



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



**EDITAL Nº 90/2023/SEI-INPE**

**EDITAL 90/2023**

**PROGRAMA DE PÓS-DOCTORAMENTO SEM BOLSA**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) torna pública o presente Edital e convida os interessados a apresentarem propostas, nos termos aqui estabelecidos.

### **1 – Objeto**

O presente Edital tem por finalidade a seleção de pesquisadores que contribuam para a execução de projetos de pesquisa e desenvolvimento, no âmbito do Programa de Pós-Doutoramento sem Bolsa.

#### **1.1 – Projetos de pesquisas**

<b>Código</b>	<b>Projeto</b>	<b>Localidade</b>
01	Modelagem Dinâmica Espacial e Sensoriamento Remoto Hiperespectral como suportes ao Manejo Integrado de Pragas na cultura da soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	São José dos Campos
02	Dinâmica de sistemas binários de asteroides aplicando o método da expansão do potencial em série para modelagem do campo gravitacional	São José dos Campos
03	Estruturação de curso de extensão relacionado ao desenvolvimento de satélites educacionais: Abordagem sistemática de teste de sistemas comunicantes em cubesats	São José dos Campos

#### **1.2 – Do detalhamento dos projetos**

Os projetos aprovados no presente Edital serão realizados nas Unidades Técnico-Científicas do INPE, conforme especificado no item 1.1. O detalhamento dos projetos, assim como o perfil do respectivo pós-doutorando, constante no **anexo I**, são estabelecidos: **pelo supervisor, Comitê Assessor (CA) da área à qual o supervisor está vinculado, com a anuência do Coordenador Geral da área.**

## 2 – Cronograma

<b>FASES</b>	<b>DATA</b>
<b>Inscrições</b>	<b>de 04/08 a 13/08/2023</b>
<b>Divulgação preliminar das inscrições homologadas</b>	<b>15/08/2023</b>
<b>Prazo para interposição de recurso administrativo das inscrições homologadas preliminarmente</b>	<b>16 e 17/08/2023</b>
<b>Divulgação final das inscrições homologadas</b>	<b>18/08/2023</b>
<b>Divulgação do resultado preliminar</b>	<b>A partir de 28/08/2023</b>
<b>Prazo para interposição de recurso administrativo do resultado preliminar</b>	<b>02 dias úteis após a divulgação do resultado preliminar</b>
<b>Resultado final</b>	<b>Até dia 04/09/2023</b>

## 3 – Critérios de Elegibilidade

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

**3.2** – Quanto ao Candidato:

**3.2.1** – O candidato deve atender, obrigatoriamente, aos itens abaixo:

- a) Ser brasileiro ou estrangeiro residente e em situação regular no País;
- b) ter seu currículo cadastrado na Plataforma Lattes, **atualizado** até a data limite para submissão;
- c) Ter perfil e experiência adequados ao projeto;
- d) Possuir título de doutor; e,
- e) Ser servidor e/ou funcionário público concursado que atue em entidade ou órgão público da Administração Direta, bem como Indireta, seja ele autarquia, fundação, sociedade de economia mista ou empresa pública, nos níveis federal, estadual, distrital e/ou municipal.

### **3.3 – Quanto à Instituição de Execução do Projeto:**

**3.3.1** – O projeto será executado nas unidades do INPE, conforme indicado na tabela do item 1.1 deste Edital. 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)

Coordenação Espacial Regional Sul do INPE - COESU

Campus da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Caixa Postal: 5021

CEP: 97105-970 Santa Maria, RS

Prédio INPE

INPE Natal (RN)

Coordenação Espacial Regional Nordeste do INPE - COENE

Rua Carlos Serrano, 2073 - Lagoa Nova

CNPJ: 01.263.896/0007-50

CEP: 59076-740

INPE Eusébio (CE)

Coordenação Espacial Regional Nordeste do INPE - COENE

Estrado do Fio, 5624-6140 – Mangabeira

CEP: 61760-000

INPE Belém (PA)

Coordenação Espacial Regional do INPE na Amazônia - COAM

Prédio 50

Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá

Av. Perimetral, 2651

CEP 66077-830

Belém - PA - Brasil

#### 4 – Recursos Disponibilizados

**4.1** – O INPE fornecerá infraestrutura física (acesso a sala, computador, internet, telefone, Biblioteca Central, laboratórios etc.) ao pós-doutorando sem bolsa, necessária ao desenvolvimento do Projeto de Pesquisa de Pós-Doutorado aprovado.

§1º. Cabe salientar que, **em nenhum momento**, o INPE **não** pagará recompensa financeira a título de bolsa ou remuneração para o Pós-Doc.

#### 5 – Vigência do Programa de Pós-Doutorado

**5.1.1** – O período para o pós-doutorado será de, no mínimo, 06 (seis) meses, e no máximo, de 12 (meses), podendo ser prorrogado por mais tempo, não excedendo a 12 (meses) de prorrogação, totalizando 24 (vinte e quatro) meses, **consecutivos ou não** em se tratando de um mesmo projeto.

#### 6 – Inscrição no Programa

**6.1** – As inscrições deverão ser encaminhadas ao INPE exclusivamente via e-mail, no endereço difpd@inpe.br, utilizando-se o Formulário Inscrição para Programa de Pós-Doutoramento, disponível no link <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pos-doc/programa-de-pos-doutoramento-sem-bolsa-no-inpe>

**6.2** – O horário limite para submissão 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 inscrições 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 inscrição seja enviada fora do prazo de submissão, ela não será aceita, razão pela qual não haverá possibilidade da inscrição ser acolhida, analisada e julgada.

**6.3** – Esclarecimentos e informações adicionais acerca deste Edital podem ser obtidos pelo endereço eletrônico difpd@inpe.br ou pelo telefone (12) 3208-7645 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 candidato entrar em contato com o INPE em tempo hábil para obter informações ou esclarecimentos.

**6.4** – O Formulário de Inscrição do Programa de Pós-doutoramento deverá ser preenchido com os dados do candidato e enviado por e-mail, como anexo, juntamente com o Currículo Lattes **atualizado**

do candidato e do supervisor, bem como cópia da última titulação do candidato, até data limite para submissão da proposta. Inscrições enviadas sem o **Currículo Lattes não serão aceitas.**

## 7 – Julgamento

### 7.1 – Critérios do Julgamento

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

Critérios de análise e julgamento		Peso	Nota
<b>A</b>	Alinhamento do histórico acadêmico e profissional do proponente às competências e atividades exigidas à execução do projeto.	3,0	<b>0,0 a 10</b>
<b>B</b>	Adequação do perfil do proponente ao projeto a ser apoiado.	1,0	<b>0,0 a 10</b>
<b>C</b>	Experiência prévia do proponente em projetos científicos, tecnológicos ou de inovação na área do projeto de pesquisa selecionado.	1,0	<b>0,0 a 10</b>

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

7.1.2 – A pontuação final de cada proposta será aferida pela média ponderada das notas atribuídas para cada item.

7.1.3 – Em caso de empate, a Comissão de Avaliação, considerará a proposta com a maior nota no critério A, seguidas das maiores notas nos critérios B e C, respectivamente..

7.1.3.1 – Persistindo o empate, a Comissão de Avaliação deverá analisar as propostas empatadas 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 – Homologação da Inscrição

7.2.1.1 – Esta etapa, a ser realizada pela DIFPD, consiste na confirmação do recebimento dos documentos apresentados quanto ao atendimento às disposições estabelecidas no item 3.2 desta Chamada.

### 7.2.2 – Etapa II – Classificação pela Comissão de Avaliação de Programa de Pós-Doutoramento

**7.2.2.1** – A composição e as atribuições da Comissão de Avaliação do Programa de Pós-Doutoramento seguirão as disposições contidas na Portaria 914/2023/SEI-INPE.

**7.2.2.2** – A pontuação final de cada proposta será aferida conforme estabelecido no item 7.1.

**7.2.2.3** – Todas as propostas avaliadas serão objeto de parecer de mérito consubstanciado, contendo a fundamentação que justifica a pontuação atribuída.

**7.2.2.4** – Após a análise de mérito e relevância de cada candidato, a **Comissão deverá recomendar:**

**a) aprovação;** ou

**b) não aprovação.**

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

a) propostas avaliadas com **média final 6,0 ou menor** serão consideradas **não aprovadas**.

**7.2.2.8** – A Planilha de Julgamento será assinada pelos membros da Comissão de Avaliação do Programa de Pós-Doutoramento.

## **8 – Resultado Preliminar do Julgamento**

**8.1** – A relação de todos os candidatos julgados, aprovados e não aprovados, será divulgada na página eletrônica do INPE, disponível na Internet no endereço [difpd@inpe.br](mailto:difpd@inpe.br)

## **9 – Recursos Administrativos**

### **9.1 – Recurso Administrativo do Resultado Preliminar da Avaliação**

**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 <https://www.gov.br/inpe/pt-br/area-conhecimento/fomento-a-pesquisa-e-desenvolvimento/pos-doc/programa-de-pos-doutoramento-sem-bolsa-no-inpe>, no prazo de 02 (dois) dias úteis a partir da publicação do resultado na página do INPE.

## **10 – Da Avaliação**

**10.1** – O pós-doutorando deverá elaborar relatório e será submetido a avaliações trimestrais por parte de seu supervisor. Qualquer reprovação em um dos relatórios de avaliação implicará o desligamento do pós-doutorando, cabendo recurso da decisão ao coordenador da área onde se encontra lotado seu supervisor, sendo permitida, em caso de indeferimento, a apresentação de um segundo e último recurso a essa mesma instância.

**10.1.1** – O relatório trimestral e final deverá ser encaminhado à DIFPD e ao supervisor do pós-doutorando para o endereço eletrônico [difdp@inpe.br](mailto:difdp@inpe.br)

## **11 – Disposições Gerais**

**11.1** – O presente edital regula-se pelos preceitos de direito público inseridos no caput do artigo 37 da Constituição Federal e pelas disposições da Lei nº 8.666/93.

**11.2** – A qualquer tempo, o presente Edital poderá ser revogado ou anulado, 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.

**11.3** – A Direção do INPE reserva-se o direito de resolver os casos omissos e as situações não previstas no presente Edital.

São José dos Campos, 03 de agosto de 2023.

*(assinado eletronicamente)*

**Valéria Cristina dos Santos Ribeiro**

Chefe da Divisão de Fomento a Pesquisa e Desenvolvimento - DIFPD

Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão - COEPE



Documento assinado eletronicamente por **Valéria Cristina dos Santos Ribeiro, Chefe da Divisão de Fomento a Pesquisa e Desenvolvimento**, em 03/08/2023, às 15:55 (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 **11250930** e o código CRC **199EBB00**.



# Anexo I do Edital Nº 90/2023





## **Projeto 1: Modelagem Dinâmica Espacial e Sensoriamento Remoto Hiperespectral como suportes ao Manejo Integrado de Pragas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**

### **1.1 – Introdução**

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), no Brasil, é a cultura agrícola de maior relevância, ocupando o primeiro lugar em área e em valor econômico. Dentre os fatores limitantes de sua produtividade, tem-se a ocorrência de pragas.

Na soja, destacam-se como principais pragas as lagartas desfolhadoras (*Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includen*, *Spodoptera spp.* e *Helicoverpa armigera*) e o complexo de percevejos (*Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, *Euschistus heros* e *Dichelops spp.*). Como estratégia para o controle de pragas, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) apresenta-se como uma combinação de todas as técnicas de controle pragas disponíveis e a respectiva integração destas e que desencorajem o desenvolvimento das populações das pragas, reduzindo consideravelmente a utilização de inseticidas.

Nesta conjuntura, o presente projeto tem como objetivo geral avaliar a utilização da Modelagem Dinâmica Espacial e do Sensoriamento Remoto Hiperespectral como suportes para a detecção e o controle de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos no MIP na cultura da soja, propondo o "Manejo Integrado de Pragas de Precisão - MIPP".

Para atingir esse objetivo, serão estabelecidas áreas-piloto cultivadas com soja, nas quais realizar-se-ão amostragens da infestação de pragas. Em paralelo, serão obtidas imagens hiperespectrais orbitais e/ou aéreas de baixa altitude (por meio de Aeronave Remotamente Tripulada, *Remotely Piloted Aircraft* - RPA). Através de métricas hiperespectrais, serão identificadas áreas infestadas, áreas não infestadas, áreas de vegetação arbórea/arbustiva e outros usos. Também, serão obtidos dados altimétricos, meteorológicos e métricas de paisagem. Através desses dados, serão avaliadas duas abordagens de Modelagem Dinâmica Espacial para a simulação de infestação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos.

A primeira consistirá no uso da plataforma Dinamica EGO, na qual será elaborado um modelo orientado a processos. Na segunda abordagem, conforme a disponibilidade de dados, poderá também ser concebido um modelo multiagentes, com o uso da plataforma NetLogo, de modo a se analisar o comportamento da praga (agente) no processo de infestação.

A supervisora da pesquisa atua no âmbito de modelagem dinâmica espacial desde 2004, orientando trabalhos nas mais diversas áreas, como modelagem de processos de desflorestamento, mudanças de uso e cobertura da terra, conversão e derretimento de geleiras nos Andes tropicais, processos hidrodinâmicos de inundações urbanas mudanças de práticas de manejo da cana-de-açúcar, entre outros. Recentemente, encontra-se em desenvolvimento pesquisas de modelos baseado em agentes voltadas a temas como uso do solo e acessibilidade urbana. Neste sentido, este projeto de pesquisa de pós-doutorado viria a ampliar essa linha de pesquisa no INPE, consolidando a área de modelagem baseada em agentes para aplicações ambientais.

### **1.2 – Objetivo Geral**

Avaliar a utilização da Modelagem Dinâmica Espacial e do Sensoriamento Remoto Hiperespectral como suportes para a detecção e o controle de lagartas desfolhadoras (lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis*; lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens*; *Spodoptera spp.* e *Helicoverpa armigera*) e do complexo de percevejos (Percevejo-verde-da-soja, *Nezara viridula*, Percevejo-verde-pequeno-da-soja, *Piezodorus guildinii*;



Percevejo-marrom-da-soja, *Euschistus heros* e Percevejo- barriga-verde, *Dichelops spp.*) no contexto do Manejo Integrado de Pragas na cultura da soja.

Este projeto de pesquisa está alinhado com o Plano Diretor do INPE – 2022-2026, no seu OE19 – “Promover e aprimorar a pesquisa e o desenvolvimento em atividades integradas de observação, modelagem, cenários e síntese no contexto do sistema terrestre”. Isto se explica pelo fato de que os experimentos de simulação de processos de infestação de pragas na cultura da soja inserem-se no escopo de modelagem no contexto do sistema terrestre, utilizando-se, entre outros insumos, de imagens de sensoriamento remoto orbitais e de baixa altitude, e objetivando em última instância garantir a segurança alimentar.

### 1.3 – Objetivos Específicos

#### Objetivo Específico 1:

- Detecção de estresses causados pela infestação de lagartas desfolhadoras e pelo complexo de percevejos na cultura da soja, utilizando-se de imagens hiperespectrais com a respectiva identificação das métricas espectrais mais favoráveis a essa detecção;

#### Objetivo Específico 2:

- Entendimento das variáveis forçantes para a ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos, variáveis estas de caráter biótico, abiótico e da Ecologia da Paisagem;

#### Objetivo Específico 3:

- Através desse entendimento, simular cenários, a partir da Modelagem Dinâmica Espacial, da ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos na cultura da soja;

#### Objetivo Específico 4:

- A partir dos cenários modelados de ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos, utilizar Modelos Dinâmicos Espaciais e dados hiperespectrais no Manejo Integrado de Pragas, na cultura da soja, propondo o "Manejo Integrado de Pragas de Precisão - MIPP".

### 1.4 – Perfil do pós-doc

Formação Acadêmica /Titulação	Área de Experiência	Meses	Quantidade
Engenheiro Agrônomo ou Engenheiro Agrícola com Doutorado em Área Afim (Sensoriamento Remoto, Agronomia, Ecologia e Recursos Naturais etc.)	Fitossanidade Agrícola, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Drones	12	1

### 1.5 - Atividades de Execução

Atividades	Indicadores	Metas	
		2023	2024



Detecção de estresses causados pela infestação de lagartas desfolhadoras e pelo complexo de percevejos e relacioná-los com as métricas espectrais	Detecção do estresse causado por pragas e estudo das métricas espectrais	Relacionar o estresse causado por pragas com as métricas espectrais	-
Entendimento das variáveis forçantes para a ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos	Identificação das variáveis forçantes	Relacionar as variáveis forçantes com a ocorrência e propagação das pragas estudadas	-
Simulação de cenários, a partir da Modelagem Dinâmica Espacial, da ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos	Simulação de cenários	-	Avaliação dos cenários simulados pela Modelagem Dinâmica Espacial
Utilizar Modelos Dinâmicos Espaciais e de dados hiperespectrais no Manejo Integrado de Pragas, na cultura da soja, para propor o "Manejo Integrado de Pragas de Precisão - MIPP"	Uso de Modelos Dinâmicos Espaciais e de dados hiperespectrais no manejo integrado de pragas na cultura da soja	-	Avaliação do uso de Modelos Dinâmicos Espaciais e de dados hiperespectrais no manejo integrado de pragas na cultura da soja

### 1.6 – Cronograma de Atividades

Atividades	Ano / Mês									
	2023					2024				
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Out	Nov	Dez	Jan	Fev

Detecção de estresses causados pela infestação de lagartas desfolhadoras e pelo complexo de percevejos e relacioná- los com as métricas espectrais										
Entendimento das variáveis forçantes para a ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos										
Simulação de cenários, a partir da Modelagem Dinâmica Espacial, da ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejo										
Utilizar Modelos Dinâmicos Espaciais e de dados hiperespectrais no Manejo Integrado de Pragas, na cultura da soja, para propor o "Manejo Integrado de Pragas de Precisão - MIPP"										

### 1.7 – Produtos

Produtos	Indicadores	Metas (objetivos específicos)	
		2023	2024
Estudo das métricas espectrais mais favoráveis para a identificação da infestação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos	Relatório técnico-científico	1	-
Estudo das variáveis forçantes de maior relevância na ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos	Relatório técnico-científico	2	-



Estudo de Modelos Dinâmicos Espaciais para a modelagem da ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos	Relatório técnico-científico	-	3
Estudo do uso de Modelos Dinâmicos Espaciais e de dados hiperespectrais no Manejo Integrado de Pragas, na cultura da soja, para propor o "Manejo Integrado de Pragas de Precisão - MIPP"	Relatório técnico-científico	-	4

### 1.8 – Resultados Esperados

Resultados	Indicadores	Metas (objetivos específicos)	
		2023	2024
Identificação das métricas espectrais mais favoráveis para a identificação da infestação de lagartas desfolhadoras e pelo complexo de percevejos na cultura da soja	Relatório técnico-científico	1	-
Entendimento das variáveis forçantes de maior relevância na ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos na cultura da soja	Relatório técnico-científico	2	-
Modelos Dinâmicos Espaciais para a modelagem da ocorrência e propagação de lagartas desfolhadoras e do complexo de percevejos na cultura da soja	Relatório técnico-científico	-	3
Proposta final do "Manejo Integrado de Pragas de Precisão - MIPP" na cultura da soja	Relatório técnico-científico	-	4

### 1.8 – Equipe do Projeto

Bolsista Pós-doc

Supervisão: Dra. Cláudia Maria de Almeida

### Referências Bibliográficas

ALMEIDA, C. M. **Métodos de parametrização de modelos estocásticos**. Material Didático de SER-338: Modelagem Dinâmica Espacial. Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2019.

APAN, A. et al. Detecting sugarcane 'orange rust' disease using EO-1 Hyperion hyperspectral imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 2, p. 489- 498, 2004.

BARROS, P. P. S. et al. Monitoramento Fitossanitário Utilizando Sensoriamento Remoto: Avanços e Desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 489– 515, 6 abr. 2021.

BORTOLOTTI, O. C. et al. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**. 2015, v. 1, n.1, p. 25-32.

BUENO, A. de F. et al. (org.). **Helicoverpa armigera**: desafios na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

BURROUGH, P. Dynamic Modelling and Geocomputation. In: LONGLEY, P., BATTY, M.; MCDONNELL, R. (Ed.). **Geocomputation: A Primer**. London: John Wiley & Sons, 1998.

CHUVIECO, E. **Fundamentals of satellite remote sensing: an environmental approach**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2020. 432 p.

CLARKE, K. C.; HOPPEN, S.; GAYDOS, L. J. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. **Environment and Planning B**. 1997, v. 24, n. 2, p. 247-261.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Integrated pest management: of major pests and diseases in eastern Europe and the Caucasus**. Budapest, 2017. 895 p.

FITZGERALD, G. J.; MAAS, A. J.; DETAR, W. R. Spider mite detection and canopy component mapping in cotton using hyperspectral imagery and spectral mixture analysis. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 5, n. 3, p. 275-289, 2004.

GALVÃO, L. S.; SOUZA, A. A.; BREUNIG, F. M. A hyperspectral experiment over tropical forests based on the EO-1 orbit change and PROSAIL simulation. **GIScience & Remote Sensing**, v. 57, n. 1, p. 74-90, 2019.

GITELSON, A. A. et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002.

GOETZ, A. F. H. et al. Imaging spectrometry for earth remote sensing. **Science**, New York, v. 28, n. 228, p. 1147-53, 1985.

GRAVEY, M.; GREGOIRE, M. A statistical approach to simulate hyperspectral information based on multispectral sensors. **Geophysical Research Abstracts**, Vienna, v. 21, 2019.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. MOSCARDI, F. (coord.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 895 p.

IOST FILHO, F. H. et al. Assessment of Injury by Four Major Pests in Soybean Plants Using Hyperspectral Proximal Imaging. **Agronomy**, v. 12, n. 7, p. 1516, 24 jun. 2022.

KLOPFER, E. et al. StarLogo TNG - Making agent-based modeling accessible and appealing to novices. In: KOMOSINSKI, M.; ADAMATZKY, A. (Ed.). **Artificial Life Models in Software**. Berlin, Alemanha: Springer, 2009. p. 151-182.

KOST, C.; HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles induce an indirect defense in neighbouring plants. **Journal of Ecology**, v.94, p.619-628, 2006.

LI, X.; XU, H. et al. Using proximal remote sensing in noninvasive phenotyping of invertebrates. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 12, n. 5, p. 1-14, 2017.

LIMA, E. A. B. F.; FERREIRA, C. P.; GODOY, W. A. C. Ecological modeling and pest population management: a possible and necessary connection in a changing world. **Neotropical Entomology**. 2009, v. 38, n. 6. p. 699-707.

MACEDO, R. C. **Modelagem dinâmica espacial e valoração das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira**. São José dos Campos. 236p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, 2013.

MATEEN, M. et al. The role of hyperspectral imaging: a literature review. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, [S.l.], v. 9, n. 8, p. 51-62, 2018.

MAZZA, R. et al. (rev.). **Percevejos e inimigos naturais na cultura da soja**. Informativo de Desenvolvimento Tecnológico 10. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 7 p.

MIRIK, M. et al. Hyperspectral spectrometry as a means to differentiate uninfested and infested winter wheat by greenbug (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 5, p. 1682-1690, 2006a.

MIRIK, M. et al. Using digital image analysis and spectral reflectance data to quantify damage by greenbug (Hemiptera: Aphididae) in winter wheat. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 51, n. 1-2, p. 86-98, 2006b.

MORIN, M. et al. S. Agreement analysis and spatial sensitivity of multispectral and hyperspectral sensors in detecting vegetation stress at management scales. **Journal of Applied Remote Sensing**, Bellingham, v. 11, n. 4, 2017.

NANSEN, C. The potential and prospects of proximal remote sensing of arthropod pests. **Pest Management Science**, New York, n. 72, p. 653-659, 2016.

PINTO, J. et al. Detection of Defoliation Injury in Peanut with Hyperspectral Proximal Remote Sensing. **Remote Sensing**, v. 12, n. 22, p. 3828, 21 nov. 2020.

PLANT, R. E.; MANGEL, M. Modeling and Simulation in Agricultural Pest Management. **SIAM Review**. 1987, v. 29, n. 2, p. 235-261.

PLAZA, A. et al. Hyperspectral data processing algorithms. In: THENKABAIL, P. T.; LYON, J. G.; HUETE, A. (org.) **Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation**. Boca Raton: CRC Press, 2018. 2 ed., v. 1.

PRABHAKAR, M.; PRASAD, Y. G.; RAO, M. Remote Sensing of Biotic Stress in Crop Plants and Its Applications for Pest Management. VENKATESWARLU B. et al. (ed.). **Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 517-545.

RASCHE, L.; TAYLOR, R. A. J. EPIC-GILSYM: Modelling crop-pest insect interactions and management with a novel coupled crop-insect model. **Journal of Applied Ecology**. 2019, v. 46, p. 2045-2056.

RIFFEL, A.; COSTA, J. G. **Os Voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura**. Embrapa Documento 201, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 48p.





ROBERTS, D. et al. Hyperspectral Vegetation Indices. *In*: THENKABAIL, P. T.; LYON, J. G.; HUETE, A. (org.) **Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation**. Boca Raton: CRC Press, 2018. 2 ed., v. 2, p. 309-327.

ROSALEN, D. L. Challenges of digital agriculture in pest management. *In*: Nascimento, J. et al. **Topics in Agricultural Entomology** - XIII. Ponta Grossa: Atena Editora, 2022. p. 123-133. ISBN 978-65-258-0544-3.

ROSALEN, D. L.; BATISTA, M. N. Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (drones) e a entomologia agrícola. *In*: CASTILHO, R. C.; REZENDE, G. F.; NASCIMENTO, J.; ROSSI, G. D. (org.) **Tópicos em Entomologia Agrícola - XXII**. Jaboticabal: Multipress, 2019. p. 199-208.

SHRIVASTAVA, G. et al. F. Plant volatiles-based insect pest management in organic farming. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.29, p.123-133, 2010.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H.; COSTA, W. **Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO**. 2009. Available at [www.csr.ufmg.br/dinamica](http://www.csr.ufmg.br/dinamica). ISBN: 978-85-910119-0-2

TISOT, D. A. et al. Eficácia de dados Hyperion/EO-1 para identificação de alvos agrícolas: comparação com dados ETM+/LANDSAT-7. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 511-517, 2007.

TONIOL, A. C. et al. Potential of hyperspectral metrics and classifiers for mapping Brazilian savannas in the rainy and dry seasons. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, n.8, p. 20-29, 2017.

VERBURG, P. H. et al. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE- S model. **Environmental Management**, 2002, v. 30, n. 3, p. 391-405.

WILCOX, P. et al. Evolutionary refinement approaches for band selection of hyperspectral images with applications to automatic monitoring of animal feed quality. **Intelligent Data Analysis**, Lansdale, v. 18, n. 1, p. 25-42, 2014.

XAUD, M. R.; ALMEIDA, C. M.; XAUD, H. A. M. Modelagem Dinâmica Espacial das Mudanças de Cobertura da Terra na Região Sul do Estado de Roraima, Norte da Amazônia. *In*: TULLIO, L. (Org.). **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 2**. 1ed. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2018, v. 2, p. 240-253.

ZHANG. S. et al. Design and implementation of *Aculops Lycopersici* population dynamic model prototype based on cellular automata. *In*: LI, D.; CHUNJIANG, Z. IFIP - International Federation for Information Processing, v. 294, **Computer and Computing Technologies in Agriculture II**, v. 2, Boston: Springer, 2009. p. 1.319- 1.328.



## **Projeto 2: DINÂMICA DE SISTEMAS BINÁRIOS DE ASTEROIDES APLICANDO O MÉTODO DA EXPANSÃO DO POTENCIAL EM SÉRIE PARA MODELAGEM DO CAMPO GRAVITACIONAL**

### **2.1 – Introdução**

O sucesso no planejamento de trajetórias de um veículo espacial imerso no campo gravitacional de um sistema binário, assim como a exploração de regiões próximas, exige um entendimento mais completo do ambiente dinâmico nas proximidades de tais sistemas.

Considerando apenas a perturbação do campo gravitacional relativo ao sistema binário, a modelagem de seu potencial é primordial na fase de projeto da missão de exploração a esse sistema, tendo em vista estudar as propriedades dinâmicas do satélite em suas órbitas. De posse do modelo do potencial do sistema, procura-se analisá-lo por meio de técnicas matemáticas ou computacionais, com o propósito de entender seu comportamento geral, buscando uma solução para a equação estabelecida.

Para a modelagem do campo gravitacional aplicada nesse trabalho, foi adotado o método da expansão do potencial em série (Mota 2017), cuja aplicação apresenta a vantagem de exibir, explicitamente, a função potencial gravitacional aproximada, permitindo sua manipulação simbólica, tais como, a obtenção da força perturbadora gerada pela não esfericidade dos corpos que formam o sistema, a obtenção dos pontos de equilíbrio e estudo das respectivas classificações topológicas relativas às suas estabilidades (Wang et al., 2014), proporcionando a base teórica para o projeto orbital e controle do movimento de satélites nas proximidades do sistema. Além disso, vale ressaltar que o modelo do campo gravitacional obtido pelo método da expansão do potencial em série reduz o custo computacional na implementação de simulações de órbitas.

### **2.2 - Objetivo Geral**

Este trabalho objetiva investigar o comportamento de um veículo espacial próximo a um sistema binário de asteroide, sendo considerado a distribuição de massa dos corpos, implicando no estudo do problema completo dos dois corpos. Em seguida, conecta-se a dinâmica desse estudo ao problema restrito dos três corpos, ou seja, resolve-se a dinâmica do problema completo dos dois corpos e substitui-se esse modelo no problema restrito dos três corpos, sendo que um deles possui massa desprezível. Para modelar o campo gravitacional desse sistema será utilizado o método da expansão do potencial em série, que proporciona a obtenção das equações de movimento da partícula imersa no campo gravitacional, permitindo pesquisar propriedades dinâmicas importantes, tais como, a localização dos pontos de equilíbrio, análise de suas respectivas estruturas topológicas com relação à estabilidade e, principalmente, na investigação de órbitas periódicas.

A presente proposta de pesquisa visa estudar o comportamento dinâmico de um veículo espacial imerso a um campo gravitacional relativo a um sistema binário de asteroide, tais como os estudos dos sistemas binários 2002 CE26 (Shepard et al., 2006), 1999 KW4 (Scheeres, et al., 2006), Antiope (Aljbaae et al., 2020), entre outros. Dessa forma, pretende-se abordar os seguintes aspectos:

- i) Desenvolver estudos envolvendo a modelagem do campo gravitacional de alguns asteroide, como por exemplo, (8567) 1996 HW1, (99942) Apophis, (87) Sylvia, entre outros.
- ii) Determinar os pontos de equilíbrio relativos aos asteroides estudados, bem como, analisar a respectiva estabilidade;
- iii) Determinar órbitas periódica nas vizinhanças dos pontos de equilíbrio;
- iv) Modelar o campo gravitacional de um sistema binário;
- v) Determinar as coordenadas do pontos de equilíbrio de um sistema binário, analisando a característica topológica correspondente;

- vi) Analisar o comportamento dinâmico de um veículo espacial sob a influência do campo gravitacional de um sistema binário.

Atingindo os objetivos descritos acima, amplia-se o conhecimento sobre os sistemas binários, proporcionando estudos futuros sobre missões relativas a esses sistemas.

### 2.3 – Perfil Pós-doc

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Meses	Quantidade
Doutorado em engenharia espacial ou similar	Modelagem de asteroides e mecânica orbital em geral	12	1

### 2.4 Atividades de Execução

Atividades	Indicadores	Metas				
		2020	2021	2022	2023	2024
Modelagem do campo gravitacional de alguns asteroide	20% do trabalho a ser desenvolvido				X	
Estudo dos pontos de equilíbrio relativos aos asteroides estudados, bem como, analisar a respectiva estabilidade	20% do trabalho a ser desenvolvido				X	
Modelagem do campo gravitacional de um sistema binário	20% do trabalho a ser desenvolvido				X	
Determinação das coordenadas dos pontos de equilíbrio de um sistema binário, analisando a característica topológica correspondente	20% do trabalho a ser desenvolvido				X	

Análise do comportamento dinâmico de um veículo espacial sob a influência do campo gravitacional de um sistema binário.	20% do trabalho a ser desenvolvido					X	X
---	------------------------------------	--	--	--	--	---	---

### 2.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre									
	2020		2021		2022		2023		2024	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Realização de pesquisa bibliográfica, buscando trabalhos recentes sobre o assunto;							X			
Estudo teórico e montagem de algoritmos para a solução do problema proposto envolvendo modelagens.								X		
Implementação de programas computacionais que possa efetuar os cálculos necessários;								X		
Submissão de trabalhos em congressos da área e revistas; Elaboração do relatório final;									X	

## 2.6 – Produtos

Produtos	Indicadores	Metas				
		2020	2021	2022	2023	2024
Apresentação e validação do método da expansão do potencial em série para modelagem do campo gravitacional de um asteroide	20% do projeto de pesquisa				X	
Modelagem do campo gravitacional de um sistema binário	30% do projeto de pesquisa				X	
Análise do comportamento dinâmico de um veículo espacial sob a influência do campo gravitacional de um sistema binário.	30% do projeto de pesquisa				X	
Trabalhos apresentados em congressos da área e revistas;	20% do projeto de pesquisa					X

## 2.7 – Resultados Esperados

Resultados	Indicadores	Metas				
		2020	2021	2022	2023	2024
Expandir o conhecimento relativo ao comportamento dinâmico de um veículo espacial sob a influência do campo gravitacional de um sistema binário.	40% do projeto de pesquisa				X	
Software que permite o estudo de órbitas em torno de sistemas binários	30% do projeto de pesquisa					X
Relatórios técnicos	30% do projeto de pesquisa					X

## 2.8 – Equipe do Projeto

Projeto de Pós-Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Mecânica Espacial e Controle desenvolvido pelo Dr. Marcelo Lisboa Mota sob supervisão do Dr. Antônio F. B. A. Prado.

### Referências Bibliográficas

ALJBAAE, S., Chanut, T. G. G., Prado, A. F. B. A., Carruba, V., Hussmann, H., Souchay, J. e Sanchez, D. M., Orbital stability near the (87) Sylvia system, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 2019.

ANTONIO F.B.A. P., Mapping orbits around the asteroid 2001SN263, Advances in Space Research, Volume 53, Issue 5, 2014, Pages 877-889, ISSN 0273-1177, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.12.034>.

BALMINO, G. Gravitational potential harmonics from the shape of an homogeneous body. **Celestial Mechanics & Dynamical Astronomy**, v. 60, n. 3, p.331-364, nov. 1994. Springer Nature.

BANERJEE, B.; GUPTA, S. P. D. Gravitational attraction of a rectangular parallelepiped. **Geophysics**, v. 42, n. 5, p.1053-1055, ago. 1977. Society of Exploration Geophysicists.



BATE, R. R.; MULLER, D. D.; WHITE, J. E. **Fundamentals of astrodynamics**. New York: Dover Publications Inc., 1971. 480 p. (Dover Books on Aeronautical Engineering).

BATTIN, R. H. **An introduction to the mathematics and methods of astrodynamics**. Reston, VA: AIAA, 1999. 796 p. (AIAA Education Series).

BLESA, F. Periodic orbits around simple shape bodies. **Monografias del Seminario Matemático Garcia de Galdeano** v. 33, p. 67-74, 2006.

BENNER, L. A. M.; HUDSON, S. H.; OSTRO, S. J.; ROSEMA, K. D.; GIORGINI, J. D.; YEOMANS, D. K.; JURGENS, R. F.; MITCHELL, D. L.; WINKLER, R.; ROSE, R.; SLADE, M. A.; THOMAS, M. L. Radar observations of asteroid 2063 Bacchus. **Icarus**, v.139, p. 309-327, 1999.

BOND, V.R.; ALLMAN, M.C. **Modern astrodynamics** – fundamentals and perturbation methods. New Jersey: Princeton University Press, 1996. 624 p.

BOYCE, W. Comment on a Formula for the Gravitational Harmonic Coefficients of a Triaxial Ellipsoid. **Celestial mechanics and dynamical astronomy**, v. 67, n. 2, p.107- 110, 1997. Springer Nature.

BROUWER, D.; CLEMENCE, G. M. **Methods of celestial mechanics**. New York: Academic Press, 1961. 598 p.

BROUCKE, R. A. Closed form expressions for some gravitational potentials. **The Dynamics Of Small Bodies In The Solar System**, p. 321-340, 1999. Springer Netherlands.

BROUCKE, R. A. Closed form expressions for some gravitational potential: triangle, rectangle, pyramid and polyhedron. In: AAS/AIAA Spaceflight Mechanics Meeting, Albuquerque. **Proceedings...**San Diego: AAS/AIAA, 1995. (PAPER AAS 95 - 190).

BROZOVIC, M.; OSTRO, S. J.; BENNER, L. A. M.; GIOGINO, J. D.; JURGENS, R. F.; ROSE, R.; NOLAN, M. C.; HINE, A. A.; MAGRI, C.; SCHEERS, D. J.; MARGOT, J. L. Radar observations and a physical model of asteroid 4660 Nereus, a prime space mission target. **Icarus**, v. 201, n. 1, p.153-166, maio 2009. Elsevier BV.

CARVALHO, J. P. S.; MORAES, R. V.; PRADO, A. F. B. A. Planetary satellite orbiters: applications for the Moon. **Mathematical Problems In Engineering**, v. 2011, p.1-19, 2011. Hindawi Limited.

CASOTTO, S.; MUSOTTO, S. Methods for computing the potential of an irregular, homogeneous, solid body and its gradient. **Astrodynamics Specialist Conference**, p.82-96, 14 ago. 2000. American Institute of Aeronautics and Astronautics.

CHAPMAN, C.R.; VEVERKA, J.; THOMAS, P.C.; KLAASEN, K.; BELTON, M.J.S.; HARCH, A.; MACEWEN, A.; JOHNSON, T.V.; HELFENSTEIN, P.; DAVIES, M.E.; DENK, T. Discovery and physical properties of Dactyl, a satellite of asteroid 243 Ida. **Nature** v. 374, p. 783-785, 1995.

CHOBOTOV, V. A. **Orbital mechanics**. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2002. 365p.

CURTIS, H. **Orbital mechanics for engineering students**. 2. ed. New York: Elsevier Ltd., 2009. 744 p.



DECHAMBRE, D.; SCHEERES, D. J. Transformation of spherical harmonic coefficients to ellipsoidal harmonic coefficients. **Astronomy & Astrophysics**, v. 387, n. 3, p.1114-1122, 17 maio 2002. EDP Sciences.

EVEREST, G. **An account of the measurement of an arc of the Meridian between the parallels of 18°3' e 24°7'**. London: [s. n], 1830. 337 p.

FARNHAM, T.L. **Shape model of asteroid 21 LUTETIA, RO-A- OSINAC/OSIWAC-5-LUTETIA-SHAPE-V1.0**, NASA Planetary Data System, 2013.

HEISKANEN, W. A.; MORIZ, H. **Physical geodesy**. San Francisco: W. H. Freeman And Company, 1967. 358 p.

HU, X. **A comparison of ellipsoidal and spherical harmonics for gravitational field modeling of non-spherical bodies**. Columbus, OH. The Ohio State University, Department of Geodetic Science, june 2012. Report nº 499.

HUDSON, R. S.; OSTRO, S. J. Physical model of asteroid 1620 Geographos from radar and optical data. **Icarus**, New York, v. 140, p.369-378, jun. 1999.

HUGHES, Peter C. **Spacecraft attitude dynamics**. 5. ed. Mineola, New York: Dover Publications, Inc., 2004. 570 p.

JIANG, Y., Dynamical environment in the triple asteroid system 87 Sylvia *Astrophysics and Space Science*, 2019.

JIANG Y., BAOYIN H., 2014 Orbital mechanics near a rotating asteroid *J. Astrophys Astron.* 35 17–38

JIANG Y., BAOYIN H., LI J., 2014 Orbits and manifolds near the equilibrium points around a rotating asteroid *Astrophys Space Sci.* 349 83-106

JIANG Y., BAOYIN H., LI J., 2015 Periodic motion near the surface of asteroids *Astrophys Space Sci.* 360(2) 63

JIANG Y., 2015 Equilibrium points and periodic orbits in the vicinity of asteroids with an application to 216 Kleopatra *Earth, Moon, and Planets* 115(1-4) 31-44

JIANG Y. et al. 2016 Order and chaos near equilibrium points in the potential of rotating highly irregular-shaped celestial bodies. *Nonlinear Dynamics* 83(1) 231-252

JIANG Y., ZHANG Y., BAOYING H., LI J. 2016 Dynamical configurations of celestial systems comprised of multiple irregular bodies *Astrophys Space Sci.* 361(9) 306

KAULA, W. M. **Theory of satellite geodesy**. 3. ed. New York: Dover Publications, Inc., 1966. 124 p.

KELLOGG, O. D. **Foundations of potential theory**. 3. ed. New York: Dover Publications, Inc., 2014. 384 p.

GASKELL, R.; SAITO, J.; ISHIGURO, M.; KUBOTA, T.; HASHIMOTO, T.; HIRATA, N.; ABE, S.; BARNOUIN-JHA, O.; SCHEERES, D. **Gaskell Itokawa shape model V1.0**. NASA Planetary Data System, 2008a.

GASKELL, R.W. **Gaskell Eros shape model V1.0**. NASA Planetary Data System, 2008b.(NEAR-A-MSI-5-EROSHAPE-V1.0).



KUGA, H. K.; RAO, K.R; CARRARA, V. **Satélites artificiais-** movimento orbital São José dos Campos: INPE, 2011. 103 p. (sid.inpe.br/mtcm19/2011/11.22.18.25-PUD). Disponível em:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ARJ3NH>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

LIEN, S. L.; KAJIYA, J. T. A symbolic method for calculating the integral properties of arbitrary non-convex polyhedra. **IEEE Computer Graphics and Applications**. v. 4, n. 10, p. 35-42, Oct. 1984.

MACMILAN, W. D. **The theory of the potential**. Reprint. [Originally published: McGraw-Hill, New York (1930)]. New York: MacMilan's Theoretical Mechanics. Dover publications, 1958.

MAGRI, C.; OSTRO, S. J.; SCHEERES, D. J.; NOLAN, M. C.; GIORGINI, J. D.; BENNER, L. A. M.; MARGOT, J. L. Radar observations and a physical model of Asteroid 1580 Betulia. **Icarus**, v. 186, n. 1, p.152-177, jan. 2007. Elsevier BV.

MOTA, M. L.; ROCCO, E. M. Comparação entre as abordagens impulsivas e contínua do sistema propulsivo em manobras orbitais em torno de um corpo não-esférico. In: XXXV IBERIAN LATIN-AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 35., Fortaleza. **Proceedings... CILAMCE**, 2014.

MOTA, M. L. Modelo do campo gravitacional de um corpo com distribuição de massa irregular utilizando o método da expansão do potencial em série e determinação de seus coeficientes dos harmônicos esféricos. 2017. p.246 (Doutorado em Mecânica Espacial e Controle) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017.

MOTA M. L., ROCCO E. M. 2019. Equilibrium points stability analysis for the asteroid 21 lutetia. In: Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1365. IOP Publishing. p.012007.  
MILLER, J.K.; KONOPLIV, A. S.; ANTREASIAN, P. G.; BORDI, J. J.; CHESLEY, S.; HELFRICH, C. E.; OWEN, W. M.; WANG, T. C.; WILLIAMS, B. G.; YEOMANS, D. K. Determination of shape, gravity, and rotational state of asteroid 433 Eros. **Icarus**, v. 155, n. 1, p.3-17, jan. 2002. Elsevier BV.

MONTANA, C. J.; MICKUS, K. L.; PEEPLES, W. J. Program to calculate the gravitational field and gravity gradient tensor resulting from a system of right rectangular prisms. **Comput. Geosci**, (UK), v. 5, n. 18, p.587-602, abr. 1992.

NAGY, D. The gravitational attraction of a right rectangular prism. **Geophysics**, v. 31, n. 2, p.362-371, abr. 1966. Society of Exploration Geophysicists. NEESE, C. (ed.) **Small body radar shape models V2.0**. EAR-A-5-DDRRADARSHAPE-MODELS-V2.0, NASA Planetary Data System, 2004.  
NOLAN, M. C.; MAGRI, C.; HOWELL, E. S.; BENNER, L. A. M.; GIORGINI, J. D.; HERGENROTHER, C. W.; HUDSON, R. S.; LAURETTA, D. S.; MARGOT, J. L.; OSTRO, S.J.; SCHEERES, D.J. **Asteroid (101955) Bennu shape model V1.0**. EAR-A- I0037-5-BENNU SHAPE-V1.0. NASA Planetary Data System, 2013.

NOLAN, M. C.; MAGRI, C.; HOWELL, E. S.; BENNER, L. A. M.; GIORGINI, J. D.; HERGENROTHER, C. W.; HUDSON, R. S.; LAURETTA, D. S.; MARGOT, J. L.; OSTRO, S. J. Shape model and surface properties of the OSIRIS-REx target Asteroid

(101955) Bennu from radar and lightcurve observations. **Icarus**, v. 226, n. 1, p.629-640, set. 2013. Elsevier BV.





OSTRO, S.J.; HUDSON, R.S.; NOLAN, M.C. ; MARGOT, J.-L.; SCHEERES, D.J.; CAMPBELL, D.B.; MAGRI, C.; GIORGINI, J.D.; YEOMANS, D.K. **Asteroid radar shape models, 216 Kleopatra**. EAR-A-5-DDR-RADARSHAPE-MODELS V2.0:RSHAPES-216KLEOPATRA-200405", NASA Planetary Data System,2004.

PARK, R. S.; WERNER, R. A.; BHASKARAN, S. Estimating small-body gravity field from shape model and navigation data. **Journal Of Guidance, Control, And Dynamics**, v. 33, n. 1, p.212-221, jan. 2010. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA).

RIAGUAS, A.; ELIPE, A.; LARA, M. Periodic orbits around a massive straight segment. **Celestial Mechanics And Dynamical Astronomy**, v. 73, n. 1/4, p.169-178, 1999. Springer Nature.

ROCCO, E. M. **Tools for analysis and simulation of spacecraft trajectories in Keplerian orbit**. Bremen: Center of Applied Space Technology and Microgravity-ZARM University of Bremen, Germany, 2006. Technical Report.

ROCCO, E.R. Perturbed orbital motion with a PID control system for the trajectory.In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE DINÂMICA ORBITAL, 14., 2008. Águas de Lindóia. **Anais...** 17 a 21 de Novembro, 2008.

ROCCO, E. M. Controle de trajetória com propulsão contínua para missões do tipo drag-free. CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA (CONEM 2012), 7., 2012, São Luís, Maranhão, Brasil, 31 de julho- 3 de agosto. **Anais...** Rio de Janeiro: ABCM, 2012.

ROCCO, E.M. Automatic correction of orbital elements using continuous thrust controlled in closed loop. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 465, 2013.

ROCCO, E. M. Trajetórias de aproximação para pouso no asteroide 216 Kleopatra. In: XVII COLÓQUIO BRASILEIRO DE DINÂMICA ORBITAL, 17., 2014, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: CBDO, 2014.

ROCCO, E. M. Gravitational disturbances generated by the Sun, Phobos and Deimos in orbital maneuvers around Mars with automatic correction of the semi-major axis. **Journal Of Physics: Conference Series**, v. 641, p.1-6, 7 out. 2015. IOP Publishing. ROCCO, E. M.; GONÇALVE, L. D.; MORAES, R. V. Orbital trajectories in the vicinity of Saturn's moons Prometheus, Epimetheus, Janus and Pandora.In: INTERNATIONAL CONFERENCE ASTEROIDS, COMETS, METEORS, 2017, Montevideo. **Proceedings...** ACM, 2017.

ROY, A. E. **Orbital motion**. Philadelphia: IOP Publishing, 1988.

Scheeres D J 1994 Dynamics about uniformly rotating triaxial ellipsoids: Applications to asteroids ICARUS 110:225–238 doi: 10.1006/icar.1994.1118

SCHEERES, D.J.; OSTRO, S.J; HUDSON, S.; WERNER, R.A. Orbits close to asteroid 4769 Castalia. **Icarus**, v. 121, n. 1, p.67-87, maio 1996. Elsevier BV.

SCHEERES, D. J.; OSTRO, S. J.; BENNER, L. A. M. The dynamical environment about asteroid 25143 Itokawa: Target of the hayabusa Mission. In: AIAA/AAS ASTRODYNAMICS SPECIALIST CONFERENCE, 2004, Providence, Rhode Island. **Proceedings...** AIAA/AAS, 2004. p.1-12.



SCHEERES, D. J. **Orbital motion in strongly perturbed environments**. [s.L]: Springer Praxis Books, 2012a.

SCHEERES, D. J. Orbit mechanics about small asteroids. **Acta Astronautica**, v.72, p.1–14, 2012b.

SCHEERES, D. J.; HESAR, S. G.; TARDIVEL, S.; HIRABAYASHI, M.; FARNOCCHIA, D.; McMAHON, J. W.; CHESLEY, S. R.; BARNOUIN, O.; BINZEL, R. P.; BOTTKE, W. F.; DALY, M. G.; EMERY, J. P.; HERGENROTHER, C. W.; LAURETTA, D. S.; MARSHALL, J. R.; MICHEL, P.; NOLAN, M. C.; WALSH, K. J. The geophysical environment of Bennu. **Icarus**, [s.l.], v. 276, p.116-140, set. 2016. Elsevier BV.

SZEBEHELY, V., Theory of Orbits, Academic Press, New York, 1967.

VENDITTI, F. C. F. **Manobras orbitais ao redor de corpos irregulares**. 2013. 228 p. IBI: <8JMKD3MGP7W/3F7Q5U2>. (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/11.12.19.30-TDI).

**Tese (Doutorado em Mecânica Espacial e Controle) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3F7Q5U2>>.**

VENDITTI, F.C.F.; ROCCO, E.M.; PRADO, A.F.B.A. Orbital maneuvers around irregular shaped bodies. In: ANNUAL MEETING OF THE DIVISION ON DYNAMICAL ASTRONOMY OF THE AMERICAN ASTRONOMICAL SOCIETY, 44, Paraty, **Proceedings...DDA/AAS**, 2013a.

VENDITTI, F.C.F.; ROCCO, E.M.; PRADO, A.F.B.A. Estudos de perturbações em órbitas ao redor do asteroide 216 Kleopatra utilizando modelo de poliedros. CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE DINÂMICA, CONTROLE E APLICAÇÕES, 11., 2013, Fortaleza. **Anais...** São Carlos: SBMAC, 2013b.

ZHENJIANG, Z.; MENG, Y.; HUTAO, C.; PINGYUAN, C. The method to determine spherical harmonic model of asteroid based on polyhedron, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AND ELECTRICAL ENGINEERING, INTERNATIONAL PROCEEDINGS OF COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY, 3., 2012, Beijing. **Proceedings...** 3., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. v. 53.

WALDVOGEL, J. The newtonian potential of a homogeneous cube. **Journal of Applied Mathematics and Physics**, ZAMP, v.27, p. 867-871, 1976.

WALDVOGEL, J. The newtonian potential of a homogeneous polyhedra. **Journal of Applied Mathematics and Physics**, ZAMP, v.30, p. 388-398, 1979.

WANG X., JIANG Y. and GONG S., 2014 Analysis of the potential field and equilibrium points of irregular-shaped minor celestial bodies *Astrophysics and Space Science* 353:105–121 doi: 10.1007/s10509-014-2022-8

WERNER, R. A. The gravitational potential of a homogeneous polyhedron or don't cut corners. **Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy**, v. 59, n. 3, p. 253-278, 1994.

WERNER, R. A.; SCHEERES, D. J. Exterior gravitation of a polyhedron derived and compared with harmonic and mascon gravitation representations of asteroid 4769 Castalia. **Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy**, v.65, n.3, p.313-344, 1996.



WERNER, R. A. Spherical harmonics coefficients for the potential of a constant density polyhedron. **Comp. and Geosci.**, v. 23, p.1071-1077, 1997.

WINTER O. C., VALVANO G. , MOURA T. S. , BORDERES-MOTTA G., AMARANTE A. and SFAIR R., Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 2020.

YEOMANS D. K.; ANTREASIAN P. G.; BARRIOT J.-P.; CHESLEY S. R.; DUNHAM D. W.; FARQUHAR. W.; GIORGINI J. D.; HELFRICH C. L.; KONOPLIV A. S.; MCADAMS J. V.; MILLER J. K.; OWEN W. M. JR.; SCHEERES D. J.; THOMAS P. C.; VEVERKA J.; WILLIAMS B. G. Radio

science results during the NEAR-Shoemaker spacecraft rendezvous with Eros.

**Science**, v. 289, p. 2085–2088, 2000.

YU, Y; BAOYIN, H. Resonant orbits in the vicinity of asteroid 216 Kleopatra,

**Astrophysics and Space Science**, v. 343, n. 1, p 75-82, 2013.



### **Projeto 3: Estruturação de curso de extensão relacionado a desenvolvimento de satélites educacionais: ABORDAGEM SISTEMÁTICA DE TESTE DE SISTEMAS COMUNICANTES EM CUBESATs**

#### **3.1– Introdução**

As primeiras propostas de satélites padrão Cubesats surgiram com o objetivo de permitir que estudantes desenvolvessem e testassem no espaço satélites de pequeno porte com capacidades similares ao primeiro satélite colocado em órbita [Helvaijan and Janson, 2008]. Entretanto, por serem desenvolvidos em curtos períodos e com baixo orçamento, nem todos os testes necessários para sua qualificação são realizados, que levam a falha na missão [Swartwout, 2016]. Além disso, a falta de experiência da equipe de engenharia, em geral formada por alunos em cursos de graduação, dificulta a sistematização do ciclo de projeto. Estudos realizados nas linhas de pesquisa de V&V de sistemas espaciais por alunos do PGETE demonstram que esforços dos desenvolvedores de satélites educacionais na sistematização de testes e uso de ferramentas adequadas são necessários para viabilizar o desenvolvimento de missões em curto período e com baixo orçamento.

Com o avanço da tecnologia, cada vez mais funcionalidades de satélites são implementadas por software. Sistemas embarcados se tornam mais complexos e difíceis de serem testados. A aplicação de abordagem Engenharia Dirigida por Modelos (Model-Driven Engineering - MDE) em diferentes domínios vem vencendo o desafio do uso continuado de modelos nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimentos de projetos, com o propósito de apoiar o processo de V&V de sistemas complexos [Montecchi, 2006].

Em complemento, a abordagem Teste Baseado em Modelo (Model-Based Testing - MBT) tem sido utilizada para sistematizar e automatizar os testes de sistemas, possibilitando avaliar o desempenho da implementação e antecipar a detecção e remoção de falhas no ciclo de desenvolvimento. Casos de testes são automaticamente gerados a partir de modelos comportamentais dos sistemas, com o uso de ferramentas e algoritmos que se encarregam de aplicar nos modelos os critérios de cobertura selecionados pelo testador. Abordagens MBT tem se mostrado eficazes na identificação de falhas de sistema, reduzindo esforços de testes [Petrenko and Schlingloff, 2013].

A ABORDAGEM SISTEMÁTICA DE TESTE DE SOFTWARE COMUNICANTES EMBARCADOS EM NANOSATÉLITES COM FOCO EM FALHAS DE INTEROPERABILIDADE desenvolvida na tese de [Conceição, 2019] visa antecipar, no processo de desenvolvimento de nanosatélites, possíveis falhas de interação da plataforma com suas cargas úteis e facilita a reutilização da arquitetura de teste em diferentes fases de uma mesma missão ou em satélites da mesma família, por meio da aplicação combinada das abordagens "Model-Driven Engineering" e "Model-Based Testing". Esta abordagem utiliza um Sistema de Teste com Arquitetura Escalável (STAE) de baixo custo, reutilizável no ciclo de desenvolvimento do projeto, que permite antecipar a identificação e remoção de possíveis falhas de integração de subsistemas comunicantes intensivos em software, embarcados em missões de nanosatélites.

O projeto de pós-doutorado em pauta explora a ABORDAGEM SISTEMÁTICA DE TESTE DE SISTEMAS COMUNICANTES, desenvolvida no âmbito da tese de doutorado [Conceição, 2019], com o propósito de estruturar material didático e verificar sua efetividade para transferência de conhecimento a desenvolvedores de satélites educacionais. O projeto envolve o uso do material do curso em um curso de graduação de IES parceira do INPE.

Visando estreitar aproximação tanto com o setor produtivo com vistas à formação de pessoas, quanto com a sociedade, pela via da extensão e serviços voluntários, em conformidade com o OE-15 do PDU (2022-2026) o presente projeto materializa a criação de mecanismos de

interação nacional da pós-graduação do INPE com as IES e setor produtivo interessado no desenvolvimento de satélites educacionais, na vertente de formação de pessoas, por meio de atividades de extensão.

### 3.2 – Objetivo Geral

Criação de material didático de curso de extensão com base em pesquisa desenvolvida no âmbito de teses e dissertações nos PPGs do INPE, visando transferir o conhecimento para a sociedade.

Objetivo Específico 1: Desenvolvimento do curso com a especificação dos materiais e métodos

Objetivo Específico 2: Demonstração da efetividade do material desenvolvido por meio da sua aplicação no desenvolvimento de um satélite educacional

Objetivo Específico 3: Publicação de artigos e divulgação em eventos apoiados pelo Programa INPE x Sociedade

### 3.3 – Perfil do pós-doc

Formação Acadêmica / Titulação	Área de Experiência	Meses	Quantidade
DOCTORADO em Engenharia de Sistemas Espaciais ou em Arquiteturas de Testes de Software Embarcado em Sistemas Espaciais	Conhecimento em geração de código embarcado a partir de modelos comportamentais. Testes de integração de sistemas embarcados em arquiteturas Cubesats	12	1

### 3.4 – Atividades de Execução

Atividades	Indicadores	Metas	
		2023	2024
Preparação do material didático	Curso estruturado	X	
Identificação da IES/ satélite em desenvolvimento	IES escolhida com satélite educacional em desenvolvimento	X	
Aquisição dos componentes para montagem do Sistema de Teste - STAE	Componentes adquiridos	X	
Acompanhamento da montagem do STAE em laboratório na IES	STAE construído		X
Aplicação do método na IES	Método aplicado		X
Análise da efetividade do método	Método avaliado		X
Ajustes no material do curso	Material disponível		X
Publicação de artigos	Artigo publicado		X
Divulgação em eventos	Evento realizado		X

### 3.5 – Cronograma de Atividades

Atividades	Semestre			
	2023		2024	
	1	2	1	2
Preparação do material didático		X		
Identificação da IES/ satélite em desenvolvimento		X		
Aquisição dos componentes para montagem do Sistema de Teste - STAE		X		
Acompanhamento da montagem do STAE em laboratório na IES			X	
Aplicação do método na IES			X	
Análise da efetividade do método			X	
Ajustes no material do curso			X	
Publicação de artigos			X	
Divulgação em eventos			X	

### 3.6 – Produtos

Produtos	Indicadores	Metas	
		2023	2024
Material do curso	Curso realizado	X	
STAE na IES	STAE operacional	X	
Artigos	publicados		X
Eventos de divulgação	realizados		X

### 3.7 – Resultados Esperados

Resultados	Indicadores	Metas	
		2023	2024
Alunos da IES treinados	Número de alunos treinados		X
Aprendizado avaliado	Número de cenários modelados		X
Laboratório disponibilizado	Número. de laboratórios equipados com o sistema		X

### 3.8 – Equipe do Projeto

Supervisor – Maria de Fátima Mattiello Francisco (INPE)

Pós-doutorando

Aluno IC-1 Aluno

IC-2

Docente IES Alunos IES

### Referências Bibliográficas

Avizienis, A., Laprie, J. C., Randell, B., Landwehr, C. (2004) "TECHNICAL RESEARCH REPORT, Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing".

Montecchi, L. (2006) "Model-Driven Engineering and its Application for Dependability Analysis, Introduction to MDE".

TEST IN SPACE (2007) "Description of service multi-payload Satellite program". Helvajian, H. and Janson, S. W. (2008) "Small Satellites: Past, Present and Future". Petrenko, A., K. and Schlingloff, H. (2013) "Eighth Workshop on Model-Based Testing".

Swartwout, M. (2016) "Secondary spacecraft in: Why some succeed (and too many do not)".

Conceição, C. A.P.L.; Batista, C. L.G.; Mattiello-Francisco, F. (2016) "Dependability Verification of Nanosatellite Embedded Software Supported by System". WDES - Workshop on Dependability in Evolving a Reusable Test Systems, Cali, Colombia, 7<sup>th</sup> Latin-American Symposium on Dependable Computing, 19-21 October, LADC2016. IEEE Conference Proceeding.

C.G. Batista, A.C. Weller, E. Martins, F. Mattiello-Francisco (2019). "Towards increasing nanosatellite subsystem robustness". In: Acta Astronautica 156, 187-196 <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.11.011>