escalas longas de tempo. Botelho et al. (2019) comprovou os resultados de Unterborn et al. (2015), estendendo-os para uma amostra mais abrangente de gêmeas solares, que abrangem idades de 0,5 a 8,6 bilhões de anos. Conhecer as concentrações de determinados elementos químicos em estrelas hospedeiras de planetas tipo “terra” torna-se, portanto, de fundamental importância para compreender, além da conexão com o processo de formação deles, questões acerca da habitabilidade (na superfície deles ao menos). A composição química de uma estrela hospedeira traça de algum modo a constituição química de seu conjunto de planetas. A composição química estelar é investigada em detalhe por meio da análise de seu espectro fotosférico em resolução alta na escala de comprimento de onda em conjunto com a determinação dos parâmetros fundamentais fotosféricos.

A proporção relativa entre C, O, Mg, Si e Fe, além da massa e raio, irão determinar a estrutura/dinâmica interna, as composições da superfície e atmosfera e a formação em si de planetas terrestres (Bedell et al. 2018, Nissen & Gustafsson 2018 e referências citadas neles). De um modo geral, as abundâncias relativas entre esses e outros elementos, como por exemplo H, He, N, Ne, Al, S, Ar, Ca e Ni também, terão um papel importante no processo de formação e estrutura de qualquer tipo de planeta. Especificamente, se a razão de abundâncias numéricas C/O for menor que 0,8 e a razão Mg/Si for maior que 1 num disco proto-planetário (e conseqüentemente na estrela hospedeira), maior chance haverá para se formar um planeta terrestre, respectivamente, de tipo rochoso (silicatos) e com mineralogia enriquecida de Mg similarmente à da Terra. O Sol tem razão C/O igual a 0,55 ($\pm 0,08$) e razão Mg/Si = $1,23 \pm 0,14$ (Asplund et al. 2019) ou $1,05 \pm 0,14$ em meteoritos do tipo “carbonaceous chondrites” (Lodders, Palme & Gail 2009). Se $C/O > 0,8$, “planetas de carbono” seriam formados (ricos em grafite e carbonetos). No caso de gêmeas solares, por exemplo, Bedell et al. (2018) mediram, ao contrário de trabalhos anteriores, razões C/O e Mg/Si com pouco espalhamento ($\approx 40\%$) em função da idade estelar e $[Fe/H]$ numa amostra que abrange um intervalo de 8 bilhões de anos em idade. Eles mediram C/O variando entre 0,4 e 0,6 e Mg/Si maior que 1, implicando que a formação de planetas rochosos ao redor de gêmeas solares é potencializada sob o ponto de vista químico ao longo da evolução do disco da Galáxia. Nissen & Gustafsson (2018) sugerem inclusive que potenciais planetas terrestres/rochosos teriam composições similares a do planeta Terra se formados em torno de estrelas de metalicidade solar. Uma questão que surge é como seria a distribuição das razões C/O e



Mg/Si por entre estrelas (de tipo solar ou não) com metalicidades diferentes da solar, já que há trabalhos com resultados contraditórios entre si.

5.4.2 - Objetivo Geral

Planeja-se, como objetivo geral deste projeto, o desenvolvimento e aplicação de ferramentas computacionais para caracterização fotosférica detalhada de estrelas (em alta e média resolução espectral) incluindo a determinação de abundâncias de elementos químicos de diferentes grupos nucleossintéticos no âmbito de formação de planetas, populações estelares e evolução química da Galáxia. Para atingir o OE23 serão realizadas as seguintes atividades:

- Análise espectroscópica de amostras de estrelas da sequência principal e pós-sequência principal (tipo solar em especial) com objetivo de determinar homoganeamente os parâmetros fotosféricos e abundâncias de elementos individuais, incluindo indicadores de atividade cromosférica ou magnética.
- Compilação e análise de parâmetros fotosféricos, abundâncias químicas e outros parâmetros estelares fundamentais como massa e idade por entre diferentes amostras de estrelas da cercania solar e além (abrangendo populações estelares ou componentes distintos da Galáxia) tanto no contexto de evolução química como de formação de planetas.

Neste projeto planejamos medir e compilar um conjunto de requisitos astrofísicos estelares ligados à habitabilidade em planetas de tipo rochoso terrestre detectados em torno de estrelas de tipo F, G, K e M, tais como abundâncias de elementos-chave ligados à química da vida (grupo CNO) e à composição química deste tipo de planeta (Fe, Mg, Si, Ni, Ca, Al e S) e reservatório de energia interna deles (Th), além de marcadores de atividade magnética. Assim, tais planetas precisam ter massa e raio conhecidos. Selecionaremos basicamente estrelas desde o tipo F ao M que abriguem tal tipo de planetas, preferencialmente situados em zona habitável de seus sistemas.

Efeitos devido à evolução química da Galáxia e de evolução estelar precisarão ser considerados e/ou descontados quando formos comparar as abundâncias medidas de diferentes elementos entre si (estamos interessado nas abundâncias iniciais em cada estrela), especialmente quando confrontadas com estrelas de mesmo tipo sem planetas, tomadas como referência. No caso da evolução química da Galáxia sabe-se, por exemplo, que as razões X/Fe são modificadas em função do tempo (da Silva et al. 2015, Bedell et al. 2018), ou seja, são dependentes da época quando a estrela se formou (e também local de nascimento determinado pela distância vertical ao disco e raio galactocêntrico).

5.4.3 - Insumos

5.4.3.1 – Custeio

5.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categori a/nível	Mese s	Quant
5.4.1	Profissional graduado em Física, Astronomia ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor em Física, Astronomia, Astrofísica ou áreas afins; ou ainda, com grau de mestre em Física, Astronomia, Astrofísica ou áreas afins há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Astrofísica Estelar	23	DB	8	1

5.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Análise espectroscópica de amostras de estrelas da sequência principal e pós-sequência principal (tipo solar em especial) com objetivo de determinar homogeneamente os parâmetros fotosféricos e abundâncias de elementos individuais, incluindo indicadores de atividade cromosférica ou magnética.	23	Seleção de linhas para análise espectro-química, estimativas de erros em parâmetros estelares e abundâncias elementais, levantamento da presença de planetas, análise multiparamétrica dos resultados em confrontação com estimativas de massas e idades por diversos métodos (isócronas, lítio, quimicronologia, atividade cromosférica, rotação).	- Análise Espectroquímica com estimativas de erros concluída	Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, formação de planetas e de evolução química da Galáxia



<p>Compilação e análise de parâmetros fotosféricos, abundâncias químicas e outros parâmetros estelares fundamentais como massa e idade por entre diferentes amostras de estrelas da cercania solar e além (abrangendo populações estelares ou componentes distintos da Galáxia) tanto no contexto de evolução química como de formação de planetas.</p>	<p>23</p>	<p>Análises estatísticas das amostras estelares analisadas do ponto de vista da presença/formação de planetas (rochosos terrestres), evolutivo estelar e de evolução química da Galáxia (em comparação contra amostras de referências)</p>	<p>Levantamento da presença de planetas por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de massas e idades por diversos métodos.</p>	<p>—</p>
---	-----------	--	--	----------

5.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Análise Espectroquímica com estimativas de erros		x		
Levantamento da presença de planetas (rochosos terrestres) por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de suas massas e idades por diversos métodos.	x			
Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, presença/formação de planetas (rochosos terrestres) e de evolução química da Galáxia.		x	x	

5.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2022	2024



<p>Análise espectroscópica de amostras de estrelas da sequência principal e pós-sequência principal (tipo solar em especial) com objetivo de determinar homogênea-mente os parâmetros fotosféricos e abundâncias de elementos individuais, incluindo indicadores de atividade cromosférica ou magnética.</p>	<p>23</p>	<p>Seleção de linhas para análise espectro-química, estimativas de erros em parâmetros estelares e abundâncias elementais, levantamento da presença de planetas, análise multiparamétrica dos resultados em confrontação com estimativas de massas e idades por diversos métodos (isócronas, Lítio, quimicronologia, atividade cromosférica, rotação).</p>	<p>Análise Espectroquímica com estimativas de erros concluída</p>	
<p>Compilação e análise de parâmetros fotosféricos, abundâncias químicas e outros parâmetros estelares fundamentais como massa e idade por entre diferentes amostras de estrelas da cercania solar e além (abrangendo populações estelares ou componentes distintos da Galáxia) tanto no contexto de evolução química como de formação de planetas.</p>	<p>23</p>	<p>Análise e contextualização das amostras estelares analisadas do ponto de vista da presença/formação de planetas, evolutivo estelar e de evolução química da Galáxia.</p>	<p>Levantamento da presença de planetas por entre as amostras de estrelas selecionadas, e estimativas de massas e idades por diversos métodos.</p>	<p>Análise dos resultados dentro do ponto de vista evolutivo estelar, formação de planetas e de evolução química da Galáxia</p>

5.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Compilação de espectros de alta resolução em bases públicas para uma pré-amostra já selecionada	23	Uniformização e pré-análise dos espectros (normalização do contínuo, medição de razão S/N, resolução espectral e amostragem espectral)	x	
classificação da amostra de estrelas e seus espectros em sub-amostras mais restritivas de estrelas com dados uniformes dentro do possível, definindo prioridades	23	compilação e análise dos resultados da primeira sub-amostra	x	
análise espectroscópica da sub-amostra prioritária: determinação de quatro parâmetros fotosféricos fundamentais, $V_{rot} \cdot \sin(i)$, V_{macro} , massa, idade, atividade magnética e abundâncias elementais (C, N, O, Fe, Mg, Si, Ni, Ca, Al, S e Th)	23	redação e submissão de artigo		x

5.4.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00



Total (R\$)	0,00
-------------	------

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Mese s	Quantid ade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

5.4.9 - Equipe do Projeto

Dr. André de Castro Milone
Dr. José Williams dos Santos Vilas Boas
Dr. Carlos Alexandre Wuensche de Souza

5.4.10 - Referências Bibliográficas

Asplund et al. 2019, ARA&A, 47, 481
Botelho et al. 2019, MNRAS, 482, 1690
Botelho et al. 2020, MNRAS, 499, 2196
Bedell et al. 2018, ApJ, 865, 68B
da Silva et al. 2011, A&A, 526, A71
da Silva et al. 2015, A&A, 580, A24
Fischer & Valenti 2005, ApJ, 622, 1102
Haghighipour 2013, AREPS, 41, 469
Meléndez et al. 2009, ApJ, 704, 66
Milone et al. 2012, JCIS, 3, 127
Milone et al., em preparação
Nissen & Gustafsson 2018, AAR, 26, 6
Ramírez et al. 2014, A&A, 561, A7
Unterborn et al. 2015, ApJ, 806, 139



Projeto 5: Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.5: Estudo de ondas atmosféricas na alta atmosfera e ionosfera no setor Brasileiro

5.5.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está inserido no TAP Pesquisa e desenvolvimento instrumental em Ciências Espaciais na região Amazônica (SEI número. 01340.003097/2021-57).

O projeto visa o estudo de ondas atmosféricas na alta atmosfera e ionosfera no setor brasileiro utilizando técnicas óticas (imageadores all-sky, interferômetro do tipo Fabry-Perot, radar de laser), de rádio (digisondas, GPS, radar meteorológico) e dados de satélites. Os objetivos específicos são: estudar o acoplamento da atmosfera neutra e ionizada, ondas de gravidade, bolhas de plasma, aumentos abruptos na densidade de plasma (Blobs), ondas claras (Brightness waves) e distúrbios ionosféricos propagantes (TID's). Esses fenômenos influenciam fortemente as atividades e os sistemas de aplicações espaciais, causando interferências significativas e até mesmo interrupções nos sistemas trans-ionosféricos de telecomunicações. No setor brasileiro, tais efeitos são particularmente mais intensos devido à declinação geomagnética elevada, a anomalia equatorial e à presença da Anomalia Magnética do Atlântico Sul.

5.5.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, desenvolvimento de instrumentação e provisão de recursos de forma a potencializar a realização de pesquisas em Aeronomia, Geofísica Espacial, Astrofísica e Clima Espacial na instituição e, com isso, gerar e divulgar conhecimento científico nessas respectivas áreas para a sociedade.

5.5.2.1 – Objetivo específico

Estudar o acoplamento da atmosfera neutra e ionizada, ondas de gravidade que possivelmente atuam como um “gatilho” no mecanismo de geração das bolhas de plasma, o comportamento sazonal, noturno e a frequência de ocorrências das bolhas de plasma com o ciclo solar, aumentos abruptos na densidade de plasma (Blobs), ondas claras (Brightness waves) e distúrbios ionosféricos propagantes (TID's). Esses fenômenos influenciam fortemente as atividades e os sistemas de aplicações espaciais, causando interferências significativas e até mesmo interrupções nos sistemas trans-ionosféricos de telecomunicações. No setor brasileiro, tais efeitos são particularmente mais intensos devido à declinação geomagnética elevada, a anomalia equatorial e à presença da Anomalia Magnética do Atlântico Sul.

5.5.3 - Insumos

5.5.3.1 – Custeio

Não se aplica

5.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
5.5.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Matemática, Engenharia ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Análise de dados/imagens	Efetuar pesquisas e tratamento de dados/imagens	DD	8	1

5.5.4 - Atividades de Execução:

Analisar e testar simulações de eventos extremos no Brasil

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas				
			2020	2021	2022	2023	2024
1. Pesquisa e Análise de dados/imagens	Inferir temperatura/ventos	Análise realizada				x	
2. Atualizar software de tratamento de dados/imagens	Atualizar software do novo imageador e do interferômetro Fabry-Perot	Software atualizado				x	
3. Atualizar banco de dados	Criar novo banco de dados	Banco de dados atualizado				x	

5.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Semestre										
			2020		2021		2022		2023		2024		
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1. Pesquisa e Análise de dados/imagens	8	Análise realizada								x	x		



2. Atualizar software de tratamento de imagens	8	Software atualizado								x	x	
3. Atualizar banco de dados	8	Banco de dados atualizado								x	x	

5.5.6 – Produtos

O projeto ao longo da sua execução entregará produtos tais como software voltados para tratamento de imagens e sinais obtidas pelos equipamentos científicos instalados no setor brasileiro (imageadores e interferômetro), análise de dados que serão utilizados em artigos científicos, dissertações e teses desenvolvidas na pós-graduação em Geofísica Espacial do Inpe.

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Artigos científicos	Difusão de conhecimento	Submissão de publicações em periódicos indexados	x	
Desenvolvimento e construção de imageador all-sky	Equipamentos a serem usados na aquisição de dados	Percentual de desenvolvimento	20%	

5.5.7 – Resultados Esperados

Os resultados dos estudos relacionados com as ondas atmosféricas na alta atmosfera/ionosfera na região brasileira poderão nortear as tomadas de decisões governamentais relacionadas com a área espacial

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB-AO 20VB-PO 0009-2018).	8	Submissão de publicações em periódicos indexados	x	

5.5.8 - Recursos Solicitados



Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

5.5.9 - Equipe do Projeto

Alexandre Alvares Pimenta – Pesquisador-Inpe
Cristiano Max Wrasse – Pesquisador-Inpe
Jonas Rodrigues de Souza – Pesquisador-Inpe
Vânia Fátima Andrioli - Pesquisadora colaboradora
Oluwasegun Micheal Adebayo – Aluno de doutorado



Projeto 5: Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Espaciais e Atmosféricas

Subprojeto 5.6: Modelagem do fluxo de partículas no cinturão de radiação externo utilizando dados de missões espaciais

5.6.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto (5) do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. E contempla o objetivo específico 2 (OE2) - Desenvolver modelos teóricos sobre a estimativa da variabilidade do fluxo de elétrons nos cinturões de radiação (interno e externo).

Este subprojeto está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP “Desenvolvimento de pesquisa teórica com modelagem magneto-hidrodinâmica para plasmas espaciais” (SEI número 01340.003098/2021-00).

A magnetosfera terrestre consiste em uma região do espaço onde o campo magnético terrestre exerce pressão magnética maior do que aquela exercida pelo vento solar. Este balanço de pressão define o formato e as dimensões da magnetosfera e, apesar de esta região ser de predominância do campo magnético da Terra, variações nos parâmetros do vento solar causam perturbações de vários níveis na magnetosfera. Para compreender como o vento solar interage com a magnetosfera e, como esta por sua vez reage a tal interação, é necessário descrever corretamente o movimento de partículas carregadas na presença de campo magnético dipolar.

A população de elétrons na magnetosfera apresenta um amplo espectro de energia, que consiste das partículas que compõe o plasma (com energia na faixa de alguns keV), dos elétrons que compõem as correntes da magnetosfera (com energia de algumas centenas de keV) e, os elétrons de energia relativística (unidades de MeV). Este projeto se concentra na variação do fluxo de elétrons (Alves et al., 2015; Da Silva et al., 2019) que compõe esta faixa de energia. Define-se na porção mais interna da magnetosfera, uma região toroidal concêntrica a Terra onde há um acúmulo de partículas carregadas armadilhadas no campo geomagnético, esta região é denominada cinturão de radiação. O fluxo de partículas observadas no cinturão de radiação define duas regiões distintas, sendo uma mais interna (aproximadamente 1.5 a 2.5 raios terrestres (R_E)) com população estável majoritária de prótons e, outra mais externa (entre 3.0 - 5.5 R_E) com maioria da população de elétrons. O movimento dos elétrons em um campo dipolar pode ser bastante complexo, a forma usual de expressá-lo é a partir de três movimentos fundamentais denominados movimento de giro, que ocorre ao redor da linha de campo magnético; movimento de repique entre os polos que acontece ao longo das linhas de campo e, movimento de deriva, que ocorre ao redor da Terra.



Atualmente o monitoramento da variabilidade do fluxo constitui em um dos principais parâmetros de interesse para a operação de satélites e uso do espaço próximo a Terra. Este monitoramento é feito a partir de satélites cuja órbita ocupa a região dos cinturões de radiação ou por modelagem computacional, que emprega dados e modelos magneto-hidrodinâmicos para solução da equação do movimento, a partir de parâmetros como índices geomagnéticos.

5.6.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é obter a relação entre a variabilidade do fluxo de elétrons com energia da ordem de 1-2 MeV no cinturão de radiação externo, e os diferentes condições interplanetárias tais como a passagem de regiões de feixes corrotantes, ejeções de massa coronal, vento solar rápido e vento solar ordinário, por meio de parâmetros do vento solar e de índices geomagnéticos. Para tanto, é necessário obter a série histórica das variabilidades do fluxo na energia pretendida e dos parâmetros de interesse do vento solar e da atividade geomagnética. A série histórica será utilizada para obtenção dos coeficientes da equação de difusão e também para calibração do modelo. A partir dos modelos disponibilizados na literatura, serão construídos os códigos para solução da equação de difusão unidimensional, considerando os coeficientes derivados a partir de variações decorrentes de compressão da magnetopausa, ocorrência de ondas e interação onda-partícula.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico 1: Investigar a relação causal da interação solar terrestre na variabilidade do fluxo de elétrons com energias de 1-2 MeV, medida pelas sondas Van Allen Probes em decorrência de diferentes estruturas do vento solar. Para atingir esse objetivo serão realizadas as seguintes atividades:

1. Análise da variabilidade do fluxo de elétrons relativísticos com energias de 1-2 MeV medida pelas sondas Van Allen Probes;
2. Identificar as estruturas do Meio Interplanetário, utilizando os parâmetros do vento solar, que coincidem temporalmente com a variabilidade do fluxo de elétrons do Cinturão de Radiação de Van Allen;
3. Identificar a resposta do campo magnético Terrestre em superfície através dos índices geomagnéticos.

Objetivo Específico 2: Elaborar a metodologia de cálculo adequada para obter os coeficientes das interações, a partir dos parâmetros do vento solar e geomagnéticos. Para esse objetivo serão realizadas as seguintes atividades:

1. Desenvolvimento de metodologia de cálculo dos coeficientes da equação de difusão a partir dos dados geomagnéticos;
2. Desenvolvimento de metodologia de cálculo dos coeficientes da equação de difusão a partir dos dados do vento solar.



Objetivo Específico 3: Implementar a metodologia numérica da solução da equação de difusão de partículas nos cinturões de radiação. Para atingir esse objetivo serão realizadas as seguintes atividades:

1. Tomar conhecimento de técnicas de solução de cálculo numérico aplicada a solução da equação de difusão unidimensional e comparar com a metodologia desenvolvida;
2. Implementar a metodologia desenvolvida, para o cálculo dos coeficientes para solução da equação de difusão unidimensional.
3. Utilizar os dados da série histórica para validar a modelagem e comparar os resultados obtidos com medições feitas na ocasião.

5.6.3 - Insumos

5.6.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

5.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivos Específicos	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
5.6.1	Profissional formado em Física, Engenharia ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior, ou com título de mestre em qualquer área de Ciências Exatas e da Terra, há no mínimo 4 (quatro) anos, ou de doutor em qualquer área de Ciências Exatas e da Terra.	Geofísica ou Engenharia Elétrica, com experiência desejável no uso de técnicas de modelagem do campo geelétrico, modelagem de correntes em linhas de transmissão de energia e domínio de linguagens computacionais (PYTHON e Sistema Linux)	1, 2 e 3	D-B	8	1

5.6.4 - Atividades de Execução



Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Análise da variabilidade do fluxo de elétrons relativísticos com energias de 1-2 MeV medida pelas sondas Van Allen Probes	1	Identificação das causas das variações do fluxo de elétrons, medido pelas sondas Van Allen Probes	Produzir os gráficos e as tabelas com dados compilados de fluxo na energia escolhida	Analisar os gráficos em comparando as variabilidades do fluxo de elétrons com os parâmetros do vento sola e dos índices geomagnéticos
Identificar as estruturas do Meio Interplanetário, utilizando os parâmetros do vento solar, que coincidem temporalmente com a variabilidade do fluxo de elétrons do Cinturão de Radiação de Van Allen	1	Identificação das estruturas do Meio Interplanetário através dos gráficos e valores das séries temporais dos parâmetros do vento solar, medidos pelos satélites em L1	Produzir os gráficos dos parâmetros do vento solar medidos em L1, identificando as características das estruturas do meio interplanetário, e os dados de fluxo concatenados	Produzir lista das estruturas do meio interplanetário com as suas características físicas e variações causadas no fluxo de elétrons
Identificar a resposta do campo magnético Terrestre em superfície através dos índices geomagnéticos	1	Obtenção dos gráficos dos índices geomagnéticos para análise da resposta da magnetosfera terrestre às variações causadas pelas estruturas do meio interplanetário.	Produzir os gráficos utilizando os dados do fluxo, os dados de vento solar e dos índices geomagnéticos concatenados	Produzir os índices de correlação associados aos parâmetros de atividade geomagnética
Metodologia de cálculo dos coeficientes da equação de difusão a partir dos dados geomagnéticos	2	Elaborar metodologia de cálculo dos coeficientes de difusão a partir dos dados do vento solar	Testes de elaboração de rotinas para solução da equação de difusão	
Metodologia de cálculo dos coeficientes da equação de difusão a partir dos dados do vento solar	2	Elaborar metodologia de cálculo dos coeficientes de difusão a partir dos dados do vento solar	Testes de elaboração de rotinas para solução da equação de difusão	

Tomar conhecimento de técnicas de solução de cálculo numérico aplicada a solução da equação de difusão unidimensional e comparar com a metodologia desenvolvida	3	Comparar diferentes técnicas de solução de cálculo numérico com os resultados obtidos no Objetivo 2	Comparar resultados com diferentes modelos	Comparar resultados com diferentes modelos
Implementar a metodologia desenvolvida, para o cálculo dos coeficientes para solução da equação de difusão unidimensional	3	Implementação da rotina para cálculo de difusão em sistemas 1-D	Implementar a rotina de cálculo e comparar com eventos anteriores	Teste da metodologia para realização de cálculo de novos eventos
Utilizar os dados da série histórica para validar a modelagem e comparar os resultados obtidos com medições feitas na ocasião	3	Fazer uma análise comparativa dos resultados do modelo com os dados medidos a fim de validação do modelo	Comparar as respostas do modelo com dados medidos	Validar o modelo através da comparação dos resultados do modelo com os dados medidos

5.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Análise da variabilidade do fluxo de elétrons relativísticos com energias de 1-2 MeV medida pelas sondas Van Allen Probes;		X	X	
Identificar as estruturas do Meio Interplanetário, utilizando os parâmetros do vento solar, que coincidem temporalmente com a variabilidade do fluxo de elétrons do Cinturão de Radiação de Van Allen		X	X	
Identificar a resposta do campo magnético Terrestre em superfície através dos índices geomagnéticos		X	X	
Metodologia de cálculo dos coeficientes da equação de difusão a partir dos dados geomagnéticos		X		
Metodologia de cálculo dos coeficientes da equação de difusão a partir dos dados do vento solar		X		
Tomar conhecimento de técnicas de solução de cálculo numérico aplicada a solução da equação de difusão unidimensional e comparar com a metodologia desenvolvida		X	X	
Implementar a metodologia desenvolvida, para o cálculo dos coeficientes para solução da equação de difusão unidimensional		X	X	



Utilizar os dados da série histórica para validar a modelagem e comparar os resultados obtidos com medições feitas na ocasião		X	X	
---	--	---	---	--

5.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Softwares e sistemas computacionais	2,3	Número de testes de softwares realizados	1 (um) software para análise de dados científicos testado	
Resultados científicos e Metodologias desenvolvidas, inclusive modelos numéricos computacionais	1,2,3	Número de modelos numéricos computacionais desenvolvidos ou modificados		2 (dois) relatórios de desenvolvimento ou modificação de Modelo numérico computacional

5.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA (Meta do Plano de Trabalho INPE-AEB-AO 20VB-PO 0009-2018)	1,2	Percentual do Nº de publicações em relação ao total anual estabelecido para a CGCEA (Total = 50 publicações/ ano)		10% da meta anual de publicações da CGCEA

5.6.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			



	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

5.6.9 - Equipe do Projeto

Lívia Ribeiro Alves, Marlos Rothenbach da Silva, Odin Mendes.

5.6.10 - Referências Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2016-2019: São José dos Campos, 2016.
- [2] Plano de Trabalho INPE-AEBE-TED 2018 - Ação 20VB e 20VC_ final (Documento SEI: 01340.001474, 2018).
- [3] TAP – Termo de Abertura de Projeto número 01340.003098/2021-00.
- [4] Alves, L. R., et al. (2016), Outer radiation belt dropout dynamics following the arrival of two interplanetary coronal mass ejections, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 978– 987, doi:[10.1002/2015GL067066](https://doi.org/10.1002/2015GL067066).
- [5] Da Silva, L. A., Shi, J., Alves, L. R., Sibeck, D., Marchezi, J. P., Medeiros, C., et al. (2021). High-energy electron flux enhancement pattern in the outer radiation belt in response to the Alfvénic fluctuations within High-Speed solar wind stream: A statistical analysis. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2021JA029363. <https://doi.org/10.1029/2021JA029363>.
- [6] Da Silva, L. A., Shi, J., Alves, L. R., Sibeck, D., Souza, V. M., Marchezi, J. P., et al. (2021). Dynamic mechanisms associated with high-energy electron flux dropout in the Earth's outer radiation belt under the influence of a coronal mass ejection sheath region. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 126, e2020JA028492. <https://doi.org/10.1029/2020JA028492>.
- [7] Da Silva, L. A., Sibeck, D., Alves, L. R., Souza, V. M., Jauer, P. R., Claudepierre, S. G., et al. (2019). Contribution of ULF wave activity to the global recovery of the outer radiation belt during the passage of a high-speed solar wind stream observed in September 2014. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 124, 1660– 1678. <https://doi.org/10.1029/2018JA026184>.
- [8] Alves, L.R., Souza, V.M., Jauer, P.R. et al. The Role of Solar Wind Structures in the Generation of ULF Waves in the Inner Magnetosphere. *Sol Phys* 292, 92 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11207-017-1113-4>.
- [9] P. R. Jauer et al. A Global Magnetohydrodynamic Simulation Study of Ultra-low-frequency Wave Activity in the Inner Magnetosphere: Corotating Interaction Region + Alfvénic Fluctuations, (2019) *ApJ* 886 59.



Projeto 5: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Subprojeto 5.7: Desenvolvimento e testes da instrumentação do radiotelescópio BINGO

5.7.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 5 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está associado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) “BINGO (BAO from Integrated Neutral Gas Observations)”, inserido no processo SEI 01340.003275/2021-40.

O projeto de desenvolvimento de instrumentação rádio da DIAST-CGCEA-INPE inclui um rádio telescópio para realizar observações de oscilações acústicas de bárions (do inglês, Baryon Acoustic Oscillations - BAO), num intervalo de *redshifts* $0,13 < z < 0,48$, com o intuito de melhorar a compreensão sobre propriedades da Energia Escura. Trata-se de uma colaboração do Brasil (INPE, USP, UFCG, IFPB, UFPE e UnB) com a China (YangZhou University e JiaoTong University) e Reino Unido (Univ. Manchester e Univ. College London). O instrumento é composto de duas antenas parabólicas de cerca de 40 m de diâmetro contendo 28 cornetas no plano focal, operando com temperatura de ruído de ~ 70 K em 2048 canais dentro da faixa de frequências de 980 a 1260 MHz (correspondente ao intervalo de *redshifts* $0.13 < z < 0.45$), uma época na qual a Energia Escura começa a dominar o Universo. O rádio telescópio BINGO (BAO from Integrated **N**eutral **G**as **O**bservations) será instalado no município de Aguiar, no vale do Piancó, Paraíba.

5.7.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral (OG) deste projeto é aumentar a capacitação institucional em desenvolvimento de software, desenvolvimento de instrumentação e provisão de recursos de forma a potencializar a realização de pesquisas em Astrofísica na instituição e, com isso, gerar e divulgar conhecimento científico nessas respectivas áreas para a sociedade. Em particular busca-se a excelência no desenvolvimento instrumental (incluindo receptores para radiometria) para realização de pesquisas científicas com o radiotelescópio BINGO, bem como o desenvolvimento de modelos físicos e computacionais para estudar a rádio-emissão contínua do Hidrogênio neutro a partir de observações em ondas de rádio.



Objetivo específico 1: Desenvolver instrumentação, incluindo a adaptação e colocação em funcionamento do receptor do radiotelescópio BINGO para realização de pesquisas científicas;

Objetivo específico 2: Desenvolver receptores de micro-ondas na faixa de 1 GHz

Objetivo específico 3: Aprender a programação dos FPGA utilizados na instrumentação do radiotelescópio BINGO.

Objetivo específico 4: Desenvolver o software de aquisição de dados e monitoramento de receptores usando Arduínos

5.7.3 - Insumos

5.7.3.1 – Custeio

Finalidade	Itens de custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

5.7.3.2 – Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em engenharia (preferencialmente eletrônica) ou ciência da computação, com um dos perfis listado abaixo:

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	OE	PCI categoria/nível	Meses	Quant
5.7.1	Profissional com formação em Física, Engenharia Eletrônica, Ciências da Computação ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Engenharia Eletrônica, Física, Engenharias, Ciência da Computação	1, 2, 3, 4	DA	8	1

5.7.4 - Atividades de Execução

Atividades	OE	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Desenvolvimento instrumental, incluindo a colocação em funcionamento do telescópio BINGO para realização de pesquisas científicas	1, 2	Instrumento em funcionamento	Integração e testes do pseudo-correlacionador do radiotelescópio BINGO	
Programação do FPGA no digital backend	3	Sistemas programados e em funcionamento		Digital backend integrado ao receptor + front end
Programação dos sistemas de housekeeping	4	Sistemas especificado e em testes		Especificação e testes iniciais dos sensores acoplados aos Arduino

5.7.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2023							2024
	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
1 - Desenvolvimento instrumental	X	X	X	X	X	X	X	X
2 - Desenvolvimento de receptores	X	X	X	X	X	X		
3 - Programação de FPGA				X	X	X	X	X
4 - Programação dos sistemas de housekeeping				X	X	X	X	X

5.7.6 – Produtos

Produtos	OE	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Receptor do BINGO em condições operacionais	1, 2	receptor montado, integrado ao “front-end” em funcionamento	Receptor + front end integrados e testados	
Programação de FPGA	3	Digital backend (FGPA + ADC) programados e integrados ao receptor e ao front end		Receptor + front end + digital backend integrados e testados
Sistemas de housekeeping do BINGO em condições operacionais	4	Sistemas em Arduino programados e em funcionamento		Arduino acoplado ao receptor para testes do sistema integrado

5.7.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024



Receptor em condições de operação, com diagnóstico de funcionamento apresentado em forma de relatório	1, 2, 3, 4	Resultados e diagnósticos apresentados na forma de um relatório que possa ser usado por uma empresa para realizar a produção em massa dos receptores.		Pelo menos uma unidade do receptor instalado e funcionando na Paraíba
Aumento do número de publicações científica para o cumprimento da Meta anual estabelecida para a CGCEA	1, 2, 3, 4	percentual do Nº de publicações em relação ao total anual estabelecido para a CGCEA	24% da meta anual de publicações da CGCEA	
Contribuição para a realização de prospecção, concepção e elaboração de requisitos científicos e técnicos de instrumentos científicos para Ciências Espaciais	1, 2, 3, 4	No de prospecções, concepções e elaborações realizadas	2	
Contribuição para o desenvolvimento de projetos de instrumentação científica em plataformas espaciais e no solo em Ciências Espaciais (Meta 5.2 do Plano Diretor 2022-2026)	1, 2, 3, 4	No. de desenvolvimentos de projetos instrumentais	2	

5.7.8 - Recursos Solicitados

Custeio: Não se aplica

Bolsas:

PCI	Categoria/Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	8	1	R\$ 41.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			

5.7.9 - Equipe do Projeto

INPE

Carlos Alexandre Wuensche



José Williams dos Santos Vilas-Bôas

Alan Braga Cassiano

Khristhiano Lemos da Rocha Souza

César Strauss

Vincenzo Liccardo

Frederico Augusto da Silva Vieira

UFCG

Amilcar Rabelo de Queiróz

Edmar Candeia Gusmão

Alex Serres

Alex Albuquerque

University of Manchester

Ian Browne

5.7.10 - Referências Bibliográficas

- Wuensche, C. A. et al. “The BINGO Project II: Instrument Description”. Aceito para publicação no *Astronomy&Astrophysics*, arxiv:2107.01634 (2021)
- Abdalla, E., et al. “The BINGO Project I: Baryon Acoustic Oscillations from Integrated Neutral Gas Observations” Aceito para publicação no *Astronomy&Astrophysics*, arxiv:2107.01633 (2021)

Pesquisador responsável: Carlos Alexandre Wuensche (SIAPE 664453),
Divisão de Astrofísica



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

SubProjeto 6.1- Desenvolvimento de válvula solenoide para aplicação em propulsores de CubeSat

6.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

Este subprojeto é alinhado com o Objetivo Específico 3 do Projeto 6, uma vez que se trata do desenvolvimento de tecnologia inovadora no país na área de sistemas propulsivos.

6.1.2 - Objetivo Geral

Ter um projeto e protótipo de válvula solenoide para aplicação em propulsores de CubeSat. Preparar um profissional na área de projeto dos sistemas propulsivos para pequenos satélites, que possa operar equipamentos e manter capacidade operacional do laboratório de propulsão de testes a frio e com isso colaborar no projeto relacionado com TAP com número de processo 01340.003218/2021-61.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

- OE1) Familiarização com estrutura e tipos de modelos de válvulas solenoides em geral;
- OE2) Determinação das principais características das válvulas solenoides:
 - a). Paramentos principais do solenoide;
 - b). Paramentos principais da parte hidráulica da válvula;
- OE3) A partir dos dados obtidos no OE2, elaboração projeto da válvula;
- OE4) Fabricação do protótipo;
- OE5) Validação do protótipo;

6.1.3 - Insumos

6.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
	Passagens	
	Diárias	

6.1.3.2 – Bolsas



O projeto necessita de um profissional com formação em Engenharia Mecânica, Aeronáutica, Física ou nas áreas afins com interesse em projetos de subsistemas propulsivos.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
6.1.1	Profissional com formação em Engenharia Mecânica, Física ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos.	Aeroespacia I	OE1 a OE5	DB	8	1

6.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023/2024
1.Projeto da parte hidráulica. 2.Projeto da parte eletromagnética. 3.Elaboração de desenhos técnicos. 4.Fabricação. 5.Testes.	1, 2, 3, 4, 5	Relatórios Técnicos Desenhos mecânicos	1. Calculo completo do fluxo com cargas hidráulicas. 2. Calculo da bobina e força electromagnética. 3. Desenhos técnicos da válvula. 4. Protótipo.

6.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre	
	2023	2024
	2	1
1.Projeto da parte hidráulica.		
2.Projeto da parte eletromagnética.		
3.Elaboração de desenhos técnicos.		
4.Fabricação.		
5.Testes.		



6.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Válvula	1,2,3,4,5	Protótipo da válvula solenoide Documentação de projeto	

6.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2024
Válvula solenoide	1,2,3,4,5	protótipo	

6.1.8 - Recursos Solicitados.

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

6.1.9 - Equipe do Projeto

Dr. Roman Ivanovitch Savonov – DIMEC/CGCE/INPE



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

SubProjeto 6.2 – Estação Terrena para Plataforma Multimissão - Hardware

6.2.1 - Introdução

A Divisão de Pequenos Satélites (DIPST) do INPE realiza atividades para a implementação de satélites de pequeno porte, educacionais e científicos e possui um ambiente multidisciplinar equipado para o desenvolvimento, integração e testes de satélites miniaturizados de baixo custo dos tipos pico e nano, assim como de seus sistemas de recepção, comando e controle terrenos.

As atividades da DIPST estão alinhadas com o documento "Propostas para o Futuro da Coordenação Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)", elaborado pelo Comitê Assessor da CGETE e de acordo com os seguintes **Objetivos Estratégicos do INPE: [OE-10]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE na concepção e execução de missões espaciais e **[OE-11]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE em pesquisa, desenvolvimento, identificação e provimento de tecnologias espaciais habilitadoras para o Programa Espacial Brasileiro.

No contexto da DIPST, uma das atividades é o desenvolvimento de uma estação terrena para uma plataforma multimissão para experimentos científicos, tecnológicos e educacionais atendendo os requisitos gerais de pequenos satélites, conforme **Termo de Abertura de Projeto, processo SEI 01340.003568/2021-27**.

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

6.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o desenvolvimento de uma **Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM)** para permitir a análise e validação de soluções para comunicação solo-bordo. A **Plataforma Multimissão (PMM)** é um sistema espacial, georreferenciado por satélites e com comunicação em banda UHF, para ser embarcado em balões estratosféricos de pequeno porte para coleta de dados ambientais e experimentos científicos e tecnológicos com fins educacionais e de disseminação tecnológica.

Esses dados são transmitidos pela Plataforma Multimissão (PMM) e recebidos pela ETPMM, que também realiza o envio de telecomandos para configuração operacional da Plataforma Multimissão.

A ETPMM é composta dos seguintes principais subsistemas: a) Computador, b) Subsistema de comunicações UHF, c) Subsistema de energia, d) Sistema de



georreferenciamento (baseado em GPS para estações portáteis móveis); e) Estrutura.

Objetivo Específico 1:

Desenvolvimento do hardware para o protótipo de engenharia da Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM), para testes e avaliação de soluções de comunicação solo-bordo.

Para atingir o OE1 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Apoiar o desenvolvimento do hardware do protótipo de engenharia da ETPMM;
2. Desenvolver as interfaces de hardware para controle da ETPMM;
3. Integrar o hardware e interfaces para subsistema de transmissão e recepção da Estação Terrena;
4. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação.

Objetivo Específico 2:

Desenvolvimento do hardware embarcado da Plataforma Multimissão para gerenciamento dos subsistemas e software básico de supervisão e controle da Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM) para testes e avaliação de comunicação com a Plataforma Multimissão (PMM).

Para atingir o OE2 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Desenvolver o hardware embarcado para PMM;
2. Implementar o hardware de supervisão e controle da ETPMM;
3. Integrar o hardware embarcado a ETPMM e PMM;
4. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação.

Objetivo Específico 3:

Desenvolvimento do hardware para a estação solo móvel de baixo custo, com funções de recepção de telemetria, envio de telecomandos e rastreamento automático da PMM.

A estação é composta de um computador de supervisão e controle de um subsistema de modulação e demodulação de dados, um sistema de georreferenciamento baseado em GPS e um sistema de antenas.

Para atingir o OE3 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Desenvolver o hardware do modelo de engenharia da ETPMM;
2. Desenvolver o hardware dos subsistemas de modulação/demodulação, de georreferenciamento e antenas;
3. Desenvolver o hardware do modelo de engenharia da PMM;
4. Integrar os subsistemas a ETPMM;
5. Integrar os subsistemas a PMM;
6. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação;
7. Redigir os manuais de sistema e engenharia do projeto e fabricação.



Objetivo Específico 4:

Desenvolvimento do hardware de supervisão e controle da Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM) com funções de recepção de telemetria, envio de telecomandos e rastreamento automático, através de antenas do tipo omnidirecional ou uma antena diretiva, e da PMM.

Para atingir o OE4 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Desenvolver o hardware de supervisão e controle da ETPMM;
2. Desenvolver o hardware de supervisão e controle da PMM;
3. Integrar o hardware aos subsistemas da ETPMM e PMM;
4. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação;
5. Redigir os manuais de sistema e engenharia do projeto, fabricação e testes.

Objetivo Específico 5:

Realização de testes de campo e operação dos modelos da plataforma multimissão na estratosfera e aplicação do processo de recuperação da plataforma (se viável).

Para atingir o OE5 serão realizadas as seguintes atividades:

1. Realizar os testes de campo da PMM;
2. Executar o processo de recuperação da PPM;
3. Realizar os processos de operação da PMM e a ETPMM;
4. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação;
5. Redigir os manuais de sistema e engenharia do projeto, fabricação e testes.

6.2.3 – Insumos

6.2.3.1 - Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Visita Técnica	Diárias	0,00
Visita Técnica	Passagens	0,00

6.2.3.2 - Bolsas

O projeto necessita de um profissional com formação em Engenharia Elétrica/Eletrônica com experiência em projetos científicos, tecnológicos e inovação, com conhecimento em design de hardware, projetos de placas de circuito impresso de alto desempenho, com nível espacial e testes de sistemas.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
6.2.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia	Conhecimento em design de hardware,	1	DD	8	1*



	Elétrica, Eletrônica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	projetos de placas de circuito impresso de alto desempenho, com nível espacial e testes.				
--	--	--	--	--	--	--

* - Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

6.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas								
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024	
1. Apoiar o desenvolver do hardware do protótipo de engenharia da ETPMM;	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.	Desenvolver o hardware do protótipo ETPMM.								
2. Desenvolver as interfaces de hardware para controle da ETPMM.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.					Interfaces subsistema ETPMM testadas e validadas.				
3. Integrar o hardware e interfaces para subsistema de transmissão e recepção da Estação Terrena		Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase					Integração com o subsistema ETPMM				



4. Preparação dos relatórios dos processos, testes e validação.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.							Preparação dos relatórios de processos, subsistemas e resultados
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

6.2.5 – Cronograma de Atividades

	Meses							
	Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024
1. Apoiar o desenvolvimento do hardware do protótipo de engenharia da ETPMM.								
2. Desenvolver as interfaces de hardware para controle da ETPMM								
3. Integrar o hardware e interfaces para subsistema de transmissão e recepção da Estação Terrena								
4. Preparação dos relatórios de processos, testes e validação.								

6.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)							
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024



Hardware do protótipo de engenharia da ETPMM.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Nº de artigos	50	50						
Interface de hardware de controle.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos			50	50				
Integração do hardware e interfaces para subsistema de transmissão e recepção da ETPMM.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.				30	30	40		
Relatórios de processos, testes e validação.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.							50	50

6.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)							
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024



1- Capacitação Tecnológica.	1	Projeto do protótipo de engenharia da ETPMM	25	25	10	10	10	10	10	
2- Independência Tecnológica.	1	Domínio do ciclo de projeto de hardware e software da ETPMM.	10	10	10	10	15	15	15	15
3- Produção Intelectual	1	Número de artigos aceitos: 1. Relatórios Técnicos realizados: 1			20	20	20	20	10	10

6.2.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	0,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1*	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

* - Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

6.2.9 - Equipe do Projeto

Dr. Walter Abrahão dos Santos
 Me. Marcus Vinicius Cisotto



Me. Auro Tikami
Me. Antonio Cassiano Julio Filho - Supervisor
Me. Lázaro Aparecido Pires de Camargo

Bolsista PCI-DD

6.2.10 - Referências Bibliográficas

[1] TIKAMI, A. Uma metodologia para re-engenharia de sistemas espaciais aplicada a um picossatélite. 2016. 395 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.16.17.22-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>>.

[2] RODRIGUEZ, J. E. O. Processo de referência para o desenvolvimento da arquitetura de uma estação terrena para pico e nanosatélites. 2016. 235 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/03.25.23.54-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>>.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Ground segment communication protocol. São José dos Campos, 1993. (INPE-AEIF-0004)

[4] Julio Filho, A. C., "An Architecture for Dynamic Management of the Space Link Extension Protocol Services". 213 p. Dissertation (Master's degree in Space Systems Engineering and Management) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 2015. URL:<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3HP2P7P> (accessed May 2022).



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.3: Desenvolvimento de células OSR para radiadores de satélites

6.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

Existe um forte alinhamento deste subprojeto com o Objetivo Específico 3 do Projeto 6, uma vez que trata-se do desenvolvimento de tecnologia inovadora no país na área de Controle Térmico de Satélites, que conta com um experimento tecnológico no satélite CBERS 04A.

6.3.2 - Objetivo Geral

Ter um profissional treinado para desenvolvimento de células de OSR para uso em radiadores de satélites utilizando o equipamento de deposição de filmes finos localizado no Laboratório de Térmica da DIMEC, mantendo a capacidade operacional do mesmo e permitindo a produção e colagem de células de OSR dentro do INPE para que as atividades do Projeto “OSR - Refletor Solar Ótico” e avaliação dos dados de voo do atual experimento tecnológico embarcado no CBERS 04A.

Para atingir o Objetivo Geral deste projeto, serão realizados os seguintes objetivos específicos:

- OE1) Familiarização com o Equipamento “Evaporadora de Filmes Finos com *Electron-Beam*”;
- OE2) Preparação do Equipamento e substrato;
- OE3) Operação do Equipamento para desenvolvimento de células de OSR;
- OE4) Montagem de experimento de solo com instrumentação, incluindo colagem das células OSR;
- OE5) Readequação da infraestrutura do Laboratório de Térmica na DIMEC para o desenvolvimento de radiadores de satélites com células de OSR;
- OE6) Análise e tratamento dos dados de telemetrias de voo do experimento tecnológico embarcado no CBERS 04A.

6.3.3 - Insumos

6.3.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
	Passagens	
	Diárias	



	Passagem	
	Diárias	

6.3.3.2 – Bolsas

O projeto em questão demanda a expertise de um profissional com formação em Engenharia Mecânica, Engenharia de Materiais, Física ou áreas afins. É fundamental que esse profissional possua afinidade e interesse em sistemas de vácuo, assim como conhecimento em montagem e instalação de termopares e termistores para aquisição de dados. A experiência em preparação e instalação de células OSR para uso em vácuo é altamente desejável.

Além disso, o profissional deve ter habilidades em tratamento estatístico de dados, o que é crucial para a análise dos resultados obtidos. Essa competência permitirá a obtenção de informações precisas e confiáveis para análise do desempenho térmico do material em órbita.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
6.3.1	Profissional formado em Engenharia Mecânica, química, de Materiais, Física ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Engenharia	Capacidade de desenvolvimento e instalação de células OSR / análise de dados de voo	DB	8	1

6.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
13- Pesquisa e desenvolvimento em Controle Térmico de Satélites	1, 2, 3, 4, 5, 6	Relatórios Técnicos Desenhos mecânicos	Capacidade de desenvolvimento de células OSR no INPE Avaliação dos dados de voo do experimento no CBERS04A.	Testes para melhorias na instalação de células OSR para uso em radiadores espaciais.



6.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses							
	2023							2024
	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN
13.3								
13.4								

6.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
13.2 OSR	1, 3, 6	Protótipo do OSR Relatórios de testes Documentação de projeto	85	15

6.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
1- Capacitação tecnológica	1, 2, 3, 4	Novos projetos	85	15
4- Independência tecnológica	3, 6	Domínio do ciclo completo de projeto de satélite	85	15
6- Produção Intelectual	1, 2, 4, 5, 6	Numero de artigos aceitos e Relatórios Técnicos realizados	85	15

6.3.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00



	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

6.3.9 - Equipe do Projeto

Dr. Rafael Lopes Costa – DIMEC/CGCE/INPE
Dr. Dênio Lemos Panissi – DIMEC/CGCE/INPE
Dr. Valeri Vlassov – DIMEC/CGCE/INPE
Dr. José Eduardo May – DIMEC/CGCE/INPE
Dra. Carina de Barros Mello – COPDT/INPE
Msc. Rafael dos Santos Roque – PG/ETE/CMC

6.3.10 - Referências Bibliográficas

Boato, M. G., Santos, M. B., Garcia, E. C., & Beloto, A. F. (2015). Design and development of a thermal control component for space applications. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 7(3), 331-338.

Li, J., Liu, H., Wang, Y., Lin, Z., Huang, Y., & Li, X. (2017). Reflective materials for solar reflectors: a review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 160, 285-305.

Liu, N., Mesyngier, N., & Zhang, Z. (2018). Optical properties and performance of metallic nanoparticle films for solar control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1674-1694.

Hillman, L.W., Jenkins, C.H., Cook, G., Agasid, E., & Kolacz, J. (1998). Optical properties and performance of a multilayer optical solar reflector in space. *Applied Optics*, 37(34), 8010-8021.

Johnson, S.G., Hillman, L.W., & Yurkerwich, K. (2001). Flight performance of a high-performance optical solar reflector on the STS-95 mission. *Proceedings of SPIE*, 4272, 23-32.

Levenson, J.A., Reimann, J., Hagopian, J.G., & Kim, S.-H. (2001). The thermal-optical properties of a high-performance optical solar reflector. *Proceedings of SPIE*, 4441, 137-146.

Walton, D., Dubois, F., Courteville, A., Michel, O., Gerner, B., & Perea-Calderon, J.V. (2016). Development and qualification of the Gaia Optical Solar Reflector. *Acta Astronautica*, 121, 125-130.



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

SubProjeto 6.4 – Estação Terrena para Plataforma Multimissão - Software

6.4.1 - Introdução

A Divisão de Pequenos Satélites (DIPST) do INPE realiza atividades para a implementação de satélites de pequeno porte, educacionais e científicos e possui um ambiente multidisciplinar equipado para o desenvolvimento, integração e testes de satélites miniaturizados de baixo custo dos tipos pico e nano, assim como de seus sistemas de recepção, comando e controle terrenos.

As atividades da DIPST estão alinhadas com o documento "Propostas para o Futuro da Coordenação Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)", elaborado pelo Comitê Assessor da CGETE e de acordo com os seguintes **Objetivos Estratégicos do INPE: [OE-10]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE na concepção e execução de missões espaciais e **[OE-11]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE em pesquisa, desenvolvimento, identificação e provimento de tecnologias espaciais habilitadoras para o Programa Espacial Brasileiro.

No contexto da DIPST, uma das atividades é o desenvolvimento de uma estação terrena para uma plataforma multimissão para experimentos científicos, tecnológicos e educacionais atendendo os requisitos gerais de pequenos satélites, conforme **Termo de Abertura de Projeto, processo SEI 01340.003568/2021-27**.

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

6.4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o desenvolvimento de uma **Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM)** para permitir a análise e validação de soluções para comunicação solo-bordo. A **Plataforma Multimissão (PMM)** é um sistema espacial, georreferenciado por satélites e com comunicação em banda UHF, para ser embarcado em balões estratosféricos de pequeno porte para coleta de dados ambientais e experimentos científicos e tecnológicos com fins educacionais e de disseminação tecnológica.

Esses dados são transmitidos pela Plataforma Multimissão (PMM) e recebidos pela ETPMM, que também realiza o envio de telecomandos para configuração operacional da Plataforma Multimissão.

A ETPMM é composta dos seguintes principais subsistemas: a) Computador, b) Subsistema de comunicações UHF, c) Subsistema de energia, d) Sistema de



georreferenciamento (baseado em GPS para estações portáteis móveis); e) Estrutura.

Objetivo Específico 1:

Desenvolvimento do software para o protótipo de engenharia da Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM), para testes e avaliação de soluções de comunicação solo-bordo.

Para atingir o OE1 serão realizadas as seguintes atividades:

5. Apoiar o desenvolvimento e especificação dos módulos de software ETPMM;
6. Desenvolver o software básico de controle da ETPMM;
7. Integrar o software básico para os subsistemas de transmissão e recepção da Estação Terrena;
8. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação.

Objetivo Específico 2:

Desenvolvimento do software embarcado da Plataforma Multimissão para gerenciamento dos subsistemas e software básico de supervisão e controle da Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM) para testes e avaliação de comunicação com a Plataforma Multimissão (PMM).

Para atingir o OE2 serão realizadas as seguintes atividades:

5. Desenvolver o software embarcado para PMM;
6. Implementar o software de supervisão e controle da ETPMM;
7. Integrar o software embarcado a ETPMM e PMM;
8. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação.

Objetivo Específico 3:

Desenvolvimento do software para a estação solo móvel de baixo custo, com funções de recepção de telemetria, envio de telecomandos e rastreamento automático da PMM.

A estação é composta de um computador de supervisão e controle de um subsistema de modulação e demodulação de dados, um sistema de georreferenciamento baseado em GPS e um sistema de antenas.

Para atingir o OE3 serão realizadas as seguintes atividades:

8. Desenvolver o software do modelo de engenharia da ETPMM;
9. Testar o software do modelo de engenharia e os subsistemas de modulação/demodulação, de georreferenciamento e antenas;
10. Integrar os subsistemas a ETPMM;
11. Integrar os subsistemas a PMM;
12. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação;
13. Redigir os manuais de sistema e engenharia do projeto e fabricação.

Objetivo Específico 4:



Desenvolvimento do software de supervisão e controle da Estação Terrena para Plataforma Multimissão (ETPMM) com funções de recepção de telemetria, envio de telecomandos e rastreamento automático, através de antenas do tipo omnidirecional ou uma antena diretiva, e da PMM.

Para atingir o OE4 serão realizadas as seguintes atividades:

6. Desenvolver o software de supervisão e controle da ETPMM;
7. Desenvolver o software de supervisão e controle da PMM;
8. Integrar o software aos subsistemas da ETPMM e PMM;
9. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação;
10. Redigir os manuais de sistema e engenharia do projeto, fabricação e testes.

Objetivo Específico 5:

Realização de testes de campo e operação dos modelos da plataforma multimissão na estratosfera e aplicação do processo de recuperação da plataforma (se viável).

Para atingir o OE5 serão realizadas as seguintes atividades:

6. Elaborar os testes de campo da PMM;
7. Elaborar o processo de recuperação da PPM;
8. Desenvolver os processos de operação da PMM e a ETPMM;
9. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação;
10. Redigir os manuais de sistema e engenharia do projeto, fabricação e testes.

6.4.3 – Insumos

6.4.3.1 - Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Visita Técnica	Diárias	0,00
Visita Técnica	Passagens	0,00

6.4.3.2 - Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
6.4.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia Elétrica, Eletrônica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	Hardware com domínio em design, simulação e otimização de circuitos, software embarcado e micro controladores.	1	D-D	8	1*



* - Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

6.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas								
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024	
1. Apoiar o desenvolvimento e especificação dos módulos de software ETPMM	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.	Desenvolvimento e especificação dos módulos de software da ETPMM.								
2. Desenvolver o software básico de controle da ETPMM.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos			Implementação do software básico de controle.						
3. Integrar o software básico para os subsistemas de transmissão e recepção da Estação Terrena.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.						Integrar o subsistema ETPMM.			
4. Preparação dos relatórios dos processos, testes e validação.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.								Preparação dos relatórios de processos, subsistemas e resultados	

6.4.5 – Cronograma de Atividades

	Meses
--	-------



	Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024
5. Apoiar o desenvolvimento e especificação dos módulos de software ETPMM.								
6. Desenvolver o software básico de controle da ETPMM.								
7. Integrar o software básico para os subsistemas de transmissão e recepção da Estação Terrena.								
8. Preparação dos relatórios dos processos, testes de validação								

6.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)							
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024
Módulos de software testados e validados.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Nº de artigos	50	50						
Software básico de controle da ETPMM.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos			50	50				

Integração do software básico aos subsistemas de transmissão e recepção da ETPMM.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.				30	30	40		
Relatórios de processos, testes e validação.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.							50	50

6.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)							
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024
1- Capacitação Tecnológica.	1	Projeto do protótipo de engenharia da ETPMM	25	25	10	10	10	10	10	
2- Independência Tecnológica.	1	Domínio do ciclo de projeto de hardware e software da ETPMM.	10	10	10	10	15	15	15	15
3- Produção Intelectual	1	Número de artigos aceitos: 1. Relatórios Técnicos realizados: 1			20	20	20	20	10	10

6.4.8 - Recursos Solicitados



Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	0,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1*	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

* - Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

6.4.9 - Equipe do Projeto

Dr. Walter Abrahão dos Santos
Me. Marcus Vinicius Cisotto
Me. Auro Tikami
Me. Antonio Cassiano Julio Filho - Supervisor
Me. Lázaro Aparecido Pires de Camargo

Bolsista PCI-DD

6.4.10 - Referências Bibliográficas

[1] TIKAMI, A. Uma metodologia para re-engenharia de sistemas espaciais aplicada a um picosatélite. 2016. 395 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.16.17.22-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>>.

[2] RODRIGUEZ, J. E. O. Processo de referência para o desenvolvimento da arquitetura de uma estação terrena para pico e nanosatélites. 2016. 235 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/03.25.23.54-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas



Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>>.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Ground segment communication protocol. São José dos Campos, 1993. (INPE-AEIF-0004)

[4] Julio Filho, A. C., "An Architecture for Dynamic Management of the Space Link Extension Protocol Services". 213 p. Dissertation (Master's degree in Space Systems Engineering and Management) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 2015. URL:<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3HP2P7P> (accessed May 2022).



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.5: Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (EDC) para Satélites de Pequeno Porte

6.5.1 – Introdução

A Divisão de Pequenos Satélites (DIPST) do INPE realiza atividades para a implementação de satélites de pequeno porte, educacionais e científicos e possui um ambiente multidisciplinar equipado para o desenvolvimento, integração e testes de satélites miniaturizados de baixo custo dos tipos pico e nano, assim como de seus sistemas de recepção, comando e controle terrenos.

As atividades da DIPST estão alinhadas com o documento "Propostas para o Futuro da Coordenação Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)", elaborado pelo Comitê Assessor da CGETE e de acordo com os seguintes **Objetivos Estratégicos do INPE: [OE-10]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE na concepção e execução de missões espaciais e **[OE-11]** - Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE em pesquisa, desenvolvimento, identificação e provimento de tecnologias espaciais habilitadoras para o Programa Espacial Brasileiro.

No contexto da DIPST, uma das atividades é o desenvolvimento de uma estação terrena para uma plataforma multimissão para experimentos científicos, tecnológicos e educacionais atendendo os requisitos gerais de pequenos satélites, conforme **Termo de Abertura de Projeto, processo SEI 01340.005963/2021-44**.

Este subprojeto consta no Projeto 6 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

6.5.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é o desenvolvimento de um **Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (SC_EDC) para Satélites de Pequeno Porte** para permitir a validação e a análise de soluções para interfaces solo-bordo e experimentos tecnológicos através do lançamento de balões estratosféricos que atingem cerca de 30km de altura.

Objetivo Específico 1:

Desenvolvimento do modelo de engenharia e software de supervisão do **Subsistema de Controle do Environmental Data Collector (SC_EDC) para Satélites de Pequeno Porte** para testes e avaliação de soluções de interfaces solo-bordo através do lançamento de balões estratosférico e disponibilizar uma plataforma para projetos satélites de pequeno porte e experimentos tecnológicos.



Descrição:

O INPE, a AEB e a Universidade de Santa Catarina (UFSC) assinaram um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) para o desenvolvimento do nanossatélite GOLDS-UFSC, que tem como objetivo validar em órbita uma plataforma 2U padrão cubesat (classe 2kg) a ser desenvolvida pela UFSC e a tecnologia EDC (Environmental Data Collecting) desenvolvida pelo INPE.

O Environmental Data Collector (EDC) é uma carga útil desenvolvida pelo INPE que permite receber, processar e retransmitir sinais de Plataforma de Coleta de Dados PCDs ambientais do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA).

Este projeto está alinhado ao plano diretor do INPE, a saber: OE 11 “Fortalecer a capacidade e manter o protagonismo do INPE na concepção e execução de missões espaciais”, especificamente na Meta M-11.4: Lançar oito (8) cargas úteis científicas, tecnológicas e de observação da Terra em missões realizadas por nanossatélites (classe 1 kg a 10 kg) e microssatélites (classe 10 kg a 100 kg).

De forma, para auxiliar a qualificação da carga útil EDC, além dos testes realizados em laboratório (vibração e termo-vácuo), de modo a aumentar a confiança em seu funcionamento quando submetido a fatores extremos de temperatura, pressão e radiação que serão experimentados quando em órbita, propõe-se realizar o lançamento da carga útil EDC embarcada num balão estratosférico. O lançamento de cargas úteis através de balão estratosférico é uma alternativa viável e de baixo custo como etapa para o desenvolvimento e testes de protótipos de sistemas espaciais que poderão ser enviados ao espaço.

Neste sentido, o INPE dispõe de um projeto de uma plataforma para lançamento de cargas úteis através de balão estratosférico que permite atingir cerca de 30km de altura.

Este projeto inclui a fabricação de estações terrenas (segmento solo) de baixo custo para telemetria e telecomando. Uma das estações é móvel para ser instalada em um veículo para atividades de recuperação do balão lançado. O outro tipo de estação é transportável, que permite o rastreamento automático do balão. Dessa forma, pretende-se realizar dois lançamentos do EDC através de balão estratosférico, sendo um deles realizado a partir de São José dos Campos/SP e outro de Natal/RN

Este subsistema **de Controle do Environmental Data Collector (SC_EDC)** deve ser compatível com os demais subsistemas que compõem um satélite de pequeno porte, incluindo: a) interface elétrica, b) estrutura mecânica, c) consumo de potência. O subsistema deve atender os requisitos de baixo custo.

Nesta fase do desenvolvimento o objetivo é a elaboração de um modelo de engenharia. Este modelo de engenharia é composto pelas interfaces de entrada e de saída; o módulo de controle, o módulo de Rádio Frequência. A

elaboração deste modelo de engenharia deve utilizar o método de implementação de hardware programável em microcontroladores [4], a elaboração da lógica de controle, elaboração de módulos de software de controle em plataforma C/C++ e/ou Java e/ou Python [5] e atender os requisitos associados aos protocolos de comunicação solo-bordo. [3], [6].

Para atingir o OE1 serão realizadas as seguintes atividades:

9. Desenvolver, testar e validar o hardware do modelo de engenharia do SC_EDC;
10. Desenvolver o software básico de controle do SC_EDC;
11. Integrar o subsistema SC_EDC ao sistema de controle na estação terrena;
12. Redigir a documentação do sistema referente ao projeto de engenharia, processos, e fabricação e testes.

6.5.3 - Insumos

6.5.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Visita Técnica	Diárias	0,00
Visita Técnica	Passagens	0,00

6.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
6.5.1	Profissional formado em Engenharia Elétrica, Eletrônica ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Experiência em hardware com domínio em design, simulação e otimização de circuitos, software embarcado e microcontroladores	1	D-B	8	1*

* - Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

6.5.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Especifico	Indicadores	Metas						
			Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024



1. Desenvolver, testar e validar o hardware do modelo de engenharia do SC_EDC;	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.	Desenvolvimento, teste e validação do modelo de engenharia do SC_EDC.					
2. Desenvolver o software básico de controle do SC_EDC.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos	Implementação do software básico de controle do SC_EDC.					
3. Integrar o subsistema SC_EDC ao sistema de controle na estação terrena.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.				Integrar o subsistema SC_EDC a Estação Terrena.		
4. Redigir a documentação do sistema referente ao projeto de engenharia, processos, e fabricação e testes.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.						Preparação da documentação de engenharia de processos, e fabricação e testes

6.5.5 – Cronograma de Atividades

	Meses							
	Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024



9. Desenvolver, testar e validar o hardware do modelo de engenharia do SCSB.									
10. Desenvolver o software básico de controle do SCSB.									
11. Integrar o subsistema SCSB a Estação Terrena.									
12. Redigir a documentação do sistema referente ao projeto de engenharia, processos, e fabricação e testes.									

6.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)							
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024
Hardware do modelo de engenharia do SC_EDC testado e validado.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Nº de artigos	40	30	30					
Software básico de controle do SC_EDC finalizado.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase. Módulos de software validados. Nº de artigos			50	50				



Integração do subsistema SC_EDC ao sistema de controle na estação terrena.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.				30	30	40		
Documentação do sistema referente ao projeto de engenharia, processos, fabricação e testes disponível.	1	Nº de relatórios Técnicos. Valor executado de bolsas para a fase.							50	50

6.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (%)							
			Jun 2023	Jul 2023	Ago 2023	Set 2023	Out 2023	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024
1- Capacitação Tecnológica.	1	Projeto do modelo de engenharia do SCSB.	30	20	10	10	10	10	10	
2- Independência Tecnológica.	1	Domínio do ciclo de projeto de hardware e software da SCSB		20	10	10	15	15	15	15
3- Produção Intelectual	1	Número de artigos aceitos: 1. Relatórios Técnicos realizados: 1			20	20	20	20	10	10

6.5.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00



Total (R\$)	0,00
-------------	------

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

6.5.9 - Equipe do Projeto

Dr. Walter Abrahão dos Santos
Me. Marcus Vinicius Cisotto - Supervisor
Me. Auro Tikami
Me. Antonio Cassiano Julio Filho - Supervisor
Me. Lázaro Aparecido Pires de Camargo

6.5.10 - Referências Bibliográficas

[1] TIKAMI, A. Uma metodologia para re-engenharia de sistemas espaciais aplicada a um picossatélite. 2016. 395 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/05.16.17.22-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LMMJCH>>.

[2] RODRIGUEZ, J. E. O. Processo de referência para o desenvolvimento da arquitetura de uma estação terrena para pico e nanosatélites. 2016. 235 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/03.25.23.54-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LDAGLL>>.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Ground segment communication protocol. São José dos Campos, 1993. (INPE-AEIF-0004)



[4] The Raspberry Pi Foundation is a UK-based charity that works to put the power of computing and digital making into the hands of people all over the world. Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em 06 dec. 2019

[5] Curso Raspberry Pi – #14 – Python Básico, GPIO Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em 06 dec. 2019

[6] Julio Filho, A. C., "An Architecture for Dynamic Management of the Space Link Extension Protocol Services". 213 p. Dissertation (Master's degree in Space Systems Engineering and Management) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 2015.
URL:<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3HP2P7P> (accessed December 2019).



Projeto 6: PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS PARA O SETOR ESPACIAL

Subprojeto 6.6: Corrosão e tribocorrosão de materiais para aplicação aeroespacial

6.6.1 – Introdução

Desgaste e corrosão dos materiais são temas de constantes pesquisas que visam mitigar os efeitos deletérios destes processos, neste contexto, a engenharia de superfícies vem corroborar através do desenvolvimento de revestimentos e tratamentos de superfícies que aumentam a vida útil dos materiais nos diversos segmentos industriais tal como na indústria aeroespacial. Neste setor, a produção de aeronaves, satélites, foguetes, veículos lançadores e peças internas empregadas em seus subsistemas e sistemas devem satisfazer requisitos específicos determinados por normas internacionais de qualidade e garantia do produto. Para atender então a estes requisitos, o Laboratório de Tratamentos de Superfície da Coordenação de Manufatura, Montagem, Integração e Testes – COMIT vem trabalhando visando o processo de melhoria contínua de seus processos de tratamento e funcionalização de superfícies. Como mecanismos e dispositivos mecânicos necessitam ter suas características químicas e estruturais inalteradas para desempenhar a função para a qual foram projetados e produzidos é de suma importância explicar e prever o comportamento destes sistemas quando em suas condições de trabalho reais. Muitas vezes em tais condições os materiais estão sob a ação de processos de corrosão, de desgaste ou dos dois simultaneamente estabelecendo o assim o processo de tribocorrosão levando o material à perda de suas propriedades. Daí a motivação e para a realização desta pesquisa fundamentada na proteção de materiais, devido à necessidade do desenvolvimento de materiais mais resistentes para aplicações específicas. No presente projeto visamos o estudo do desempenho frente à corrosão e tribocorrosão de ligas de níquel depositadas em ligas de alumínio qualificadas e de ligas de alumínio anodizadas para uso destes materiais em aplicações aeroespaciais.

Este subprojeto consta no Projeto 8 “Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP número SEI 01340.003272/2021-14.

6.6.2 - Objetivo Geral

Objetivo Geral: Avaliação da resistência à corrosão e tribocorrosão de materiais para aplicação aeroespacial. Desenvolvimento de revestimentos funcionais e protetores através da realização de processos químicos de tratamentos de superfície, tais como a deposição de materiais metálicos e a anodização.

Este objetivo geral deste projeto, está em consonância ao Tema 2: Avaliação da Conformidade de Produtos Espaciais e atende ao:



Objetivo Específico 5: Desenvolver as tecnologias necessárias para as atividades de ensaios e inspeções para a qualificação de equipamentos elétricos e partes, materiais agregados e metálicos, segundo os requisitos de qualidade para aplicações espaciais.

6.6.3 - Insumos

6.6.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

6.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
6.6.1	Profissional formado em Química, Engenharia, Ciências ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Tribologia/ Materiais e Processos	5	D-B	8	1

6.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2023						2024
			Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.



Desenvolvimento de materiais e processos inovadores com Qualificação espacial.	5	Procedimentos elaborados; Relatórios elaborados.	X	X	X	X	X	X	X	X
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Metas							
	2023							2024
	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X
Anodização	X	X	X	-	-	-	-	-
Testes de corrosão	X	X	X	X	X	X	X	-
Ensaio de Tribocorrosão	X	X	X	-	-	-	-	-
Ensaio adicionais	-	-	-	X	X	X	X	X
Avaliação dos Resultados	-	X	X	X	X	X	X	X
Elaboração do relatório final	-	-	-	-	-	X	X	X

6.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas							
			2023						2024	
			Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.
Revestimentos resistentes à corrosão e tribocorrosão para aplicação aeroespacial.	5	Revestimentos testados para qualificação	X	X	X	X	X	X	X	X

6.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			2023						2024
			Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.



Revestimentos resistentes à corrosão e tribocorrosão para aplicação aeroespacial.	5	Revestimentos testados para qualificação	X	X	X	X	X	X	X	X
---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---

6.6.8 - Recursos Solicitados

Apresentar a totalidade de recursos solicitados para o Subprograma de Capacitação Institucional.

Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

6.6.9 - Equipe do Projeto

Graziela da Silva Savonov

Ana Beatriz Diogo



Projeto 7: CENTROS REGIONAIS DO INPE

Subprojeto 7.1: Avaliação dos algoritmos de classificação Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) e Artificial Neural Network (ANN) para imagens de satélites no monitoramento da supressão da cobertura vegetal

7.1.1 – Introdução

Diversos ciclos econômicos e de colonização se passaram e os biomas brasileiros vem sofrendo ao longo do tempo com a alteração do seu uso e cobertura.

Com o intuito de monitorar estas alterações, a realização de um primeiro levantamento experimental data de 1979 a partir da análise das imagens do satélite norte-americano Landsat ou similares (Tardin et al., 1979), e a partir de 1988 o mapeamento ser torna anual com a criação do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), o qual gera mapeamentos sistemáticos acompanhados de estimativas anuais da taxa de desmatamento na Amazônia Brasileira, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A pressão advinda da sociedade brasileira, de organizações e governos internacionais pela conservação da Amazônia incentivaram a necessidade de obter-se informações por meio do levantamento rápido de alertas de evidências de alteração da cobertura florestal, para dar suporte a fiscalização, sendo lançado também pelo INPE em maio de 2004 o DETER, o qual utilizava imagens do sensor MODIS a bordo do satélite TERRA, de observação diária e com resolução espacial de 250 metros, capaz de detectar apenas alterações na cobertura florestal com área maior que 25 hectares. Em resposta a mudança no padrão de desmatamento (áreas menores), foi gradualmente substituído por imagens de sensores ópticos do CBERS-4 e AWIFS do satélite IRS (resolução espacial de 64 e 56 m, respectivamente), capaz de mapear além de áreas de desmatamento com dimensão mínima de 6,25 ha, também degradações e áreas de exploração madeireira (Diniz et al., 2015). Com avanço das geociências está sendo desenvolvido em caráter experimental um aprimoramento deste sistema, chamado de DETER intenso, integrando dados ópticos e imagens do sensor SAR a bordo do satélite Sentinel 1 (banda C) em uma plataforma webgis sem a necessidade de download de imagens e de SIGs específicos.

Atualmente, a necessidade de conhecimento das formas de uso e cobertura da terra na Amazônia a sua qualificação de áreas anteriormente desflorestadas fornecidas pelo PRODES culminaram na realização do projeto Terra Class, o qual investiga os motivos e aponta as possíveis causas da derrubada das árvores, levando em consideração o mapeamento de classes ligadas à atividades econômicas deste bioma (Almeida et al., 2016), realizado pelo INPE em conjunto com a Embrapa.

Estes esforços advindos do acúmulo de conhecimento de monitoramentos em larga escala, especialmente da parceria entre o INPE e a Embrapa, e da necessidade de conhecimento de outros biomas fez com que iniciativas



inovadoras no monitoramento do Bioma Cerrado ganhassem com o uso de imagens de satélite Landsat-8 (Scaramuzza et al., 2017).

Iniciativas de monitoramento de mudanças na cobertura da terra em larga escala do bioma Caatinga também vem sendo realizadas (Beuchle et al., 2015) em uma proposta de monitoramento realizado ao longo de um período de 20 anos.

Em específico para o bioma pampa, em uma iniciativa financiada pelo Fundo Amazônia (<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>) como apoio a sistemas de monitoramento e controle do desmatamento em biomas afora a Floresta Amazônica, a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE) desenvolve metodologias de detecção de supressão da cobertura vegetal original em uma série histórica bienal para o período de 2000 (mapa base) a 2010 que serve de parâmetro para o cálculo do FREL (*Forest Reference Emission Level*).

Para o período de 2013-2020 os mapas anuais de áreas nativas alteradas tem como base um conjunto de imagens Landsat 8/OLI ou similares, na identificação de áreas de corte raso, ou seja, a retirada completa da cobertura vegetal nativa, maiores que 6,25 hectares (<http://biomas.funcate.org.br/projetos/pampa>) e servirão de base para as análises propostas neste projeto.

Em paralelo, em conjunto com a Fundação SOS Mata Atlântica o INPE monitora o desmatamento do bioma Mata Atlântica desde o ano de 1985 e de forma anual à partir de 2010, identifica remanescentes florestais em estágios primário, médio e avançado de regeneração com ao menos 3 ha de área contínua bem preservada, neste bioma essenciais à conservação da biodiversidade no longo prazo (www.inpe.br). Seguindo as diretrizes traçadas por Almeida et al. (2019) será realizado pela Coordenação Especial do Sul (COESU) do INPE o monitoramento da região sul para este bioma.

O monitoramento e as análises da cobertura vegetal por meio de aplicações do sensoriamento remoto (SR) aparecem como ações que se configuram importantes ferramentas para o levantamento das aceleradas mudanças que ocorrem na superfície terrestre. Entretanto, a operacionalização de técnicas de processamento, como as classificações de imagens, ainda necessita de estudos e testes para estimar suas eficácias, principalmente em função dos diferentes tipos de imagens disponíveis (ópticas, termais e/ou SAR - radar de abertura sintética e dados texturais e declividade). Este projeto objetiva a utilização de imagens orbitais ópticas e de radar (SAR - *Synthetic Aperture Radar*) para o aprimoramento, automatização e operacionalização do mapeamento anual dos biomas. Esta pesquisa parte da premissa de que imagens SRTM, e suas derivações, como rugosidade e declividade, integrados a imagens Sentinel 2 propiciarão uma melhoria na classificação do uso do solo.

Este subprojeto consta no Projeto 7 – CENTROS REGIONAIS DO INPE do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE e está vinculado ao TAP 9678609 - Monitoramento do bioma Pampa com sensoriamento remoto e geoprocessamento associado ao programa BIOMAS BR, disponível no processo SEI N° 01340.000685/2022-10.



7.1.2 - Objetivo Geral

Neste contexto das principais iniciativas de monitoramento realizadas, baseadas em alternativas técnicas e do avanço de plataformas de armazenamento, manipulação e controle espacial esta proposta de análise objetiva analisar e comparar o desempenho de dois algoritmos baseados em aprendizado de máquina: Random Forest (RF) e Support Vector Machine (SVM) e um de aprendizado profundo: Artificial Neural Network (ANN) na classificação de uso e cobertura da terra utilizando satélites óptico e de radar.

Objetivo Específico 1: Contribuir para a integração de novas tecnologias e ferramentas computacionais no programa de monitoramento dos biomas brasileiros.

Objetivo Específico 2: Gerar mapas temáticos de uso e cobertura da terra para área selecionada do bioma Mata Atlântica.

Objetivo Específico 3: Avaliar os resultados encontrados a partir de índices estatísticos de validação e de concordância entre as classes na matriz de confusão;

Objetivo Específico 4: Ordenar os resultados de acordo com a avaliação do desempenho desses algoritmos, através de técnicas matemáticas e estatísticas.

7.1.3 - Insumos

7.1.3.1 – Custeio

Descrever recursos de custeio destinados a diárias e passagens com o objetivo de:

- apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

7.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de	Objetivo	PCI	Meses	Quant
--------	--------------------------------	---------	----------	-----	-------	-------

		Experiência	Específico	categoria/ nível		
7.1.1	Profissional formado em Ciências Exatas, Computação ou da Terra, com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ou com grau de mestre	Ciências Exatas, Computação ou da Terra	1	D-C	8	1

7.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas 2023/2024	
			1 semestre	2 semestre
1. Pesquisar, acessar, processar e compor banco de dados.	1	Banco de dados, imagens de satélite	Construção do banco de dados e início do processamento	
2. Definição de classes de uso e cobertura da terra, coleta de amostras de treinamento.	2	Imagens de satélite e dados auxiliares TerraBrasilis	Gerar mapas de rugosidade e declividade Gerar índices de vegetação	
3. Gerar matrizes de erros e calcular métricas de validação.	3	Classificações concluídas		Definir pontos amostrais para validação
4. Comparar as classificações geradas e divulgar	4	Validações concluídas		Testes de hipóteses e início da redação de Artigo científico

7.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestres 2023/2024			
	1	2	3	4
Atividade 1	X			
Atividade 2		X	X	



Atividade 3			X	
Atividade 4				X

7.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas bimestres 2023/2024			
			1	2	3	4
Produto 1- Classificação de uso e cobertura da terra de área selecionada do bioma Mata Atlântica	1 a 4	Geração de mapas utilizando os classificadores RF, SVM e ANN	Formar banco de dados e classificar imagens	Classificações	Validações	Testes e início da redação de artigo científico

7.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas bimestres 2023/2024			
			1	2	3	4
Resultado 1 - Estabelecer metodologia para otimizar os mapas como auxílio para o monitoramento do bioma Mata Atlântica	1 a 4	Indicador 1 Divulgação dos resultados e avanços pela publicação de artigos científicos	Formar banco de dados e classificar imagens.	Classificações	Validações	Comparativo entre os classificadores e início da redação de artigo científico

7.1.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:



- a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;
- b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	8	1	27.040,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					27.040,00

7.1.9 - Equipe do Projeto

Dr. Igor, da Silva Narvaes; Dra. Tatiana Mora Kuplich; Dr. Cláudio Aparecido de Almeida.

7.1.10 - Referências Bibliográficas

Almeida, C. A. D.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C. G.; ... & Gomes, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, 46, p. 291-302. 2016.

Beuchle, R.; Grecchi, R. C.; Shimabukuro, Y. E.; Seliger, R.; Eva, H. D.; Sano, E.; Achard, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, 58, p. 116-127. 2015.

Braun, A.; Veci, L. **Sentinel-1 Toolbox** - SAR Basics Tutorial. 14p. 2021.

Disponível em: <http://step.esa.int/docs/tuto> **HYPERLINK**



["http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf"](http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf) [rial s/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf](http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf). Acesso: 18 de agosto de 2021.

Diniz, C. G.; de Almeida Souza, A. A.; Santos, D. C.; Dias, M. C.; da Luz, N. C.; de Moraes; D. R. V., ... & Adami, M. DETER-B: The new Amazon near real-time deforestation detection system. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, 8(7), p. 3619-3628. 2015.

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE).

Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros por Satélites. Mata Atlântica. Caatinga. Pampa. Pantanal. Disponível em:

<<http://biomas.funcate.org.br/projetos/pampa>>. Acesso: 18 de agosto de 2021.

Fundo Amazônia. "O Brasil cuida. O mundo apoia. Todos ganham". Disponível em: <<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>>. Acesso: 18 de agosto de 2021.

Goergen, L. C. D. G.; Kilca, R. D. V.; Narvaes, I. D. S.; Silva, M. N.; Silva, E. A.; Pereira, R. S.; Adami, M. Distinção de espécies de eucalipto de diferentes idades por meio de imagens TM/Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, p. 53-60. 2016.

Goergen, L. C. G., Narvaes, I. S., Adami, M. Estimation of wood volume of *Eucalyptus dunnii* and *urograndis* of different ages using TM/Landsat 5. **Ciência Florestal**, 31(2), p. 683-704. 2021.

Guimaraes, U. S., Galo, M. D. L. B. T., da Silva Narvaes, I., & da Silva, A. D. Q. Cosmo-SkyMed and TerraSAR-X datasets for geomorphological mapping in the eastern of Marajó Island, Amazon coast. **Geomorphology**, 350, p. 106934. 2020.

Martins, F. D. S. R. V.; dos Santos, J. R.; Galvão, L. S.; Xaud, H. A. M. Sensitivity of ALOS/PALSAR imagery to forest degradation by fire in northern Amazon. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 49, p. 163-174. 2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Coordenação Geral de Observação da Terra. Programa de Monitoramento da Amazônia e demais Biomas e Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE. Almeida et al., 2019. *Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros por Satélites: Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal – Relatório de Referência Metodológica dos Subprojetos 1 a 4 (versão 1)*. Disponível em:

<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/> ou <http://biomas.funcate.org.br/>

Narvaes, I. S. **Avaliação de dados SAR polarimétricos para a estimativa de biomassa em diferentes fitofisionomias de florestas tropicais**. 2010. Thesis (Remote Sensing) - INPE-MCTI.

Narvaes, I. D. S., dos Santos, J. R., & da Silva, A. D. Q. Analysis of structural parameters of forest typologies using L-band SAR data. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 16(3). 2010.

Paradella, W. R.; Mura, J. C.; Gama, F. F. **Monitoramento DinSAR para Mineração e Geotecnia**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. atual. ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.

Scaramuzza de Mattos, C. A.; Sano, E. E.; Adami, M.; Bolfe, E. L.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M., ... & Gustavo, B. S. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. **Revista Brasileira de Cartografia**, 69(6). 2017.



Silva, C. A.; Santilli, G.; Sano, E. E.; Rodrigues, S. W. P. Análise qualitativa do desmatamento na Floresta Amazônica a partir de sensores SAR, óptico e termal. **Anuário do Instituto de Geociências**, 42(4), p. 18-29. 2020.

Tardin, A. T.; Rodrigues, J. E.; Abdon, M. M.; Novaes, R. A.; Chen, S. C.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E.; Santos, A. P.; Lee, D. C. L.; Maia, F. C. S.; Mendonca, F. J.; Assuncao, G. V. **Levantamento de áreas de desmatamento na Amazônia Legal através de imagens do Satelite Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1979, 62p. (INPE-1411-NTE/142).

Jakimow, B., Griffiths, P., van der Linden, S., & Hostert, P. Mapping pasture management in the Brazilian Amazon from dense Landsat time series. **Remote Sensing of Environment**, 205, p. 453-468. 2018.



Projeto 7: Centros Regionais do INPE (Coordenação Espacial da Amazônia - COEAM)

Subprojeto 7.2: Projeto de Detecção de Degradação e Exploração Florestal em tempo quase real - DETER-B

7.2.1 – Introdução

O Centro Regional da Amazônia, atual Coordenação Espacial da Amazônia (COEAM), possui entre suas missões, o monitoramento por satélite da Amazônia Brasileira e o Projeto DETER-B está alinhado ao Projeto 7 – Centros Regionais do INPE do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, que tem como meta realizar pesquisa e desenvolvimento tecnológico para: atuar na modernização do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA) por satélites; Engenharia Espacial para nanossatélites; Computação Científica, Clima Espacial, Previsão do Tempo e Sensoriamento Remoto para as regiões da caatinga, pampas, amazônica e Antártida.

O Projeto DETER-B surgiu a partir observação na alteração do padrão de desmatamento na Amazônia. Atualmente, a maior parte dos polígonos de desmatamento mapeado pelo PRODES possui área unitária menor que 25 hectares. O projeto DETER-A, surgido em 2004, utiliza imagem do sensor MODIS com 250 metros de resolução espacial e não é capaz de detectar com detalhe este padrão de desmatamento. Desenvolvido no Centro Regional da Amazônia, o projeto DETER-B veio para preencher esta demanda, uma vez que identifica e mapeia, em tempo quase real, desmatamentos e demais alterações na cobertura florestal com área mínima próxima a 1 ha.

São utilizadas imagens dos sensores WFI, do satélite CBERS-4 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) e AWiFS, do satélite IRS (*Indian Remote Sensing Satellite*), com 64 e 56 metros de resolução espacial, respectivamente. Os dados são enviados diariamente ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e existe um acordo de cooperação técnica assinado entre MCTIC/INPE e MMA/IBAMA (ACT N°24/2014) que expõe a importância e necessidade da geração deste tipo de informação para a fiscalização de ilegalidades. A identificação do padrão de alteração da cobertura florestal é feita por interpretação visual com base em cinco elementos principais (cor, tonalidade, textura, forma e contexto) e utiliza a técnica de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), conjuntamente com sua imagem multiespectral em composição colorida para mapear as seguintes classes: desmatamento, degradação, mineração, cicatriz de incêndio e corte seletivo.

O desenvolvimento deste projeto PCI permitirá melhorias metodológicas e manutenção do compromissos institucionais, principalmente vinculados aos objetivos de evitar o desmatamento ilegal na região amazônica.

7.2.2 - Objetivo Geral



Projeto de Detecção de Alertas de Degradação e Exploração Florestal em tempo quase real - DETER-B

Objetivo Específico 1:

- Realização de pesquisa bibliográfica sobre automatização de procedimentos metodológicos para geração de dados do projeto DETER-B e projetos similares;

Objetivo Específico 2:

- Execução de teste de metodologia automatizada para detecção de classes do projeto DETER-B em área piloto na Amazônia Legal.

7.2.3 - Insumos

7.2.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Trabalho de campo	30 Diárias	9.600,00
Eventos, capacitação	Passagens	7.000,00

7.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
7.2.1	Profissional com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior na área de Geociências ou afins ou com grau de mestre	Conhecimentos em Sistema de Informação Geográfica, Banco de dados e interpretação de imagens de satélite	1 e 2	D-C	8	1

7.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Pesquisar rotinas de processamento de dados do DETER-B no monitoramento da cobertura florestal	1	Rotinas pesquisadas	Definição de 1 (uma) rotina consolidada cientificamente	
Testar a metodologia de monitoramento da cobertura florestal	1, 2	Número de testes realizados para consolidação da metodologia		Realização de teste para área-piloto na Amz Legal

7.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2023							2024
	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan
Pesquisar e Estabelecer rotinas de processamento de dados do DETER-B no monitoramento da cobertura florestal								
Testar a metodologia de monitoramento da cobertura florestal								

7.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Pesquisa sobre Metodologia automatizada para detecção das classes DETER-B	1, 2	Relatório técnico-científico	1	
Realizar testes metodológicos para detecção de classes DETER-B de forma mais automatizada	1, 2	Relatório técnico-científico		1

7.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo	Indicadores	Metas
------------	----------	-------------	-------



	Específico		2023	2024
Revisão bibliográfica de metodologia de mapeamento das classes DETER-B de forma automatizada	1, 2	Relatório técnico-científico	1	
Definição de metodologia automatizada para detecção de classes DETER-B	1, 2	Relatório técnico-científico		1

7.2.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
30 Diárias	9.600,00
Passagens	7.000,00
Total (R\$)	16.600,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	8	1	27.040,00
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					27.040,00

7.2.9 - Equipe do Projeto

Dra. Alessandra Rodrigues Gomes

Dr. Marcos Adami

7.2.10 - Referências Bibliográficas

DINIZ, C.G. ; SOUZA, A.A.A. ; SANTOS, D.C. ; DIAS, M.c. ; LUZ, N.C. ; MORAES, D.R.V. ; MAIA, J.S. ; **GOMES, A.R.** ; NARVAES, I. S. ; VALERIANO,



D.M. ; MAURANO, L.E.P. ; ADAMI, M. . DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 8, p. 3619-3628, 2015.

Escada, M. I. S.; Maurano, L. E; Rennó, C. Dom; Amaral, S.; Valeriano, D. M., 2011. Avaliação de dados dos Sistemas de Alerta da Amazônia: DETER e SAD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), Curitiba. Anais.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008. Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites. Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf>

Shimada, M. ALOS Handbook. In: . Earth Observation Research Center, JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency, 2007. Disponível em: <<http://eroc.jaxa.jp/ALOS/doc/>>.



Projeto 7: Centros Regionais do INPE

Subprojeto 7.3: Desenvolvimento e aperfeiçoamento do Coletor de Dados Ambientais (*Environmental Data Collector - EDC*) para nanossatélites padrão *CubeSat* do Projeto CONASAT

7.3.1 - Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 7 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Ele tem como meta realizar pesquisa e desenvolvimento tecnológico para: realizar a modernização do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA) por satélites; Engenharia Espacial para nanossatélites; Computação Científica, Clima Espacial, Previsão do Tempo e Sensoriamento Remoto para as regiões da caatinga, pampas, amazônica e Antártida.

A Coordenação Espacial do Nordeste (COENE), antigo Centro Regional do Nordeste (CRN), com sede em Natal/RN, coordena e opera o Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA), que visa atender demandas e necessidades de uso de dados ambientais. Esse sistema faz parte do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA), que, atualmente, é composto também pela rede de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) distribuídas pelo território brasileiro, pelas Estações de Recepção de Alcântara e de Cuiabá e pelos satélites SCD-1, SCD-2, e CBERS-4 e CBERS-4A. Esses satélites são equipados com uma tecnologia analógica, o Transponder de Coleta de Dados (*Data Collection Transponder - DCS*).

Os satélites SCD-1 e SCD-2 estão em operação além da vida útil, acarretando uma possibilidade de falha e descontinuidade do serviço. Assim, está em desenvolvimento no COENE o projeto CONASAT, que consiste na criação de uma constelação de nanossatélites, que possa substituir as funções que hoje são realizadas pelos satélites SCD-1 e SCD-2. Os nanossatélites do projeto CONASAT são baseados no padrão *CubeSat*.

Os nanossatélites CONASAT-0 e CONASAT-1 serão do padrão *CubeSat* 1U. A carga útil desses satélites é Coletor de Dados Ambientais (*Environmental Data Collector - EDC*).

O EDC é um receptor e representa uma solução tecnológica compatível com o padrão *CubeSat* que moderniza o DCS e viabiliza a continuidade dos serviços prestados pelo SBCDA do INPE capaz de decodificar sinais de PCDs pertencentes ao SBCDA e do sistema Argos-2. O EDC possui as seguintes características:

- Recepção/decodificação de sinais na faixa de frequência 401,635 MHz \pm 30 kHz;
- Decodifica até 12 sinais de PCDs simultaneamente;
- Às mensagens de PCDs decodificadas são acrescentados um cabeçalho com informações de frequência, horário, e intensidade do sinal;



- Comunicação por I2C interface (400 kbit/s) com o Computador de Bordo (On-Board Computer - OBC) da plataforma do satélite;
- Interface RS-485 full-duplex com fail-safe com OBC da plataforma do satélite;
- Tensão de alimentação 5 V;
- Memória local de armazenamento para até 64 mensagens decodificadas;
- Gera as seguintes informações de saúde (*housekeeping*): current supply, board temperature, digitized signal RMS level, front-end PCD synchronism state, and overcurrent events;
- Capaz de capturar, sob demanda, uma sequência de 2048 amostras (janela de 16 ms) do sinal recebido.

Apesar de o EDC está bem estável em sua versão 1.3, há a necessidade de se adequar a novos desafios com o objetivo de o EDC se tornar cada vez mais uma carga útil independente da plataforma *CubeSat*.

Neste sentido, há melhoramentos a serem feitos na cadeia de radiofrequência (RF) como medida de proteção contra sinais interferentes de alta potência na mesma faixa de recepção do EDC.

Portanto, há a demanda atual de projetar e desenvolver uma nova cadeia de RF na qual um medidor de potência de RF será o responsável por desligar os amplificadores de baixo ruído (LNA) por meio de uma chave, conservando as características, requisitos e especificações da versão atual e mantendo a retrocompatibilidade.

O estágio de RF de um receptor geralmente inclui um amplificador de baixo ruído (LNA) que amplifica o sinal de entrada fraco da antena antes que ele seja enviado para o próximo estágio do receptor. Um medidor de potência pode ser usado para desligar o LNA quando o sinal de entrada for muito forte, a fim de evitar danos ao circuito e distorção do sinal.

O circuito de controle para desligar o LNA quando a potência de entrada do sinal exceder o limite definido pode ser feito cortando a alimentação de energia para o LNA, abrindo um circuito de chaveamento, ou usando um circuito de proteção de baixo ruído.

Em particular, o circuito de proteção de baixo ruído é um circuito eletrônico que é projetado para proteger um LNA de danos causados por sinais de entrada muito fortes, mantendo a distorção e o ruído adicionais ao mínimo. Esse tipo de circuito é especialmente importante em aplicações de recepção sensíveis, onde o LNA é usado para amplificar sinais de entrada muito fracos.

O circuito de proteção de baixo ruído é composto por vários componentes eletrônicos, como diodos, transistores e capacitores, e é projetado para limitar a



potência de entrada do sinal que chega ao LNA, evitando que o LNA seja sobrecarregado e danificado. O circuito de proteção geralmente opera cortando a alimentação de energia para o LNA, abrindo um circuito de chaveamento ou usando um circuito de atenuação.

A proteção do LNA é uma consideração crítica em projetos de comunicação sem fio, onde a amplificação de baixo ruído é necessária para maximizar a sensibilidade e a precisão do receptor. Circuitos de proteção de baixo ruído são amplamente utilizados em receptores de rádio, receptores de televisão, receptores GPS, sistemas de comunicação por satélite e outros dispositivos de recepção de sinais de baixo nível.

Por outro lado, avançando mais ainda na questão de o EDC se tornar uma carga útil independente da plataforma *CubeSat*, há a necessidade da integração do FPGA diretamente na placa do EDC sem o módulo mezanino, exigindo um esforço maior quanto às adaptações a serem feitas na placa do EDC.

Por fim, para atender as expectativas futuras do *Global Open coLlecting Data System* (GOLDS), que é uma evolução do SBCDA e tem como característica ser um sistema de encaminhamento de mensagem por satélite com cobertura global restrito a aplicações envolvendo monitoramento ambiental e proteção da vida humana, e operado pelo INPE, há a necessidade da inclusão de um transmissor na placa do EDC. Neste caso, o desenvolvimento da nova placa do EDC será um grande desafio e objetivo a ser alcançado.

Dado o tempo reduzido da bolsa, esta proposta tem o propósito de cobrir somente os melhoramentos da cadeia de RF.

7.3.2 - Objetivo Geral

Realizar pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica para aprimoramento da cadeia de RF do EDC a fim de implementar medidas de proteção contra sinais interferentes de alta potência na mesma faixa de recepção do EDC.

Objetivo Específico 1: Realizar estudo preliminar quanto à melhor escolha para o medidor de potência de RF e os componentes que farão parte do circuito de proteção de baixo ruído responsável por desligar os LNAs.

Objetivo Específico 2: Realizar estudo preliminar quanto à melhor forma de desligar os LNAs da cadeia de RF sem deligar o regulador de tensão que alimenta todos os componentes do estágio de RF.

Objetivo Específico 3: Realizar estudo preliminar quanto à melhor alternativa para alterar o mínimo possível a cadeia de RF da atual versão 1.3 do EDC e implementar o medidor de potência de RF e formas de desligar os LNAs sem interromper ao funcionamento do regulador de tensão que alimenta todos os componentes do estágio de RF.



Objetivo Específico 4: Projetar a PCB (*Printed Circuit Board*) e simular a nova cadeia de RF do EDC que atenda aos requisitos de projeto especificados nos objetivos específicos anteriores.

Objetivo Específico 5: Especificar os requisitos e os parâmetros para confecção e fabricação da PCB e da PCBA (*Printed Circuit Board Assembly*) da nova cadeia de RF do EDC que atenda os objetivos específicos anteriores.

Objetivo Específico 6: Fabricar PCBA com nova cadeia de RF do EDC que atenda os objetivos específicos anteriores.

Objetivo Específico 7: Realizar testes de desempenho da PCBA com nova cadeia de RF do EDC.

Os objetivos específicos 6 e 7 só serão possíveis se houver recursos para fabricar por meios próprios ou para contratar a fabricação das PCBAs.

7.3.3 - Insumos

7.3.3.1 - Custeio

Finalidade	Item de Custeio	Valor (R\$)
—	—	—

7.3.3.2 - Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
7.3.1	Profissional com graduação em Engenharia Elétrica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Experiência em projetar e desenvolver <i>hardware</i> contendo circuitos digitais e de radiofrequência (RF).	de 1 a 7	DD	8	1

7.3.4 - Atividades de Execução



Atividades	Objetivo Específico	Indicador	Metas							
			2023						2024	
			jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan
Estudo preliminar da cadeia de RF do EDC	1, 2 e 3	Estudo preliminar	Estudo preliminar							
Elaboração do projeto e simulação da PCB da cadeia de RF do EDC	4	Projeto e simulação	Projeto							
			Simulação							
Especificação dos requisitos e parâmetros para fabricação da PCB do EDC	5	Requisitos e parâmetros	Requisitos e parâmetros para fabricação							
Fabricação da PCBA do EDC	6	Protótipos					Protótipos			
Testes de desempenho da cadeia de RF do EDC	7	Relatório					Testes			
Submissão de artigos em revistas e periódicos	de 1 a 7	Artigo						Submissão de pre-print do artigo		

7.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses							
	2023							2024
	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan
Estudo preliminar para atender os objetivos específicos de 1 a 3								

Elaboração do projeto da PCB da cadeia de RF do EDC								
Simulação do projeto da PCB da cadeia de RF do EDC								
Especificação dos requisitos e parâmetros para fabricação da PCB do EDC com a nova cadeia de RF								
Fabricação da PCBA do EDC com a nova cadeia de RF								
Testes de desempenho da nova cadeia de RF do EDC								
Submissão de artigos em revistas e periódicos								

7.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicador	Metas							
			2023							2024
			jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan
Estudo preliminar da cadeia de RF do EDC	1, 2 e 3	Estudo preliminar	Estudo preliminar							
Elaboração do projeto e simulação da PCB da cadeia de RF do EDC	4	Projeto e simulação	Projeto							
			Simulação							
Especificação dos requisitos e parâmetros	5	Requisitos e parâmetros	Requisitos e parâmetros para fabricação							



para fabricação da PCB do EDC										
Fabricação da PCBA do EDC	6	Protótipos					Protótipos			
Testes de desempenho da cadeia de RF do EDC	7	Relatório					Testes			
Submissão de artigos em revistas e periódicos	de 1 a 7	Artigo						Submissão de pre-print do artigo		

7.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicador	Metas								
			2023							2024	
			jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	
Protótipos de PCBA do EDC com a nova cadeia de RF e	de 1 a 7	Protótipos							Protótipos		

7.3.8 - Recursos Solicitados

7.3.8.1 - Custeio

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	—
Passagens	—
Total (R\$)	—

7.3.8.2 - Bolsas

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
-----	------------------	-------------------	-------	------------	-------------



PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

7.3.9 - Equipe do Projeto

Manoel Jozeane Mafra de Carvalho
Marco Aurélio Nunes da Silva
Francisco Bianor Souza de Medeiros
Thaís Milla Simão Araújo



Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas para a Metrologia Espacial do INPE.

Subprojeto 8.1: Desenvolvimento de método para calibração de microfones padrão de trabalho por comparação de pressão

8.1.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI nº 01340.004161/2021-17.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sendo o principal órgão civil responsável pelo desenvolvimento das atividades espaciais no país. Sua missão é contribuir para que a sociedade brasileira possa usufruir dos benefícios propiciados pelo contínuo desenvolvimento das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e Clima e da Engenharia e Tecnologia Espacial.

O INPE desenvolve atividades específicas de qualificação de produtos que exigem alto grau de confiabilidade, previsões meteorológicas, relatórios especializados, monitoramento de queimadas e desmatamentos, ensaios em produtos espaciais e satélites, entre outras.

De acordo com seus objetivos estratégicos, Coordenação de Manufatura Integração e Testes, COMIT / INPE atua para capacitar o Laboratório de Integração e Testes (LIT), uma das principais áreas do INPE, para atender às atividades requeridas pelos satélites brasileiros. Neste contexto, no LIT, local onde o presente projeto será implantado, estão reunidos dentro de uma mesma instalação, todos os meios fundamentais para a sequência completa de montagem, integração e ensaios de satélites. Isso facilita a organização das operações, evitando problemas logísticos e deslocamentos por grandes distâncias. No LIT melhorias estão sendo implementadas com objetivando incrementos em capacidades, para qualificar testes e ensaios de satélites de maior porte (i.e. satélites de até sete toneladas), e maior complexidade tecnológica, categoria, onde se enquadram satélites para aplicações em sistemas de telecomunicações por exemplo, e outros como os aplicados para monitoramento ambiental. Melhorias que consequentemente proverão modernizações também para avanços em ensaios e testes de satélites com arquiteturas baseadas em nano-satélites e pico-satélites para aplicações científicas, educacionais e mesmo de uso privado.

Neste cenário, por meio de desenvolvimento e pesquisa aplicada, a Metrologia Espacial vinculada a COMIT, dentro de suas competências, busca prover as melhores soluções em seus serviços visando o melhoramento contínuo de seus sistemas e padrões. Uma das principais missões atribuídas à área de Metrologia Espacial da COMIT é manter a rastreabilidade de grandezas e medidas associadas ao contexto espacial do INPE [1,2]. Com este propósito, a área está organizada atualmente na forma de quatro laboratórios distintos, a saber: Laboratório de Metrologia Física (MTF), Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR) e Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE). Constitui-se, portanto de um conjunto de laboratórios que estão aptos a prover soluções em ensaios e



calibrações de grandezas padrões, frente às demandas de rastreabilidade de diversos tipos de mensurando e seus artefatos, associados aos testes de satélites e produtos espaciais da COMIT.

Atualmente a COMIT mantém seus laboratórios de metrologia acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) sob o nº 0022 (calibração) nas áreas de elétrica, física e mecânica. Tal acreditação reconhece sua competência para realizar calibrações desde 1991, além de assegurar a confiabilidade das medições e ensaios realizados [3]. Complementarmente, os laboratórios de metrologia são reconhecidos pelo ILAC - *International Laboratory Accreditation Cooperation* nas grandezas: eletricidade, tempo e frequência, telecomunicações, dimensional, massa, força e torque, pressão (vácuo), vibração, acústica, temperatura e umidade.

O projeto de Desenvolvimento de método para calibração de microfones padrão de trabalho por comparação de pressão, objetiva habilitar o Laboratório de Metrologia Física (MTF) à atender os requisitos de calibração de microfones, conforme a norma IEC 61094-5 [4]. Os benefícios do projeto contemplam a ampliação e modernização do escopo de calibrações da área nas grandezas de acústica e vibrações, atendendo as demandas por calibração de sensores e sistemas associados aos testes ambientais de satélites executados no *Hall* de testes do LIT.

8.1.2 - Objetivo Geral

Beneficiar e possibilitar ao país o acesso a uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais.

Atender a necessidade do programa espacial brasileiro e melhorar a capacidade de medição em grandezas ambientais da Área de Metrologia Espacial da COMIT.

Objetivos específicos (OE)

Objetivo Específico 1

Revisão bibliográfica de métodos aplicados à calibração de microfones por comparação de pressão.

Objetivo Específico 2

Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em calibração de grandezas físicas.

Objetivo Específico 3

Definição de método(s) para calibração de microfones por comparação de pressão para aplicação no projeto.

Objetivo Específico 4

Teste(s) e validação do(s) método(s) selecionado(s).



Objetivo Específico 5

Elaboração de procedimento preliminar de calibração de microfones por comparação de pressão.

Objetivo Específico 6

Documentação geral da atividade realizada.

8.1.3 - Insumos

8.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	0,00

8.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
8.1.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Engenharia Mecânica, Mecatrônica, Controle e Automação ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Profissional com diploma de nível superior e experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	1, 2, 3, 4, 5 e 6	D-D	08	1

8.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica de métodos aplicados à calibração de microfones por comparação de pressão.	1	Revisão bibliográfica de métodos realizada.	X	

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em calibração de grandezas físicas.	2	Habilitação técnica /experimental evidenciada.	X	X
Definição de método(s) para calibração de microfones por comparação de pressão para aplicação no projeto.	3	Método(s) definido(s).	X	
Teste(s) e validação do(s) método(s) selecionado(s).	4	Testes e validação evidenciados.	X	
Elaboração de procedimento preliminar de calibração de microfones por comparação de pressão.	5	Procedimento preliminar de calibração realizado.	X	X
Documentação geral da atividade realizada.	6	Relatório.	X	X

8.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica de métodos aplicados à calibração de microfones por comparação de pressão.	X	X		
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em calibração de grandezas físicas.		X	X	
Definição de método(s) para calibração de microfones por comparação de pressão para aplicação no projeto.		X		
Teste(s) e validação do(s) método(s) selecionado(s).		X		



Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Elaboração de procedimento preliminar de calibração de microfones por comparação de pressão.		X	X	
Documentação geral da atividade realizada.		X	X	

8.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica com ênfase em de métodos aplicados para calibração de microfones por comparação de pressão desenvolvida.	1	Revisão concluída.	X	
Bolsista capacitado/habilitado o atividades de interesse da área de metrologia, com ênfase em calibração de grandezas físicas.	2	Atividades habilitadoras executadas e evidenciadas.	X	X
Definição de método(s) para calibração de microfones por comparação de pressão para aplicação no projeto, evidenciados.	3	Método(s) selecionado(s).	X	
Teste(s) e validação do(s) método(s) selecionado(s).	4	Testes e validações evidenciadas.	X	



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Procedimento preliminar de calibração de microfones por comparação de pressão desenvolvido.	5	Procedimento preliminar concluído.	X	X
Documentação geral da atividade realizada.	6	Relatório elaborado.	X	X

8.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão de métodos realizada	1	Informações bibliográficas elaboradas.	X	
Capacitação/habilitação em atividades de interesse da área de metrologia / realizadas.	2	Capacitações/habilitações evidenciadas.	X	X
Método(s) implementado(s).	3	Método aplicado a problemática proposta.	X	
Testes e validações concluídas	4	Estudos realizados.	X	
Procedimento preliminar desenvolvido.	5	Procedimento preliminar validado	X	X
Relatório concluído.	6	Relatório elaborado.	X	X

8.1.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	-
Passagens	-
Total (R\$)	-



Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	08	1	22.880,00
Total (R\$)					22.880,00

8.1.9 - Equipe do Projeto

Bolsista modalidade PCI-DD;

Joniel Rodrigues de Oliveira (Equipe técnica MTF);

Leandro Lessa Candido Nascimento (Equipe técnica MTF);

Liangrid Lutiani da Silva (Bolsista PCI);

Ricardo Suterio (Supervisor).

Rodrigo dos Santos Nascimento (Equipe técnica MTF);

8.1.10 - Referências Bibliográficas

[1] A. R. de S. Armando Albertazzi G. Junior, *Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial*. Editora Manole, 2017.

[2] P. P. N. do R. Alexandre Mendes, *Metrologia e Incerteza de Medição - Conceitos e Aplicações*, 1ª edição. LTC, 2019.

[3] ISO/IEC, "ISO/IEC 17025:2017 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories," *International Standard Organization - ISO & International Electromagnetic Commission - IEC*. ISO/IEC, 2017.

[4] IEC, "IEC 61094-5 Ed. 2.0 b:2016 – Electroacoustics - Measurement Microphones - Part 5: Methods For Pressure Calibration Of Working Standard Microphones By Comparison," IEC -International Electrotechnical Commission, 2016.

[5] Casa Civil da Presidência da República e IPEA, *Avaliação de Políticas Públicas - Guia prático de análise ex ante Volume 1*, 1st ed. Brasília: IPEA, 2018.



Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas para a Metrologia Espacial do INPE

Subprojeto 8.2: Desenvolvimento de medição e calibração de grandezas de massa para aplicações em artefatos de uso espacial e objetos de uso geral

8.2.1 – Introdução

Este tópico consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI nº 01340.004161/2021-17.

A Metrologia Espacial vinculada a Coordenação de Manufatura Integração e Testes (COMIT / INPE) constitui-se de um conjunto de laboratórios que estão aptos a prover soluções em ensaios e calibrações de grandezas padrões, frente às demandas de rastreabilidade de diversos tipos de mensurando e seus artefatos, associados aos testes de satélites e produtos espaciais da COMIT. Por meio de desenvolvimento e pesquisa aplicada, a Metrologia Espacial dentro de suas competências, busca prover as melhores soluções em seus serviços visando o melhoramento contínuo de seus sistemas e padrões, os quais encontram aplicações diversas na calibração de sensores, instrumentos e sistemas interrogadores / medidores, de uso espacial, dentre outras diversas aplicações. Atualmente a COMIT mantém seus laboratórios de metrologia acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) sob o nº 0022 (calibração) nas áreas de elétrica, física e mecânica. Tal acreditação reconhece sua competência para realizar calibrações desde 1991, além de assegurar a confiabilidade das medições e ensaios realizados [1]. É de evidência ainda, que os laboratórios de metrologia são reconhecidos pelo ILAC - *International Laboratory Accreditation Cooperation* nas grandezas: eletricidade, tempo e frequência, telecomunicações, dimensional, massa, força e torque, pressão (vácuo), vibração, acústica, temperatura e umidade. Atendendo a esse relevante número de competências a Metrologia Espacial da COMIT está organizada atualmente na forma de quatro laboratórios distintos, a saber: Laboratório de Metrologia Física (MTF), Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR) e Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE).

O presente projeto é uma demanda do Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), área responsável pela calibração de equipamentos, sistemas e artefatos que se caracterizam pela manipulação direta e/ou indireta de grandezas de massa, dimensionais, força e torque. O Laboratório MTM atende prioritariamente às demandas do Laboratório de Integração e Testes (LIT) da COMIT, bem como os diversos departamentos e laboratórios do INPE. O MTM ainda disponibiliza suas competências para o atendimento de demandas oriundas da sociedade brasileira, a exemplo de setores chave para o desenvolvimento nacional, como setor aeroespacial brasileiro, com destaque para o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), além de outras instituições de pesquisa e indústrias.

O projeto consiste no desenvolvimento de medição e calibração de grandezas de massa para aplicações em artefatos de uso espacial e objetos de



uso geral [2][3], e incluem inferências em sistemas de medição de massa de precisão, bem como em dinamômetros para movimentação de cargas [4,5].

Neste contexto, o presente projeto atende necessidades de melhoria e aplicação de escopo de calibrações de grandezas mecânicas, necessárias para o pleno entendimento por calibrações de artefatos e sistemas de medição utilizados no Laboratório de Integração e *Hall* de Testes de Satélites da COMIT. Conseqüentemente, tal desenvolvimento propiciará novas capacidades de serviços de calibração de sistemas espaciais, com potencial para atender também demandas oriundas da sociedade brasileira de modo geral.

8.2.2 - Objetivo Geral

Beneficiar e possibilitar ao país acesso a uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais.

Atender a necessidade do programa espacial brasileiro e melhorar a capacidade de medição em grandezas mecânicas na Área de Metrologia Espacial da COMIT.

Objetivos específicos (OE)

Objetivo Específico 1

Revisão bibliográfica de métodos aplicados à medição e calibração de massa.

Objetivo Específico 2

Definição de método(s) para calibração de grandezas mecânicas na disciplina de medição de massa.

Objetivo Específico 3

Definição de sistemas/artefatos para composição de *setup* de medição e calibração proposto.

Objetivo Específico 4

Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).

Objetivo Específico 5

Elaboração de procedimento para calibração de medidas de massa.

Objetivo Específico 6

Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas mecânicas.

Objetivo Específico 7

Documentação geral da atividade realizada.



8.2.3 - Insumos

8.2.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	0,00

8.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
8.2.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Engenharia Mecânica, Mecatrônica, Controle e Automação ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Profissional com diploma de nível superior e experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	D-D	08	1

8.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica de métodos aplicados à medição e calibração de massa.	1	Revisão bibliográfica realizada.	X	
Definição de método(s) para calibração de grandezas mecânicas na disciplina de medição de massa.	2	Método(s) selecionado(s).	X	
Definição de sistemas/artefatos para composição de <i>setup</i> de medição e calibração proposto.	3	Definição e requisitos estabelecidos.	X	
Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).	4	Teste(s) e validações evidenciadas.	X	

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Elaboração de procedimento para calibração de medidas de massa.	5	Procedimento de calibração realizado.	X	
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas mecânicas.	6	Habilitação técnica /experimental evidenciada.	X	X
Documentação geral da atividade realizada.	7	Relatório	X	X

8.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica de métodos aplicados à medição e calibração de massa.	X	X		
Definição de método(s) para calibração de grandezas mecânicas na disciplina de medição de massa.		X		
Definição de sistemas/artefatos para composição de <i>setup</i> de calibração proposto.		X		
Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).		X		
Elaboração de procedimento para medição e calibração de medidas de massa.		X		
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em calibração de grandezas mecânicas.		X	X	
Documentação geral da atividade realizada.		X	X	

8.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica concluída.	1	Revisão concluída.	X	
Método(s) evidenciado(s).	2	Método(s) selecionado(s).	X	
Composição de <i>setup</i> de medição e calibração proposto.	3	Artefatos e sistemas estabelecidos e requisitos definidos.	X	
Teste(s) e validação conceitual e/ou experimental do(s) método(s) selecionado(s).	4	Testes e validação realizados.	X	
Procedimento para medição e calibração realizado.	5	Procedimento implementado.	X	
Bolsista capacitado/habilitado atividades de interesse da área de metrologia, com ênfase em calibração de grandezas mecânicas.	6	Atividades habilitadoras executadas e evidenciadas.	X	X
Documentação geral da atividade realizada.	7	Relatório.	X	X

8.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão de métodos realizada.	1	Informações bibliográficas definidas.	X	
Método(s) passíveis de aplicação definido(s).	2	Método(s) determinado(s).	X	
<i>Setup</i> proposto para medição e calibração apresentado.	3	Equipamentos definidos e requisitos apresentados.	X	
Testes e validação conceitual e/ou experimental concluído(s).	4	Estudo(s) executado(s).	X	
Procedimento desenvolvido	5	Procedimento validado	X	
Capacitação/habilitação em atividades de interesse da área de metrologia / realizadas.	6	Capacitações/habilitações evidenciadas.	X	X
Relatório concluído	7	Relatório elaborado.	X	X



8.2.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	-
Passagens	-
Total (R\$)	-

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	08	1	22.880,00
Total (R\$)					22.880,00

8.2.9 - Equipe do Projeto

Bolsista modalidade PCI-DD;

Dianne Cristina Rodrigues (Equipe técnica MTM);

Liangrid Lutiani da Silva (Bolsista PCI);

Ricardo Suterio (Supervisor).

8.2.10 - Referências Bibliográficas

[1] ISO/IEC, "ISO/IEC 17025:2017 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories," *International Standard Organization - ISO & International Electromagnetic Commission - IEC*. ISO/IEC, 2017.

[2] A. R. de S. Armando Albertazzi G. Junior, *Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial*. Editora Manole, 2017.

[3] P. P. N. do R. Alexandre Mendes, *Metrologia e Incerteza de Medição - Conceitos e Aplicações*, 1ª edição. LTC, 2019.

[4] R. k. Rajput, *Mechanical Measurement & Instrumentation*, Softcover. s. k. kataria, 2013.

[5] N. V. Raghavendra and L. Krishnamurthy, *Engineering Metrology and Measurements*. New Delhi, India: Oxford University Press, 2013.

[6] Casa Civil da Presidência da República and IPEA, *Avaliação de Políticas Públicas - Guia prático de análise ex ante Volume 1*, 1st ed. Brasília: IPEA, 2018.



Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias e Projetos para Montagem, Integração e Testes de Satélites

Subprojeto 8.3: Especificação do Sistema de Software e das Plataformas de Desenvolvimento para o Sistema de Aquisição de Dados Usando IoT e Soc

8.3.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 444327/2018-5, disponível na página do INPE. TAP 01340003609/2021-85.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sendo responsável pelo desenvolvimento das atividades espaciais no país. Sua missão é contribuir para que a sociedade brasileira possa usufruir dos benefícios propiciados pelo contínuo desenvolvimento das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e Clima e da Engenharia e Tecnologia Espacial.

O Laboratório de Integração e Testes (LIT) desenvolve e/ou participa de um conjunto de complexos programas espaciais, assumindo a responsabilidade direta ou indireta de realizar a etapa de Montagem, Integração e Testes dos sistemas em desenvolvimento. Para tanto, necessita desenvolver capacidades para executar as tarefas sob sua responsabilidade para programas de complexidade crescente, sob risco de obsolescência.

Conforme o projeto institucional, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016 – 2019 aponta 11 áreas estratégicas, entre elas a aeroespacial e defesa e define entres suas estratégias associadas:

- “Fomentar a pesquisa e desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, visando à criação e fabricação de sistemas espaciais completos de satélites e veículos lançadores e desenvolver tecnologias de guiamento, sobretudo inerciais e tecnologias de propulsão líquida”.
- “Implantar e atualizar a infraestrutura espacial básica (laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, centros de lançamento e centros de operação e controle de satélites) e as defesa (laboratórios de pesquisa e desenvolvimento das Forças Armadas)”.

Observa-se que o objetivo geral, conforme o projeto institucional, do projeto PCI para o LIT é garantir e manter a capacitação de todas as áreas de atuação do laboratório para a avaliação de conformidade dos produtos da área espacial e, em destaque os seguintes objetivos específicos para este projeto:

- Objetivo Especifico (1): Desenvolver as tecnologias necessárias para as atividades de Montagem, Integração e Testes, em função dos programas espaciais no INPE, incluindo pintura, colagem, revestimentos térmicos, soldagem, limpeza, controle de contaminação, alinhamento etc.;



- Objetivo Específico (2): Desenvolver equipamentos e setups para testes elétricos e testes ambientais de sistemas e subsistemas;
- Objetivo Específico (3): Desenvolver e qualificar softwares especializados para atividades de planejamento, controle, testes elétricos e testes ambientais de sistemas e subsistemas.

Este projeto foca na qualificação de espécimes através de testes ambientais realizados em vácuo e sob condições térmicas variadas para simulação das condições espaciais. As técnicas atualmente empregadas utilizam câmaras vácuo térmicas de grande porte que realizam ensaios de simulação das condições de voo do satélite e de outros subsistemas em condições de alto-vácuo, cargas térmicas internas e externas e consequente distribuição de temperatura, da vida orbital de satélites e de outros veículos espaciais. Para a reprodução dessas condições o ensaio geralmente se estende por dias podendo chegar a várias semanas ininterruptamente.

A qualidade dos dados resultantes de testes espaciais realizados no LIT/COMIT são fundamentais para o correto diagnóstico do teste, por exemplo, se o satélite está ou não apto para voo. Há cerca de 30 anos os dados coletados (temperatura, pressão, resistência etc.) nos testes são obtidos por meio scanners capazes de adquirir até 2000 canais a cada 30s. Esses testes são previstos nas campanhas de qualificação de satélites, sendo realizados em longos e ininterruptos períodos.

Recentemente foram lançados no mercado chips do tipo SoCs (System on Chip), bem como alguns outros capazes de realizar leituras de temperatura entre -200 °C e 200 °C entregando resultados através de interfaces do tipo I2C. O uso desses componentes poderá reduzir o custo de aquisição de dados por canal.

O projeto prevê a construção de uma prova de conceito para avaliar se o sistema atual pode ser substituído no futuro por essa tecnologia e assim ter um barateamento do custo da aquisição de dados. O projeto se divide na especificação e construção do hardware, a implementação de um sistema supervisor que controla o hardware e recebe as leituras feitas, por um banco de dados para o armazenamento das informações coletadas e por um sistema de visualização para exibir os dados e se estes foram coletados corretamente.

Para entender as necessidades do sistema de aquisição proposto neste projeto, é necessário que os bolsistas sejam treinados nos ensaios da área térmica de longa duração realizados e assim identifiquem os requisitos de confiabilidade e também apontem melhorias a serem implementadas em comparação ao sistema atual.

Este subprojeto consiste de três etapas. O levantamento básico inicial contendo os diagramas e informações para compor um documento que descreva todos os itens de um projeto básico contendo as cotações dos componentes do sistema, prazos, custos, critérios de aceitação e testes de aceitação. A segunda etapa consiste na confecção do projeto mecânico, do sistema alimentação (potência) e sua respectiva documentação. A etapa final consiste na implementação de protótipo do sistema supervisor.

8.3.2 - Objetivo Geral



O objetivo geral deste subprojeto é reduzir o custo de testes ambientais espaciais na área de aquisição de dados em câmaras de termo-vácuo. A redução dar-se-á pelo uso de um novo sistema construído com componentes mais baratos com verificação através dos testes desenvolvidos no âmbito deste projeto.

Os objetivos específicos são:

- Objetivo Específico 1: Treinamento dos bolsistas na aquisição de dados da área térmica para entender o funcionamento do sistema atual de aquisição;
- Objetivo Específico 2: Levantamento de cotações dos componentes do sistema;
- Objetivo Específico 3: Criar um projeto básico contendo as cotações para os componentes do sistema, prazos de entrega, custos, manuais, diagramas, critérios de aceitação e testes de aceitação;
- Objetivo Específico 4: Levantamento do projeto mecânico e do projeto elétrico que podem ser usados na solução proposta descrevendo as interfaces elétricas e mecânicas;
- Objetivo Específico 5: Criar um projeto básico de um protótipo para a solução de potência escolhida considerando todo o processo de aquisição dos suprimentos e materiais;
- Objetivo Específico 6: Desenvolvimento de protótipo do sistema supervisorio;

8.3.3 - Insumos

8.3.3.1 – Custeio

a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

8.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
--------	--------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-------	-------

8.3.1	Profissional com diploma de nível superior em Engenharia da Computação, Sistemas de Informação, Ciência da Computação ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Bons conhecimentos em linguagem de programação e desenvolvimento de sistemas, conhecimentos básicos em hardware e programação de sistemas embarcados	1, 2, 3, 4, 5, 6	D-D	8	1*
-------	---	--	------------------	-----	---	----

8.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)							
			1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
Treinamentos em ensaios vácuo-térmicos na aquisição de dados	1	Treinamento realizado	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaborar documento descrevendo as interfaces elétricas e mecânicas	4	Relatório técnico			X	X	X	X	X	X
Elaborar documento descrevendo o projeto do barramento de potência e do fornecimento de potência	4, 5	Relatório técnico			X	X	X	X	X	X
Consolidar todos os diagramas e informações organizadamente na forma de um projeto básico, contendo: cotações para os componentes do sistema; prazos de entrega; custos de montagem; manuais e diagramas; critérios de aceitação, testes de aceitação.	2, 3, 4, 5	Documento elaborado					X	X	X	X
Estudo e desenvolvimento de software para o sistema supervisor	6	Estudo das plataformas realizado	X	X	X	X	X	X	X	X
Realizar reuniões de monitoramento	2, 3, 4, 5, 6	Reuniões realizadas	X	X	X	X	X	X	X	X

8.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Treinamentos em ensaios vácuo-térmicos na aquisição de dados	X	X	X	X	X	X	X	X
Realizar reuniões de monitoramento	X	X	X	X	X	X	X	X
Estudo e desenvolvimento de software para o sistema supervisorio	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaborar documento descrevendo as interfaces elétricas e mecânica						X	X	X
Elaborar documento descrevendo o projeto do barramento de potência e do fornecimento de potência						X	X	X
Consolidar todos os diagramas e informações organizadamente na forma de um projeto básico, contendo: cotações para os componentes do sistema; prazos de entrega; custos de montagem; manuais e diagramas; critérios de aceitação, testes de aceitação.						X	X	X

8.3.6 – Produtos

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)							
			1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Consolidar todos os diagramas e informações organizadamente na forma de um projeto básico, contendo: cotações para os componentes do sistema; prazos de entrega; custos de montagem; manuais e diagramas; critérios de aceitação, testes de aceitação.	2, 3, 4, 5	Esboço do projeto básico						25 %	50 %	100 %
Elaborar documento descrevendo as interfaces elétricas e mecânicas, do fornecimento de potência e do projeto do barramento de potência	3, 4, 5	Número de relatórios							50 %	100 %
Estudo e desenvolvimento de	6	Protótipos implementa							50 %	100 %



software para o sistema supervisorio		dos								
--------------------------------------	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

8.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas (meses)							
			1 o	2 o	3 o	4 o	5 o	6 o	7 o	8 o
Consolidação das informações para compra, especificação e aceitação dos componentes através de um projeto básico	2, 3, 4, 5	Relatório técnico				X				
Documentação com as informações da análise do software a ser desenvolvido	6	Relatório técnico					X			
Estudo e desenvolvimento do sistema supervisorio	6	Protótipos Implementados						X	X	X

8.3.8 - Recursos Solicitados

Apresentar a totalidade de recursos solicitados para o Subprograma de Capacitação Institucional.

Custeio:

Recursos de custeio destinados exclusivamente a diárias e passagens com o objetivo de:

a) apoiar a participação de integrantes da equipe do projeto em estágios, cursos ou visitas no País, para aquisição de conhecimentos específicos e necessários ao desenvolvimento do projeto;

b) possibilitar a participação de consultores ou instrutores especializados, brasileiros ou estrangeiros, como forma de complementação da competência das equipes.

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)



PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

8.3.9 – Equipe do Projeto

Daniel Merli Lamosa
Edésio Hernane Paulicena
Rovilson Emilio da Silva
Heyder Hey
Horácio Hiroiti Sawame
Leandro Toss Hoffmann
Bolsita a ser selecionado

8.3.10 - Bibliografia

Pine, David J. *Introduction to Python for Science and Engineering*. Taylor & Francis, 2019.

<https://doi.org/10.1201/9780429506413>

Kurniawan, A. *MicroPython for ESP32 Development Workshop*. PE Press, 2017

Ananda, O. A. *Python GUI: Develop Cross Platform Desktop Applications using Python, Qt and PyQt5*. Olaf Art Ananda, eBook, 2020.

Pressman, R. S; Maxim, B. R; Arakaki, R. *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*, AMGH, 2016.

Ueta, Márcia C. C. et al. *Users Manual Laboratory of Integration and Testing*. 7. ed. INPE, 2016.



Projeto 8: Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas para a Metrologia Espacial do INPE.

Subprojeto 8.4: Estudos para desenvolvimento de atividades de calibração de sistemas aplicados em Telecomunicações Ópticas e melhorias voltadas para atividades em Metrologia de Alta Frequência

8.4.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 08 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto – TAP, processo SEI nº 01340.004161/2021-17.

A Coordenação de Manufatura Integração e Testes (COMIT / INPE) atua para a adequação / modernização de suas instalações diante dos constantes avanços científicos, tecnológicos e mesmo comerciais que o setor espacial notoriamente estimula. No Laboratório de Integração e testes (LIT) melhorias estão em execução visando à obtenção de capacidades para qualificar testes e ensaios de satélites de maior porte (em termos de massa, satélites de até sete toneladas), e maior complexidade tecnológica; categoria, onde se enquadram satélites para aplicações em sistemas de telecomunicações, por exemplo, e outros como os aplicados para monitoramento ambiental e por tecnologias radar (SAR). Melhorias que conseqüentemente proverão modernizações também para avanços em ensaios e testes de satélites com arquiteturas baseadas em nano-satélites e pico-satélites para aplicações científicas, educacionais e mesmo de uso privado.

Neste cenário, por meio de desenvolvimento e pesquisa aplicada, a Metrologia Espacial vinculada a COMIT, dentro de suas competências, busca prover as melhores soluções em seus serviços visando o melhoramento contínuo de seus sistemas e padrões. Uma das principais missões atribuídas à área de Metrologia Espacial da COMIT é manter a rastreabilidade de grandezas e medidas associadas ao contexto espacial do INPE. Com este propósito, a área está organizada atualmente na forma de cinco laboratórios distintos, a saber: Laboratório de Metrologia Física (MTF), Laboratório de Metrologia Mecânica (MTM), Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR), Laboratório de Metrologia Ambiental (MTA) e Laboratório de Metrologia Elétrica (MTE). Constitui-se, portanto de um conjunto de laboratórios que estão aptos a prover soluções em ensaios e calibrações de grandezas padrões, frente às demandas de rastreabilidade de diversos tipos de mensurando e seus artefatos, associados aos testes de satélites e produtos espaciais da COMIT.

Atualmente a COMIT mantém seus laboratórios de metrologia é acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) sob o nº 0022 (calibração) nas áreas de elétrica, física e mecânica. Tal acreditação reconhece sua competência para realizar calibrações desde 1991, além de assegurar a confiabilidade das medições e ensaios realizados. Complementarmente, os laboratórios de metrologia são reconhecidos pelo ILAC - *International Laboratory Accreditation Cooperation* nas grandezas: eletricidade, tempo e



frequência, telecomunicações, força e torque, massa, pressão (vácuo), vibração, acústica, temperatura e umidade.

O estudo para desenvolvimento de atividades de calibração de sistemas aplicados em telecomunicações ópticas e melhorias voltadas para atividades em Metrologia de Alta Frequência é um projeto que pela natureza do seu propósito, está enquadrado no escopo de atividades do Laboratório de Metrologia de Alta Frequência (MTR), da Área de Metrologia Espacial. Tal laboratório é responsável pela manutenção da rastreabilidade de mensurandos associados a sistemas, artefatos e equipamentos aplicados no contexto espacial do INPE que operam, ou venham a operar, em regimes eletromagnéticos de altas frequências, tanto os artefatos designados e concebidos para operações baseadas em ondas eletromagnéticas por propagação guiada, quanto por propagação irradiada, em regimes espectrais que iniciam na interface entre regimes de frequências quase-estáticas e de alta frequência, que popularmente podem ser denominadas de faixa de frequências de rádio RF (do acrônimo na língua inglesa: *Radio Frequency*) e outros regimes de uso espectral mais elevado são as prioridades do escopo de atuação em metrologia deste laboratório.

Assim, no âmbito do Laboratório MTR, o presente projeto em sistemas para telecomunicações ópticas passa pela estruturação de um conjunto de novas atividades no campo de calibração de artefatos e instrumentos para telecomunicações que aplicam técnicas de geração, detecção e medição de ondas eletromagnéticas que podem ser propagadas por ondas guiadas por fibras ópticas. Trata-se, portanto, de um projeto com caráter de inovação no campo da Metrologia Espacial do INPE, pois atividades metrológicas de calibração em sistemas de telecomunicações ópticos ainda não são realizadas no contexto institucional. Pretende-se em primeiro momento atender às atuais demandas por calibração de instrumentos e artefatos ópticos do laboratório de Integração e Testes de satélites da COMIT / INPE, particularmente o *Hall* de testes EMI / EMC, área que possui infraestrutura para testes, medidas e ensaios na área de qualidade em sistemas de telecomunicações ópticas, e que dispõe atualmente de capacidades para atuar em sistemas configurados para operação nas faixas de comprimento de onda de luz laser compreendidos entre 600 nanômetros e 1700 nanômetros.

Desdobramentos intrínsecos referentes ao domínio de tais competências, por parte da Metrologia Espacial da COMIT implicam também na capacidade de ofertar um conjunto novo de capacidades de caráter científico e tecnológico para atender demandas atuais e vindouras das demais áreas e laboratórios do INPE, acerca de tais tecnologias. Permitirão ainda, o atendimento de demandas oriundas da sociedade brasileira, incluindo segmentos da indústria e de outras instituições de pesquisa aplicada ao desenvolvimento tecnológico nacional, a exemplo do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e outras como a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e mesmo do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Outros aspectos relevantes associados à obtenção de competências em tecnologias, métodos e técnicas em metrologia envolvendo sistemas ópticos são possibilidades à prospecção de novos horizontes em metrologia de altas frequências, como por exemplo, em metrologia de tempo e frequência, uma vez



que os sistemas ópticos modernos, como os denominados *optical frequency combs*, cuja rastreabilidade metrológica já está estabelecida por normas internacionais a exemplo da família IEC 62129 [1], e que por sua vez são capazes de prover excelentes bases de referência em tais métricas, superando sobremaneira os já precisos relógios atômicos, baseados em ocorrências de transições de energia em átomos de césio. Complementarmente, avanços em metrologia por sistemas ópticos possibilitam acesso a tecnologias que podem ser aplicadas em metrologia dimensional, como as que empregam sistemas LIDAR (acrônimo do idioma inglês para: *Light Detection And Ranging*). Ou seja, todo um novo conjunto de possibilidades em sistemas e técnicas com aplicações em metrologia podem ser prospectadas com base no presente projeto as quais possuem grande potencial para serem utilizadas em atendimento às necessidades atuais e futuras de modernização da área de integração e testes de satélites do INPE.

Cabe por fim destacar que no novo cenário global espacial denominado “*new space*”, sistemas de telecomunicações ópticos por satélites são temas de grande interesse e relevância estratégica para diversos atores do setor espacial mundial. Agências espaciais como ESA na Europa e JAXA no Japão, desenvolvem avançados projetos de comunicações ópticas entre satélites e segmentos de controle de terra [2-4]. Diversos projetos com arquiteturas de nano-satélites também já estão sendo aplicados em missões que embarcam sistemas de demonstração de conceitos em telecomunicações ópticas [5]. No seguimento espacial privado contemporâneo, empresas como SpaceX™ (sistema *Starlink*), já possuem sistemas ativos envolvendo serviços por satélites que utilizam comunicações ópticas [6]. Portanto, o tema do projeto encontra aderência não só para o atendimento de necessidades já mapeadas no contexto da COMIT, mas de fato, apresentam potencial para servir como “sólidas fundações”, que podem vir a embasar ações prospectivas envolvendo estudos para desenvolvimento de artefatos e sistemas em telecomunicações ópticas para aplicações espaciais, alinhadas ao contexto espacial global contemporâneo.

8.4.2 - Objetivo Geral

Beneficiar e possibilitar ao país acesso a uma infraestrutura capacitada no desenvolvimento de tecnologias para integração e testes de satélites, assim como na avaliação de conformidade de produtos espaciais.

Atender a necessidade do programa espacial brasileiro e melhorar a capacidade de medição em grandezas de altas frequências na Área de Metrologia Espacial da COMIT.

Objetivos específicos (OE)

Objetivo Específico 1

Revisão bibliográfica em materiais e métodos associados à metrologia para sistemas de telecomunicações ópticos.

Objetivo Específico 2



Identificação das principais normas vigentes associadas à metrologia de sistemas de telecomunicações ópticas.

Objetivo Específico 3

Estudo teórico e / ou experimental preliminar de técnicas, métodos e procedimentos de calibração de instrumentos para telecomunicações ópticas e demais métodos relacionados a calibrações de artefatos em regimes de altas frequências.

Objetivo Específico 4

Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas eletromagnéticas em regimes de alta frequência.

Objetivo Específico 5

Documentação geral dos estudos realizados.

8.4.3 - Insumos

8.4.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
-	-	0,00

8.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
8.4.1	Profissional com diploma de nível superior em Física, Engenharia Elétrica, Telecomunicações, Eletrônica ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Conhecimentos em Física ou Engenharia Elétrica ou Telecomunicações ou Eletrônica; ou Ciências e Tecnologias Espaciais ou áreas afins; Vivência com norma ABNT NBR IEC 17025:2017; Experiência com ensaios e/ou medição e calibração de instrumentos de RF.	1, 2, 3, 4 e 5	D-D	08	1

8.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica em materiais e métodos associados à metrologia de sistemas de telecomunicações ópticos.	1	Revisão bibliográfica realizada.	X	
Identificação das principais normas vigentes associadas à metrologia de sistemas de telecomunicações ópticos.	2	Principais normas internacionais e/ou nacionais apresentadas	X	
Estudo teórico e / ou experimental preliminar de técnicas, métodos e procedimentos de calibração de instrumentos para telecomunicações ópticas e demais métodos relacionados a calibrações de artefatos em regimes de altas frequências.	3	Estudo preliminar desenvolvido.	X	
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas eletromagnéticas em regimes de alta frequência.	4	Habilitação técnica /experimental evidenciada.	X	X
Documentação geral dos estudos realizados.	5	Relatório	X	X

8.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Revisão bibliográfica em materiais e métodos associados à metrologia de sistemas de telecomunicações ópticos.		X		
Identificação das principais normas vigentes associadas à metrologia de sistemas de telecomunicações ópticos.		X		



Atividades	Semestres			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Estudo teórico e / ou experimental preliminar de técnicas, métodos e procedimentos de calibração de instrumentos para telecomunicações ópticas e demais métodos relacionados a calibrações de artefatos em regimes de altas frequências.		X		
Atuação em atividades de capacitação/habilitação técnica em áreas de interesse da metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas eletromagnéticas em regimes de alta frequência.		X	X	
Documentação geral dos estudos realizados.		X	X	

8.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Revisão bibliográfica	1	Revisão bibliográfica finalizada.	X	
Definição das principais normas relacionadas a calibração de sistemas / instrumentos de telecomunicações ópticos.	2	Principais normas identificadas.	X	
Estudo teórico e / ou experimental preliminar de técnicas, métodos e procedimentos de calibração de instrumentos para telecomunicações ópticas e demais métodos relacionados a calibrações de artefatos em regimes de altas frequências.	3	Estudo teórico e / ou experimental executado.	X	



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Equipe capacitada/habilitada atividades de interesse da área de metrologia, com ênfase em medição e calibração de grandezas eletromagnéticas em regimes de alta frequência.	4	Atividades habilitadoras executadas e evidenciadas.	X	X
Relatório.	5	Relatório elaborado.	X	X

8.4.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024
Base teórica tecnológica / científica preliminar definida.	1	Revisão bibliográfica concluída.	X	
Aquisição das principais normas relacionadas a calibração de sistemas / instrumentos de telecomunicações ópticos.	2	Principais normas definidas e disponíveis.	X	
Estudo teórico e / ou experimental preliminar dos principais métodos, técnicas e procedimentos executados.	3	Estudo teórico e / ou experimental preliminar realizado.	X	
Capacitação/habilitação em atividades de interesse da área de metrologia / realizadas.	4	Capacitações/habilitações evidenciadas.	X	X
Estudos documentados.	5	Relatório elaborado.	X	X

8.4.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	-
Passagens	-
Total (R\$)	-

Bolsas:



PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	D	2.860,00	08	1	22.880,00
Total (R\$)					22.880,00

8.4.9 - Equipe do Projeto

Bolsista modalidade PCI-DD;

Carlos da Silva Junior (Equipe técnica MTR);

Daniel de Farias Sarmento (Equipe técnica MTR);

Eduardo Alan de Andrade Cruz (Equipe técnica MTR);

Liangrid Lutiani da Silva (Bolsista PCI);

Patrícia Ariana Grilo Dias (Equipe técnica MTR);

Raphael Coutinho da Rosa (Bolsista PCI);

Ricardo Suterio (Supervisor).

8.4.10 - Referências Bibliográficas

[1] IEC, "IEC 62129-3: Calibration of wavelength / optical frequency measurement instruments – Part 3: Optical frequency meters internally referenced to a frequency comb," *IEC 62129-2 - International Electromagnetic Commission - IEC*. IEC - International Electrotechnical Commission, p. 46, 2019.

[2] T. Tolker-Nielsen and J.-C. Guillen, "SILEX: The First European Optical Communication Terminal in Orbit," *ESA*, 1998. <https://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet96/NIELSEN.pdf> (acesso Jun. 23, 2022).

[3] K. Arai, "Overview of the optical inter-orbit communications engineering test satellite (OICETS) project," *J. Natl. Inst. Inf. Commun. Technol.*, vol. 59, no. 1–2, pp. 5–12, 2012, [Online]. Available: https://www.nict.go.jp/publication/shuppan/kihou-journal/journalvol59-1_2/journal-vol59no1_2-02.pdf

[4] JAXA, "Optical satellite communication system 'LUCAS,'" *JAXA*, 2022. <https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/lucas/index.html> (acesso: Jun. 24, 2022).

[5] F. Sansone *et al.*, "LaserCube optical communication terminal for nano and micro satellites," *Acta Astronaut.*, vol. 173, pp. 310–319, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.04.049>.



[6] R. Jewett, “Latest Starlink Satellites Equipped with Laser Communications, Musk Confirms,” 2021. <https://www.satellitetoday.com/broadband/2021/01/25/latest-starlink-satellites-equipped-with-laser-communications-musk-confirms/> (acesso Jun. 24, 2022).

[7] Casa Civil da Presidência da República e IPEA, *Avaliação de Políticas Públicas - Guia prático de análise ex ante Volume 1*, 1st ed. Brasília: IPEA, 2018.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.1: Assimilação de dados de radiância no aprimoramento da Previsão Numérica do CPTEC

9.1.1 – Introdução

O *Gridpoint Statistical Interpolation* (GSI) é um sistema de assimilação de dados em espaço físico que integra diversas funcionalidades explorando diferentes métodos de minimização e é capaz de ingerir dados de todos os principais sistemas observacionais (Cohn et al. 1998). Fruto de um processo de desenvolvimento colaborativo conta com a contribuição de diversas organizações dos Estados Unidos, sendo uma ótima opção para a atividades operacionais de assimilação de dados (Kleist et al. 2009). O Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), visando aprimorar seu sistema de assimilação de dados tem adotado o GSI desde 2013 o qual permitiu que a ingestão de dados de radiância fosse operacionalizada pela primeira vez nesse centro (Azevedo et al. 2017). Diversos trabalhos foram desenvolvidos com o uso desse sistema de assimilação e os benefícios foram diretos e contribuíram para a melhoria da qualidade dos produtos de previsão numérica. Entre os dados de radiância, a assimilação de dados dos sensores de micro-ondas está diretamente relacionada a correta simulação de parâmetros como a temperatura da superfície terrestre, umidade e temperatura do solo e características da vegetação.

Estudos recentes realizados no CPTEC utilizando o GSI em conjunto com o modelo *Brazilian Global Atmospheric Model* (BAM) evidenciaram que a maior eficiência do processo de assimilação de dados dos canais de micro-ondas tem uma relação direta com a boa representação das características da superfície pelo modelo de previsão. Em outro trabalho foi demonstrado que bons resultados na melhoria da representação das características da superfície são obtidos com a assimilação de dados de superfície. Embora essas pesquisas sejam fortemente correlacionadas, ainda não foram exploradas de forma conjunta para o aprimoramento do processo de assimilação de dados de radiância, o que é o tema principal dessa proposta. Assim, o objetivo deste projeto é investigar qual é a real contribuição da assimilação de dados de superfície para a assimilação de dados de radiância nos canais de micro-ondas usando o GSI com modificações e melhorias no operador de observação (CRTM). Com o desenvolvimento dessa proposta espera-se aprimorar não apenas a assimilação de dados dos canais de radiância, mas melhor aproveitar essa fonte de informação de forma mais generalizada, beneficiando de forma indireta a assimilação de todas as demais bases de dados.

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os objetivos específicos 3 e 4 do Projeto 9 do **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

9.1.2 - Objetivo Geral

Melhorar e aprimorar os métodos de Assimilação de Dados de radiância, para obter uma análise meteorológica global comparável à dos demais centros operacionais.

Os objetivos específicos são:

1. Identificar e corrigir deficiências no operador de observações de radiância para torná-lo melhor ajustado para o modelo global do CPTEC, eliminando campos fixos e de outros modelos, tais como características do solo e da vegetação;
2. Investigar os melhores ajustes no processo de assimilação de dados que envolve correção de bias, *thinning* da densidade dos dados, e demais possíveis fatores envolvidos ao uso eficiente dos dados de radiância;
3. Iniciar a investigação do impacto da assimilação de dados de superfície na assimilação de dados de radiância dos canais de micro-ondas no GSI.

9.1.3 – Insumos

9.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Capacitação na assimilação de dados de novos sensores de radiância	Diárias: R\$20.000 Passagens: R\$30.000	R\$ 50.000

9.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
9.1.1	Profissional formado em Meteorologia, Matemática, Física ou áreas afins, com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior, ou com grau de mestre	Experiência em modelagem e desenvolvimento computacional	1-2-3	D-C	8	1

9.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set.	Out. Nov.	Dez. Jan
1. Testes com aprimoramento do operador de radiâncias na assimilação de dados com	1	Operador de radiância aprimorado e	X	X		

seleção de canais		relação de canais definida				
2. Investigar ajustes no correção de bias na assimilação de dados de radiância	2	Sistema GSI com a técnica de correções de bias testada e funcionando		X	X	
3. Investigar ajustes no <i>thinning</i> dos dados de radiância otimizando a relação densidade/impacto	2	Sistema GSI com um aprimoramento no processo de <i>thinning</i> da radiância			X	X
4. Testes da assimilação de dados de superfície e impacto na assimilação da radiância	3	Definição da relação entre a assimilação de superfície e radiância				X
5. Elaboração de relatórios e/ou artigos científicos para divulgação dos resultados obtidos na pesquisa	1-3	Relatórios e demais trabalhos técnicos e científicos	X	X	X	X

9.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses							
	Jun	Jul	Ag o	Set .	Out .	No v.	De z.	Ja n.
Atividade 1	X	X	X					
Atividade 2		X	X	X	X	X		
Atividade 3				X	X	X	X	X
Atividade 4						X	X	X
Atividade 5		X		X		X		X

9.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set.	Out. Nov.	Dez. Jan.
Diagnóstico do aprimoramento da assimilação de radiância nos resultados do BAM	1	Relatório técnico		X		
Versão do GSI melhor ajustado para o BAM	2	Relatório técnico				X



Versão do SMG que potencialize o impacto dos dados de radiância na qualidade das previsões	3	Relatório técnico				X
--	---	-------------------	--	--	--	---

9.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set	Out. Nov	Dez. Jan.
1. Aprimoramento do operador de observações de radiância do GSI	1	Versão do GSI com melhores resultados na assimilação de radiância		X		
2. Otimização dos benefícios da assimilação de dados de radiância no GSI	2	Versão do SMG com maior impacto dos dados de radiância			X	
3. Diagnóstico da interação da assimilação de superfície e de dados de radiância.	3	Versão do SMG envolvendo assimilação de dados de radiância e dados de superfície				X

9.1.8 - Recursos Solicitados

9.1.8.1. Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	0,00
Passagens	0,00
Total (R\$)	0,00

9.1.8.2. Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	8	1	27.040,00



	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					27.040,00

9.1.9 - Equipe do Projeto

Coordenador: Luiz Fernando Sapucci

Colaboradores:

João Gerd Zell de Mattos

Carlos Frederico Bastarz

Eder Paulo Vendrasco

Jose Antonio Aravequia

9.1.10 - Referências Bibliográficas consultadas

1. AZEVEDO, H. B.; De GONÇALVES, L. G. G.; BASTARZ, C. F.; SILVEIRA, B. B. **Observing System Experiments in a 3DVAR Data Assimilation System at CPTEC/INPE.** Weather and Forecasting, v. 32, n. 3, p. 873–880, 2017.
 2. COHN, S. E., DA SILVA, A.; GUO, J.; SIENKIEWICZ, M.; LAMICH, D.; **Assessing the effects of the data selection with the DAO physical-space statistical analysis system.** Mon. Wea. Rev., 126, 2913- 2926, 1998.
- KLEIST, D. T; PARRISH, D. F.; DERBER, J. C; TREADON, R.; WU, W-S; LORD, S., 2009: **Introduction of the GSI into the NCEP Global Data Assimilation System.** Monthly Weather Review, p.1691-1705. DOI: 10.1175/2009WAF2222201.1.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.2: Realizar estudo de casos de eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, com enfoque na energética

9.2.1 – Introdução

A troposfera é influenciada por sistemas transientes que alteram a circulação atmosférica e determinam as condições do tempo sobre os continentes e oceanos adjacentes. Dentre os sistemas transientes de escala sinótica que atuam na América do Sul têm-se os sistemas frontais (Rodrigues et al., 2004; Andrade, 2005); ciclones extratropicais e subtropicais (Gan e Rao, 1991; Reboita et al., 2009) e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (Pinheiro, 2010). Quando esses sistemas atuam na região, alterações no tempo podem ocorrer como queda acentuada de temperatura, precipitação intensa e ventos severos. A previsão das condições de tempo é um dos grandes desafios enfrentados. No entanto, este desafio tem sido vencido utilizando modelos numéricos de previsão de tempo, cada vez mais precisos. Em meados da década de 1980 começou a implantação do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) no INPE, com o objetivo de operacionalizar a Previsão Numérica de Tempo (PNT) e de clima e melhorar a destreza das previsões de tempo de curto prazo e as climáticas.

Para que o desenvolvimento dos modelos numéricos continue é importante analisar as condições atmosféricas associadas a eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, afim de aferir regiões e eventos em que os modelos tenham melhor acurácia individual, classificando-os para o uso dos grupos de desenvolvedores dos modelos e dos parceiros interessados em dados de modelos numéricos. Neste contexto, avaliar os termos da equação da energia cinética é importante, pois esses termos representam os principais mecanismos de formação, intensificação e dissipação dos sistemas sinóticos (Orlanski e Katzfey, 1991, Piva et al., 2010). Assim, a avaliação da destreza dos modelos de PNT em prever esses mecanismos é importante para a melhoria dos modelos. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de novos *scripts* e *softwares* para que novas metodologias possam ser implementadas na rotina operacional do estudo de casos de eventos atmosféricos relevantes e na avaliação da destreza dos modelos em prever os principais termos da equação da energia cinética do distúrbio.

Para analisar esses eventos serão utilizadas análises do modelo americano *Global Forecast System* (GFS) e os campos gerados pelos modelos de PNT que estejam em operação no INPE.



Este subprojeto está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto **MONAN** – TAP 01340.005344/2021-50 e vinculado ao Projeto 09 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2019-2023 - Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências e Tecnologias e suas Aplicações.

9.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas do INPE, conforme a sua descrição: Realizar estudo de casos de eventos meteorológicos relevantes sobre a América do Sul, focando na análise sinótica, análise de campos gerados pelos modelos de PNT do INPE e energética dos distúrbios atmosféricos.

Objetivo específico 1: Desenvolvimento de *scripts* e *softwares* para o monitoramento das condições atmosféricas tanto para dados observados (análises numéricas) como de PNT.

Objetivo específico 2: Selecionar os casos a serem estudados, definir e gerar os campos meteorológicos que são do interesse, gerar campos usando as saídas dos modelos de PNT operacionais do INPE.

Objetivo específico 3: Analisar os termos da equação do balanço da energia cinética dos distúrbios, quando estes se formam, evoluem e dissipam sobre a América do Sul.

Objetivo específico 4: Implementar o código da energética dos distúrbios nas saídas das previsões de tempo do modelo MONAN.

Objetivo específico 5: Avaliar o desempenho dos modelos de previsão de tempo do INPE e do modelo MONAN, em prever os termos da equação do balanço da energia cinética que representam os principais mecanismos de desenvolvimento dos distúrbios.

9.2.3 - Insumos

9.2.3.1 – Custeio

Não há previsão de despesas de custeio

9.2.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.2.1	Profissional com graduação em Meteorologia, Tecnologia	Meteorologia/Tecnologia da informação/ ou áreas afins	1 a 5	D-A	8	1

da Informação ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de Doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou com grau de Mestre há 6 (seis) anos						
---	--	--	--	--	--	--

9.2.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			1º Bimestre	2º Bimestre	3º Bimestre	4º Bimestre
1. Desenvolvimento de códigos para análise de campos em altos, baixos e médio níveis usando análise/reanálise numéricas	1	Desenvolvimento de scripts	Desenvolvimento dos scripts	Geração dos campos em altos, baixos e médios níveis	Geração dos campos em altos, baixos e médios níveis	Relatório de resultados da análise das condições atmosféricas
2. Análise Sinótica dos Casos de Eventos Meteorológicos	2	Análise Sinótica dos Casos selecionados	Seleção dos casos para estudo e análise sinótica	Seleção dos casos para estudo e análise sinótica	Seleção dos casos para estudo e análise sinótica	Seleção dos casos para estudo e análise sinótica
3. Aplicação do método de cálculo de Energética, nos casos selecionados	3	Aplicação do método de cálculo de Energética, nos casos selecionados	Conhecer o software de energética, método implementado e a forma de utilização	Comparação da energética dos diferentes modelos para os casos selecionados	Comparação da energética dos diferentes modelos para os casos selecionados	Relatório da análise e avaliação resultados obtidos.
4. Implementar o código da energética na saída dos dados do modelo MONAN	4	Campos dos termos da equação da energia cinética do distúrbio		Implementar o código da energética na saída dos dados do modelo MONAN		
5. Gerar os campos dos termos da equação do balanço da energia cinética com os dados do modelo MONAN e BAM	5	Campos gerados dos termos da equação do balanço da energia cinética		Campos dos termos da equação do balanço da energia cinética média zonal e dos casos selecionados	Campos dos termos da equação do balanço da energia cinética médias zonais e dos casos selecionados	Relatório de resultados da análise dos termos da do balanço equação da energia cinética média zonal e dos casos selecionados

9.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Bimestres			
	1º	2º	3º	4º
1. Desenvolvimento de códigos para análise de campos em altos, baixos e médio níveis usando análise/reanálise numéricas	X	X	X	X
2. Análise Sinótica dos Casos de Eventos Meteorológicos	X	X	X	X
3. Aplicação do método de cálculo de Energética, nos casos selecionados	X	X	X	X
4. Implementar o código da energética na saída dos dados do modelo MONAN		X		
5. Gerar os campos dos termos da equação do balanço da energia cinética com os dados do modelo MONAN e BAM		X	X	X

9.2.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			1º	2º	3º	4º
Scripts para gerar campos meteorológicos	1	Número de scripts desenvolvido	3	3	3	3
Casos selecionados	2	Número de casos de eventos intensos	4	4	4	4
Campos espaciais e verticais de variáveis meteorológicas	2	Número de campos gerados	16	16	16	16
Campos espaciais e verticais dos termos da equação do balanço da energia cinética	3	Número de campos desenvolvidos	20	20	20	20
Script de interface entre o código da energética e as saídas do modelo MONAN	4	Número de scripts desenvolvido		1		



Campos espaciais e verticais dos termos da equação do balanço da energia cinética com os dados do MONAN	5	Número de campos desenvolvidos		10	20	20
Relatórios Produzidos	1, 3 e 5	Número de relatórios				3

9.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			1º	2º	3º	4º
Scripts desenvolvidos	1 e 4	Números de produtos	3	4	3	3
Relatórios produzidos	1, 3 e 5	Número de relatórios				3

9.2.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não serão alocados recursos para custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	8	1	41.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					41.600,00



9.2.9 - Equipe do Projeto

Bruno Miranda de Brito
Manoel Alonso Gan
Marcelo Barbio Rosa
Sérgio Henrique Ferreira
Bolsista PCI-D

9.2.10 - Referências Bibliográficas

- ANDRADE, K. M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**, Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, 2005.
- GAN, M. A.; RAO, B. V. Surface cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, p. 293-302, 1991.
- ORLANSKI, I.; KATZFEY, J. The life cycle of a cyclone wave in the southern hemisphere. part I: eddy energy budget. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.48, n.17 p.1972-1998, 1991.
- PINHEIRO, H. R. **Validação do método TRACK para identificação objetiva dos vórtices ciclônicos de altos níveis em regiões subtropicais**. 2010. 132p. (sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/05.07.18.46-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010.
- PIVA, E.D.; GAN, A. M.; RAO, V. B. Energetics of Winter Troughs Entering South America. **Monthly Weather Review**, v. 138, p. 1084-1103, 2010.
- REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T.; SUGAHARA S.. South Atlantic Ocean Cyclogenesis Climatology Simulated by Regional Climate Model (RegCM3). **Climate Dynamics**, doi:10.1007/s00382-009-0668-7, 2009.
- RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.22, n. 2, p. 135-151, 2004.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.3: Previsão de Tempo Estendido no Contexto da Assimilação de Dados por Conjunto

9.3.1 – Introdução

Dentre suas diversas atividades de modelagem e operação, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) é também um centro produtor de previsões numéricas de tempo estendido, com alcance de até 15 dias. O Sistema de Previsões por Conjunto global do CPTEC (SPCON) teve seu início no centro no ano 2000 (Coutinho, 1999) e é gerado a partir da perturbação das condições iniciais do *National Centers For Environmental Predictions* (NCEP), por meio de um algoritmo baseado em Funções Ortogonais Empíricas (EOF, do inglês *Empirical Orthogonal Functions*) para a perturbação da condição inicial controle. Desde o seu início, apesar de algumas melhorias terem sido implementadas, como por exemplo, a regionalização das perturbações e a inclusão de novas variáveis (Mendonça e Bonatti, 2009; Cunnhingham et al., 2015), o SPCON sempre foi executado utilizando a mesma análise controle, proveniente do NCEP (Bastarz, 2016). Mais recentemente, Bastarz (2017) apresentou uma forma alternativa para se melhorar a qualidade das análises do centro, com potencial para aplicações em previsão numérica de tempo. Esta técnica utiliza uma combinação entre uma matriz de covariâncias estática dos erros de previsão, calculada previamente com base nas previsões do modelo - aplicada ao *Gridpoint Statistical Interpolation/3D Variational* (GSI/3DVar), e uma outra, obtida com base no filtro de Kalman por conjunto (EnKF, do inglês *Ensemble Kalman Filter*). Esse sistema, denominado 3DEnVar, é capaz de atualizar as análises utilizadas no ciclo de assimilação de dados utilizando a estrutura do GSI/3DVar, as quais também podem ser utilizadas em conjunto com o SPCON para gerar previsões para até 15 dias. Como as perturbações atualmente utilizadas no SPCON são calibradas para a região tropical, pretende-se combinar as metodologias de perturbação explorando o EnKF com a finalidade de se integrar a assimilação de dados global com o SPCON, para previsões de tempo entre 7 e 15 dias. A perspectiva de aplicação desta combinação, permitirá que o centro forneça análises em escala global que possam ser utilizadas também para as previsões que se façam necessárias nas escalas de tempo estendido a subsazonal (S2S, do inglês *Subseasonal to Seasonal*), tal como já fora apresentado por Guimarães et al., (2019 e 2021), mas utilizando um conjunto de análises produzido pelo próprio centro provenientes do Sistema de Modelagem Numérica e Assimilação (SMNA), que integra os desenvolvimentos da assimilação de dados e modelagem em escala global

Este subprojeto trata das atividades necessárias para atingir os objetivos específicos 4 e 5 do Projeto 9 do **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS** do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE.

9.3.2 - Objetivo Geral

Habilitar e aprimorar o sistema híbrido 3DEnVar, utilizando a infraestrutura variacional 3DVar e por conjunto do EnKF provenientes do GSI, em combinação com o método de perturbação por EOF para previsões de tempo entre 7 e 15 dias, com vistas para a escala S2S.

Os objetivos específicos são:

1. Habilitação e testes do sistema GSI/3DEnVar utilizando a versão operacional do GSI/3DVar em escala global;
2. Investigação de uma metodologia de combinação do método de perturbação por EOF e da técnica de geração por conjunto EnKF, utilizando a estrutura do sistema GSI/3DEnVar;
3. Verificação da aplicação da metodologia nas escalas de tempo estendido e na escala S2S.

9.3.3 - Insumos

9.3.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Capacitação em assimilação de dados, previsibilidade e sistemas de previsão por conjuntos	Diárias: R\$20.000 Passagens: R\$30.000	R\$ 50.000

9.3.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.3.1	Profissional com formação em Meteorologia, Matemática, Física ou áreas afins, com 5 (cinco) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a	Experiência em modelagem e desenvolvimento computacional	1-2-3	D-C	8	1

obtenção do diploma de nível superior, ou com grau de mestre						
--	--	--	--	--	--	--

9.3.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set.	Out. Nov.	Dez. Jan.
1. Habilitação do GSI/3DVar para funcionar com uma matriz híbrida 3DEnVar.	1	Ciclo de assimilação de dados do GSI/3DEnVar funcionando.	X			
2. Testes com a aplicação da técnica de perturbação por EOF na análise controle do GSI/3DEnVar.	2	Verificação da perturbação da análise controle do GSI/3DEnVar utilizando EOF.		X		
3. Investigação da forma mais conveniente de combinação do método de perturbação e da técnica de geração do conjunto.	2	Melhoria do espalhamento do conjunto de análises e manutenção do erro do conjunto médio de análises.		X		
4. Realização de experimentos cíclicos do GSI/3DEnVar com perturbações por EOF, em previsões para até 30 dias.	2-3	Ciclo do GSI/3DEnVar estável.			X	
5. Elaboração de um relatório científico para a divulgação dos resultados obtidos.	1-3	Produção do relatório científico.	X	X	X	X

9.3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses
------------	-------



	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
Atividade 1	X	X						
Atividade 2			X	X				
Atividade 3			X	X				
Atividade 4					X	X		
Atividade 5		X		X		X		X

9.3.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set.	Out. Nov.	Dez. Jan.
Diagnóstico do ciclo de assimilação de dados GSI/3DEnVar, utilizando matriz de covariâncias própria	1	Relatório técnico-científico.		X		
Diagnóstico do aprimoramento da assimilação de dados utilizando a versão GSI/3DEnVar e a técnica de perturbação por EOF	2	Relatório técnico-científico.			X	
Versão GSI/3DEnVar habilitada em escala global em combinação com o método de perturbação por EOF, que potencialize o impacto da análise global do GSI nas previsões do modelo BAM.	3	Relatório técnico-científico.				X

9.3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set.	Out. Nov.	Dez. Jan.



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun. Jul.	Ago. Set.	Out. Nov.	Dez. Jan.
Aprimoramento da assimilação variacional 3DVar do GSI utilizando o EnKF	1	Versão do SMNA GSI/3DVar com melhores resultados		X		
Aprimoramento da assimilação 3DEnVar do GSI utilizando as EOFs	2	Versão do SMNA GSI/3DEnVar com melhores resultados			X	
Metodologia com potencial para ser utilizada na previsão de tempo estendido e escala S2S.	3	Versão do SMNA GSI/3DEnVar+EOF com melhores resultados				X

9.3.8 - Recursos Solicitados

9.3.8.1 Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	R\$ 0,00
Passagens	R\$ 0,00
Total (R\$)	R\$ 0,00

9.3.8.2 Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quant	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00	8	1	27.040,00
	D	2.860,00			



	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					27.040,00

9.3.9 - Equipe do Projeto

Supervisor:

- Carlos Frederico Bastarz

Colaboradores:

- João Gerd Zell de Mattos
- Luiz Fernando Sapucci
- Eder Paulo Vendrasco
- Jose Antonio Aravéquia
- José Paulo Bonatti
- Caio Augusto Coelho

9.3.10 - Referências Bibliográficas consultadas

1. BASTARZ, C. F.; SAPUCCI, L. F.; BONATTI, J. P.; GONÇALVES, L. G. G. Sistema de Modelagem por Conjunto (SMC) (Versão Inicial V0.0). São José dos Campos: INPE, 2016. 98 p. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3M9Q9K5>. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/08.17.14.20-NTC). Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3M9Q9K5>>.
2. BASTARZ, C. F. Assimilação de dados global híbrida por conjunto-variacional no CPTEC. 2017. 275 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/06.20.12.39-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017.
3. COUTINHO, M. M.: Previsão por conjuntos utilizando perturbações baseadas em componentes principais. São José dos Campos, 1999.
4. CUNNINGHAM, C., BONATTI J. P. e M. FERREIRA: "Assessing Improved CPTEC Probabilistic Forecasts on Medium-Range Timescale." Meteorological Applications 22 (3): 378–384. issn: 1469-8080. doi:10.1002/met.1464. <http://dx.doi.org/10.1002/met.1464>. 2015.
5. GUIMARÃES, B. S.; COELHO, C. A. S.; WOOLNOUGH, S. J.; KUBOTA, P. Y.; BASTARZ, C. F.; FIGUEROA, S. N.; BONATTI, J. P.; SOUZA, D. C.: Configuration and hindcast quality assessment of a brazilian global subseasonal prediction system. QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY, v. n/a, p. n/a, 2019.



6. GUIMARÃES, B. S.; COELHO, C. A. S.; WOOLNOUGH, S. J.; KUBOTA, P. Y.; BASTARZ, C. F.; FIGUEROA, S. N.; BONATTI, J. P.; SOUZA, D. C.: An inter-comparison performance assessment of a Brazilian global sub-seasonal prediction model against four sub-seasonal to seasonal (S2S) prediction project models. *CLIMATE DYNAMICS*, v. 1, p. 1-17, 2021.
MENDONÇA, A. M., e J. P. BONATTI: “Experiments with EOF–Based Perturbation Methods and Their Impact on the CPTEC/INPE Ensemble Prediction System.” *Monthly Weather Review* 137 (4): 1438–1459.
doi:10.1175/2008MWR2581.eprint:http://dx.doi.org/10.1175/2008MWR2581.htm
p://dx.doi.org/10.1175/2008MWR2581.1. 2009.



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.4: Desenvolvimento de produtos para o nowcasting utilizando a base de dados de descargas atmosféricas

9.4.1 – Introdução

Nos últimos anos, eventos atmosféricos considerados severos têm recebido grande atenção da comunidade científica e governantes uma vez que estes eventos podem causar grande impacto nos diversos setores sociais e econômicos. A complexidade associada a previsão destes eventos aumenta o desafio em se desenvolver metodologias que permitam minimizar danos e salvar vidas. Um dos setores da economia mais afetados é o da energia elétrica. Segundo o Grupo de Eletricidade Atmosférica, descargas atmosféricas são responsáveis por um grande número de desligamentos das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além da queima de um número considerável de transformadores de distribuição. Dessa forma, o desenvolvimento de métricas que possibilitem identificar, rastrear e prever o deslocamento de sistemas convectivos eletricamente carregados minimizaria os danos causados à rede de transmissão de energia e conseqüentemente ao consumidor final.

Este projeto visa desenvolver métodos e processos para adquirir os dados de descargas atmosféricas, armazenar em banco e extrair de forma eficiente as informações necessárias para a inserção dos dados no algoritmo de identificação, rastreamento e previsão da trajetória de células de descargas atmosféricas. Uma vez implementadas as informações de descargas atmosféricas no algoritmo será possível analisar as previsões, bem como identificar a sua intensificação. Dados de redes de observações à superfície e por satélites serão utilizados para analisar e prever o deslocamento da atividade elétrica até uma linha de transmissão mais próxima.

Este subprojeto consta no Projeto 09 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto **RaioSAT** - 01340.001962/2021-21, Termo de Abertura de Projeto **BIG** – TAP 01340.003548/2021-56 e ao Termo de Abertura de Projeto **MONAN** - TAP 01340.005344/2021-50.

9.4.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto 1 está vinculado diretamente às diretrizes estratégicas do INPE, conforme a sua descrição:

Desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de meteorologia, climatologia, hidrologia, sensoriamento remoto da atmosfera,



oceanografia e meio ambiente, com ênfase em técnicas de modelagem e de tratamento de observações da atmosfera, dos oceanos e da superfície.

Objetivo específico 1: Desenvolvimento de Produtos de Monitoramento e Previsão fazendo uso das pesquisas desenvolvidas para previsão de tempo e clima.

9.4.3 - Insumos

9.4.3.1 – Custeio

Não há previsão de despesas de custeio

9.4.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
9.4.1	Profissional com diploma de nível superior em Meteorologia, Tecnologia da Informação ou áreas afins e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	Meteorologia, Tecnologia da Informação ou áreas afins	1	D-D	8	1

9.4.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas								
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	
1. Desenvolvimento de códigos para a aquisição dos dados de descargas atmosféricas e armazenamento em banco de dados	16	Desenvolvimento de scripts.	Scripts iniciais	Aquisição dos dados							Relatório de resultados
2. Desenvolvimento de códigos para extração dos dados	1	Desenvolvimento de scripts.		Extração das informações necessárias							Relatório de resultados
3. Implementação inicial das informações de descargas atmosféricas no algoritmo	1	Desenvolvimento de scripts.			Identificação das células de descargas atmosféricas	Relação entre raios e parâmetros atmosféricos	Intensificação de células de descargas atmosféricas	Intensificação de células de descargas atmosféricas	Rastreamento e previsão dos sistemas convectivos		Relatório de resultados

9.4.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre															
	Jun. 2023		Jul. 2023		Ago. 2023		Set. 2023		Out. 2023		Nov. 2023		Dez. 2023		Jan. 2024	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Desenvolvimento de códigos para a recepção e armazenamento dos dados de raios	x	x														
2. Desenvolvimento de códigos para extração dos dados			x	x												
3. Implementação inicial das informações de descargas atmosféricas no algoritmo					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

9.4.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas								
			Jun. 2023	JUL. 2023	Ago. 2023	Set. 2023	Out. 2023	Nov. 2023	Dez. 2023	Jan. 2024	
Script para aquisição e armazenamento dos dados de descargas atmosféricas.	1	Número de scripts desenvolvidos	1	1							
Script para a extração dos dados	1	Número de anos de dados extraídos		5	5	5					
Script para a implementação inicial no algoritmo de rastreio	1	Número de células de descargas atmosféricas identificadas				10	10				
Relatórios Produzidos	1	Número de relatórios							1		1

9.4.7 – Resultados Esperados



Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas							
			Jun. 2023	Jul. 2023	Ago. 2023	Set. 2023	Out. 2023	Nov. 2023	Dez. 2023	Jan. 2024
Novos scripts	1	- Números de scripts/software	1	1	2					
Novo rastreo com base nos dados de descargas atmosféricas	1	- Números de casos			5	5	5	5		
Relatórios produzidos	1	- Número de relatórios							1	1

9.4.8 - Recursos Solicitados

Custeio:

Não serão alocados recursos para custeio.

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Mese s	Quantid ade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

9.4.9 - Equipe do Projeto

Diego Enoré
Kleber Naccarato
Aurelienne Aparecida Souza Jorge
Bolsista PCI-DD



9.4.10 - Referências Bibliográficas

Mostajabi, A., Finney, D.L., Rubinstein, M. et al. Nowcasting lightning occurrence from commonly available meteorological parameters using machine learning techniques. *npj Clim Atmos Sci* 2, 41 (2019).
<https://doi.org/10.1038/s41612-019-0098-0>

Zhou, K., Zheng, Y., Dong, W., & Wang, T. (2020). A Deep Learning Network for Cloud-to-Ground Lightning Nowcasting with Multisource Data, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 37(5), 927-942. Retrieved Aug 4, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/37/5/jtech-d-19-0146.1.xml>

Cintineo, J. L., Pavolonis, M. J., & Sieglaff, J. M. (2022). ProbSevere LightningCast: A Deep-Learning Model for Satellite-Based Lightning Nowcasting, *Weather and Forecasting*, 37(7), 1239-1257. Retrieved Aug 4, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/37/7/WAF-D-22-0019.1.xml>

Hong Wang, Dehui Chen, Jinfang Yin, Daosheng Xu, Guangfeng Dai, Luwen Chen,
An improvement of convective precipitation nowcasting through lightning data dynamic nudging in a cloud-resolving scale forecasting system, *Atmospheric Research*, Volume 242, 2020, 104994, ISSN 0169-8095,
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104994>.

Farnell, C.; Rigo, T. The Lightning Jump Algorithm for Nowcasting Convective Rainfall in Catalonia. *Atmosphere* 2020, 11, 397.
<https://doi.org/10.3390/atmos11040397>

Xiao, X.; Qie, X.; Chen, Z.; Lu, J.; Ji, L.; Wang, D.; Zhang, L.; Chen, M.; Chen, M. Evaluating the Performance of Lightning Data Assimilation from BLNET Observations in a 4DVAR-Based Weather Nowcasting Model for a High-Impact Weather over Beijing. *Remote Sens.* 2021, 13, 2084.
<https://doi.org/10.3390/rs13112084>

North, J., Stanley, Z., Kleiber, W., Deierling, W., Gilleland, E., and Steiner, M.: A statistical approach to fast nowcasting of lightning potential fields, *Adv. Stat. Clim. Meteorol. Oceanogr.*, 6, 79–90, <https://doi.org/10.5194/ascmo-6-79-2020>, 2020

Eder P. Vendrasco, Luiz A.T. Machado, Carolina S. Araujo, Jean-François Ribaud, Rute C. Ferreira, Potential use of the GLM for nowcasting and data



assimilation, *Atmospheric Research*, Volume 242, 2020, 105019,
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105019>.

Sun, M., Liu, D., Qie, X., Mansell, E. R., Yair, Y., Fierro, A. O., Yuan, S., Chen, Z., and Wang, D.: Aerosol effects on electrification and lightning discharges in a multicell thunderstorm simulated by the WRF-ELEC model, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 14141–14158, <https://doi.org/10.5194/acp-21-14141-2021>, 2021



Projeto 9: Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos

Subprojeto 9.5: Avaliação orientada a processos do papel dos fluxos de superfície continental e oceânica sobre os padrões de precipitação na América do Sul simulados pelo MONAN

9.5.1 – Introdução

Os processos de retroalimentação entre a superfície oceânica e continental e a atmosfera são de grande importância para o sistema climático. Em algumas regiões do globo, os papéis destas duas superfícies são comparáveis. A atmosfera interage diretamente com os oceanos e a superfície por meio de fluxos de massa, momentum e energia. O armazenamento sazonal de água e energia associado tanto ao oceano quanto à superfície introduz efeitos de memória de longo prazo com prazos de dias a vários meses, impactando de maneiras distintas os padrões atmosféricos.

Os fluxos de superfície ainda estão sub-representados nos modelos numéricos. A maneira como os fluxos de superfície são parametrizados em modelos globais afeta os erros dos modelos nas regiões tropicais. Por exemplo, os erros sistemáticos observados nos fluxos de superfície dos modelos do CMIP6 não são uniformes ao longo do ciclo de vida da convecção tropical, sendo superestimados na fase da convecção madura e subestimados para a convecção rasa e de transição, levando a uma realimentação errônea entre os oceanos e a atmosfera na fase de desenvolvimento convectivo e, conseqüentemente, impactando uma série de eventos meteorológicos e climáticos.

Desde o início do desenvolvimento da previsão numérica de tempo, houve grandes avanços na compreensão dos processos atmosféricos, oceânicos e de superfície. No entanto, muitos desafios permanecem, como erros sistemáticos nos modelos numéricos. Grande parte do progresso recente realizado para aperfeiçoar a modelagem numérica é proveniente de estudos orientados a processos, com o principal objetivo de entender os mecanismos físicos relacionados ao sistema climático. Tais estudos são projetados para melhorar a compreensão dos processos físicos que ainda são insuficientemente entendidos mas que são fundamentais para a melhor caracterização do sistema climático. Estudos de processos se beneficiam de campanhas de campo que geram uma grande diversidade e quantidade de dados observacionais, e também incluem a modelagem numérica como ferramenta para representar um processo físico não bem caracterizado ou negligenciado em modelos numéricos operacionais e de pesquisa.

No cenário atual de mudança do clima, o INPE visa desenvolver novas estratégias nacionais de resposta à sociedade brasileira com soluções eficazes para reduzir os problemas associados à ocorrência de eventos de tempo, climáticos e ambientais de alto impacto por meio de um programa nacional de pesquisa, desenvolvimento e inovação apoiado pelo MCTI. A iniciativa envolve diferentes atores como academia e setores públicos, formuladores de políticas



públicas e agências meteorológicas regionais, visando a transferência das pesquisas realizadas em modelagem numérica do sistema terrestre em ações para apoiar os tomadores de decisão com respeito às ações para mitigação das mudanças climáticas.

A fim de fornecer uma ampla gama de produtos de modelagem numérica mais precisos, o foco da iniciativa é o desenvolvimento de um modelo comunitário unificado do sistema terrestre - o Model for Ocean-land-Atmosphere prediction (MONAN). O MONAN produzirá previsões globais, com foco na América do Sul, com maior habilidade comparadas às atualmente oferecidas pelo INPE, para diferentes escalas espaciais e temporais.

Para desenvolver um modelo de sistema terrestre de última geração, é necessário aproveitar as novas técnicas de computação de alto desempenho, processos físicos e biogeoquímicos, um núcleo dinâmico de última geração e fazer uso da diversa gama de dados observacionais coletados em diferentes campanhas observacionais já realizadas no Brasil. Para atingir os objetivos de desenvolvimento e implementação operacional do MONAN, estudos de avaliação de seus produtos numéricos são fundamentais. Neste projeto, propõe-se a realização de estudos orientados a processos para identificar mecanismos físicos relacionados à interface entre a atmosfera, a superfície continental e os oceanos que são importantes para a melhoria da previsão numérica de eventos meteorológicos extremos sobre a América do Sul.

9.5.2 - Objetivo geral da proposta

Investigar o papel dos fluxos de superfície continental e sobre os oceanos na organização da convecção tropical sobre a América do Sul a partir do modelo MONAN.

O objetivo desse projeto está associado ao Objetivo Estratégico 2 do plano diretor 2018-2023 que trata de desenvolver a nova geração do sistema de modelagem numérica atmosfera-oceano-superfície. De forma mais específica, ao Objetivo Específico 1 do Programa Institucional PCI que dispõe sobre o aprimoramento da modelagem numérica global e regional do sistema integrado atmosfera, oceano, superfície continental e aerossóis/química.

Esta proposta se beneficia dos trabalhos realizados pelo Grupo de Oceanos e Criosfera do CPTEC/INPE, tendo em vista que o referido grupo é responsável pela implementação e validação da componente oceânica a ser incorporada no MONAN ao longo do ano de 2023/2024. Experimentos numéricos a serem utilizados como controle provenientes do MONAN, que contarão inicialmente com as componentes de superfície e atmosfera acopladas, serão fornecidos pelo Grupo de Avaliação de Modelos (GAM) da DIMNT, cujo papel é avaliar as diferentes versões do referido modelo ao longo de suas fases de desenvolvimento.

Objetivos Específicos

1. Desenvolver um módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e dos padrões de precipitação sobre a região tropical e subtropical, incluindo oceanos, da América do Sul;
2. Incorporar o módulo desenvolvido no Sistema Comunitário de Avaliação de Modelos Numéricos de Tempo e Clima do CPTEC (SCANTEC);
3. Validar o módulo desenvolvido, realizando avaliação estatística dos resultados de rodadas do modelo MONAN disponibilizadas pelo GAM-DIMNT fazendo uso de dados de reanálise;
4. Identificar períodos de eventos meteorológicos importantes a partir de dados observacionais provenientes de experimentos de campo;
5. Aplicar testes de sensibilidade a partir de diferentes condições de umidade do solo e temperatura da superfície do mar e realizar simulações numéricas com o MONAN visando identificar feedbacks entre as componentes de superfície, oceanos e atmosfera;
6. Conduzir a análise orientada a processos das simulações realizadas no item 5, fazendo uso de análise de importantes características da convecção tropical e subtropical, como por exemplo, ciclos diurnos e distribuição espacial da precipitação.

9.5.3 - Insumos

9.5.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

9.5.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.5.1	Profissional com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior em Meteorologia, Oceanografia, Física ou áreas afins, ou com título de doutor em Meteorologia, Oceanografia, Física ou áreas afins há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre em Meteorologia, Oceanografia, Física ou áreas afins há, no mínimo, 6 (seis) anos	Modelagem numérica atmosférica e/ou oceânica	1 e 2	DA	8	1

9.5.4 - Atividades de Execução 2023/2024

Atividades	Objetivo	Indicadores	Metas
------------	----------	-------------	-------

		Específico		2023	2023	2023	2023/2024
				Jun-Jul/23	Ago-Set/23	Oct-Nov/23	Dez/23-Jan/24
1	Organização do ambiente de trabalho	1	Apresentação de estudos de referências bibliográficas; organização de dados de reanálise; organização de simulações numéricas do MONAN disponíveis	X			
2	Desenvolver um módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e de precipitação	1	Versão preliminar módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e de precipitação	X	X		
3	Validar o módulo desenvolvido, realizando avaliação estatística dos resultados de rodadas do modelo MONAN disponibilizadas pelo GAM-DIMNT fazendo uso de dados de reanálise	1, 2 e 3	Aplicação do SCANTEC para avaliação de fluxos de superfície e oceanos		X	X	
4	Identificar períodos de eventos meteorológicos importantes a partir de dados observacionais provenientes de experimentos de campo	4	Seleção de casos de estudo			X	

5	Realizar testes de sensibilidade a partir de diferentes condições de umidade do solo e temperatura da superfície do mar e realizar simulações numéricas com o MONAN visando identificar feedbacks entre as componentes de superfície, oceanos e atmosfera;	4 e 5	Relatório técnico com a avaliação dos resultados das simulações			X	X
6	Conduzir a análise orientada a processos das simulações fazendo uso de análise de importantes características da convecção tropical e subtropical, como por exemplo, ciclos diurnos e distribuição espacial da precipitação	4, 5 e 6	Relatório técnico com a avaliação dos resultados da análise				X

9.5.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Trimestre							
	2023							2024
	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	janeiro
Atividade 1	X							
Atividade 2	X	X	X					
Atividade 3				X	X			
Atividade 4					X	X		
Atividade 5						X	X	
Atividade 6							X	X

9.5.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun-Jul/23	Ago-Set/23	Oct-Nov/23	Dez/23-Jan/24

Módulo de avaliação dos fluxos de superfície e dos oceanos e de precipitação implementado no SCANTEC validado	1	Relatório técnico publicado na biblioteca do INPE		X	X	
Dados de simulações realizadas com diferentes configurações e dados de condições iniciais e de fronteira do MONAN	5	Relatório técnico publicado na biblioteca do INPE e endereço onde os dados serão armazenados			X	X
Relatório técnico com a avaliação dos resultados das simulações utilizadas no projeto	4, 5 e 6	Relatório técnico publicado na biblioteca do INPE				X

9.5.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			Jun-Jul/23	Ago-Set/23	Oct-Nov/23	Dez/23-Jan/24
Disponibilização dos dados de simulações realizadas com diferentes configurações e dados de condições iniciais e de fronteira do MONAN	5	Relatório Técnico publicado na biblioteca do INPE			X	
Identificação do impacto dos testes de sensibilidade relativos às condições iniciais e de fronteira sobre os padrões de precipitação sobre a América do Sul	5 e 6	Relatório Técnico publicado na biblioteca do INPE			X	X

9.5.8 - Recursos Solicitados

Apresentar a totalidade de recursos solicitados para o Subprograma de Capacitação Institucional.



Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$) para 60 meses	

Bolsas:

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	8	1	41.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					41.600,00

Bolsa PCI Nível: DC

9.5.9 - Equipe do Projeto

Supervisores:

Dr. Ariane Frassoni e Dr. Marcelo Barbio Rosa

Colaboradores:

Dr. Ronald Buss de Souza

Dr. Antonio O. Manzi

Dr. Marcelo Barbio Rosa

Dra. Rosio Camayo Maita

Msc. Bárbara Alessandra G. P. Yamada

Dr. João Gerd Zell de Mattos

Dr. José Roberto Rozante



Projeto 9: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

Subprojeto 9.6: Pesquisa e desenvolvimento da componente física do modelo unificado MONAN – microfísica de nuvens

9.6.1 – Introdução

A necessidade de prover a sociedade com informações de alta qualidade de previsão de tempo, clima sazonal e sub-sazonal é fundamental para minimizar os impactos socioeconômicos de fenômenos meteorológicos e climáticos que estão ocorrendo e poderão continuar a ocorrer nos próximos anos. Assim, o contínuo desenvolvimento de ferramentas e modelos atmosféricos é essencial para contribuir na aumentar o entendimento do sistema e fornecer melhores previsões de tempo e clima. Os modelos atmosféricos são compostos de complexas equações que representam o comportamento caótico e não linear do sistema e ao mesmo tempo inclui várias componentes que simulam outros processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera terrestre.

Uma adequada representação dos processos físicos úmidos da atmosfera nos modelos numéricos é de grande importância para uma representação realista da mesma. Historicamente, estes processos tem sido divididos em convecção profunda, convecção rasa e microfísica de nuvens, mais recentemente incluiu-se a camada limite úmida. O problema de microfísica de nuvens (microfísica) que trata as mudanças de fase da água na atmosfera e interage fortemente com os aerossóis, a transferência radiativa, entre outros, foi cronologicamente desenvolvido em paralelo com o de convecção profunda, mas que devido às limitações computacionais ficou restrito a modelos numéricos de área bastante limitada. Com o avanço em pesquisas básicas e de aspectos tecnológicos, a microfísica em versões simplificadas do tipo bulk foi portada para modelos globais na década de 1990 com adaptações específicas para modelos globais (e.g. Rotstayn, 1997). Os pontos importantes que possibilitaram a portabilidade foi uma melhor compreensão da interação entre escalas (Charney, 1948; Arakawa 2004), assim como uma maior familiaridade com os aspectos numéricos e suas adaptações necessárias. Por meio da microfísica foi possível incluir aspectos físicos como a distribuição das gotas de nuvem, gelo e vapor de água tanto em número como em massa, e como esta distribuição afeta outras componentes, tais como a convecção, processos radiativos, precipitação líquida e sólida, distribuição da temperatura, turbulência e fluxos de calor e momento (Manton and Cotton, 1977). As pesquisas em microfísica tem evoluído e no decorrer do desenvolvimento foram aplicadas para diversos problemas onde se ressaltou sua contribuição no desenvolvimento tanto de tempestades com forçamentos locais, como de precipitação associada com sistemas convectivos deslocantes com forçamento remoto (Hong and Lim, 2006; Morison, Thompson and Tatarskii, 2009). A aplicação da microfísica nos modelos tem contribuído a uma maior correspondência dos dados modelados e dados obtidos via sensoriamento remoto, tanto em distribuições espaciais instantâneas, como da correspondente evolução temporal.



O desenvolvimento do modelo numérico MONAN (Model for Ocean, Land, Atmosphere prediction) atualiza o compromisso com a sociedade mediante a incorporação de avanços no conhecimento dos processos físicos e de técnicas computacionais modernas. MONAN visa prever as condições nas escalas temporais desde umas poucas horas, para dias, meses, anos e décadas. Este desenvolvimento deve incorporar melhoras em referência a seus antecessores em termos de qualidade de seus produtos, flexibilidade de uso e eficiência computacional. O desenvolvimento comunitário abre as portas para uma cultura de desenvolvimento na América latina. O modelo tem como finalidade de contribuir a salvaguardar e mitigar possíveis prejuízos à população provocados por fenômenos associados com as condições atmosféricas e oceânicas. Tal desafio tem se tornado mais relevante com o aumento da frequência de eventos extremos tanto de precipitação, estiagens, ou inclusive extremos de temperatura. Eventos extremos tem sido verificados tanto em nível global, regional e local. Entre 2013 e 2022, o Brasil registrou milhares de desastres naturais e os prejuízos ultrapassam R\$ 341,3 bilhões. Os dados são de estudo da Confederação Nacional de Municípios (CNM) incluindo secas e excessos de chuvas. Segundo um levantamento da Fiocruz para um período mais longo (de 15 anos), os desastres associados com a hidrologia, responderam por 88.5% dos custos totais. Dentro destes extremos, aqueles associados com precipitações intensas que em poucas horas alcançaram volumes que ultrapassaram por muito as normais mensais, temos os eventos de Minas Gerais 2020; Petrópolis Fevereiro de 2022; São Sebastião, no litoral de São Paulo, Fevereiro 2023 e ou de Bertioga (também em 2023). Estudos como o de Hong e Lim 2006 mostram que os volumes de precipitação simulados pelos modelos podem ser afetados pela complexidade com que são tratados as variáveis da microfísica, e pelos processos físicos implementados, em particular Hong e Lim, 2006 modificaram processos associados com o granizo, assim como também alteraram de forma conveniente a ordem no qual os processos da microfísica são utilizados dentro do modelo numérico e com isto obtiveram uma melhor representação ao interior das nuvens tanto na distribuição vertical da temperatura e umidade, como da precipitação sob o solo. Isto impactou nos fluxos de calor sensível e latente, na transferência radiativa e na turbulência da camada limite. Desta forma, este tipo de pesquisas transitam entre o que pode ser considerado como pesquisas básicas e as aplicadas, tendo assim um papel importante na geração de conhecimento e formação de capacidades em termos de recursos humanos. Por outro lado, devido a que se estipula que o modelo MONAN possa ser aplicado para diversas escalas espaciais e temporais, e já é reconhecido que o grau de complexidade muda de acordo com a escala escolhida (Arakawa, 2004; Grell e Freitas, 2014), pois existe um compromisso entre as limitações do poder computacional e a velocidade com que a solução é requerida. Assim, para que a representação dos processos físicos a serem incluídos no modelo possam ter validade para as diferentes situações propostas. Se faz altamente necessário desenvolver as capacidades para contribuir com o desenvolvimento e para afrontar tal enorme e importante tarefa de forma adequada.



Propõe-se a construção de uma interface e um framework que permitam testar as vantagens de diferentes códigos de microfísica em diferentes situações e experimentos idealizados relevantes para a região e para o Brasil, e desta forma gerar conhecimento útil para a escolha da suíte de parametrizações físicas a serem escolhidas para o MONAN com ênfase na microfísica de nuvens. Os resultados científicos serão obtidos através de experimentos numéricos, que indicarão o comportamento e a sensibilidade das componentes das diferentes parametrizações de microfísica. Estes resultados deverão ser reportados mediante relatórios científicos contribuindo para a disseminação dos conhecimentos adquiridos durante a execução do projeto.

9.6.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral deste subprojeto está de acordo com o Projeto 9 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE, e está vinculado ao objetivo específico 1 do Projeto Institucional da Área referente a desenvolver e aprimorar o modelo unificado atmosférico global, que seja útil para os sistemas de previsão de tempo e clima nas diversas escalas de espaço e tempo, conforme a apresentação exibida do Plano Diretor 2020-2023. Portanto, este subprojeto compreende em desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de meteorologia, climatologia, hidrologia, meio ambiente, com ênfase em técnicas de modelagem da microfísica de nuvens. **Nas suas bases, o presente projeto busca desenvolver capacidades tanto em termos de recursos humanos, assim como de uma componente de aplicação. Com isto se espera contribuir na racionalização da escolha da microfísica a ser implementada no modelo MONAN e de se aproximar a um desenvolvimento contínuo das parametrizações de microfísica mediante a obtenção de um produto que possa auxiliar nos experimentos numéricos, e na quantificação da sensibilidade do modelo aos parâmetros microfísicos em futuras implementações.**

Objetivos Específicos:

Objetivo Específico 1: Estruturar um plano de desenvolvimento contínuo dos esquemas de microfísica de nuvens

1. Objetivo Específico 1.1: Criar e disponibilizar uma interface comum em Fortran e/ou Python para alguns dos principais códigos de microfísica de nuvens do tipo bulk disponíveis e utilizados na comunidade internacional (Morrison, Thompson 2007, Thompson 2009, WSM6 e WDM6). A interface deve ter seu respectivo makefile e ao mesmo tempo ser de fácil utilização por pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação.
2. Objetivo Específico 1.2: Documentar de forma sucinta em relatório padrão INPE as principais diferenças entre os esquemas de microfísica de nuvens acima citados.

3. Objetivo Específico 1.3: Desenvolver, testar e documentar experimentos numéricos simplificados (bidimensionais) com a interface, assim como com scripts para visualização dos resultados. Estes experimentos podem guiar na racionalização do potencial melhor esquema levando em conta as características identificadas no OE1.1 e OE1.2.

9.6.3 - Insumos

9.6.3.1 – Custeio
 não se aplica

9.6.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
9.6.1	Profissional graduado em Meteorologia, Física ou áreas afins, com 7 (sete) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior; ou com título de doutor; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 4 (quatro) anos	Modelagem numérica atmosférica	1	DB	8	1

9.6.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas
			2023-4
1) A partir dos código de parametrização de microfísica de nuvens usados nos modelos numéricos abertos, criar e disponibilizar uma interface comum para os diferentes códigos	1.1	A elaboração da interface para compilar e executar em ambiente Linux, consolidará o domínio prático; Os desenvolvimentos serão reportados em repositórios públicos.	- Selecionar os códigos a serem utilizados; - Escolher o tipo de programação de objetos que será seguido,; - Acompanhamento em repositórios e controle de versão; -Revisão da bibliografia dos códigos escolhidos. -Elaboração da interface e sua disponibilização.
2) Documentar as principais diferenças entre os esquemas de microfísica de nuvens	1.2	Finalização do relatório onde possa ser distinguido as principais diferenças entre os códigos incluídos. As escolhas feitas para a codificação/construção da interface também deverão ser aqui justificadas	- Elaboração de relatório padrão INPE permitirá o benefício de outros colaboradores; - As informações utilizadas nas etapas de seleção de códigos, abstração de programação e referências bibliográficas contribuirão

3) Desenvolver, testar e documentar experimentos numéricos simplificados com a interface para servir de guia na racionalização do potencialmente melhor esquema e das possíveis causas associadas as características identificadas no OE1.2.	1.3	A execução de pelo menos dois experimentos numéricos onde possa ser verificada a validade da proposta do trabalho tanto em condições de convecção local assim com em condições de propagação remota.	<ul style="list-style-type: none"> - Seleção de dois experimentos para representarem as condições escolhidas relevantes para a região e o Brasil; - Implementação destes experimentos para alimentar a interface (framework); - Seleção das variáveis a serem implementadas; - Elaboração dos scripts para visualização.
--	-----	--	--

9.6.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Meses							
	2023-4							
	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Jan
1) A partir de códigos/modelos numéricos de diversas fontes serão identificados os aspectos necessários para a construção da interface. Com ênfases nas microfísicas que não estão presentes nos modelos que o CPTEC já desenvolve.	X	X	X	X	X	X	X	
2) A construção da interface estará acompanhada de documentação que servirá para a elaboração do relatório	X	X	X	X	X	X	X	X
3) Implementação de um framework que permita realizar simulações simplificadas com forçamento local	X	X	X					
4) Implementação de um framework que permita realizar simulações simplificadas com forçamento remoto				X	X	X		

9.6.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas								
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Jan	
Relatório técnico sobre a interface, o framework e as microfísicas selecionadas	1	Relatório técnico apresentado									Finalização de relatório técnico
Framework da interface para experimentos com forçamento local	1	Software			Entrega do Software						
Framework da interface para experimentos com forçamento remoto	1	Software						Entrega do Software			
Interface para os esquemas de microfísica escolhidos	1	Software							Entrega do Software		



9.6.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas						
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
Relatório técnico sobre a interface, o framework e as microfísicas selecionadas	1	Relatório técnico apresentado			Permitirá consultas no desenvolvimento e pode criar um padrão para desenvolvimentos de outras componentes físicos do modelo; Documentação em controles de versão públicos pode atingir maior número de colaboradores e interessados.				
Framework da interface para experimentos com forçamento local	1	Software			Possibilidade de estudos comparativos das parametrizações de microfísica no caso de desenvolvimentos locais; Familiarização com códigos utilizados na comunidade internacional; Sugerir possíveis mudanças partindo dos experimentos realizados; Identificação do esquema que brinda melhores alternativas para ser implementado no MONAN.				
Framework da interface para experimentos com forçamento remoto	1	Software			Possibilidade de estudos comparativos das parametrizações de microfísica no caso de desenvolvimentos com forçamento remoto; Sugerir possíveis mudanças partindo dos experimentos realizados; Identificação do esquema que brinda melhores alternativas para ser implementado no MONAN.				
Interface para os esquemas de microfísica escolhidos	1	Software			Permitira implementações diretas no MONAN e inclusive facilitaria alternativas para os usuários.				

9.6.8 - Recursos Solicitados

Custeio:
 Não se aplica

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00	8	1	33.280,00
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					33.280,00

9.6.9 - Equipe do Projeto
 Supervisor: Enver Ramírez



Colaboradores:

Paulo Kubota (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Saulo Freitas (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Silvio Nilo Figueroa (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Jorge Gomes (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Jose Paulo Bonatti (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Denis Eiras (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)
Eduardo Khamis (INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Brasil)

9.6.10 - Referências Bibliográficas

Arakawa A: The cumulus parameterization problem: Past, present and future. *J. Climate*, 17, 2493-2525, 2004.

Charney J.G.: On the scale of atmospheric motions, *Geofysiker Publikasjoner*, vol 17, no 2, 1948.

Grell G. and S.R.Freitas: A scale and aerosol aware stochastic convective parameterization for weather and air quality modeling, *Atmos. Chem. Phys.* 14, 2014.

Hong S.-Y. And Lim J.-O. J.: The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). *Journal of the Korean Meteorological Society*, 42, 2, 129-151, 2006.

Manton M.J. and Cotton W.R.: Formulation of approximate equations for modeling moist deep convection on the mesoscale, paper no 266 Colorado State University, 1977

Morrison H.; G. Thompson and V. Tatarskii: Impact of Cloud Microphysics on the Development of Trailing Stratiform Precipitation in a Simulated Squall Line: Comparison of One- and Two-Moment Schemes, <https://doi.org/10.1175/2008MWR2556.1>, *Monthly Weather Review*, 2009

Rotstayn L.: A physically based scheme for the treatment of stratiform clouds and precipitation in large-scale models I: Description and evaluation of the microphysical processes. *Q.J.R.Meteorol.Soc.*, 123, 1227-1282, 1997

Outras Fontes:



Fiocruz:

<https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/noticias/2229-pesquisa-avalia-impactos-e-custos-de-desastres-naturais-no-brasil>

CNM: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/em-quase-10-anos-municipios-acumulam-r-341-3-bilhoes-de-prejuizos-causados-por-desastres-naturais>



Projeto 9: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS

Subprojeto 9.7: Atualização e evolução da infraestrutura de supercomputação da Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação (COIDS/CGIP) que disponibiliza infraestrutura para pesquisa, desenvolvimento e operação dos modelos de previsão numérica de tempo e clima do INPE.

9.7.1 – Introdução

Este subprojeto consta no Projeto 09 do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na página do INPE. Está relacionado ao Termo de Abertura de Projeto (TAP) disponível no processo SEI 01340.007463/2021-47.

À Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação da Coordenação Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas compete manter atualizados e operacionais os sistemas de supercomputação e armazenamento de dados do Instituto, manter a operação plena dos sistemas de supercomputação do Instituto, prover uma infraestrutura computacional e de supercomputação, com alta disponibilidade e performance, aplicada às áreas finalísticas do INPE. Em decorrência da alta demanda por serviços de supercomputação e de cluster de processamento de alto desempenho (HPC), faz-se necessária a capacitação de recursos humanos nas áreas de processamento de alto desempenho e armazenamento de dados paralelo e de alta performance.

Este projeto contempla a instalação, configuração e implementação de cluster de processamento de alto desempenho para atender demandas de projetos de pesquisa em tempo e clima do Instituto.

Esse cluster de processamento de alto desempenho deve contemplar soluções de HPC (Rock Clusters (<http://www.rocksclusters.org/>) ou openHPC (<https://openhpc.community/>) ou OpenCattus (<http://versatushpc.com.br/opencattus/>), o gerenciador de recursos computacionais (<https://slurm.schedmd.com/documentation.html>), o sistema de armazenamento de dados paralelo e de alta performance BeeGFS (<https://www.beeqfs.io/c/>), as bibliotecas científicas utilizadas pelo INPE e o monitoramento da performance e da utilização do cluster HPC e a administração dos usuários e grupos.

9.7.2 - Objetivo Geral

O Objetivo Geral deste projeto é a capacitação institucional na área de supercomputação, processamento de alto desempenho e armazenamento de dados de alta performance do INPE.

A Coordenação de Infraestrutura de Dados e Supercomputação - COIDS - mantém sistemas computacionais de alto desempenho destinados à previsão numérica de tempo, de clima e de variáveis ambientais e pesquisas correlatas. Fornece recursos computacionais que apoiam o desenvolvimento de atividades de processamento de



alto desempenho, de técnicas de otimização, vetorização e paralelização aplicadas aos modelos numéricos para previsão de tempo e clima.

Para realização do objetivo geral citado é necessário o vínculo dos seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico:

Instalação, configuração, implementação e monitoramento de cluster de processamento de alto desempenho da COIDS/CGIP/INPE. Para alcançar os resultados devem ser abordados os seguintes itens:

OE1: Estudo comparativo das soluções (OpenCATTUS, OpenHPC, Rocks Clusters etc.) de cluster de processamento de alto desempenho;

OE2: Instalação, configuração e implementação da solução de HPC escolhida;

OE3: Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais SLURM;

OE4: Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS.

OE5: Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do cluster de processamento de alto desempenho.

9.7.3 – Insumos

9.7.3.1 – Custeio

Não se aplica

9.7.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/ nível	Meses	Quant
9.7.1	Profissional com diploma de nível superior e experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação.	a) Experiência em Python e Shell script; b) Experiência na metodologia ágil SCRUM; c) Experiência em Linux	1,2,3,4,5	D-D	8	2

9.7.2	Técnico de nível médio com diploma de Escola Técnica reconhecida pelo MEC e com experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação	<p>a) Experiência em Python e Shell script;</p> <p>b) Experiência na metodologia ágil SCRUM;</p> <p>c) Experiência em Linux</p>	1,2,3,4,5	D-E	8	1
-------	--	---	-----------	-----	---	---

9.7.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2023
Estudo comparativo das soluções (OpenCATTUS, OpenHPC, Rocks Clusters etc.) de cluster de processamento de alto desempenho	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de cada solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho
Instalação, configuração e implementação da solução de HPC escolhida	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais SLURM	OE3	Gerenciador de recursos computacionais SLURM instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM.	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM

Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS	OE4	sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS
Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do cluster de processamento de alto desempenho.	OE5	Relatório estatísticos de utilização e performance do cluster HPC. Relatório de problemas e soluções do cluster HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC

9.7.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Estudo comparativo das soluções (OpenCATTUS, OpenHPC, Rocks Clusters etc.) de cluster de processamento de alto desempenho				
Instalação, configuração e implementação da solução de HPC escolhida				
Instalação, configuração e implementação da gerenciador de recursos computacionais SLURM				
Instalação, configuração e implementação do sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS				
Monitoramento e acompanhamento da utilização e performance do cluster de processamento de alto desempenho.				

9.7.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Relatório	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de casa solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho
Cluster HPC implementado e disponível para uso	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
SLURM implementado e disponível para uso	OE3	Gerenciador de recursos computacionais SLURM instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM.	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM
BeeGFS implementado e disponível para uso	OE4	sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS
Cluster HPC monitorado e disponível para uso	OE5	Relatório estatísticos de utilização e performance do cluster HPC. Relatório de problemas e soluções do cluster HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC

9.7.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas	
			2023	2024

Definição da solução de cluster de processamento de alto desempenho	OE1	Entrega de relatório com as vantagens e desvantagens de cada solução	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho	Aquisição de conhecimento na área de processamento de alto desempenho
Integração do hardware e software de processamento de alto desempenho	OE2	Integração dos servidores, switches e instalação da solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida	Instalar, configurar e implementar a solução de HPC escolhida
SLURM implementado e disponível para uso	OE3	Gerenciador de recursos computacionais SLURM instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM.	Instalar, configurar e implementar o gerenciador de recursos computacionais SLURM
BeeGFS implementado e disponível para uso	OE4	sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS instalado, configurado e implementado	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS	Instalar, configurar e implementar o sistema de armazenamento de dados paralelo de alta performance BeeGFS
Cluster HPC monitorado e disponível para uso	OE5	Relatório estatísticos de utilização e performance do cluster HPC. Relatório de problemas e soluções do cluster HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC	Monitorar a utilização e performance do sistema de HPC. Administração de usuários e grupos no sistema HPC

9.7.8 - Recursos Solicitados

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			



	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	2	45.760,00
	E	1.950,00	8	1	15.600,00
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					61.360,00

9.7.9 - Equipe do Projeto

Ivan Márcio Barbosa

Diego Mota Siqueira

Roberto Carlos Freitas

9.7.10 - Referências Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Plano Diretor do INPE 2022-2026: São José dos Campos, 2022.



Projeto 10: PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.1: Implementação e aperfeiçoamento do sistema Moodle para a promoção da Extensão e Capacitação

10.1.1 – Introdução

O INPE tem como missão desenvolver, operar e utilizar sistemas espaciais para o avanço da ciência, da tecnologia e das aplicações nas áreas do espaço exterior e do ambiente terrestre, e oferecer produtos e serviços inovadores em benefício do Brasil. Adicionalmente à Pesquisa e ao Desenvolvimento, o INPE conta com diversos programas de Pós-Graduação, bem como atividades de Extensão, que estão alinhadas às suas atividades de P&D.

A Extensão configura-se como uma nova dimensão da disseminação do conhecimento para a sociedade, e envolve o uso de técnicas e metodologias diferentes daquelas usuais do ambiente científico e acadêmico, como por exemplo, a realização de cursos de curta duração, oficinas, palestras, *lives*, rodas de conversa, observação do céu noturno etc.

A área de Extensão foi instituída recentemente no INPE pela Portaria nº 3.446, de 10 de setembro de 2020, vinculando-se à Divisão de Extensão e Capacitação (DIEXC) e à Coordenação de Pesquisa, Ensino e Extensão (COEPE), ambas instituídas pela mesma portaria. As atividades de extensão já vinham sendo realizadas, de modo informal, há mais de duas décadas, com iniciativas organizadas isoladamente pelas áreas fim do Instituto. Com a institucionalização dessas atividades a DIEXC desenvolvendo ações para oferecer melhor infraestrutura e condições às áreas fim, científicas e tecnológicas do INPE, para que possam, de um, lado manter suas atividades de extensão e, por outro, estimular e fomentar novas iniciativas de extensão, com o objetivo de disseminar e divulgar o conhecimento produzido no INPE a diferentes setores da sociedade.

Nesse sentido, este projeto de capacitação institucional tem por objetivo estudar as necessidades da DIEXC que possam ser atendidas com o aperfeiçoamento da plataforma Moodle, software de livre acesso e código aberto. O uso da plataforma será fundamental como apoio técnico a realização de boa parte de curso de extensão e de capacitação que são hoje realizados no modo virtual. O sistema Moodle dispõe de uma série de recursos para a realização de cursos online, desde meios para receber inscrições, aulas, disponibilização de documentos, aulas, fóruns de discussão, emissão de certificados, entre outros.

Com a pandemia do COVID, boa parte dos cursos de extensão do INPE, antes realizados no modo presencial, foi organizada no modo online. No entanto, mesmo com o fim da pandemia, os organizadores de cursos de extensão do INPE, ao verificarem o grande aumento de inscritos em seus cursos, bem como um maior alcance de público, situados em diversas regiões e estados do País, e exterior, estão decididos a manterem versões de seus cursos no modo online.



Dentro desse contexto, a DIEXC experimentou ano passado a implementação da plataforma Moodle para ser utilizada como ferramenta para desenvolvedores de cursos, tendo em vista o uso disseminado desse mesmo sistema em universidades e instituições de pesquisa e ensino. A implementação demonstrou grande potencial de sucesso, e envolve uma série de etapas, que exige diferentes capacidades de seu desenvolvedor, entre as quais habilidades técnicas no campo da ciência da computação como também na interação com outras áreas do INPE, responsáveis por diferentes sistemas de TI com os quais o Moodle interage em sua operação. Também exigirá a criação de tutoriais e materiais de apoio aos desenvolvedores de curso de extensão e capacitação, que serão os principais usuários da plataforma, que passarão por treinamento e capacitação para configurar e realizar os cursos online. Adicionalmente, a plataforma Moodle/INPE está sendo utilizada como base de conhecimento, repositório de materiais, documentos que tratam de métodos, técnicas e práticas relacionadas à gestão administrativa e de pessoal do Instituto.

O aprimoramento no processo de implementação do sistema Moodle deve levar em conta as características particulares dos sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) do INPE, das normas estabelecidas para as páginas de internet do governo (Gov.br), bem como das necessidades dos organizadores e desenvolvedores de cursos, um trabalho que envolve uma série de atividades complexas e diversificadas.

Da perspectiva institucional, este projeto de disseminação do conhecimento e divulgação científica tem como uma de suas referências o Objetivo 4, do Projeto 10 – Projeto Integrador do COCST para Mudanças Ambientais, do Programa de Capacitação Institucional (PCI) 2018-2023, número 400077/2022-1, disponível na homepage do INPE. Também está diretamente relacionado ao Termo de Abertura de Programa – TAP, processo SEI no. 01340.000907/2022-02, que dispõe sobre o Programa INPE e Sociedade.

10.1.2 - Objetivo Geral

O principal objetivo desse projeto é implementar e aperfeiçoar o ambiente virtual de aprendizagem (extensão e capacitação) e desenvolver recursos na plataforma Moodle/INPE para as atividades de extensão e capacitação do Instituto. O projeto irá contribuir com uma das principais missões institucionais do INPE, isto é, o fomento e a promoção da disseminação do conhecimento e divulgação científica de suas áreas de P&D. Também promoverá a construção de um repositório interativo, que permita ser fonte de consulta de práticas, métodos e conhecimentos relacionados à gestão administrativa e de pessoal do Instituto.

Dessa forma, este projeto se vincula ao Plano Diretor (2022-2026), por meio de dois Objetivos Estratégicos: 1. Objetivo Estratégico OE-7, “Implementar programas institucionais de gestão de competências, promoção da cultura organizacional e de retenção do conhecimento científico e tecnológico”; e 2. Objetivo Estratégico OE-15: “Fortalecer a atuação do INPE em pós-graduação, pesquisa e extensão [...]” que visa “fortalecer o setor por meio de (...) metas voltadas (...) à promoção de eventos científicos, à promoção



da aproximação tanto com o setor produtivo com vistas à formação de pessoas, quanto com a sociedade, pela via da extensão e serviços voluntários.”

Objetivo Específico 1:

Implementação, ajuste, revisão e finalização do software de código aberto Moodle para a realização de cursos de extensão e capacitação no modo online.

Objetivo Específico 2

Desenvolver páginas de internet na plataforma Moodle/INPE e/ou relacionada a cursos a serem realizados pela plataforma, obedecendo às normas institucionais do INPE de Tecnologias da Informação e de governo quanto a divulgação de conteúdos.

10.1.3 - Insumos

10.1.3.1 – Custeio

Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)
Participação e apresentação do projeto em eventos científicos sobre ambientes virtuais de ensino à distância	(1.062,00 / 2.040,00)	3.102,00

10.1.3.2 – Bolsas

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria/nível	Meses	Quant
10.1.1	Profissional graduado em Engenharia da Computação ou áreas afins, com experiência em projetos de ciência, tecnologia e inovação.	Experiência na instalação e configuração da plataforma Moodle; de servidores Linux; de Servidor Web Apache2; do PHP7 versão mínima; de Banco de Dados; e de servidor de e-mail.	1	D-D	8	1*

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o Subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

10.1.4 - Atividades de Execução

Atividades	Objetivo	Indicadores	Metas
------------	----------	-------------	-------

	Específico		Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06	Mês 07	Mês 08
Revisar e ajustar a implementação da ferramenta Moodle/INPE (área de capacitação e extensão)	1	Realização de, ao menos, 2 cursos de extensão ou capacitação								
Capacitar professores/instrutores na configuração e na manutenção da plataforma Moodle (configuração de cursos na plataforma)	2	Realização de, ao menos, 1 workshop para capacitação								
Desenvolver páginas no Moodle (cursos na plataforma), obedecendo às normas institucionais (INPE) de Tecnologias da Informação e de governo quanto a divulgação de conteúdo.	3	Ao menos 2 páginas de curso Desenvolvidas e divulgadas								

10.1.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Metas							
	Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06	Mês 07	Mês 08
Revisar e ajustar a implementação da ferramenta Moodle/INPE (área de capacitação e extensão)								
Capacitar professores/instrutores na configuração e na manutenção da plataforma Moodle (configuração de cursos na plataforma)								
Desenvolver páginas no Moodle (cursos na plataforma), obedecendo às normas institucionais (INPE) de Tecnologias da Informação e de governo quanto a divulgação de conteúdo.								

10.1.6 – Produtos

Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	Metas										
			Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06	Mês 07	Mês 08			
Sistema Moodle INPE aperfeiçoado	1	Realização de, ao menos, 2 cursos de extensão ou de capacitação (processo de inscrição, aulas online, até emissão de certificados)											
Sistema Moodle / INPE operacional / com professores e instrutores treinados para configurar cursos na plataforma Moodle	1	Realização de um workshop de capacitação de professores/ instrutores											
Desenvolvimento de página na internet, domínio inpe.br, relacionada a curso de extensão a ser realizado no Moodle/INPE ou dentro da plataforma	2	Ao menos 2 páginas de curso desenvolvidas e divulgadas.											

10.1.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	Metas							
			Mês 01	Mês 02	Mês 03	Mês 04	Mês 05	Mês 06	Mês 07	Mês 08



Realização de cursos de extensão e capacitação na plataforma Moodle/INPE	1	Conclusão de cursos de extensão e capacitação na plataforma Moodle								
Proposta de novos cursos a serem realizados na plataforma Moodle/INPE	1	Realização de novo curso na plataforma Moodle / INPE, estimulado pela disponibilização da ferramenta.								

10.1.8 - Recursos Solicitados

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	1.062,00
Passagens	2.040,00
Total (R\$)	3.102,00

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00			
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00	8	1*	22.880,00
	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					22.880,00

* Em havendo disponibilidade de novas bolsas para o Subprojeto, os candidatos subsequentes da lista de classificação poderão ser chamados.

10.1.9 - Equipe do Projeto

Paulo Augusto Sobral Escada
 Márcia Alvarenga dos Santos
 Priscilla Sousa Frigi Raimundi



José Paulo de Oliveira Barbosa

10.1.10 - Referências Bibliográficas:

Criativa Ead. **O que é o Moodle e quais suas principais características?** 15/10/2020. Disponível em: <https://www.criativaead.com.br/blog/o-que-e-moodle/>. Acesso em: 27/02/2023.

LOUBAK, A.L O que é Moodle? Conheça a plataforma de ensino à distância: Software livre permite criar ambientes virtuais de aprendizagem e é usado por universidades brasileiras como USP, UFBA e UNB. 02/10/2019. Disponível em <https://www.techtudo.com.br/noticias/2019/10/o-que-e-moodle-conheca-a-plataforma-de-ensino-a-distancia.ghtml>. Acesso em: 27/02/2023.



Projeto 10: PROJETO INTEGRADOR DO COCST PARA MUDANÇAS AMBIENTAIS

Subprojeto 10.2: Desenvolvimento de traçador de absorção de carbono pela floresta Amazônica

10.2.1 – Introdução

Dentre as várias ações de pesquisas realizadas na Divisão de Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade da CGCT, destacam-se diversos esforços colaborativos no desenvolvimento de arcabouços computacionais de modelagem dos diferentes componentes do Sistema Terrestre, assim como parametrização de modelos existentes.

O Projeto atual denominado “*Variação Interanual do Balanço de Gases de Efeito Estufa na Bacia Amazônica e seus controles em um mundo sob aquecimento e mudanças climáticas/ Estudo de Longo termo do Balanço do Carbono da Amazônia*” TAP (processo SEI: 01340.007294/2021-45) tem como objetivo estudar o Balanço de CO₂, CH₄, N₂O e CO da Amazônia (saldo entre as emissões e absorções) e estudo do impacto da ação humana e da variação climática nos processos de absorção e emissão destes gases na Amazônia.

A Amazônia representa mais de 50% das Florestas tropicais do planeta e necessita de estudos sobre seu papel no Balanço Global de Carbono e demais Gases de Efeito Estufa. A variabilidade tanto ao longo do ano, como de ano para ano é muito grande, o que demonstra necessitar de estudos que tenham longa representatividade temporal, além da representatividade Geográfica.

Além da importância de se elucidar esta informação, ainda temos questões de extrema importância: Qual o efeito das mudanças climáticas na Amazônia? e qual a contribuição da Amazônia nas mudanças climáticas, devido as mudanças do uso da terra que ocorrem na Amazônia?

Para se responder a estas questões necessitamos de estudos que tenham duas importantes características: Representatividade Espacial e temporal. Estudos utilizando perfis de avião tem a representatividade regional, necessária para representar a Amazônia, no entanto, quando falamos de ciclo de carbono necessitamos de no mínimo uma década de estudos.

O propósito principal deste projeto é determinar as consequências e efeitos da variação climática e da ação humana no balanço de GEE da Amazônia, causando alterações nos processos de absorção de gás carbônico e emissão de metano e demais gases pela floresta, bem como os efeitos do aumento da pressão humana direta.

Sua execução será realizada principalmente através da coleta regular de perfis verticais de amostras atmosféricas, utilizando aviões de pequeno porte. A estratégia de amostragem utilizando perfil vertical fornece uma representação em escala regional, para permitir a obtenção de uma média consistente sobre o que a Amazônia representa no balanço global de carbono e demais GEEs. Este projeto propõe uma observação de longo tempo (5 anos, somando-se a série iniciada em 2010), uma vez que a Amazônia apresenta grande variabilidade ano a ano no balanço de carbono, portanto é necessário um longo tempo de estudo para se obter uma média do balanço dos gases de efeito



estufa. Quatro regiões de estudo com avião foram escolhidas para representar a maior parte da região Amazônica.

Serão realizadas aproximadamente 2 coletas de perfis verticais por mês (de 300m até 4500m) nas 4 localidades escolhidas. As localidades de estudo denominados de RBA (9.38°S 67.62°O) representando a região sudoeste-centro, TEF (3.39°S 65.6°O) região noroeste-centro, ALF (8.80°S 56.75°O) região sudeste e SAN (2.86°S 54.95°O) região nordeste. Os perfis verticais nestas 4 regiões conferem uma representatividade em torno de 80% da Pan-Amazônia, pois o ar entra pela costa brasileira, no litoral norte/nordeste do nosso continente, e atravessa toda a Amazônia, recebendo assim todas as contribuições de emissão e absorção dos Gases de Efeito Estufa ao longo da trajetória, representando a resultante de todos estes processos.

Juntamente com as medidas dos GEE e determinação de seus fluxos, serão estudadas variantes climáticas (precipitação, temperatura, quantidade de água no solo, déficit de vapor de água, etc) e outros parâmetros (área queimada, índice de verde da folhagem, etc) para se entender quais fatores afetam as emissões e absorções destes gases.

O entendimento destas correlações vai fornecer subsídios para tomada de decisão sobre a preservação da floresta e a ocupação e uso do solo em sua região.

10.2.1.1 - Introdução do subprojeto

Florestas podem responder de diversas formas a mudanças climáticas como elevação de temperaturas e de condições de umidade (secas e cheias mais intensas que as usuais). Sob condições de seca, podem, por exemplo, responder com uma diminuição da fotossíntese e aumento de perda de carbono devido à respiração. Infelizmente apenas a observação dos padrões do CO₂ atmosférico sozinhos não pode distinguir entre estes dois processos. Para entender como as florestas respondem devemos estimar tanto a respiração quanto a produção primária separadamente. A estratégia é continuar o método comprovado de medições regulares de perfis verticais de gases de efeito de estufa nos 4 locais de estudo representando toda a bacia, para completar uma década, e adicionar duas ferramentas importantes. Primeiro, serão adicionadas medições de sulfeto de carbonila (COS) permitirá uma melhor compreensão das alterações nas funções da floresta, excepcionalmente sob condições extremas. Medidas de CO₂ em conjunto com medidas de COS podem permitir este entendimento. Enquanto o CO₂ participa tanto da fotossíntese quanto da respiração, o COS é absorvido durante a fotossíntese, mas não liberado pela respiração das plantas, apesar de pequenas emissões do solo. Da mesma forma que a absorção do CO₂, a difusão do COS da atmosfera para a folha, através dos estômatos e então para o cloroplasto, onde é convertido pela anidrase carbônica, é sensível a variações climáticas através da condutância estomatal, que responde tanto a variações da pressão de vapor na atmosfera quanto aos níveis de umidade disponíveis para as plantas. A co-interpretação das observações de CO₂ e COS é um importante avanço na interpretação e entendimento do balanço de carbono da Floresta Amazônica e sua suscetibilidade às alterações climáticas.



Estes objetivos estão alinhados aos **Objetivos Estratégicos OE-19, OE-17 e OE-14 do Plano Diretor do INPE 2022-2026**, pesquisas que auxiliam na formulação de cenários de mudanças climáticas e ambientais futuras, que incluem além do ambiente físico as componentes socioeconômicas, contribuindo com as metas assumidas pelo país em relação aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, da ONU.

10.2.2 - Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto está vinculado às metas do Plano Diretor, especificamente às metas M-19.1 e M-19.5, já que a obtenção do balanço de carbono com base em perfis verticais atmosféricos envolve o desenvolvimento e a integração entre as atividades de observação e modelagem atmosféricas, promovendo a expansão da capacidade institucional e o uso e análise dos dados de perfis verticais de GEE e o modelo de integração de coluna possibilitam a determinação do balanço de GEE e o entendimento das variáveis que interferem nestes processos fundamentais do sistema terrestre. Além disso, se enquadram ao Objetivo Específico 2 do Projeto 10 PCI 2018-2023, número 400077/2022-1): Contribuir para a construção e consolidação de redes integradas e inovadoras para coleta de dados ambientais.

Este objetivo contempla as seguintes atividades:

- Consolidar as redes de observação contínua de variáveis ambientais envolvendo gases traço, gases de efeito estufa, envolvendo os ciclos do carbono, nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, aerossóis, descargas elétricas atmosféricas, estimativa de biomassa, componentes do ciclo hidrológico (p.e. transpiração, umidade do solo), entre outros, nos diferentes biomas do Brasil;

Associado ao objetivo geral, propõe-se neste subprojeto os seguintes objetivos específicos:

Objetivo Específico 1: Utilizar o COS (Sulfeto de Carbonila) para identificar as variações das absorções naturais da Floresta, sua produtividade e diferenciar das emissões como a respiração, decomposição naturais e antrópicas. Este objetivo utilizará também de modelagem para interpretar os resultados de COS e diagnosticar a produtividade da Floresta.

Objetivo Específico 2: Desenvolver metodologia de quantificação de COS em amostras de ar atmosférico da Amazônia, utilizando volume reduzido e precisão necessária. E quantificar o COS nas amostras de ar atmosférico coletadas na Amazônia, em 4 localidades, em perfis verticais, utilizando avião de pequeno porte, com periodicidade quinzenal.

10.2.3 - Insumos

10.2.3.1 – Custeio

Para a demanda atual, considerando bolsas de 8 meses, não se pleiteia valores de custeio.



Finalidade	Item de Custeio (diárias/passagens)	Valor (R\$)

10.2.3.2 – Bolsas

Esta área tem uma característica interdisciplinar onde o profissional poderia ter formação em Química, Física ou Biologia ou ainda áreas da engenharia ligadas a área ambiental como Eng. Ambiental, Florestal e Química e experiência em pesquisa científica para desenvolver esta nova capacitação em nosso grupo científico e ampliar nossa capacidade de interpretar as funcionalidades da Floresta Amazônica e suas modificações com as Mudanças Climáticas.

Código	Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Objetivo Específico	PCI categoria /nível	Meses	Quant
10.2.1	Profissional Química, Física, Biologia, Engenharia Ambiental, Florestal ou áreas afins, com 10 (dez) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação após a obtenção do diploma de nível superior ou com título de doutor há, no mínimo, 2 (dois) anos; ou ainda, com grau de mestre há, no mínimo, 6 (seis) anos	Física/Biologia/ Química/Geociências	1, 2	D-A	8	1

10.2.4 - Atividades de Execução

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos do projeto, as seguintes atividades são necessárias:

1. Desenvolver capacitação em medir COS nas amostras coletadas nos perfis verticais no laboratório de alta precisão gases de efeito estufa INPE;
2. Quantificação de COS nas amostras de ar atmosférico coletadas na Amazônia, nas 4 localidades de estudo;
3. Desenvolver modelagem para determinação do fluxo de COS na atmosfera;

Atividade	Objetivo Específico	Indicadores	Metas			
			jun/jul	ago/set	out/nov	dez/jan24

1	2	Apresentação das medidas de COS com a precisão necessária (5ppt).	a, b	b	b	b
2	1,2	Determinação dos perfis mensais em cada localidade.	c	c	c	c
3	1, 2	Determinação dos fluxos de COS para o ano de 2022 e integração das medidas em cada local de estudo, tendo como resultado o balanço regional	d	d		e, f, g, h

Metas:

- a) Realizar medidas de COS em triplicata, com desvio padrão (reprodutibilidade e acurácia) menor que 5 ppt.
- b) Realizar periodicamente medidas de uma amostra com concentração conhecida (calibração da ESRL/NOAA), para certificar a precisão dos resultados.
- c) Realizar a análise de todos os perfis verticais coletados nas quatro localidades, e determinar as concentrações de COS por altitude;
- d) Desenvolver um método para a determinação dos valores de entrada de COS (background) em cada local de amostragem;
- e) Obter o tempo de trajetória entre a costa brasileira e cada local de amostragem, para cada amostra no perfil vertical, utilizando o método de backtrajectories;
- f) Calcular os fluxos para cada perfil vertical, através do método de integração de coluna;
- g) Obter os fluxos mensais para cada local de amostragem;
- h) Utilizando as áreas de influência de cada local, determinar o balanço de COS para a Amazônia

10.2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	2023							2024
	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan
Atividade 1	X							
Atividade 2	X	X	X	X	X	X	X	
Atividade 3							X	X

10.2.6 – Produtos



Produtos	Objetivo Específico	Indicadores	jun/23 - jul/23	ago/23 - set/23	out/23 - nov/23	dez/23 - jan/24
Dados de emissões e remoções nos biomas Amazonia	1	Determinação do fluxo de COS nas 4 áreas estudadas da e seu balanço da Amazônia				X

10.2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Objetivo Específico	Indicadores	jun/23 - jul/23	ago/23 - set/23	out/23 - nov/23	dez/23 - jan/24
Ampliação da competência analítica com a capacitação de medir COS em amostras de ar atmosférico	2	Resultados de medições de COS em amostras de ar atmosférico no projeto CARBAM, na Amazônia e o uso destes resultados em modelos.	X	X	X	X
Obtenção do fluxo de absorção de COS por região na Amazonia	1	Obter ao menos um fluxo mensal de COS durante o ano de 2022	X	X	X	X
Balanço de COS da Amazonia	1	Apresentar o balanço anual de COS na Amazônia				X

10.2.8 - Recursos Solicitados

Apresentar a totalidade de recursos solicitados para o Subprograma de Capacitação Institucional.

Custeio:

Custeio	Valor (R\$)
Diárias	
Passagens	
Total (R\$)	

Bolsas:

PCI	Categoria/ Nível	Mensalidade (R\$)	Meses	Quantidade	Valor (R\$)
PCI-D	A	5.200,00	8	1	41.600,00
	B	4.160,00			
	C	3.380,00			
	D	2.860,00			



	E	1.950,00			
	F	900,00			
PCI-E	1	6.500,00			
	2	4.550,00			
Total (R\$)					41.600,00

10.2.9 - Equipe do Projeto

Luciana V. Gatti (DIIAV/INPE)

Mary Whelan (Department of Environmental Sciences/Rutgers University)

Joseph Berry (Department of Global Ecology/Carnegie Institution for Science)

Elliott Campbell (University of California)

Caio Correia (DIIAV/INPE)

Stephane Crispim (DIIAV/INPE)