



# CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS

## CATÁLOGO DE DISCIPLINAS

2021



## Sumário

<b>DOCENTES DO CURSO PGETE</b> .....	<b>3</b>
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM COMBUSTÃO E PROPULSÃO - PCP .....	3
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE -CMC .....	3
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS E SENSORES - CMS .....	3
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ENGENHARIA E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS ESPACIAIS - CSE .....	4
<b>COLABORADORES ESPECIAIS</b> .....	<b>5</b>
Colaboradores Especiais PCP .....	5
Colaboradores Especiais CMC .....	5
Colaboradores Especiais CMS .....	5
Colaboradores Especiais CSE: .....	5
<b>CATALOGO DE DISCIPLINAS POR ÁREA DE CONCENTRAÇÃO</b> .....	<b>7</b>
DISCIPLINAS - COMBUSTÃO E PROPULSÃO .....	8
DISCIPLINAS - MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE .....	10
DISCIPLINAS - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS E SENSORES .....	13
DISCIPLINAS - ENGENHARIA E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS ESPACIAIS .....	16
<b>EMENTAS POR ÁREA DE CONCENTRAÇÃO</b> .....	<b>18</b>
EMENTAS - COMBUSTÃO E PROPULSÃO .....	19
EMENTAS - MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE .....	29
EMENTAS - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS E SENSORES – CMS .....	60
EMENTAS - ENGENHARIA E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS ESPACIAIS .....	80

---

## **COORDENADOR ACADÊMICO DO CURSO**

Silvio Manea, Doutor, ITA, Brasil, 2013

### **DOCENTES DO CURSO PGETE**

#### **ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM COMBUSTÃO E PROPULSÃO - PCP**

##### **Docentes Permanentes**

Fernando de Souza Costa, Ph.D., University of Michigan, USA, 1995

Fernando Fachini Filho, Doutor, Universidad Politécnica de Madri, Espanha, 1992

Rodrigo Intini Marques, Ph.D, University of Southampton, UK, 2009

Wilson Fernando Nogueira dos Santos, Ph.D., University of Maryland, USA, 2001

#### **ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE -CMC**

##### **Docentes Permanentes**

Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado, Ph. D., Univ. of Texas, Austin, 1993.

Evandro Marconi Rocco, Doutor, INPE, 2002.

Ronan Arraes Jardim Chagas, Doutor, ITA, 2012

Valeri Vlassov Vladimirovich, Doutor, Moscow Aviation Institute, MAI, Rússia, 1986.

##### **Docentes Colaboradores**

Hélio Koiti Kuga, Doutor, INPE, 1989

Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, Ph. D., MIT, 1985.

Rodolpho Vilhena de Moraes, Doutor, ITA, 1974

#### **ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS E SENSORES - CMS**

##### **Docentes Permanentes**

Carina Barros Mello, Doutora, INPE, Brasil, 2011

Eduardo Abramof, Doutor, Univ. Johannes Kepler, Áustria, 1993

Evaldo José Corat, Doutor, ITA, Brasil, 1993

Maria do Carmo de Andrade Nono, Doutora, ITA, Brasil, 1990

Mario Ueda, Doutor, Cornell, E.U.A, 1986

Maurício Ribeiro Baldan, Doutor, ITA, Brasil, 1997

Neidenei Gomes Ferreira, Doutora, UNICAMP, Brasil, 1994

Patrícia Regina Pereira Barreto, Doutora, ITA, Brasil, 1998

Paulo Henrique de Oliveira Rappl, Doutor, ITA, Brasil, 1998

Rogério de Moraes Oliveira, Doutor, INPE, Brasil, 2004

Vladimir Jesus Trava-Airoldi, Doutor, ITA, Brasil, 1986



Waldeir Amaral Vilela, Doutor, INPE, Brasil, 2010

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ENGENHARIA E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS ESPACIAIS - CSE**

**Docentes Permanentes**

Fabiano Luis de Sousa, Doutor, INPE, Brasil, 2002

Geilson Loureiro, Doutor, Loughborough University, Inglaterra, 1999

José Osvaldo Rossi, Ph.D., University of Oxford, Inglaterra, 1998

Maria de Fátima Mattiello-Francisco, Doutora, ITA, Brasil, 2010

Maurício Gonçalves Vieira Ferreira, Doutor, INPE, Brasil, 2001

Silvio Manea, Doutor, ITA, Brasil, 2013

Walter Abrahão dos Santos, Doutor, ITA, Brasil, 2008

**Docentes Colaboradores**

Leonel Fernando Perondi, Ph.D., University of Oxford, Inglaterra, 1993

Milton de Freitas Chagas Junior, Doutor, ITA, Brasil, 2009

## **COLABORADORES ESPECIAIS**

### **Colaboradores Especiais PCP**

Adriana Maria da Silva, Doutora, UNICAMP, Brasil, 2004.

Denize Kalempa, Doutora, UFPR, Brasil, 2009.

Márcio Teixeira de Mendonça, PhD, University of Pennsylvania, USA, 1997.

Roman Ivanovitch Savonov, Doutor, ITA, Brasil, 2011.

### **Colaboradores Especiais CMC**

Hans-Ulrich Pilchowski, Doutor, INPE, 1983.

Ijar Milagre da Fonseca, Doutor, ITA, 1998.

Luis Carlos Gadelha de Souza, Ph. D, Cranfield Institute Technology, 1992

Mário César Ricci, Doutor, INPE, 1997.

Rafael Lopes Costa, Doutor, INPE, 2018

Renato Oliveira de Magalhães, Doutor, INPE, 2012

Valdemir Carrara, INPE, 1997

### **Colaboradores Especiais CMS**

Alan Fernando Ney Boss

André Ricardo Marcondes

Chen Ying An

Eder Paduan Alves

Francisco Piorino Neto

Gisele Aparecida Amaral Labat

João Marcos Kruszynski de Assis

Jorge Tadao Matsushima

Luiz Ângelo Berni

Sandro Fonseca Quirino

Sergio Luiz Mineiro

Silvia Sizuka Oishi

### **Colaboradores Especiais CSE:**

Adalberto Coelho da Silva Junior, Doutor, ITA, Brasil, 2011

Alirio Cavalcanti de Brito, Doutor, INPE, Brasil, 2014

Ana Maria Ambrosio, Doutora, INPE, Brasil, 2005

Ana Paula de Sá Santos Rabello, Doutora, INPE, Brasil, 2016



Chen Ying An, Doutor, ITA, Brasil, 1998

Francisco Piorino Neto, Doutor, EEL/USP, Brasil, 2000

Germano de Souza Kienbaum, Ph. D., Brunel University, Inglaterra, 1995

Magda Aparecida Silverio Miyashiro, Doutora, INPE, 2015

Marco Antonio Chamon, Doutor, SUPAERO, França, 1996



## CATALOGO DE DISCIPLINAS POR ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

## DISCIPLINAS - COMBUSTÃO E PROPULSÃO

### RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS PARA TODOS OS PERÍODOS LETIVOS

#### ADAPTAÇÃO

##### Obrigatórias para o mestrado

PCP-020-0	Elementos de Matemática
PCP-021-0	Termodinâmica Clássica

#### 1º PERÍODO LETIVO

##### Obrigatórias para o mestrado

PCP-203-3	Matemática I
PCP-204-3	Mecânica dos Fluidos I
PCP-205-3	Combustão I

#### 2º PERÍODO LETIVO

##### Obrigatórias para o mestrado

PCP-306-3	Matemática II
PCP-307-3	Mecânica dos Fluidos II
PCP-311-3	Escoamento Compressível

#### 3º PERÍODO LETIVO E SEQUENTES

##### Obrigatória no curso de Mestrado para a linha de pesquisa: Combustão

##### Obrigatória no curso de Doutorado

PCP-400-3	Combustão II
-----------	--------------

##### Obrigatória no curso de Mestrado para a linha de pesquisa: Propulsão

##### Obrigatória no curso de Doutorado

PCP-401-3	Propulsão
-----------	-----------



**Eletivas**

PCP-310-3	Técnicas Exp. em Combustão e Propulsão
PCP-312-3	Chamas Laminares: Chamas de Difusão
PCP-314-3	Tópicos Avançados em Combustão
PCP-315-3	Tópicos Avançados em Propulsão
PCP-402-3	Teoria Cinética dos Gases
PCP-404-3	Instabilidade de Escoamentos Laminares
PCP-415-3	Métodos Computacionais em Combustão e Propulsão
PCP-206-3	Fundamentos de Catálise Heterogênea e Aplicações

No terceiro período o aluno de mestrado deverá escolher, de acordo com a sua linha de pesquisa, pelo menos uma das disciplinas eletivas oferecidas.

## DISCIPLINAS - MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE

### RELAÇÃO DAS DISCIPLINAS PARA TODOS OS PERÍODOS LETIVOS

#### ADAPTAÇÃO

CMC-020-0	Introdução à Mecânica Orbital
CMC-021-0	Introdução ao Estudo de Sistemas de Controle
CMC-022-0	Introdução ao Controle Térmico de Satélites

#### 1º PERÍODO LETIVO

##### *Obrigatória para o Mestrado*

CMC-227-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle I
-----------	---

#### 2º PERÍODO LETIVO

##### *Obrigatória para o Mestrado*

CMC-228-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle II
-----------	--

#### 3º PERÍODO LETIVO E SEGUINTE

##### *Obrigatória para o Mestrado*

CMC-229-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle III
-----------	---

#### SEMINÁRIOS E OFICINAS

CMC-227-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle I
CMC-228-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle II
CMC-229-1	Seminário de Mecânica Espacial e Controle III

CMC-221-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia I
CMC-225-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia II
CMC-226-2	Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia III

#### DINÂMICA DE SATÉLITES: MOVIMENTO ORBITAL

CMC-200-3	Introdução à Mecânica Celeste
CMC-204-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos I
CMC-214-4	Satélites Artificiais: Constelações e Detritos Espaciais
CMC-300-4	Mecânica Celeste I
CMC-303-4	Satélites Artificiais-Movimento Orbital
CMC-305-4	Teoria das Perturbações

CMC-306-4	Otimização em Sistemas Dinâmicos II
CMC-309-4	Mecânica Celeste II
CMC-314-4	Entrada Planetária I
CMC-400-2	Tópicos Especiais em Dinâmica de Órbita e Atitude
CMC-404-4	Entrada Planetária II
CMC-411-4	Orbitas Periódicas e Quase-periódicas no Problema de Três Corpos

### DINÂMICA DE SATÉLITES: MOVIMENTO DE ATITUDE

CMC-2xx-4	Cinemática e Dinâmica de Atitude de Satélites
CMC-202-4	Movimento de um Sólido
CMC-205-4	Mecânica Analítica
CMC-301-3	Funções da Física Matemática
CMC-315-3	Estabilidade I
CMC-316-4	Satélites Artificiais - Movimento de Atitude
CMC-322-4	Robótica
CMC-335-4	Simulação de Sistemas Dinâmicos
CMC-407-4	Teoria Geométrica das Equações Diferenciais Ordinárias I

### CONTROLE DE ATITUDE

CMC-201-4	Teoria de Controle
CMC-209-3	Controle Adaptativo I
CMC-212-3	Análise e Projetos de Sistemas de Controle Digitais
CMC-213-3	Modelagem de Sensores e de Atuadores em Controle de Atitude e Órbita
CMC-310-4	Guiagem e Controle
CMC-311-2	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis I
CMC-317-3	Controle Ótimo de Sistemas Dinâmicos: Métodos Numéricos
CMC-321-3	Dinâmica Não Linear
CMC-401-2	Tópicos Especiais em Controle Não Linear
CMC-402-2	Tópicos Especiais da Teoria da Estimação
CMC-422-4	Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis II

### MECANISMOS ESPACIAIS

CMC-333-4	Eletromagnetismo Aplicado a Máquinas Elétricas
-----------	--

### CONTROLE EM TEMPO REAL

CMC-215-4	Modelagem e Simulação em Tempos Virtual e Real
CMC-222-4	Sistemas de Controle Embarcados
CMC-224-4	Otimização Multiobjetivo
CMC-415-4	Controle e Computação em Tempos Virtual e Real



---

## CONTROLE TÉRMICO

CMC-409-4	Controle Térmico de Veículos Espaciais
CMC-410-4	Métodos de Simulação de Ambiente Espacial
CMC-431-4	Transferência de Calor por Radiação para Aplicações Espaciais
CMC-433-4	Tubos de Calor e Sistemas com Bombeamento Capilar
CMC-434-4	Projeto Térmico de Equipamentos Eletrônicos de Veículos Espaciais

## VIBRAÇÃO E CONTROLE ESTRUTURAL

CMC-312-4	Vibração Estrutural
-----------	---------------------

## MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO

CMC-324-4	Otimização Evolutiva
-----------	----------------------

## DISCIPLINAS - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS E SENSORES

### DISCIPLINAS POR PERÍODO LETIVO

#### 1º PERÍODO LETIVO

##### *Obrigatória para o Mestrado*

CMS-200-4	Ciência dos Materiais I
-----------	-------------------------

##### *Obrigatória para o Mestrado e o Doutorado*

CMS-203-1	Seminários I
-----------	--------------

##### *Eletiva*

CMS-205-4	Métodos Matemáticos Aplicados à Ciência dos Materiais
CMS-421-4	Introdução à Microscopia dos Materiais
CMS-2XX-4	Conceitos em Estrutura da Matéria e Sólidos

#### 2º PERÍODO LETIVO

##### *Obrigatória para o Mestrado e o Doutorado*

CMS-204-1	Seminários II
-----------	---------------

##### *Obrigatórias adicionais para o Mestrado \**

CMS-206-4	Elemento da Teoria de Erros e Tratamento Estatístico de Dados
CMS-207-4	Técnicas Experimentais em Ciência dos Materiais I
CMS-306-4	Física de Cerâmicas
CMS-307-4	Física e Química de Superfícies de Sólidos
CMS-337-4	Introdução à Nanociência e Nanotecnologia de Materiais

\* O aluno de mestrado deverá cursar uma disciplina (total de 4 créditos) desta lista, que será considerada obrigatória. As demais disciplinas cursadas passarão a ser consideradas como eletivas.

##### *Eletivas*

CMS-300-4	Mecânica Quântica
-----------	-------------------

CMS-4XX-4	Materiais de Carbono Avançados Obtidos por CVD
CMS-410-4	Tecnologia de Plasma para Tratamento de Superfícies

### **3º PERÍODO LETIVO E SEGUINTE**

#### **Eletivas**

CMS-301-4	Física do Estado Sólido
CMS-308-4	Física de Nanoestruturas
CMS-323-4	Células Solares de silício e sensores de radiação: Conceitos básicos, Técnicas de Fabricação e Caracterização
CMS-329-4	Cinética Química
CMS-336-4	Caracterização Mecânica de Materiais
CMS-347-4	Introdução a Radiometria
CMS-403-4	Superfícies e Interfaces de Materiais: Modificação e Caracterização
CMS-404-4	Tecnologia de Filmes Finos
CMS-406-4	Materiais Porosos
CMS-407-4	Cerâmicas Covalentes e Aplicações Aeroespaciais
CMS-409-4	Sensores Ambientais e Controle
CMS-419-4	Princípios de Eletroquímica
CMS-414-4	Processamento e Caracterização de Cerâmicas Avançadas
CMS-415-4	Processamento e Caracterização de Cerâmicas Nanoestruturadas
CMS-416-4	Pós Nanoparticulados: Obtenção, Caracterização e Aplicações
CMS-417-4	Filmes Nanoestruturados: Obtenção, Caracterização e Aplicações
CMS-420-4	Difratometria de Raios X para Caracterização de Estrutura Cristalina de Materiais
CMS-315-1	Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais I *
CMS-316-2	Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais II *
CMS-339-3	Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais III *
CMS-340-4	Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais IV *
CMS-317-1	Tópicos Especiais em Processamento de Materiais I *
CMS-318-2	Tópicos Especiais em Processamento de Materiais II *
CMS-341-3	Tópicos Especiais em Processamento de Materiais III *
CMS-342-4	Tópicos Especiais em Processamento de Materiais IV *
CMS-319-1	Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais I *
CMS-320-2	Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais II *
CMS-343-3	Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais III *
CMS-344-4	Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais IV *



CMS-324-4	Pesquisa em Física de Materiais I *
CMS-325-4	Pesquisa em Física de Materiais II *
CMS-326-4	Pesquisa em Física de Materiais III *
CMS-330-4	Pesquisa em Física de Materiais IV *
CMS-331-4	Pesquisa em Física de Materiais V *
CMS-332-4	Pesquisa em Física de Materiais VI *
CMS-345-4	Pesquisa em Física de Materiais VII *
CMS-321-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais I *
CMS-327-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais II *
CMS-328-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais III *
CMS-333-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais IV *
CMS-334-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais V *
CMS-335-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais VI *
CMS-346-4	Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais VII *

\* Disciplinas com ementas específicas para cada assunto

## DISCIPLINAS - ENGENHARIA E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS ESPACIAIS

### DISCIPLINAS POR PERÍODO LETIVO

#### 1º PERÍODO LETIVO

##### *Obrigatória para o Mestrado e o Doutorado*

CSE-200-4	Introdução à Tecnologia de Satélites
CSE-201-4	Introdução à Engenharia de Sistemas Espaciais

##### *Eletivas*

CSE-204-4	Engenharia de Requisitos
CSE-212-2	Redação e Oficina de Artigos Científicos
CSE-339-4	Montagem, Integração e Testes de Sistemas Espaciais
CSE-407-4	Engenharia de Missões de Pequenos Satélites
CSE-408-4	Rádios Definidos por Software e Rádios Cognitivos

#### 2º PERÍODO LETIVO

##### *Eletivas*

CSE-202-4	Modelagem de Sistemas Espaciais
CSE-203-4	Confiabilidade e Prevenção de Falhas em Sistemas Espaciais
CSE-205-4	Ciência e Tecnologia de Materiais
CSE-206-4	Introdução a Rede de Dados Espaciais
CSE-208-4	Introdução à Gestão de Projetos
CSE-300-4	Métodos e Processos na Área Espacial
CSE-316-4	Garantia do Produto de Sistemas Espaciais I
CSE-329-4	Sistemas e Conceitos em Operação de Satélites
CSE-342-4	Introdução aos Efeitos da Radiação Espacial em Satélites
CSE-343-4	Gestão Transdisciplinar de Processos Aplicada à Engenharia de Sistemas
CSE-4xx-4	Dependabilidade em Sistemas Computacionais de Aplicação Espacial



**3º PERÍODO LETIVO E SEQUINTE***Eletivas*

CSE-209-4	Conceitos e Práticas de Verificação e Validação de Sistemas Espaciais
CSE-210-4	Processo de Desenvolvimento de Missões Espaciais
CSE-304-4	Simulação de Sistemas Espaciais
CSE-305-4	Redundância e Tolerância a Falhas em Sistemas Espaciais
CSE-309-4	Processo de Desenvolvimento de Software
CSE-314-4	Planejamento e Gestão da Qualidade
CSE-317-4	Garantia do Produto de Sistemas Espaciais II
CSE-319-4	Seminários em Engenharia de Sistemas Espaciais
CSE-320-4	Seminários em Sistemas de Bordo para Missões Espaciais
CSE-321-4	Seminários em Sistemas de Solo para Missões Espaciais
CSE-322-4	Seminários em Garantias de Missão e de Produto Espaciais
CSE-323-4	Seminários em Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais
CSE-328-4	Engenharia da Qualidade de Sistemas Espaciais
CSE-332-4	Integração, Verificação, Validação e Aceitação de Sistemas Espaciais em Tempos Virtual ou Real
CSE-334-4	Seleção de Materiais para Aplicações Espaciais
CSE-337-4	Otimização de Projeto Multidisciplinar
CSE-340-4	e-Infraestruturas para Ciência e Engenharia Concorrente
CSE-400-4	Tópicos Especiais em Engenharia de Sistemas Espaciais
CSE-401-4	Tópicos Especiais em Sistemas de Bordo para Missões Espaciais
CSE-402-4	Tópicos Especiais em Sistemas de Solo para Missões Espaciais
CSE-403-4	Tópicos Especiais em Garantias de Missão e de Produto Espaciais
CSE-404-4	Tópicos Especiais em Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais
CSE-406-4	Tópicos Avançados em Aplicações de Alta Tensão no Espaço



## **EMENTAS POR ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**

## EMENTAS - COMBUSTÃO E PROPULSÃO

### PERÍODO DE ADAPTAÇÃO

<b>PCP-020-0</b>	<b>Elementos de Matemática</b>
------------------	--------------------------------

#### Obrigatória

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Álgebra linear: matrizes, autovalores e autovetores. Equações diferenciais ordinárias: propriedades das equações lineares; soluções linearmente independentes, Wronskiano; soluções de equações com coeficientes constantes; soluções com coeficientes variáveis; método de Frobenius. Equações diferenciais parciais. Problema do valor inicial e de contorno. Equações diferenciais elípticas, parabólicas e hiperbólicas. Análise vetorial. Aplicações na mecânica dos fluidos. Gradiente, divergente e rotacional.

#### Bibliografia

KAPLAN, W. Advanced Calculus. Addison Wesley, 1959.

WYLIE, C.R. Advanced Engineering Mathematics. McGraw-Hill, 1961. INCE, E.L. Ordinary Differential Equations. Dover, 1956.

ROSS, S.L. Differential Equations. Blaisdell, 1964.

<b>PCP-021-0</b>	<b>Termodinâmica Clássica</b>
------------------	-------------------------------

#### Obrigatória

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Resultados gerais da termodinâmica: leis da termodinâmica, funções termodinâmicas, potencial químico, função de Helmholtz, função de Gibbs, equações fundamentais da termodinâmica química; relações de Maxwell; Reações químicas: análise da primeira e da segunda leis com reações químicas, calor de formação, energia de combustão, combustíveis, poder calorífico, temperatura de chama adiabática. Introdução ao equilíbrio de fases e químico: equilíbrio entre duas fases de uma substância pura, equilíbrio de sistemas multi-componentes, regra das fases de Gibbs, equilíbrio químico, reações simultâneas e ionização.

#### Bibliografia

VAN WYLEN, G.; SONNTAG, R.; BORGNAKKE, C. Fundamentals of Classical Thermodynamics. Wiley, 4<sup>th</sup> Ed, 1993.

SEARS, F.W., SALINGER, G.L. Thermodynamics, Kinetic Theory and Statistical Thermodynamics, 3<sup>rd</sup> Ed, Addison Wesley, 1975.

ABOTT, M.M., VAN NESS, H. C. Termodinâmica, McGraw-Hill, Portugal 1992.

## 1º PERÍODO LETIVO

<b>PCP-203-3</b>	<b>Matemática I</b>
------------------	---------------------

Obrigatória

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

**Análise vetorial:** operador nabla, divergente, rotacional e gradiente. Teoremas integrais. Equações diferenciais ordinárias: equações lineares de ordem arbitrária, soluções por séries infinitas de potências, sistemas de equações de ordem 1, algumas equações e funções especiais (de Legendre, de Bessel, etc.). Introdução à análise tensorial.

**Bibliografia**

POWERS, D. L. Boundary-Value Problems. HBJ-Academic Press, 1987. ARFKEN, G. Mathematical Methods for Physicists. Academic Press, 1970. BRAND, L. Differential and Difference Equations. Wiley, 1966.

SOKOLNIKOFF & REDHEFFER Mathematics of Physics and Modern Engineering. McGraw-Hill, 1966.

KAPLAN, W. Advanced Calculus. Addison Wesley, 1959.

<b>PCP-204-3</b>	<b>Mecânica dos Fluidos I</b>
------------------	-------------------------------

Obrigatória

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

**Introdução:** revisão de álgebra de vetores e tensores, cinemática do campo de escoamento, relações constitutivas, propriedades de transporte, equação de estado, propriedades termodinâmicas. Equações de conservação: introdução, teorema da divergência, conservação de massa, equação da continuidade, equações de quantidade de movimento, funções de fluxo, equação da vorticidade, conservação da energia, equação da entropia, condições em fronteiras, parâmetros adimensionais. Soluções exatas das equações de conservação: introdução e classificação das soluções, soluções exatas para escoamento potencial, escoamento de Poiseuille e Couette permanente, escoamento em cilindros rotativos, escoamento em tubos, Primeiro e Segundo problemas de Stokes, problema de Couette transiente, vórtice de Lamb, escoamento transiente em tubos, soluções por similaridade, soluções em escoamento compressível. Escoamentos com baixo número de Reynolds: equações simplificadas do movimento, escoamentos ao redor de corpos, transferência de calor.

**Bibliografia**

WHITE, F. M. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill, 2a. Ed., 1991.

Aris, Rutherford, Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Mechanics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1962.

PANTON, R. L. Incompressible Flow. John Wiley & Sons, 1984. SCHLICHTING, H. Boundary Layer Theory. McGraw-Hill, 7a. Ed., 1979. KUNDU, P. Fluid Mechanics. Academic Press. Inc, 1990

CURRIE, I. G. Fundamental Mechanics of Fluids. McGraw Hill, 2<sup>nd</sup> ed, 1993

<b>PCP-205-3</b>	<b>Combustão I</b>
------------------	--------------------

Obrigatória

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Revisão de termodinâmica química: leis da termodinâmica, conservação das espécies, calores de reação, combustão e formação. Temperatura de chama adiabática. Constante de equilíbrio. Energia livres de Gibbs e Helmholtz. Revisão de cinética química: taxas de reação, equações de Arrhenius, limites de explosão: sistemas H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> e CO-O<sub>2</sub>. Equações de transporte para misturas de gases perfeitos com reação, formulação de Schvab-Zeldovich, condições de conservação numa interface, relações de Rankine-Hugoniot (derivação das equações, a dificuldade da região de contorno fria, detonação e deflagração). Chamas pré-misturadas: teoria de Mallard e Le Chatelier, teoria de Semenov, análise assintótica para grandes energias de ativação, velocidade de chama, auto-valores, propriedades das chamas pré-misturadas, limites de flamabilidade.

### **Bibliografia**

URNS, S. R. An Introduction to Combustion, Concepts and Applications, McGraw-Hill, 1996.

GLASSMANN, I. Combustion, 2<sup>nd</sup> Ed., Academic Press, 1987. WILLIAMS, F. A. Combustion Theory. 2<sup>nd</sup> ed., Addison-Wesley, 1988. KUO, K. K. Principles of Combustion. John Wiley & Sons, 1986.

LEWIS B.; VON ELBE, G. Combustion, Flames and Explosions of Gases 2<sup>a</sup>Ed., Ass. Press, 1961.

ZELDOVICH, Y. A.; BARENBLATT, G.I.; LIBROVICH, V.B.; MAKHVILADZE, G.M. The Mathematical Theory of Combustion and Explosions, Plenum Publishing Corporation, 1985.

## **2º PERÍODO LETIVO**

<b>PCP-306-3</b>	<b>Matemática II</b>
------------------	----------------------

Obrigatória

*Pré-requisito:* PCP-203-3

*Carga horária:* 45 horas

Séries de funções numa base ortogonal: problema de Sturm-Liouville. Equações diferenciais parciais. Classificação: equações elípticas, parabólicas e hiperbólicas. Algumas das propriedades e soluções, principalmente por separação de variáveis, das equações de Laplace, de onda e de difusão, aplicação de transformadas de Laplace e Fourier. Introdução aos métodos numéricos.

### **Bibliografia**

POWERS, D. L. Boundary-Value Problems. HBJ-Academic Press, 1987. ARFKEN, G. Mathematical Methods for Physicists. Academic Press, 1970. BRAND, L. Differential and Difference Equations. Wiley, 1966.

SOKOLNIKOFF & REDHEFFER Mathematics of Physics and Modern Engineering. McGraw-Hill, 1966.

KAPLAN, W. Advanced Calculus. Addison Wesley, 1959.

<b>PCP-307-3</b>	<b>Mecânica dos Fluidos II</b>
------------------	--------------------------------

Obrigatória

*Pré-requisito:* PCP-204-3

*Carga horária:* 45 horas

Camadas limites laminares: introdução, equação da camada limite, soluções exatas por similaridade, soluções aproximadas, camadas limites térmicas, camada limite em convecção livre, camadas limites tri-dimensionais, camadas limites transientes. Estabilidade de escoamentos laminares: ondas em fluidos, aproximação de escoamento paralelo, teoria de estabilidade linear, efeitos paramétricos em estabilidade, transição para a turbulência. Escoamentos turbulentos incompressíveis: introdução, descrição de escoamentos turbulentos, decomposição de Reynolds, equações com médias de Reynolds, escoamento turbulento em tubos e canais, camada limite turbulenta, jatos e esteira turbulentas. Camada limite compressível: introdução, equações da camada limite compressível, soluções por similaridade.

### **Bibliografia**

WHITE, F. M. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill, 2a. Ed., 1991. SHERMAN, F. S. Viscous Flow, McGrawHill, New York, 1990.

SCHETZ, J. Boundary Layer Analysis, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.

PANTON, R.L. Incompressible Flow. John Wiley & Sons, 1984.

SCHLICHTING, H. Boundary Layer Theory. McGraw-Hill, 7a. Ed., 1979.

CEBECI, T.; SMITH, A. M. O. Analysis of Turbulent Boundary Layers, Academic Press, Orlando, FL, 1974.

<b>PCP-311-3</b>	<b>Escoamento Compressível</b>
------------------	--------------------------------

Obrigatória

*Pré-requisito:* PCP-204-3

*Carga horária:* 45 horas

Definições e conceitos fundamentais. Equações de conservação. Escoamento isentrópico. Ondas de choque normais. Ondas de choque oblíquas. Ondas de expansão. Escoamento unidimensional com atrito. Escoamento unidimensional com troca de calor. Escoamento linearizado. Método das características.

### **Bibliografia**

SAAD, M. A. Compressible Fluid Flow. Prentice-Hall Inc., 2a ed., 1993. ANDERSON, J. D., Modern Compressible Flow, McGrawHill, New York, 1990. ZUCROW, M.J., HOFFMAN, J.D., Gas Dynamics, Vols. I e II, Wiley, 1976.

OOSTHUIZEN, P. H., CARSCALLEN, W.E. Compressible Fluid Flow, McGraw Hill International Editions, 1997.

LIEPMANN, H. W., ROSHKO, A. Elements of Gas Dynamics. John Wiley & Sons, 1957.

SHAPIRO, A. H. The Dynamics and Thermo dynamics of Compressible Fluid Flow. Ronald Press, 1954.

### **3º PERÍODO LETIVO**

<b>PCP-310-3</b>	<b>Técnicas Experimentais em Combustão e Propulsão</b>
------------------	--

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Medidas de vazão: placas de orifício, rotâmetros, medidores tipo turbina. Medidas de pressão: manômetros, sensores piezoelétricos. Medidas de temperatura: termopares, bulbos de resistência, métodos óticos (LIF, espalhamento Rayleigh, espectroscopia de emissão, espectroscopia de absorção com laser, CARS). Visualização de escoamentos: Schlieren, shadowgraph, interferometria. Medidas de Velocidade: espalhamento Rayleigh/Mie, lasers, fotodetetores, velocimetria laser doppler. Medidas de concentração de espécies: analisadores de gases, métodos óticos (espectroscopia, tomografia de chamas), incandescência induzida por laser. Medida de tamanho de gotas e particulados.

#### **Bibliografia:**

HOLMAN, J. P. Experimental Methods for Engineers, 7a ed., Mc-Graw-Hill, 2001.  
KOHSE- HÖINGHAUS, ), K.; JEFFRIES, J. Applied Combustion Diagnostics (Combustion: An International Series, Taylor and Francis, 2002.

ECKBRETH, A. Laser Diagnostics for Combustion, Temperature and Species (Energy and Engineering Science), Abacus Press, 1988.

Laser Applications in Combustion and Combustion Diagnostics, L.C. Liou; Ed. Proc. SPIE, vol. 1862, 1993.

HERZBERG, G. Molecular Spectra and Molecular Structure, vol. 1, Spectra of Diatomic Molecules, Van Nostrand, New York, 2a ed., 1950.

<b>PCP-312-3</b>	<b>Chamas Laminares: Chamas de Difusão</b>
------------------	--

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Formulação Matemática na Ciência da Combustão. Modelo Generalizado de Shvab-Zeldovich para um Combustível. Modelo Generalizado de Shvab-Zeldovich para uma mistura de Combustíveis. Modelos Assimptóticos para a Estrutura das Chamas de Difusão. Simulação Numérica de Chamas com Cinética de Reação Simplificada. Alguns Problemas Transientes.

#### **Bibliografia**

WILLIAMS, F. A. Combustion Theory, The Benjamin. Cummings Publishing Company, Inc, 1985.

LIÑÁN, A .; WILLIAMS, F. A. Fundamental Aspects of Combustion. Oxford University Press, Oxford Engineering Sciences Series 34, 1993.

ZELDOVICH, YA. B.; BARENBLATT, G. I.; LIBROVICH, V. B.; MAKHILADZE, G. M.

The Mathematical Theory of Combustion and Explosions. Consultants Bureau, 1985.

CHUNG, T. J. Numerical Modeling in Combustion, Taylor & Francis, 1993.

LIÑÁN, A. The Asymptotic Structure of Counterflow Diffusion Flame for Large Activation Energy, Acta Astronautica, 1, 1007-1039, 1975. CRESPO, A.; LIÑÁN, A. Unsteady Effects in Droplet and Combustion, Droplet, Combustion Science and Technology, 11, 9-18, 1975.

LIÑÁN, A.; CRESPO, A. Asymptotic Analysis of Unsteady Flames for Large Activation Energy. Combustion Science and Technology, 14, 95-117, 1976.

LINAN, A. El Papel de la Mecánica de Fluidos em los Processos de Combustio. Discurso e a Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales, Madrid, Espanha, 1991.

<b>PCP-314-3</b>	<b>Tópicos Avançados em Combustão</b>
------------------	---------------------------------------

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Abordam-se tópicos avançados em Combustão.

### **Bibliografia**

Artigos de revistas especializadas no assunto.

<b>PCP-315-3</b>	<b>Tópicos Avançados em Propulsão</b>
------------------	---------------------------------------

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Abordam-se tópicos avançados em Propulsão. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do momento.

### **Bibliografia**

Artigos de revistas especializadas no assunto.

<b>PCP-400-3</b>	<b>Combustão II</b>
------------------	---------------------

Obrigatória para linha de pesquisa de Combustão Pré-requisito: PCP-205-3

*Carga horária:* 45 horas

Chamas de difusão: queima de jatos difusivos, teoria de Burke-Schumann, queima de gotas e de sprays. Queima de sólidos. Modelos computacionais simplificados de sistemas reativos. Camadas limites reativas, conceito de elementos de chama (flamelets), chamas de difusão em um ponto de estagnação, efeitos do números de Lewis em chamas difusivas. Chamas planas pré-misturadas, análise assintótica com alta energia de ativação. Escalas e regimes de combustão turbulenta em chamas pré-



misturadas, mecanismos de instabilidade de chamas pré-misturadas, modelos estatísticos de chamas turbulentas.

### **Bibliografia**

URNS, S.R. An Introduction to Combustion, Concepts and Applications, McGraw-Hill, 1996.

GLASSMANN, I. Combustion, 2<sup>nd</sup> Ed., Academic Press, 1987. WILLIAMS, F. A. Combustion Theory. 2<sup>nd</sup> ed., Addison-Wesley, 1988. KUO, K.K. Principles of Combustion. John Wiley & Sons, 1986.

LEWIS B., VON ELBE, G. Combustion, Flames and Explosions of Gases 2<sup>a</sup>Ed., Ass. Press, 1961.

ZELDOVICH, Y.A., BARENBLATT, G.I., LIBROVICH, V.B., MAKHVILADZE, G.M. The Mathematical Theory of Combustion and Explosions, Plenum Publishing Corporation, 1985.

<b>PCP-401-3</b>	<b>Propulsão</b>
------------------	------------------

Obrigatória para a linha de pesquisa em propulsão Pré-requisito: não há  
*Carga horária:* 45 horas

Classificação dos sistemas propulsivos. Definições e fundamentos. Teoria das tuberias e relações termodinâmicas. Transferência de calor na propulsão de foguetes. Definição de missões e desempenho em vôo. Análise do desempenho dos foguetes a propulsão química. Fundamentos dos foguetes a propulsão líquida. Propelentes líquidos e sua combustão. Motores de foguetes a propelentes líquidos. Fundamentos dos foguetes a propelente sólido. Propelentes sólidos e sua combustão. Componentes dos foguetes a propelentes sólidos. Testes de foguetes.

### **Bibliografia**

SUTTON, G. P.; BIBLARZ, O. Rocket Propulsion Elements, 7a ed., John Wiley & Sons, 2000.

BROWN, C. D. Spacecraft Propulsion, AIAA Education Series, 1995.

WILLIAMS, F. A. BARRERE, M.; HUANG, H.C. Fundamental Aspects of Solid Propellant Rockets. AGARDograph no 116, 1969.

BARRERE, M.; JAUMOTTE, A.; DE VEUBEKE, B. D.; VAN DEN KERCKHOVE, J. Rocket Propulsion Elsevier Publishing, Company, 1960.

HUZEL, D. K.; HUANG, D. H. Modern Engineering for Design of Liquid-Propellant Rocket Engines. AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, vol 147, 1992.

<b>PCP-402-3</b>	<b>Teoria Cinética dos Gases</b>
------------------	----------------------------------

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Definições básicas. Função de distribuição. Valores médios e fluxos de grandezas extensivas. Efusão. Definição da pressão e da temperatura. Constante de Boltzmann. Número de Avogadro. Energia, entalpia e calores específicos. Estimativa do percurso

livre médio e da frequência colisional. Teoria ultrasimplificada dos fenômenos de transporte. Distribuição de Maxwell. Dinâmica dos encontros entre partículas. Equação de Boltzmann. Equilíbrio e a tendência ao equilíbrio. Seção de espalhamento. Percurso livre médio e frequência colisional (abordagem perigosa). Obtenção das equações da gas-dinâmica da equação de Boltzmann. Modelo BGK.

### **Bibliografia**

VINCENT, W.G.; KRUGER, C. H. Introduction to Physical Gas Dynamics. John Wiley, 1965.

PRESENT, R. D. Kinetic Theory of Gases. McGraw-Hill, 1958.

SIELAWA, J. T. Teoria Cinética dos Gases e Plasmas. Apostila, ITA, 1983.

<b>PCP-404-3</b>	<b>Instabilidade de Escoamentos Laminares</b>
------------------	---

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Revisão de propagação de ondas. Números complexos. Conceito de instabilidade. Formulação. Classificação (convectiva e absoluta, temporal e espacial, local e global). Teoremas fundamentais (Rayleigh e Fjortoft). Equação de Rayleigh. Instabilidade de Kelvin-Helmholtz. Projeto número 1 – programa de cálculo de instabilidade invíscida. Equação de Orr-Sommerfeld e ondas de Tollmien-Schlichting. Orr-Sommerfeld tridimensional e teorema de Squires. Projeto número 2 – programa de cálculo de instabilidade de Tollmien-Schlichting. Instabilidade térmica e células de convecção de Bernard. Vórtices de Taylor – instabilidade de escoamento entre dois cilindros concêntricos. Vórtices de Görtler – instabilidade de camada limite sobre superfícies côncavas. Projeto número 2 – programa de cálculo de instabilidade sobre superfícies côncavas. Efeitos não lineares e não paralelos. Parabolized Stability Equations – PSE. Projeto número 3 – estudo de efeitos não lineares e não paralelos utilizando PSE. Transição para regime turbulento.

### **Bibliografia**

DRAZIN, P. G.; REID, W. H. Hydrodynamic Stability. Cambridge University Press, 1981.

BETCHOV, R.; CRIMINALE, W. O. Stability of Parallel Flows. Academic Press, 1967.  
CHANDRASEKHAR, S. Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability. Oxford University Press, 1961.

KOSCHMIEDER, E. L. B´ernard Cells and Taylor Vortices. Cambridge University Press. 1993.

HENNINGSON, D. S.; SCHMID, P. J. Stability and Transition in Shear Flows. Springer Verlag, Vol 142 – Applied Math. Sciences, 2001.

<b>PCP-415-3</b>	<b>Métodos Computacionais em Combustão e Propulsão</b>
------------------	--

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Determinação de raízes; Integração numérica; Solução de sistemas algébricos lineares; Solução de EDOs: diferenças finitas, estabilidade, consistência e convergência, método do “shooting”; Solução de EDPs: classificação (parabólicas, elípticas e hiperbólicas), diferenças finitas: ordem, série de Taylor, erro de dispersão e dissipação, métodos implícitos e explícitos, diferenças centradas e “upwind”; Volumes finitos: métodos de volumes finitos via diferenças finitas, volume de controle centrados no nó e na célula, esquemas centrados, esquemas “upwind”; Solução de equações de Laplace e Poisson; Aplicações a equações da mecânica dos fluídos.

### **Bibliografia**

ANDERSON JR, J. D. Computational Fluid Dynamics. The Basics with Applications. McGraw-Hill, 1995.  
CHUNG, T. J. Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 2002.  
FORTUNA, A. O. Técnicas Computacionais para Dinâmica dos Fluidos. Conceitos Básicos e Aplicações. Editora USP, ISBN 85-314-0526-2.  
CUNHA.M. C. C. Métodos Numéricos. Editora da Unicamp, 2000.

<b>PCP-206-3</b>	<b>Fundamentos de Catálise Heterogênea e Aplicações</b>
------------------	---

Eletiva

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Introdução à catálise heterogênea; cálculo de reatores-revisão; fenômenos de adsorção (física e química); isotermas de adsorção; fenômenos de difusão; etapas de uma reação catalítica; tipos de catalisadores e metodologias de preparação; propriedades físico-químicas de catalisadores; caracterização de catalisadores; seletividade e rendimento; cinética de adsorção; mecanismo de reações catalíticas; exemplos de catalisadores nano estruturados; desativação de catalisadores; aplicações da catálise heterogênea na indústria química, automotiva e na tecnologia aeroespacial.

### **Bibliografia:**

Martin Schmal, *Catálise Heterogênea*, Synergia, Rio de Janeiro, 2011.  
G. A. Somorjai, *Introduction to Surface Chemistry and Catalysis*, John Wiley & Sons, Inc., 1994.  
R. Ciola, *Fundamentos de Catálise*, Universidade de São Paulo, 1981.  
J. R. H. Ross, *Heterogeneous Catalysis*, 2011.

Os trabalhos auxiliares ou finais do programa de Pós-Graduação serão identificados na forma abaixo indicada:

<b>PCP-730</b>	<b>Pesquisa de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/PCP*</b>
----------------	---

Obrigatória Créditos: 0

<b>PCP-750</b>	<b>Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/PCP</b>
----------------	---

Obrigatória Créditos: 12



---

<b>PCP-780</b>	<b>Pesquisa de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/PCP *</b>
----------------	---

*Obrigatória Créditos: 0*

<b>PCP-800</b>	<b>Tese de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/PCP</b>
----------------	---

*Obrigatória Créditos: 36*

\*Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina; neste caso, a orientação e avaliação deverá ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico do Curso.

## EMENTAS - MECÂNICA ESPACIAL E CONTROLE

### PERÍODO DE ADAPTAÇÃO

<b>CMC-020-0</b>	<b>Introdução à Mecânica Orbital</b>
------------------	--------------------------------------

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução. Campo central. Leis de Newton. Lei da gravitação universal. Força central. Integral do momento angular. Velocidade areolar. Trajetórias do movimento. Integral da energia. Equação de Binet. Leis de Kepler. Propriedades da elipse. Problema dos dois corpos. Redução do problema dos dois corpos. Solução do problema dos dois corpos. Movimento elíptico. Coordenadas cartesianas do movimento plano. Posicionamento de satélites. Elementos keplerianos. Transformação de coordenadas. Obtenção do vetor de estado. Problema inverso. Sistemas de coordenadas inerciais e terrestres. Coordenadas horizontais. Coordenadas equatoriais. Sistema topocêntrico, coordenadas geodésicas. Sistemas de tempo.

#### **Bibliografia**

BATE, R.R.; MUELLER, D.D.; WHITE, J.E. Fundamentals of Astrodynamics. New York, NY, Dover, 1971.

KUGA, H. K.; CARRARA, V.; KONDAPALLI, R. R. Introdução à Mecânica Orbital – 2ª.Edição. (INPE-5615-PUD/064).

<b>CMC-021-0</b>	<b>Introdução ao Estudo de Sistemas de Controle</b>
------------------	---

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução. Revisão de transformada de Laplace. Modelos matemáticos de sistemas físicos: funções de transferência, diagramas de blocos, obtenção de funções de transferência de sistemas físicos. Análise da resposta no tempo: resposta impulsiva, sistemas de primeira ordem, sistema de segunda ordem, sistemas de ordem superior, critério de estabilidade de Routh, computadores analógicos. Noções de lugar geométrico das raízes. Métodos de resposta em frequência: gráficos logarítmicos, diagramas de Bode. Introdução ao controle moderno: variáveis de estado, matriz de transição, etc.

#### **Bibliografia**

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno. Rio de Janeiro, RJ, Prentice-Hall do Brasil, 1985.  
D'AZZO, J.J.; HOUPIS, C.H. Análise e Projeto de Sistemas de Controle Lineares. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara Dois, 1984.

KUO, B.C. Sistemas de Controle Automático. Rio de Janeiro, RJ, Prentice-Hall do Brasil, 1985.

MELSA, J.L.; JONES, C. Computer Programs of Computational Assistance in the Study of Linear Control Theory. 2ed. New York, NY, McGraw-Hill Book Co., 1979.

<b>CMC-022-0</b>	<b>Introdução ao Controle Térmico de Satélites</b>
------------------	--

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 30 horas

Introdução. Transferência de calor por condução, lei de Fourier. Convecção natural e forçada. Transferência de calor por radiação; leis de Planck, Wien, Stefan-Boltzmann. Fatores de forma e de Gebhart, acoplamentos radiativos.

Transferência de calor em componentes eletrônicos e elementos de satélite. Regimes permanente, transiente, regular e periódico. Balanço em redes térmicas. Equações diferenciais do método nodal. Controle de temperatura de malha fechada. Modelos matemáticos térmicos de controladores PID e NO-OFF.

Fluxos de calor orbitais. Caracterização térmica de órbitas; ângulo beta. Absortividade e emissividade (modelo de duas bandas), revestimentos térmicos. Radiadores e mantas superisolantes MLI. Tubos de calor e outros dispositivos de controle térmico. Balanço térmico do satélite.

### **Bibliografia**

INCOPERA, F.P, etc. Fundamentais de Transferência de Calor e Massa. John Wiley & Sons Inc., 2007.

GILMORE, D. G. Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.

MODEST, M.F. Radiative Heat Transfer. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 1993.

### **TODOS OS PERÍODOS**

<b>CMC-227-1</b>	<b>Seminário de Mecânica Espacial e Controle I</b>
------------------	--

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 30 horas

O seminário será dedicado à apresentação, em forma de palestras, de tópicos aplicados à Mecânica Espacial e Controle.

### **Bibliografia**

Material fornecido pelos palestrantes.

<b>CMC-200-3</b>	<b>Introdução à Mecânica Celeste</b>
------------------	--------------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Leis de Newton. Conceito de campo central. Propriedades do campo de força central. Equações de movimento em campo central. Lei de áreas. Equação de Binet. Leis de Kepler. Lei da gravitação universal. Movimento no campo gravitacional. Classificação de órbitas. Manobras

orbitais básicas. Transferência de Hohmann. Movimento elíptico. Problema de dois corpos. Problema reduzido de 3 corpos. Sistemas de coordenadas. Variação de coordenadas celestes. Precessão e nutação. Movimento do polo. Sistemas cartesianos terrestres. Sistemas cartesianos celestes. Transformações no plano e no espaço. Sistemas de tempo. Tempo universal. Tempo sideral. Data Juliana. Determinação de órbita a partir de 3 vetores posição. Método de Gibbs. Método de Herrick-Gibbs. Métodos de Gauss. Unidades canônicas. Refinamento da órbita preliminar pela correção diferencial. Equações de Lagrange e de Delaunay.

### **Bibliografia**

BATE, R. R.; MUELLER, D. D.; WHITE, J. E. Fundamentals of Astrodynamics. New York, NY, Dover, 1971.

KUGA, H. K.; CARRARA, V.; KONDAPALLI, R. R. Introdução à Mecânica Orbital – 2ª.Edição. (INPE-5615-PUD/064).

PILCHOWSKI, H.; SILVA, W. C. C.; FERREIRA, L. D. D. Introdução à Mecânica Celeste. (INPE-2126-RPE/350).

CHOBOTOV, V. A. Orbital Mechanics, 3rd. Edition, AIAA, 2002.

<b>CMC-201-4</b>	<b>Teoria de Controle</b>
------------------	---------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução. Representação de sistemas na forma de variáveis de estado. Solução da equação diferencial de estado de sistemas lineares. Estabilidade. Análise à transformada de sistemas invariantes no tempo. Controlabilidade. Reestruturabilidade. Dualidade de sistemas lineares. Formas canônicas. Processos estocásticos vetoriais. Resposta de sistemas lineares a ruído branco.

### **Bibliografia**

KWAKERNAAK, H. Linear Optimal Control Systems. New York, NY, Wiley Interscience, 1972.

CHEN, C. T. Introduction to Linear System Theory. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, In., 1970.

<b>CMC-2xx-4</b>	<b>Cinemática e Dinâmica de Atitude de Satélites</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução: velocidade e aceleração; movimento plano; caso geral de movimento no espaço; movimento relativo à Terra em rotação; transformação de deslocamento e velocidade; transformação de velocidades angulares. Dinâmica da partícula; força, impulso e quantidade de movimento; trabalho e energia; momento angular. Dinâmica de sólido: deslocamento de um corpo rígido, momento angular de um sólido, energia cinética de um sólido; momento de inércia; eixos principais; ângulos de Euler; equações de Euler; sólido de revolução sem momento externo; sólido assimétrico sem momento externo; movimento geral de um sólido. Movimento de veículos espaciais: equação geral em coordenadas no sólido; sólido quase-simétrico sem momento externo; desaceleração rotacional de satélites; perda de posicionamento por dissipação





de energia; massa variável; movimento geral de sólidos em rotação com variações de massa; movimento de sólidos com apêndices flexíveis.

## Bibliografia

GREENWOOD, D.T. Principles of Dynamics. Englewood Cliffs, NY, Prentice Hall, 1965.  
GRANDALL, S.H.; KARNOPP, D.C.; KURTZ JR.; E.F.; PRIDMORE BROWN, P.C.  
Dynamics of Mechanical and Electromechanical Systems. New York, NY, McGraw-Hill, 1968.  
GOLDSTEIN, H. Classical Mechanics. NY, NY, Addison-Wesley, 1980.

<b>CMC-221-2</b>	<b>Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia I</b>
------------------	--

### *Eletiva*

*Pré-requisito:* Cursos de Graduação em Engenharias e Áreas Afins; Domínio de Lógica, Português e Inglês Técnicos.

*Carga horária:* 30 horas

1) Métodos de Pesquisa: Origens/Antecedentes/Breve História. 2) Métodos de Pesquisa: A Prática da Ciência/Atualidade/Tendências. 3) Métodos de Pesquisa: Observação/Descrição/Nominação/Classificação. 4) Métodos de Pesquisa: Experimentação/Testes/Modelagem/Simulação/Verificação/Validação. 5) Métodos de Pesquisa: Proposição e Validação de Teorias/Dedução/Modelagem/Extrapolação/Racionalismo. 6) Métodos de Pesquisa: Comparação/Contraste/Assimilação. 7) Dados: Análise & Interpretação/Indução/Identificação/Interpolação/Empiricismo. 8) Dados: Estatística/Descrição/Redução/Armazenamento/Reduccionismo. 9) Dados: Uso de Gráficos e Dados Visuais/Extração de Informações/Sistematização de Informações/Abrangência. 10) Dados: Incerteza, Erro, e Confiança/Certeza/Dúvida/Ceticismo. 11) Comunicação Científica: Entendendo Revistas e Artigos Científicos/Divulgação. 12) Comunicação Científica: Revisão por Pares/Compromisso/Ética.

### **Bibliografia**

CARPI, A.; EGGER, A. The Scientific Method. 2008. Disponível em: <http://www.visionlearning.com/en/library/General-Science/3/The-Scientific-Method/45>. Acessado em 22-01-2014.

CHANG, M. Principles of Scientific Methods. Chapman and Hall/CRC, NY, NY, 2014.

HUNG, E. Philosophy of Science Complete: A Text on Traditional Problems and Schools of Thought. Wadsworth CENGAGE Learning; 2<sup>nd</sup>. ed., Boston, MA, 2013.

CHANG, M. Paradoxes in Scientific Inference. Chapman and Hall/CRC, New York, NY, 2012.

KUHN, T. The Structure of Scientific Revolutions, 4<sup>th</sup>. ed. University of Chicago Press, Chicago, IL, 2012.

GAUCH JR, H. G. Scientific Method in Brief. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2012.

MCCLELLAN, J. E., DORN, H. Science and Technology in World History: An Introduction, 2<sup>nd</sup>. ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 2006.

BEVERIDGE, W. B. The Art of Scientific Investigation. Blackburn Press, 2004.

GAUCH JR, H. G. Scientific Method in Practice. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2002.

LOSEE, J. A. A Historical Introduction to the Philosophy of Science. 4<sup>th</sup> ed. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001.

RUBENS, P. Science and Technical Writing: A Manual of Style, 2<sup>nd</sup>. ed. Routledge, Amsterdã, NE, 2000.



- BOLLES, E. B. (Editor). Galileo's Commandment: 2,500 Years of Great Science Writing. Holt Paperbacks, New York, NY, 1999.
- STRUNK JR. W., WHITE, E. B. The Elements of Style, 4<sup>th</sup>. ed. Longman, London, UK, 1999.
- BARROS FILHO, C.; POMPEU, J. A Filosofia Explica as Grandes Questões da Humanidade. Editora Casa da Palavra, São Paulo, SP, 2013.
- HEGENBERG, L. Saber De e Saber Que: Alicerces da Racionalidade. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2001.
- SEVERINO, A. J. Metodologia do Trabalho Científico, 20<sup>a</sup>. ed., Cortez Editora, 1996.
- RUIZ, J.A. Metodologia Científica. Editora Atlas, São Paulo, SP, 1982.
- VERA, A. A. Metodologia da Pesquisa Científica. Editora Globo, Porto Alegre, RS, 1978.
- POPPER, K. R. A Lógica da Pesquisa Científica, 3<sup>a</sup>. ed. Editora Cultrix, São Paulo, SP, 1972.
- WEATHERALL, M. Método Científico. EDUSP/Editora Polígono, São Paulo, SP, 1970.
- LAKATOS, E.V.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 4<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Metodologia de Trabalho Científico, 6<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de Pós-Graduação. Noções e Práticas. 4<sup>a</sup> ed. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.

<b>CMC-333-4</b>	<b>Eletrromagnetismo Aplicado a Máquinas Elétricas</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Campo magnetostático de correntes elétricas estacionárias: Lei de Biot-Savart. Fluxo magnético e densidade de fluxo magnético. Campo magnético gerado por condutores finos, retos, finitos e infinitos; placa plana finita condutora; bloco maciço condutor e condutor maciço de geometria arbitrária e seção retangular. Campo num solenóide. Lei de Ampère. Potencial magnetostático e força magneto-motriz. Energia num indutor. Vetor potencial: vetor potencial para vários tipos de condutores. Campo magnetostático de materiais ferromagnéticos: ímãs e polos magnéticos. Materiais magnéticos. Permeabilidade. Dipolos magnéticos e magnetização. Solenóide equivalente a um material magnetizável. Vetores magnéticos B, H e M. Condições de fronteira. Ferro-magnetismo. Curvas de magnetização. Histerese. Energia de um ímã. Ímãs Permanentes. Desmagnetização. Circuito magnético: relutância e permeância. Circuito sem entreferro. Circuito com entreferro. Força no entreferro. Ímã Permanente com entreferro.

### **Bibliografia**

- POLLACK, G.; STUMP, D. Electromagnetism. Addison Wesley, 1st edition, 2001.
- PANOFSKY, W. K. H.; PHILLIPS, M. Classical Electricity and Magnetism. Dover Publications, 2nd edition, 2005.
- GRANT, I. S.; PHILLIPS, W. R. Electromagnetism. Wiley; 2nd edition, 1991.
- GIERAS, J. F.; WING, M. Permanent Magnet Motor Technology Revised (Electrical and Computer Engineering). CRC Press, 2nd edition, 2002. HANSELMAN, D. C. Brushless Permanent Magnet Motor Design. Magna Physics Pub, 2006.

<b>CMC-409-4</b>	<b>Controle Térmico de Veículos Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Objetivos do sistema de controle térmico de naves espaciais. Descrição espectral do ambiente térmico espacial. Incertezas e variações da constante solar. Modelo de duas bandas. Propriedades óticas de superfícies especiais. Conceito de emissividade no espectro infravermelho a absorvidade no espectro solar. Balanço térmico de uma estrutura no espaço no modo de um grafo. Modelos analíticos simplificados e transientes. Fator de insolação. Modelos de fluxos espectrais com reflexões da Terra e de estrutura. Cálculo de fator de forma e acoplamentos radiativos. Método de Gebhart. Soluções de problemas com trocas radiativas e condutivas acopladas. Formulação do método nodal. Utilização de software de análises térmica PCTER, SINDA e outros. Classificação de medidas de controle térmico. Classificação de dispositivos e sistemas. Superfícies seletivas e fatores de degradação. Superisolantes multi-camadas (MLI): otimização de efetividade, modelos térmicos anisotrópicos. Capacitor térmico com mudança de fases. Tubos de calor: Fundamentos de operação, Modelos do Chi e do Marcus, classificação. Radiadores espaciais: desenhos, otimização de massa. circuitos e sistemas com bombeamento mecânico: modelos hidráulicos - térmicos, métodos de análise de circuitos hidráulicos, análise dos métodos de controle. Circuitos com bombeamento capilar: fundamentos de operação, instabilidade, métodos de controle passivos ou ativos. Sistemas e dispositivos criogênicos; cryocoolers, elementos de Peltier.

### **Bibliografia**

GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.

KARAM, R. Satellite Thermal Control for Systems Engineers. Progress in Astronautics and Aeronautics, 1998, 286 pp, ISBN 1-56347-276-7.

CHENG WENLONG, Roberto Peron. Spacecraft Thermal Control. Excelic Press LLC, 2018.

J MESEGUER, I Pérez-Grande, A Sanz-Andrés. Spacecraft Thermal Control. 2012.

<b>CMC-228-1</b>	<b>Seminário de Mecânica Espacial e Controle II</b>
------------------	---

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* CMC-203-0 ou equivalente

*Carga horária:* 30 horas

O seminário será dedicado ao estudo de tópicos gerais aplicados na área de Mecânica Espacial e Controle.

### **Bibliografia**

Artigos de revistas especializadas, apostilas e livros nos temas tratados.

<b>CMC-204-4</b>	<b>Otimização em Sistemas Dinâmicos I</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-201-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Variáveis de estado e de controle: controle ótimo de sistemas dinâmicos; exemplos. Teoria de máximos e mínimos de funções: revisão e aplicação a problemas de otimização de parâmetros. Introdução ao Cálculo Variacional: elementos necessários; aplicações a sistemas dinâmicos. Formulação do problema de controle; equações de Euler - Lagrange; condições de transversalidade; condições de Weierstrass e de Legendre-Clebsch versus princípio de máximo de Pontryagin; aplicações. Tratamento de vínculos de desigualdade: vínculos nas variáveis de estado: aplicações. Introdução a técnica numéricas de solução: métodos de gradientes; método de perturbação; aplicações.

### **Bibliografia**

BRYSON JR., A. E.; CHI HO, Y. Applied Optimal Control. Waltham, MA, Ginn, 1969.  
CITRON, S.J. Elements of Optimal Control. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1969.  
ISERMANN, R. Digital Control Systems. Berlin, Springer-Verlag, 1981.  
KIRK, D.E. Optimal Control Theory: an Introduction. Englewood Cliffs, NY, Prentice-Hall, 1970.  
TAKAHASHI, Y.; RABINS, M.J.; AUSLANDER, D.M. Control and Dynamic Systems. Reading, MA, Addison-Wesley, 1970.

<b>CMC-205-4</b>	<b>Mecânica Analítica</b>
------------------	---------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Cinemática dos sólidos. Dinâmica do ponto vinculado. Teoremas gerais de Mecânica. Dinâmica dos sólidos. Dinâmica em coordenadas generalizadas. Formalismo canônico. Teoria de Hamilton e Jacobi. Separabilidade. Princípios variacionais. Pequenos movimentos. Valores próprios. Estabilidade segundo Liapunov. Soluções periódicas. Teoria de Floquet-Liapunov. Aspectos topológicos no plano de fase.

### **Bibliografia**

GOLDSTEIN, H. Classical Mechanics. 2nd ed. Reading, MA, Addison-Wesley, 1980.  
KAPLAN, M. H. Modern Spacecraft Dynamics and Control. New York, NY, John Wiley, 1976.  
MEIROVITCH, L. Methods of Analytical Dynamics. New York, NY, McGraw-Hill, 1970.

<b>CMC-225-2</b>	<b>Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia II</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* Cursos de Graduação em Engenharias e Áreas Afins; Domínio de Lógica, Português e Inglês Técnicos.

*Carga horária:* 30 horas

1) Métodos de Desenvolvimento: Origens/Antecedentes/Breve História. 2) Métodos de Desenvolvimento: A Prática da Engenharia/Atualidade /Tendências. 3) Métodos de Desenvolvimento: Observação/Descrição/ Nominção/Classificação. 4) Métodos de Desenvolvimento: Experimentação/Testes/Modelagem/Simulação/Verificação/ Validação. 5) Métodos de Desenvolvimento: Proposição e Validação de Projetos/Dedução/Modelagem/ Extrapolação/Racionalismo. 6) Métodos de Desenvolvimento:

Comparação/Contraste/Assimilação. 7) Dados: Análise & Interpretação/Indução/Identificação/Interpolação/ Empiricismo. 8) Dados: Estatística/Descrição/Redução/Armazenamento/ Reduccionismo. 9) Dados: Uso de Gráficos e Dados Visuais/Extração de Informações/ Sistematização de Informações/Abrangência. 10) Dados: Incerteza, Erro, e Confiança/Certeza/ Dúvida/Ceticismo. 11) Comunicação de Engenharia: Entendendo Revistas e Artigos de Engenharia/Divulgação. 12) Comunicação de Engenharia: Revisão por Pares/Compromisso/Ética.

### **Bibliografia**

- UNIVERSITY. OF CINCINNATI. Scientific Method v. Engineering Design Process. Disponível em: <http://research.uc.edu/sciencefair/resources-forms/topic-suggestions/scientific-method-v-engineering-design-procedures.aspx> . Acessado em 22-01-2014.
- GUY, K. (Editor). Philosophy of Engineering, Vol.2. The Royal Academy of Engineering, London, UK, 2011.
- GUY, K. (Editor). Philosophy of Engineering, Vol.1. The Royal Academy of Engineering, London, UK, 2010.
- KOEN, B. V. Discussion of the Method: Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving. Oxford University Press, New York, NY, USA, 2003.
- BUCCIARELLI, L. L. Engineering Philosophy. Delft Univ. Press, Delft, NE, 2003.
- KING, W. J.; SKAKOON, J. G. Unwritten Laws of Engineering: Revised and Updated Edition. American Society of Mechanical Engineers, New York, NY, 2001.
- BUCCIARELLI, L. L. Designing Engineers (Inside Technology). The MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
- FLORMAN, S. C. The Existential Pleasures of Engineering (Thomas Dunne Book). St. Martin's Griffin; 2<sup>nd</sup>. ed., New York, NY, 1996.
- FERGUSON, E. S. Engineering and the Mind's Eye. The MIT Press, Cambridge, MA, 1994.
- VINCENTI, W. G. What Engineers Know and How They Know It. Analytical Studies from Aeronautical History. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, MD, 1993.
- KOEN, B. V. Definition of the Engineering Method. American Society for Engineering Education, Washington, DC, 1985.
- RUBENS, P. Science and Technical Writing: A Manual of Style, 2<sup>nd</sup>. ed. Routledge, Amsterdã, NE, 2000.
- BOLLES, E. B. (Editor). Galileo's Commandment: 2,500 Years of Great Science Writing. Holt Paperbacks, New York, NY, 1999.
- STRUNK JR. W., WHITE, E. B. The Elements of Style, 4<sup>th</sup>. ed. Longman, London, UK, 1999.
- LAKATOS, E.V.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 4<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Metodologia de Trabalho Científico, 6<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de Pós-Graduação. Noções e Práticas. 4<sup>a</sup> ed. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.

<b>CMC-303-4</b>	<b>Satélites Artificiais - Movimento Orbital</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Campo gravitacional terrestre. Expressão para geopotencial. Representação dos harmônicos esféricos. Fórmulas numéricas para cálculo do geopotencial. Forças perturbadoras. Força gravitacional devido ao potencial do corpo. Atração gravitacional do Sol e da Lua. Força de arrasto. Forças de marés devidas à Lua e ao Sol. Força de pressão de radiação. Albedo. Métodos analíticos de perturbação. Métodos de Brouwer. Método de von Zeipel. Métodos semi-analíticos de perturbação. Métodos numéricos de perturbação. Integração das equações de movimento. Transformações de tempo. Estabilidade. Regularização das equações. Modelo unificado de estados.

### **Bibliografia**

BATE, R. R.; MUELLER, D. D.; WHITE, J. G. Fundamentals of Astrodynamics. NY, Dover, 1971.  
BROUWER, D.; CLEMENCE, G. M. Methods of Celestial Mechanics. NY., Academic, 1961.  
HEISKANEN, W. A.; MORITZ, H. Physical Geodesy. 1967.  
KUGA, H. K. Métodos numéricos em propagação de órbita de satélites artificiais terrestres. (INPE-4405-RPE/556).  
KUGA, H. K.; CARRARA, V.; KONDAPALLI, R. R. Satélites Artificiais – Movimento Orbital. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.22.18.25-PUD).  
SILVA, W. C. C.; FERREIRA, L. D. D. Satélite Artificial - Movimento Orbital. (INPE-3163-RPE/458).

<b>CMC-324-4</b>	<b>Otimização Evolutiva</b>
------------------	-----------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Conceitos Básicos: Evolução, Genética e Otimização; Introdução aos Algoritmos Evolutivos; Estratégias Evolutivas; Programação Evolutiva; Algoritmos Genéticos; Programação Genética; Otimização Extrema Generalizada; Avaliando Algoritmos Evolutivos; Lidando com Restrições; Controle de parâmetros; Hibridização: Algoritmos Meméticos; Problemas Multi-objetivos; Distribuição Espacial/ Paralelização; Formas Especiais de Evolução/Co-evolução; Algoritmos Evolutivos em problemas dinâmicos; Teoria; Novos Métodos em Otimização Evolutiva; Aplicações de Algoritmos Evolutivos em Ciência e Engenharia..

### **Bibliografia**

EIBEN, A. E. E SMITH, J. E. Introduction to Evolutionary Computing, Springer, 2003  
DAVID DAVIS, L.; DE JONG, K.; VOSE, M. D.; WHITLEY, L. D. Evolutionary Algorithms, The IMA Volumes in Mathematics and Its Applications, Vol. 111, Springer, 1999.  
GOLDBERG, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.  
MAN, K. F.; TANG, K. S.; KWONG, S. Genetic Algorithms: Concepts and Designs, Springer, 1999.  
MICHALEWICZ, Z. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Third Edition, Springer, 1999.  
MITCHELL, M. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press, Second Printing, 1996.  
Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

<b>CMC-431-4</b>	<b>Transferência de Calor por Radiação para Aplicações Espaciais</b>
------------------	--

Eletiva

Pré-requisitos: não há

Carga horária: 60 horas

Introdução e áreas de aplicação. Fundamentos de transferência de calor por radiação: corpo negro, distribuição espectral da potência emissiva, radiações no espectro infravermelho e solar, propriedades ópticas de superfícies, emissividade, absorvidade, refletividade e transmissividade, superfícies difusas, especulares, cinzas, opacas e transparentes, propriedades de superfícies reais, dependência das propriedades com o ângulo. Transferência de calor por radiação em meios participantes: Coeficientes de absorção e espalhamento, equação de transferência radiativa, métodos de solução aproximada. Transferência de calor entre superfícies difusas e cinzas: Lei de Kirchhoff, fatores de forma, trocas de calor em compartimento com múltiplas superfícies, fatores de Gebhart, balanço de energia por meio da radiosidade. Métodos numéricos: Monte Carlo e progressivo. Análise térmica de satélites artificiais. Revestimentos térmicos e suas propriedades ópticas. Mantas MLI (Multilayer Insulation): propriedades teóricas e reais, parâmetros e composição de diferentes mantas, simulação numérica, testes de caracterização de manta MLI. Transferência de calor em OSR (Optical Solar Reflector), células solares e lentes de câmeras e sistemas ópticos. Radiadores: planos, aletados, criogênicos, multiestágios, de emissividade variável. Antenas, baffles e elementos externos ao satélite. Venezianas térmicas. Troca de calor com a pluma de propulsores. Técnicas de simulação de ambiente espacial: câmaras vácuo-térmicas, placas aquecedoras, IRAs (Infrared Array), simulação solar, sensores de radiação. Testes de balanço e ciclagem térmicas em satélites. Introdução ao software Thermal Desktop/Sinda/ RadCAD: parâmetros de controle para cálculos de radiação, exemplos de modelo térmico. Radiações em órbita terrestre: parâmetros de órbita e atitude, partes articuladas. Análise térmica de satélite em órbita utilizando o software Sinda

### **Bibliografia**

- INCROPERA, F.P., DE WITT, D.P., BERGMAN, T.L., LAVINE, A.S. Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, 2008.
- GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.
- C&R Technologies. Thermal Desktop: A CAD Based System for Thermal Analysis and Design. User's Manual, Versions since 4.8. Veja <http://www.crtech.com>.
- MODEST, M.F., Radiative Heat Transfer. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 1993.
- SIEGEL, R. AND HOWELL, J.R. Thermal Radiation Heat Transfer. CRC Press, 5th. ed., New York, NY, 2010.
- SPARROW, E. M., CESS, R. D. Radiation Heat Transfer. New York, McGraw-Hill, 1978.
- HOTTEL, H. C.; SAROFIN, A. F. Radiative Transfer. New York, McGraw Hill, 1967.

<b>CMC-229-1</b>	<b>Seminário de Mecânica Espacial e Controle III</b>
------------------	--

Obrigatória

Pré-requisito: não há

Carga horária: 30 horas



Tópicos de pesquisa em desenvolvimento no escopo da área de Mecânica Espacial e Controle que ofereçam possibilidades para a definição de Teses e Dissertações.

### **Bibliografia**

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados e notas de aulas.

<b>CMC-209-3</b>	<b>Controle Adaptativo I</b>
------------------	------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-201-4 ou equivalente

*Carga horária:* 45 horas

Introdução: identificação e controle adaptativos, definições, esquemas adaptativos, ganho escalonado, modelo de referência, auto-sintonizado, estocástico. Teoria da estabilidade: definições de estabilidade, teoria da estabilidade de Lyapunov, teoremas da estabilidade exponencial, funções positiva-real e passividade, lema de Kalman-Yacubovic, estabilidade entrada-saída. Controle adaptativo: controle direto com erro de entrada, controle direto com erro de saída, controle indireto, posicionamento de polos. Convergência de parâmetros: avaliação da convergência, técnica de rateio ou mediação (Averaging), excitação persistente, aplicações para controle adaptativo. Robustez: controle adaptativo na presença de distúrbios, incertezas estruturadas e não-estruturadas, robustez de algoritmos com persistência de excitação, análise de casos de instabilidade, métodos de melhoria da robustez.

### **Bibliografia**

ANDERSON, B. D. O. e outros. Stability of Adaptive Systems Passivity and Averaging Analysis. MIT Press, 1986.

ASTROM, K. J. ; WITTENMARK, B. Adaptive Control. Addison Wesley, 1989.

CHALAM, V. V. Adaptive Control Systems: Techniques and Applications. Marcel Dekker, 1987.

NARENDRA, K. S.; ANNASWAMY, A. M. Stable Adaptive Systems. Prentice-Hall, 1989.

SASTRY, S.; BODSON, M. Adaptive Control: Stability, Convergence and Robustness. Prentice-Hall, 1989.

<b>CMC-212-3</b>	<b>Análise e Projetos de Sistemas de Controle Digitais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-201-4 ou equivalente

*Carga horária:* 45 horas

Elementos da arquitetura de computadores e de interfaces: dados digitais; CPU, memória, interfaces e controles internos; operações e interrupções de entrada/saída (E/S); relógios e sincronização externa; conversão analógica/digital (A/D) e digital/análogica; interfaces (A/D) para sensores; interfaces para atuadores; contatos; modulação por largura (PWM) e por frequência (PWM) de pulso. Sinais e sistemas discretos: modelos para amostragem de sinais contínuos; representação espectral e "aliasing" de dados amostrados; reconstrutores de dados: ideal e com segurador de ordem zero; transformada em Z e representação de sistemas por funções de transferência discretas; sistemas contínuos-discretos com dados amostrados. Estabilidade de sistemas com realimentação. Síntese de sistemas de controle por métodos clássicos. Aproximação para o projeto no plano s; transformação bilinear (Tustin); mapeamento polo-zero;

aproximação invariante segundo a resposta a impulso e a degrau. Métodos clássicos diretos no plano z. Problemas práticos e estudo de casos. Métodos de variáveis de estado: modelos com variáveis de estado para sistemas contínuo-discreto-discretos; colocação de polos e reconstrução do estado por observadores para sistemas com uma entrada a uma saída; controladores "dead-beat"; controle discreto ótimo linear quadrático. Efeitos do comprimento de palavra finito. Efeitos da amostragem e da quantização de coeficientes sobre o desempenho do controle. Conceito de estrutura de algoritmo e o impacto do arredondamento e do truncamento; quantização devida à aritmética de ponto fixo "Scaling" e "Overflow".

### **Bibliografia**

FRANKLIN, G.; POWELL, D. Digital Control of Dynamic Systems. Reading, MA, Addison-Wesley, 1980.  
ISERMANN, R. Digital Control Systems. New York, NY, Springer-Verlag, 1981.  
KATZ, P. Digital Control using Microprocessors. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1981.  
KUO, B. C. Digital Control Systems. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1980.  
OGATA, K. Discrete Time Control Systems. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1987.

<b>CMC-213-3</b>	<b>Modelagem de Sensores e de Atuadores em Controle de Atitude e Órbita</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-201-4

*Carga horária:* 45 horas

Revisão de mecânica: cinemática e dinâmica dos corpos rígidos. Sensores de posição empregados em determinação, navegação e controle: sensor solar, magnetômetro, sensor de estrela e sensor de horizonte. Sensores de velocidade Angular: Giroscópios, Acelerômetros. Atuadores externos: motores e jatos, bobinas. Atuadores internos: rodas de reação e volantes de inércia. Tópicos especiais: acelerômetros e plataforma inercial.

### **Bibliografia**

RADIX, J. C. Techniques Inertielles. Paris, Masson, 1972.  
RADIX, J. C. Gyroscopes e Gyrometres. Toulouse, Cepadues, 1978.  
WERTZ, J. R. Spacecraft Attitude Determination and Control. Hol., Dordrecht, D. Riedel, 1978.

<b>CMC-214-4</b>	<b>Satélites Artificiais: Constelações e Detritos Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3, CMC-202-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

1) Introdução às constelações de satélites artificiais. Origens e breve história das constelações lançadas/existentes/por lançar. Funções, tipos e características de constelações: geometria, posições relativas e absolutas, altitude, frequência e área de cobertura, etc. Vantagens e desvantagens. 2) Ciclo de vida das constelações e as fases associadas a cada um dos seus satélites: projeto, construção, lançamento, posicionamento, operação, rastreamento, controle, correção, de posicionamento, substituição, descarte, etc. 3) Métodos e estratégias usados em cada fase: correção da posição relativa versus absoluta, etc. 4) Políticas para o ciclo de vida de satélites visando reduzir a geração de detritos espaciais. Noções das normas técnicas e da legislação das agências e dos países construtores/lançadores/operadores. 5) Introdução aos



detritos espaciais (“space debris”). Origens e breve história da observação dos detritos espaciais naturais, e da geração e observação dos primeiros detritos espaciais artificiais. Tipos e características dos agregados de detritos espaciais: órbitas, geometria, posições relativas e absolutas, altitude, frequência, densidade, etc. 6) Ciclo de vida dos detritos espaciais: geração, propagação em órbita, decaimento, colisão, etc. 7) Modelos, métodos e técnicas usadas na observação/no rastreamento dos detritos espaciais: radar, óptica, etc. Modelos, métodos e técnicas usadas na propagação direta e inversa (para a sua origem) dos detritos espaciais. 8) Propagação de cada detrito por modelos semi-keplerianos, de  $n$  corpos, etc. Propagação do agregado de detritos por vetor de médias e matriz de covariância; por métodos das Mecânicas Analítica, Estatística, do Contínuo, etc. 9) O Teorema de Liouville na propagação do agregado de estados sobre “manifolds” no espaço de fase e de suas projeções no espaço de configuração de sistemas hamiltonianos. 10) A equação de Kolmogoro-Fokker-Planck-KFP para a difusão da incerteza sobre os mesmos estados nos mesmos espaços. 11) Outros modelos de propagação: empíricos, computacionais, catálogos, etc. e sua manutenção e atualização. 12) Políticas para o ciclo de vida de veículos, plataformas e experimentos visando reduzir a geração de detritos espaciais. Noções das normas técnicas e da legislação das agências e dos países construtores/lançadores/operadores.

### **Bibliografia**

- VAN DER HA, J. C. (ed.) Mission Design & Implementation of Satellite Constellations. Proceedings of an International Workshop, Toulouse, France, November, 1997. Kluwer Academic Publications, October 1998 (V).
- ROCCO, E. M. Manutenção Orbital de Constelações Simétricas de Satélites Utilizando Manobras Impulsivas Ótimas com Vínculo de Tempo. S. José dos Campos, SP, INPE, 2002 (Tese de Doutorado) (R).
- JOHNSON, N. L.; MCKNIGHT, D. S. Artificial Space Debris (Updated Edition). Malabar, FL, USA, Krieger Pub. Co., 1991 (JM).
- CHOBOTOV, V. A. (ed.) Orbital Mechanics (2<sup>nd</sup> ed.). Reston, VA, USA, AIAA, 1996 (C).
- SOUZA, M. L. O.; NUNES, D. Forecasting Space Debris Distribution: A Measure Theory Approach. 51th. International Astronautical Congress.-IAC. Rio de Janeiro, RJ, 2-6 Out. 2000, Paper IAA-00-IAA .6.4.07. (SN).
- ROSSER, J. B. (ed.). Space Mathematics, Part I. New York, USA, American Mathematical Society, 1966 (D1).
- CHANDRASEKHAR, S. Principles of Stellar Dynamics. Chicago, IL, USA, Chicago Univ. Press, 1942; New York, NY, USA, Dover Pub., 1960 (C1).
- LANCZOS, C. The Variational Principles of Mechanics (4<sup>a</sup> ed.). New York, NY, USA, Dover Pub., 1960 (L).
- TOLMAN, R. C. The Principles of Statistical Mechanics. New York, NY, USA, Dover Pub., 1980 (T).
- ARNOLD, V. I. Ordinary Differential Equations. Cambridge, MA, USA, The MIT Press, 1973 (A1).
- ARNOLD, V. I. Geometric Methods in the Theory of Ordinary Differential Equations. New York, NY, USA, Springer-Verlag, 1982 (A2).
- ARNOLD, V. I. Methods of Celestial Mechanics. New York, NY, USA, Springer-Verlag, 1982 (A3).

**CMC-215-4 Modelagem e Simulação em Tempos Virtual e Real**

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-021-0

*Carga horária:* 60 horas

Introdução aos modelos e à modelagem. Origens e breve história dos modelos e da modelagem. Noções e tipos de modelos: concretos (maquetes, protótipos, modelos em escala, etc.) ou abstratos (modelos lógicos, modelos físicos, modelos matemáticos, etc.); estáticos ou dinâmicos; em tempo/evento contínuo ou discreto; com grandezas ou sinais lógicos, analógicos, discretos ou digitais; etc. Noções de modelagem. O compromisso básico da modelagem: simplicidade x fidelidade. Graus de realismo. Erros de modelagem. Métodos de modelagem. Lógica booleana e modelos lógicos. Analogia e modelos análogos. Representação de grandezas e relações. Determinação ou estimação de relações e grandezas. Noções da Teoria de Identificação. Métodos de identificação "off-line" e "on-line". Escalonamento de variáveis e constantes. Números característicos e noções da Teoria de Similaridade. Arquiteturas de modelagem: localizada, distribuída, HLA, etc. Ambientes e linguagens para a construção de modelos lógicos (tabelas-verdade, diagramas booleanos, diagramas com chaves, diagramas em escada, máquinas de estado, etc.) e de modelos análogos (diagramas de bloco, diagramas de fluxo de sinal, diagramas de ligação, equações algébricas, equações diferenciais, tabelas, relações empíricas, etc.). Computação lógica, analógica ou digital. Ambientes e linguagens computacionais correspondentes (CACSD). Características essenciais ou desejáveis. Operação em tempos virtual ou real; em batelada ou iterativa; interfaces amigáveis ou visuais, orientação a objetos; conversão de linguagens; geração de códigos, etc. Verificação, validação e certificação de modelos e modelagens. Estudo de casos.

**Bibliografia**

- TAKAHASHI, Y.; RABINS, M. J.; AUSLANDER, D. M. Control and Dynamic Systems. Reading, MA, USA, Addison-Wesley, 1970 (TRA).
- OGATA, K. System Dynamics. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1978.
- SHEARER, J. L.; MURPHY, A. T.; RICHARDSON, H. H. Introduction to System Dynamics. Reading, MA, USA, Addison-Wesley Pub. Co., 1967.
- KARNOPP, D.; ROSENBERG, R. System Dynamics: A Unified Approach. New York, NY, USA, John Wiley & Sons, 1975.
- WHITE, F. M. Fluid Mechanics. New York, NY, USA, McGraw-Hill, 1979 (W).
- SENA, L. A. Units of Physical Quantities and their Dimensions. Moscow, Mir Publishers, 1972 (S').
- SÉDOV, L. Similitude et Dimensions en Mécanique. Moscow, Editions MIR, 1977.
- JOHANSSON, R. System Modeling and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1993 (J).
- DOEBELIN, E. O. System Modeling and Response: Theoretical and Experimental Approaches. New York, NY, USA, John Wiley, 1980 (D).
- EIKHOFF, P. System Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1978.
- SEINFELD, J. H.; LAPIDUS, L. Process Modelling, Estimation and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1985.
- LINKENS, D. A. (ed.) CAD for Control Systems. New York, NY, USA, Marcel Dekker, Inc., 1993.
- GOLDBERG, A.; RUBIN, K. S. Succeeding with Objects. Reading, MA, USA, Addison Wesley Pub. Co., 1995.

MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Rules. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

<b>CMC-222-4</b>	<b>Sistemas de Controle Embarcados</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-212-3 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

1) Introdução: Sistemas de controle em tempo real/embarcados. Estruturas e funções de computadores digitais. Níveis do processo de projeto quanto a: componentes de sistema, especificações de projeto, sistema de desenvolvimento, desenvolvimento de HW, desenvolvimento do SW; 2) Projeto em baixo nível: A linguagem de montagem, seus componentes, e sua integração; 3) Alternativas tecnológicas fundamentais; 4) Interfaces A/D e D/A com sinais e dispositivos externos; 5) Conexão de sistemas: comunicação serial, paralela, etc. e seus padrões; 6) Sistemas de entrada analógicas ou digitais; sistemas de saída analógicas ou digitais; 7) Projeto em médio nível: sistemas de microcomputação baseados em cartões/placas; Exemplos; 8) Projeto em alto nível: Projeto de sistemas de tempo real; 9) Linguagens de programação de tempo real. Exemplos; 10) Ferramentas de Implementação: Sistemas de desenvolvimento; 11) Sistemas operacionais de tempo real; 12) Problemas práticos e estudo de casos.

### **Bibliografia**

LAWRENCE, P. D.; MAUCH, K. Real Time Microcomputer System Design: An Introduction. McGraw-Hill, New York, NY, 1987.

HOUPIS, C. H., LAMONT, G. B. Digital Control Systems: Theory, Hardware, Software (2<sup>nd</sup> ed.). New York, NY, McGraw-Hill, Inc., 1992.

RIGBY, W. H.; DALBY, T. Computer Interfacing: A Practical Approach to Data Acquisition and Control. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, Inc., 1995.

KATZ, P. Digital Control using Microprocessors. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1981.

AUSLANDER, D. M.; SAGUES, P. Microprocessors for Measurement and Control. Berkeley, CA, Osborne/McGraw-Hill, 1972.

FRANKLIN, G. F.; POWELL, J. D.; WORKMAN, M. L. Digital Control of Dynamic Systems (3<sup>rd</sup> ed.). Menlo Park, CA, Addison-Wesley Longman, Inc., 1998.

ISERMANN, R. Digital Control Systems. New York, NY, Springer-Verlag, 1981.

KUO, B. C. Digital Control Systems. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1980.

MIRSKY, G. Microprocessors and Instrumentation. Moscow, URSS, Mir Publishers, 1987.

ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A. PC: Um Guia Prático de Hardware e Interfaceamento (2<sup>a</sup> edição). Rio de Janeiro, RJ, Editora Interciência, Ltda. 1999.

MENDONÇA, A.; ZELENOVSKY, R., PC e Periféricos: Um Guia Completo de Programação. Rio de Janeiro, RJ, Editora Ciência Moderna, Ltda. 1996.

POURNELLE, J.; BANKS, M. PC Communications Bible. Redmond, WA, Microsoft Press, 1992.

**CMC-224-4 | Otimização Multiobjetivo**

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Breve introdução ao campo da otimização; Conceitos em otimização multiobjetivo: Espaço de busca, projeto ou decisão e espaço objetivo, dominância, otimalidade, soluções e fronteira de Pareto; Abordagens tradicionais à otimização multiobjetivo: Escalarização de critérios: -soma ponderada e outros; Abordagem evolutiva: Algoritmos evolutivos como otimizadores multiobjetivo; Classificações para algoritmos de otimização multiobjetivo; Algoritmos de primeira geração; Algoritmos de segunda geração; Otimização multiobjetivo para problemas com restrições; Métricas de desempenho e avaliação de resultados; Novos algoritmos multiobjetivo; Aplicações de algoritmos multiobjetivo no projeto de sistemas espaciais.

**Bibliografia**

DEB, K. Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.

COLLETTE, Y.; SIARRY, P Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies. Springer, 2003.

EIBEN, A. E.; SMITH, J. E. Introduction to Evolutionary Computing. Berlin: Springer, 2003. EMOO Web page, <http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/>

**CMC-226-2 | Métodos da Ciência, Engenharia e Tecnologia III**

*Eletiva*

*Pré-requisito:* Cursos de Graduação em Engenharias e Áreas Afins; Domínio de Lógica, Português e Inglês Técnicos.

*Carga horária:* 30 horas

1) Métodos de Implementação: Origens/Antecedentes/Breve História. 2) Métodos de Implementação: A Prática da Tecnologia/Atualidade/ Tendências. 3) Métodos de Implementação: Observação/Descrição/ Nomenclatura/Classificação. 4) Métodos de Implementação: Experimentação/ Testes/Modelagem/Simulação/ Verificação/ Validação. 5) Métodos de Implementação: Proposição e Validação de Implementações/Dedução/ Modelagem/Extrapolação/Racionalismo. 6) Métodos de Implementação: Comparação/Contraste/Assimilação. 7) Dados: Análise & Interpretação/ Indução/Identificação/Interpolação/Empiricismo. 8) Dados: Estatística/ Descrição/Redução/Armazenamento/Reduccionismo. 9) Dados: Uso de Gráficos e Dados Visuais/Extração de Informações/ Sistematização de Informações/Abrangência. 10) Dados: Incerteza, Erro, e Confiança/Certeza/ Dúvida/Ceticismo. 11) Comunicação Técnica: Entendendo Revistas e Artigos Técnicos/Divulgação. 12) Comunicação Técnica: Revisão por Pares/Compromisso/ Ética.

**Bibliografia**

Internet Encyclopedia of Philosophy-IEP. Philosophy of Technology. Disponível em: <http://www.iep.utm.edu/technolo/> . Acessado em 22-01-2014.

Stanford Encyclopedia of Philosophy-SEP. Philosophy of Technology. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/entries/technology/>. Acessado em 22-01-2014.

- FEENBERG, A. Ten Paradoxes of Technology. *Techné*, vol.14, n.1, pp 3-15, Winter 2010. Disponível em: <http://www.pdcnet.org/techné/free> . Acessado em 22-01-2014.
- SANDELL, M. Astronomy and Experimentation. *Techné*, vol.14, n.3, pp 252-269, Fall 2010. Disponível em: <http://www.pdcnet.org/techné/free> . Acessado em 22-01-2014.
- MCCLELLAN, J. E., DORN, H. Science and Technology in World History: An Introduction. Johns Hopkins University Press, 2<sup>nd</sup>. ed., Baltimore, MD, 2006.
- CARDWELL, D. Wheels, Clocks, and Rockets: A History of Technology. W. W. Norton & Company; Reprint Edition , New York, NY, 2001.
- FOX, R. Technological Change: Methods and Themes in the History of Technology. Routledge, Amsterdã, NE, 1995.
- DERRY, T. K., WILLIAMS, T. I. A Short History of Technology: From the Earliest Times to A.D. 1900. Dover Publications, New York, NY, 1993.
- PACEY, A. Technology in World Civilization: A Thousand-Year History. The MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
- RUBENS, P. Science and Technical Writing: A Manual of Style, 2<sup>nd</sup>. ed. Routledge, Amsterdã, NE, 2000.
- BOLLES, E. B. (Editor). Galileo's Commandment: 2,500 Years of Great Science Writing. Holt Paperbacks, New York, NY, 1999.
- STRUNK JR. W., WHITE, E. B. The Elements of Style, 4<sup>th</sup>. ed. Longman, London, UK, 1999.
- LAKATOS, E.V.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 4<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. Metodologia de Trabalho Científico, 6<sup>a</sup> ed. rev. e ampl. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de Pós-Graduação. Noções e Práticas. 4<sup>a</sup> ed. Editora Atlas, São Paulo, SP, 2001.

<b>CMC-300-4</b>	<b>Mecânica Celeste I</b>
------------------	---------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Problema dos N corpos. Problema dos 3 corpos. Problema restrito dos 3 corpos. Manobras assistidas por gravidade. Manobras orbitais impulsivas clássicas (Hohmann, bi-elíptica, etc..). Introdução a trajetórias Terra-Lua e interplanetárias. Introdução a manobras com empuxo contínuo.

### **Bibliografia**

- PRADO, A. F. B. A. Trajetórias Espaciais dentro da Dinâmica de Três Corpos. INPE-8037-PUD/44.
- SZEBEHELY, V. G. Theory of orbits. New York, NY, Academic Press, 1967.
- ROY, A. E. Orbital motion. Bristol, Inglaterra, Adam Hilger, 1988.
- DANBY, J. M. A. Fundamentals of Celestial Mechanics. Richmond, Virginia, 1988.
- CARROU, J. P. Spaceflight Dynamics. Toulouse, França, Cépaduès Editions, 1995.

<b>CMC-301-3</b>	<b>Funções da Física Matemática</b>
------------------	-------------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há



*Carga horária:* 45 horas

Teoria das funções ortogonais. Desenvolvimento em séries de funções arbitrárias. Séries de Fourier. Harmônicos esféricos. Funções hipergeométricas e hipergeométricas confluentes. Funções Gama e Beta. Funções e integrais elípticas. Autovalores e autofunções.

### **Bibliografia**

ARFKEN, G. B.; WBER, H. J. *Mathematical Methods for Physicists*. 4th ed. San Diego, CA, Academic Press, 1995.  
BUTKOV, E. *Mathematical Physics*. Reading, MA, Addison-Wesley, 1968.  
HILDEBRAND, F. B. *Methods of Applied Mathematical*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1965.  
COURANT, R.; HILBERT, D. *Methods of Mathematical Physics*. New York, NY, Interscience Publishers, 1966.  
SOKOLNIKOFF, I. S.; REDHEFFER, R. M. *Mathematics of Physics and Modern Engineering*. 2nd ed. New York, NY, McGraw-Hill, 1966

<b>CMC-305-4</b>	<b>Teoria das Perturbações</b>
------------------	--------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-407-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Transformações Canônicas. Função geradora de Hamilton-Jacobi (S). Função geradora de Lie (W). Séries de Lie. Relação entre S e W. Variação das integrais pelo método de Poisson. Variação das constantes arbitrárias pelo método de Lagrange. Teorema de Jacobi e aplicações. Método de Lindstedt. Método de KBM. Método de Van der Pol. Método de Delaunay. Método de Lindstedt-Poincaré. Método de Van Zeipel-Brouwer. Método de Lie-Hori. Método de Hori para variáveis não canônicas. Ressonâncias não-linear. Aplicações.

### **Bibliografia**

GIACAGLIA, G. E. O. *Perturbation Methods in Nonlinear Systems*. New York, NY, Springer-Verley, 1972.  
LANCZOS, C. *Variational Principles of Mechanics*. 3ed. Toronto, University of Toronto Press, 1966.  
POINCARÉ, H. *New Methods of Celestial Mechanics*. Washington, DC, NASA, 1957.

<b>CMC-306-4</b>	<b>Otimização em Sistemas Dinâmicos II</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-204-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Fundamentos de processos estocásticos. Teoria da probabilidade. Espaço amostral, distribuição de probabilidades, regra de Bayes. Variáveis aleatórias. Densidade de probabilidade conjunta e condicional. Processos Gauss-Markovianos. Estimção linear ótima. Sistemas contínuos e discretos. Filtro de Kalman. Estimção de parâmetros. Métodos de Mínimos Quadrados em lotes e recursivo. Estimção linear de estado para sistemas dinâmicos. Algoritmo seqüencial e recursivo do filtro de Kalman. Sistemas não-lineares. Filtro estendido de Kalman.

**Bibliografia**

- BROWN R. G. and HWANG, P. Y. Introduction to random signals and applied Kalman filtering. New York, NY, Wiley, 1997.
- GELB, A. (ed.) Applied Optimal Estimation. Cambridge, MA, MIT Press, 1974.
- JAZWINSKI, A. H. Stochastic Processes and Filtering Theory. New York, NY, Academic Press, 1970.
- MAYBECK, P. S. Stochastic Models, Estimation, and Control. v.1, 2, 3. New York, NY, Academic Press, 1980, 1981, 1982.

<b>CMC-309-4</b>	<b>Mecânica Celeste II</b>
------------------	----------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Variação dos elementos, Equações de Lagrange e Gauss. Função perturbadora. Desenvolvimento da função perturbadora. Termos periódicos e seculares. Pequenos divisores. Perturbação de 3º corpo. Métodos de média. Expansão do potencial terrestre. Órbitas heliossíncronas. "Frozen orbits".

**Bibliografia**

- PRADO, A. F. B. A. Introdução às Perturbações Orbitais e suas Aplicações. INPE-8309-PUD/49.
- ROY, A. E. Orbital Motion. Bristol, Inglaterra, Adam Hilger, 1988.
- DANBY, J. M. A. Fundamentals of Celestial Mechanics. Richmond, Virginia, 1988.
- CARROU, J. P. Spaceflight Dynamics. Toulouse, França, Cépaduès-Editions, 1995.

<b>CMC-310-4</b>	<b>Guiagem e Controle</b>
------------------	---------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Sistemas de coordenadas no espaço e no tempo. Teoria observacional e sensores: radiação - óptica, rádio, radar; inercial: giroscópios, acelerômetros; relações do vetor de estado; erros observacionais. Determinação e estimação de estado. Técnicas de guiagem de propulsores: guiagem adaptativa à trajetória (iterativa), guiagem por perturbação. Equações de guiagem para operações orbitais. Equações de guiagem para "rendez-vous" terminais. Aplicação de técnicas de otimização em: problema de propulsão, problema orbital ("rendez-vous") terminal e transferência de órbita. Restrições de missão e interfaces de trajetória. Análise do desempenho de sistemas de guiagem.

**Bibliografia**

- WERTZ, J. R. Spacecraft Attitude Determination and Control. Dordrecht, Holland, D. Reidel, 1978.
- GREENSITE, A. L. Analysis and Design of Space Vehicle Flight Control Systems. New York, Spartan Books, 1970.

<b>CMC-311-2</b>	<b>Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis I</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-204-4 ou equivalente

*Carga horária:* 30 horas

Revisão de conceitos de projeto de sistemas de controle escalares (uma entrada, uma saída). Definições de polos, zeros e estabilidade de sistemas de controle multivariáveis (múltiplas entradas, múltiplas saídas). Desempenho e robustez de sistemas de controle multivariáveis. projeto de sistemas de controle multivariáveis usando técnicas do tipo Nyquist. Métodos LQG. Parametrização de Youla e aplicação de controle ótimo H infinito.

### **Bibliografia**

DOYLE, J. C.; FRANCIS, B. A.; TANNEMBAUM, A. R. Feedback Controle Theory. Macmillan, 1992.

MACIEJOOWSKI, J. M. Multivariable Feedback Design. Addison-Wesley, 1989.

MONARI, M.; ZAFIRIOU, E. Robust Process Control. Prentice-Hall, 1989.

<b>CMC-312-4</b>	<b>Vibração Estrutural</b>
------------------	----------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Conceitos de álgebra linear. Vibração livre e forçada. Problemas de autovalor, comportamento qualitativo e auto solução, métodos de cálculo. Resposta de sistemas discretos. Sistemas contínuos, discretização, solução pelo método de elementos finitos. Sistemas com grande número de graus de liberdade. Método de subestrutura. Teoria geométrica de sistemas não linear.

### **Bibliografia**

HARTOG, J. P. Mechanical Vibrations. New York, NY, McGraw-Hill, 1956.

MEIROVITCH, L. Computational Methods in Structural Dynamics. Rockville, MD, Stijhoff e Noordhoff, 1980.

MEIROVITCH, L. Elements of Vibration Analysis. New York, NY, McGraw-Hill, 1975.

<b>CMC-314-4</b>	<b>Entrada Planetária I</b>
------------------	-----------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-202-4 e CMC-301-3 ou equivalentes

*Carga horária:* 60 horas

Descrição genérica das manobras de entrada planetária. Modelos atmosféricos, planetários e gravitacionais tipicamente utilizados em mecânica de vôo a hipervelocidades. Conceitos básicos de aerotermodinâmica e gasodinâmica rarefeita. Rudimentos de escoamentos hipersônicos. Dinâmica de reentrada - segunda lei de Newton e mecânica da partícula. Relação entre dinâmica e trocas térmicas. Classes de manobras de reentrada: balística, em “gliding e de skip”. Manobras aeroassistidas: “aerobraking, aerocapture e aerogravity assist”. Adimensionalização das equações de vôo. Movimento angular durante a entrada. Características de estabilidade longitudinal: modos “fugóide e de pitching”.



**Bibliografia**

- REGAN, F. J.; ANANDAKRISHNAN, S. M. Dynamics of Atmospheric Re-Entry. Washington, DC, AIAA Education Series, AIAA, 1993.
- VINH, N. X.; BUSEMANN, A; CULP, R. D. Hypersonic and Planetary Entry Flight Mechanics. Ann Arbor, MI, The University of Michigan Press, 1980.
- LOH, W. H. T. Dynamics and Thermodynamics of Planetary Entry. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1963.
- MARTIN, J. J. Atmospheric Reentry: An Introduction to its Science and Engineering. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1966.
- ANDERSON, J. D. Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics. New York, NY, McGraw-Hill, 1989.
- ANDERSON, J. D. Fundamentals of Aerodynamics. 2nd ed. McGraw-Hill, New York, NY, 1995.
- GOMBOSI, T. I. Kinetic Theory of Gases. New York, NY, Cambridge University Press, 1993.

<b>CMC-315-3</b>	<b>Estabilidade I</b>
------------------	-----------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-021-0, CMC-201-4, CMC-205-4 e CMC-407-4

*Carga horária:* 45 horas

Crítérios de estabilidade para sistemas lineares: Routh, Hurwitz, Nyquist, Hermite, Orlando, Liénard-Chipart e Pontryagin. Índice de Cauchy. Teoremas de Sturm e Kharitonov. Crítérios de estabilidade para sistemas não-lineares. Estabilidade no sentido de Poincaré. Os teoremas de Lyapunov. Expoentes e funções de Lyapunov. Sistemas periódicos e a teoria de Floquet. O problema de Letov-Lur'e e as conjecturas de Aizerman e Kalman. O critério de Popov. Lema de Meyer-Kalman-Yakubovich. *Time-varying feedback* e o critério do círculo.

**Bibliografia**

- PARKS, P. C.; HAHN, V. Stability Theory. London, UK, Prentice-Hall International, 1993.
- JORDAN, D. W.; SMITH, P. Nonlinear Ordinary Differential Equations. 2nd ed., Oxford, UK, Clarendon, 1987.
- KHALIL, H. K. Nonlinear Systems. 2nd ed., Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1996.
- VERHULST, F. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. Berlin, Springer-Verlag, 1990.
- CODDINGTON, E. A.; LEVINSON, N. Theory of Ordinary Differential Equations. New York, NY, McGraw-Hill, 1955.
- POPOV, V. M. Hyperstability of Control Systems. New York, NY, Springer-Verlag, 1973.
- HAHN, W. Stability of Motion. New York, NY, Springer-Verlag, 1967.
- PONTRYAGIN, L.S. Ordinary Differential Equations. Reading, MA, Addison-Wesley, 1962.
- LA SALLE, J.; LEFSCHETZ, S. Stability by Lyapunov's Direct Methods. New York, NY, Academic Press, 1961.
- LYAPUNOV, A. M. Stability of Motion. New York, NY, Academic Press, 1966
- MINORSKY, N. Nonlinear Oscillation. New York, NY, Van Nostrand, 1962.

<b>CMC-316-4</b>	<b>Satélites Artificiais - Movimento de Atitude</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Natureza da atmosfera superior; classificação de forças e conjugados agindo em satélites e análise de sua influência; avaliação de torques devidos a gradientes de gravidade; efeito do achatamento terrestre. Forças e conjugados aerodinâmicos; aplicação da teoria cinética ao escoamento livre de moléculas; tensor de tensão em áreas infinitesimais; aplicações a corpos simples. Introdução a forças e conjugados eletromagnéticos, de Coulomb, de indução e de correntes de Foucault. Efeitos do campo gravitacional terrestre. Forças e conjugados devidos à pressão de radiação solar. Aplicações e problemas típicos.

**Bibliografia**

BELETSKII, V. V. Motion of an Artificial Satellite about its Center of Mass. Jerusalem, IPSI, 1966.

CHAPMAN, S.; COWLING, T. G. The Mathematical Theory of Nonuniform Gases. Cambridge, Cambridge University Press, 1970.

SCHAAF, S. A.; CHAMBREE, P. L. Flow of Rarefied Gases. Princetn, NY, Princeton University, 1961.

SINGER, S. F. Torques and Attitude Sensing in Earth Satellites. New York, NY, Academic Press, 1964.

<b>CMC-317-3</b>	<b>Controle Ótimo de Sistemas Dinâmicos: Métodos Numéricos</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-204-4 ou equivalente

*Carga horária:* 45 horas

Otimização de parâmetros: métodos Gradiente; método de Newton-Raphson; exemplos e desenvolvimento de algoritmos. Programação. Dinâmica: problema linear com critério de otimização quadrático; tratamento de vínculos de desigualdade: exemplos e desenvolvimento de algoritmos. Variação de primeira ordem e método de gradiente em sistemas dinâmicos; exemplos e desenvolvimento de algoritmos. Variação de segunda ordem e método de perturbação na solução numérica de sistemas dinâmicos; exemplos e desenvolvimento de algoritmos.

**Bibliografia**

BRYSON JR., A. E.; NO, Y. C. Applied Optimal Control. Waltham, MA, Ginn and Company, 1969.

CITRON, S. J. Elements of Optimal Control. New York, NY, Holt, Rinehart and Winston, 1969.

LEONDES, C. T. Control and Dynamic Systems. New York, NY, Academic Press, v.1-24, 1964/88.

<b>CMC-321-3</b>	<b>Dinâmica Não Linear</b>
------------------	----------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 45 horas

Bifurcações elementares: exemplos de dependência de parâmetros; teorema das funções implícitas; perturbações locais próximas a pontos de equilíbrio. Caos: mapeamentos; sistemas contínuos no tempo; dobramento de período; intermitência; rotas quase-periódicas; crises; teoria de Melnikov e bifurcações de órbitas homoclínicas. Métodos Numéricos: métodos numéricos para cálculo de pontos de bifurcações; métodos numéricos para calcular ramos de soluções.

**Bibliografia:**

- NAYFEH, A. H.; BALACHANDRAN, B. Applied Non-linear Dynamics. John Wiley & Sons, N.Y., 1995.
- VERHULST, F. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. Springer Verlag, Berlin, 1990.
- HALE, J.; KOÇAK, H. Dynamics and Bifurcations. Springer Verlag, N.Y., 1991.
- GUCKENHEIMER, J.; HOLMES, P. Nonlinear Oscillations Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. Springer Verlag, N.Y., 1983.
- POSTON, T.; STEWART, I. Catastrophe Theory and Its Applications. Dover, N.Y., 1978.
- MAREK, M.; SCHREIBER, I. Chaotic Behaviour of Deterministic Dissipative Systems. Cambridge University Press, UK, 1991.
- BAKER, G. L.; GOLLUB, J. P. Chaotic Dynamics an introduction. Cambridge University Press, UK, 1990.

<b>CMC-322-4</b>	<b>Robótica</b>
------------------	-----------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-205-4 e CMC-201-4 ou equivalentes

*Carga horária:* 60 horas

Fundamentos da Robótica. Posição, orientação no espaço e sistemas de referência. Cinemática de Manipuladores. Cinemática Inversa de Manipuladores Robóticos. Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos. Automação & Operações Humanas no Espaço. Fundamentos de Telerobótica. Planejamento de Trajetórias de Manipuladores Espaciais. Estabilidade e Controle de Manipuladores Robóticos Espaciais. Uma Visão Geral de Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos Espaciais.

**Bibliografia**

- CRAIG, J. J. Introduction to Robotics - Mechanics and Control. Addison Wesley, Second Edition, 1989.
- ADADE FILHO, A. Fundamentos de Robótica - Cinemática Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos. CTA-ITA-IEEMP, São José dos Campos, S.P., 2001
- SKAAR, S. B.; RUOFF, C. F. Teleoperation and Robotics in Space. Progress in Astronautics and Aeronautics, AIAA, Vol. 181, 1994
- ROSÁRIO, J. M. Princípios de Mecatrônica. Pearson Prentice Hall, 2005

<b>CMC-335-4</b>	<b>Simulação de Sistemas Dinâmicos</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Conceituação de simulação e modelagem. Modelo físico e modelo matemático – técnicas de modelagem. Sistemas contínuos. Sistemas discretos. Estudo de métodos de integração numérica e programação da solução do modelo matemático. Construção, validação e teste de modelos. Noções sobre simulação híbrida e em tempo real. Geração de números e variáveis aleatórias. Simulação de Monte-Carlo. Problemas especiais: retardo, descontinuidade e variância no tempo.

### **Bibliografia**

BENNET, B. S. Simulation Fundamentals. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-hall, 1995.  
DOEBELIN, E. O. System Modeling and Response: Theoretical and Experimental Approaches. New York, NY, USA, John Wiley, 1980. KOCHENBURGER, R. J. Computer Simulation of Dynamic Systems. Prentice-Hall, 1972.  
LAW, A.M; KELTON, W. D. Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, 1982.  
LEIGH, J. R. Modeling and Simulation. Peter Peregrinus, 1983.  
NAYLOR, T. H. et all. Técnicas de Simulação em Computadores. Ed. Vozes, 1971.  
ROSKO, J. S. Digital Simulation of Physical Systems. Reading, MA, USA, Addison Wesley, 1972.  
SEINFELD, J. H.; LAPIDUS, L. Process Modeling, Estimation and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1985. SHANNON, R. Systems Simulation: The Art and Science. Prentice-Hall, 1975.  
SMITH, J. M. Mathematical Modeling & Digital Simulation for Engineers & Scientists. John Wiley, 1977.  
ZEIGLER, B. P.; PRAEHOVER, H.; KIM, T. G. Theory of Modeling and Simulation, 2<sup>nd</sup> Ed., Academic Press, 2000.

<b>CMC-400-2</b>	<b>Tópicos Especiais em Dinâmica de Órbita e Atitude</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3 ou equivalente

*Carga horária:* 30 horas

Abordam-se tópicos avançados em Dinâmica de Órbita e Atitude. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do estado da arte do momento.

### **Bibliografia**

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

<b>CMC-401-2</b>	<b>Tópicos Especiais em Controle Não Linear</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-201-4 ou equivalente

*Carga horária:* 30 horas

Abordam-se tópicos avançados em Controle não Linear. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do momento.

### **Bibliografia**

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

<b>CMC-402-2</b>	<b>Tópicos Especiais da Teoria da Estimação</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-201-4, CMC-306-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Abordam-se tópicos avançados em Teoria da Estimação. Enfoca-se filtros não-lineares, teoria e algoritmos, filtros adaptativos e técnicas de Monte Carlo. Conteúdo variado, de acordo com o interesse do estado da arte do momento.

### **Bibliografia**

Teses, dissertações e artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

<b>CMC-404-4</b>	<b>Entrada Planetária II</b>
------------------	------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-304-3 e CMC-314-4 ou equivalentes

Construção de teorias. Teorias clássicas de Loh, Chapman e Yaroshevsky. Soluções analíticas de ordem superior à segunda. Uso de perturbações regulares. Tópicos avançados: estabilidade e guiagem; interação da dinâmica de reentrada com efeitos devidos a flexibilidade e vibrações; interação aerodinâmica versus precisão de apontamento; trajetórias ótimas; *skips* múltiplos. Influência do modelo gravitacional. Tópicos de interesse corrente e aplicações às missões nacionais conforme o tempo permita.

### **Bibliografia**

VINH, N. X.; BUSEMANN, A.; CULP, R. D. Hypersonic and Planetary Entry Flight Mechanics. Ann Arbor, MI, The University of Michigan Press, 1980.

YAROSHEVSKY, V. A. Reentrada de Veículos Espaciais (em Russo). Moscow, Federação Russa, Nauka, 1988.

REGAN, F. J.; ANANDAKRISHNAN, S. M. Dynamics of Atmospheric Re-Entry. Washington, DC, AIAA Education Series, AIAA, 1993.

LOH, W. H. T. Dynamics and Thermodynamics of Planetary Entry. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1963.

LOH, W. H. T. (ed.) Re-Entry and Planetary Entry Physics and Technology. Vol I & II, New York, NY, Springer-Verlag, 1968.

<b>CMC-407-4</b>	<b>Teoria Geométrica das Equações Diferenciais Ordinárias I</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Histórico, motivação e equações clássicas: van der Pol, Duffing, Mathieu, Hill, etc. O plano de fase e equações diferenciais de segunda ordem. Diagrama de fase para a equação do pêndulo. Equações autônomas. Sistemas conservativos. O oscilador linear amortecido. Amortecimento não-linear. Algumas aplicações. Sistemas conservativos dependentes de parâmetros. Sistemas de primeira ordem em duas variáveis e linearização. O plano de fase geral. Aproximações lineares em torno de pontos de equilíbrio. Solução geral de um sistema linear. Classificação dos pontos

de equilíbrio. Construção de diagramas de fase. Transições entre pontos de equilíbrio de tipos diversos. Aspectos geométricos e computacionais do diagrama de fase: o índice de um ponto. O índice no infinito. O diagrama de fase no infinito. Ciclos-limite e outras trajetórias fechadas. Computação do diagrama de fase. Existência de soluções periódicas: o teorema de Poincaré-Bendixson. Teoremas sobre a existência de centros e ciclos-limite. A equação de van der Pol com um parâmetro grande. Estabilidade: Poincaré e Lyapunov. Estabilidade e limitação de sistemas lineares. Estrutura das soluções de sistemas lineares n-dimensionais. Estabilidade de sistemas com coeficientes constantes. Noções de perturbações: o teorema de expansão de Poincaré. Bifurcações e estabilidade estrutural. A dobra e a cúspide. Bifurcações de Hopf. Mapas de Poincaré. Caos e atratores estranhos. Bifurcação homoclínica. Sistemas Hamiltonianos. Toros invariantes e caos. O lema de Moser. O teorema de Kolmogorov-Arnol'd-Moser.

### **Bibliografia**

- JORDAN, D. W.; SMITH, P. *Nonlinear Ordinary Differential Equations*, 2nd ed. Oxford, UK, Clarendon, 1987.
- VERHULST, F. *Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems*, Berlin, Springer-Verlag, 1990.
- GUCKENHEIMER, J.; HOLMES, P. *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. New York, NY, Springer-Verlag, 1983.
- HALE, J.K.; KOCAK, H. *Dynamics and Bifurcations*. New York, NY, Springer-Verlag, 1991.
- HIRSCH, M. W.; SMALE, S. *Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra*. New York, NY, Academic Press, 1974.
- CODDINGTON, E. A.; LEVINSON, N. *Theory of Ordinary Differential Equations*. New York, NY, McGraw-Hill, 1955.
- MINORSKY, N. *Nonlinear Oscillations*. New York, NY, Van Nostrand, 1962.

<b>CMC-410-4</b>	<b>Métodos de Simulação Térmica Espacial</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Ambiente espacial; condições ambientais térmicas e de vácuo. Objetivos; modelo matemático; simulação numérica; teste de balanço térmico; teste vácuo-térmico. Simulação; vácuo; espaço como sumidouro de calor; radiação solar e planetária. Equilíbrio térmico do satélite. Facilidades de testes vácuo-térmicos; câmaras vácuo-térmicas e climáticas; detetores de fuga; monitoramento de vácuo e contaminação. Simulação Solar; requisitos; câmaras e subsistemas. Simulação Infra-Vermelha; ‘skin-heaters’; placas aquecedoras; ‘infrared array’; lâmpadas; radiômetros; comparação entre as técnicas; Comparação entre a Simulação Solar e Infravermelha. Processos de Contaminação e “Degasagem”.

### **Bibliografia**

- GILMORE, D. G., *Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies*, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.
- AGRAWAL, B. N. *Design Of Geosynchronous Spacecraft*. Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs – NJ, 1986.
- VARIAN. *Introduction to Helium Mass Spectrometer Leak Detection* Varian Associates, Inc. Palo Alto. USA. 1980.
- NUSS, H. N. *Space Simulation Technique for Spacecraft* Apostila. LIT/INPE. 1996



MUIR, B. Development of Spacecraft Thermal Design Verification Procedures using Infrared Thermal Vacuum Techniques and Mathematical Modeling Final Report. Spar Aerospace Limited Quebec. 1984

FRIED, L. Infrared IR Method of Thermal Balance Testing of Spacecraft Final Report. Lockheed Missiles & Space Company. Palo Alto. USA. 1981.

<b>CMC-411-4</b>	<b>Órbitas Periódicas e Quase periódicas no Problema de Três Corpos</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-200-3 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Elementos de Equações Diferenciais Ordinárias: Sistemas de Primeira e Segunda Ordem, Linearização e Pontos de Equilíbrio, Solução Geral do Sistema Linear, Classificação de Pontos de Equilíbrio, Diagramas de Fase, Transição entre Tipos de Equilíbrio, Sistemas Não Lineais: Estabilidade de Soluções, Equações com Coeficientes Periódicos: Teoria de Floquet, Famílias Monoparamétricas de Orbitas Periódicas, Método de Continuação Analítica.

Noções Básicas de Teoria de Perturbações: Métodos de Media, Método de Lindstedt-Poincaré, Método das Escalas de Tempo Múltiplas.

Conceitos de Teoria de Bifurcação: Teoria Linear em Fluxos e Mapas, Teoria Não Linear, Formas Normais e Sistemas Hamiltonianos, Teorema de Poincaré-Birkhoff, Bifurcações Sela-Nodo, Transcríticas, Pitchfork e Hopf, Redução à Variedade Central.

O Problema Restrito de Três Corpos: O Problema Circular vs. Elíptico, Pontos de Libração e suas Perturbações, Modelos e Equações de Movimento, Orbitas Periódicas: Famílias de Copenhagen, Hénon, etc. Orbitas Ao Redor dos Pontos de Equilíbrio.

Órbitas Halo e Lissajous: Existência de Soluções, Determinação de Orbitas: Métodos Numéricos e Analíticos, Método de Lindstedt-Poincaré e Continuação Analítica, Famílias de Orbitas Halo, Ressonâncias, Controle e Manutenção das Órbitas, Transferência entre Orbitas de uma Mesma Família.

### **Bibliografia**

AMDREU, M. A. The Quasi-Bicircular Problem. Tese de Doutorado. 1998.

CRAWFORD, J. D. Introduction to Bifurcation Theory. Reviews of Modern Physics, 63(4), p. 991-1037, 1991.

JORDAN, D. W.; Smith, P. "Nonlinear Ordinary Differential Equations. Clarendon Press, Oxford, 1991.

McCAULEY, J. L. An Introduction to Nonlinear Dynamics and Chaos Theory. Physical Scripta, 20, p. 5-56, 1988.

MOSER, J. K. Lectures on Hamiltonian Systems. Reprint, 1967.

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

GOMEZ, G.; MASDEMONT, J. Libration Point Orbits: The State of the Art from the Dynamical Systems Approach. Preprint. 2000.

Artigos de revistas especializadas nos temas tratados.

<b>CMC-415-4</b>	<b>Controle e Computação em Tempos Virtual e Real</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-318-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Introdução aos controladores e ao controle por computador. Origens e breve história dos controladores e do controle por computador ("fly-by-wire", etc.). Os elementos de um sistema de controle por computador. Noções e tipos de controladores: de sistemas e de processos, em tempo/evento contínuo ou discreto; com grandezas ou sinais lógicos (CLPs), analógicos, discretos ou digitais; etc. Noções de controle por computador: controle digital direto, controle sequencial/por eventos, controle supervisão, etc. Arquiteturas de controle: localizada, distribuída, inteligente, mista, etc. Métodos e ações de controle: lógica, P, PI, PID, não lineares, adaptativos, nebulosos, etc. Computação lógica, analógica ou digital. Ambientes de desenvolvimento, linguagens de programação e sistemas operacionais correspondentes (CACSD). Características essenciais ou desejáveis. Operação em tempos virtual ou real; batelada ou iterativa; interfaces amigáveis ou visuais; orientação a objetos, conversão de linguagens; geração de códigos, etc. Requisitos de pontualidade, simultaneidade, previsibilidade, confiabilidade, agendamento, interrupção, reentrância, preemptividade, etc. Noções de: especificações e métricas, análise e projeto, arquitetura e hardware, comunicação e interfaces, tolerância a falhas. Verificação, validação e certificação de controladores e de controles por computador. Estudo de casos.

### **Bibliografia**

- BENNET, S.; LINKENS, D. A. (eds.) Real-Time Computer Control. Peter Peregrinus Ltd., London, UK, 1984.
- BURNS, A.; WELLINGS, A. Real Time Systems and Their Programming Languages. Addison-Wesley, Reading, MA, 1990.
- FURHT, B.; GROSTICK, D.; GLUCH, D.; RABBAT, G.; PARKER, J.; MCROBERTS, M. Real-Time UNIX Systems: Design and Application Guide. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.
- LINKENS, D. A. (ed.) CAD for Control Systems. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, 1993.
- SHIN, K. G.; KRISHNA, C. M. Characterization of Real-Time Computers. (ASA CR 3807. Washington D.C., NASA, 1984.
- STANKOVIC, J. A.; RAMAMRITHAM, K. Hard Real-Time Systems. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 1988.
- HALANG, W. A.; STOYENKO, A. D. Constructing Predictable Real-Time Systems. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.
- KAVI, K. M. (ed.) Real-Time Systems: Abstractions, Languages and Design Methodologies. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, 1992.
- KRISHNA, C. M.; LEE, Y. H. (eds.) Special Issue on Real-Time Systems. Proceedings of the IEEE, Vol. 82, No.1, January 1994.
- FARINES, J. M.; FRAGA, J. S.; OLIVEIRA, R. S. Sistemas de Tempo Real. IME-USP, São Paulo, SP, BR, 2000.
- GOLDBERG, A.; RUBIN, K. S. Succeeding with Objects. Addison Wesley Pub. Co., Reading, MA, USA, 1995.
- MARTIN, J. Programming Real-Time Computer Systems. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1965.
- MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Rules. Department of Defense, DMSO, Washington D.C., 1999.
- MEDIN, A. L.; DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Department of Defense, DMSO, Washington D.C., 1999.



MEDIN, A. L., DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Department of Defense, DMSO, Washington D.C., 1999.

GRANTHAM, C.; WILL, R. A Real-Time Space-Station Dynamics and Control System Simulation. NASA, (NASA TND-6449), Washington D.C., 1971.

<b>CMC-422-4</b>	<b>Projeto de Sistemas de Controle Multivariáveis II</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMC-311-2 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Definição de normas para sinais e sistemas. Propriedades de um sistema multivariável com realimentação. Estabilidade interna. Desempenho. Caracterização de incerteza para a planta, atuador e sensor de um sistema de controle. Robustez associada ao desempenho de um sistema. Estabilização e vínculos devido à presença de incertezas em um sistema. Projeto de um sistema de controle baseado nas técnicas de “Loopshaping” e “Model Matching”. Otimização com margem de estabilidade e Robustez no desempenho.

### **Bibliografia**

DOYLE, J. C.; FRACIS, B. A.; TANNEMBAUM, A. R. Feedback Control Theory. Macmillan, 1992.

ANDERSON, B. D.; MOORE, J. B. Optimal Control –Linear Quadratic Methods. Prentice-Hall, 1989.

SKELTON, R. E. Dynamic System Control – Linear Systems Analysis and Synthesis. Wiley, 1988.

MORARI, M.; ZAFIRIOU, E. Robust Process Control. Prentice-Hall, 1989.

<b>CMC-433-4</b>	<b>Tubos de Calor e Sistemas com Bombeamento Capilar</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Meios porosos. Capacidade de molhar. Tensão superficial e pressão capilar. Termodinâmica de gota. Escoamento, evaporação e condensação em estruturas porosas. Transferência de calor. Formação de bolhas. Equação de Clausius-Clapeyron. Classificação dos tipos de estruturas porosas. Tubos de calor. Características gerais. Balanço térmico. Modelos hidráulicos. Limites de operação. Modelos de fluxo de vapor. Problemas de partida e re-partida. Malhas compostas. Tubos arteriais. Micro- tubos para eletrônica. Modelos matemáticos. Tubos de condutância variável. Modelos de fronteira plana e de difusão. Tipos de reservatórios de gás não-condensável. Limites de aplicações. Outros dispositivos bi-fásicos. Circuitos com bombeamento capilar ("Capillary Pumped Loops - CPL and Loop Heta Pipes –LHP"). Problemas e tipos de controle. Distribuição de fases e problemas de separação. Métodos de controle de partida. Sistemas bi-fásicos.

### **Bibliografia**

BIENERT, W.B.; SKRABEK, E.A. Heat Pipe Design Handbook. Parts 1,2. Dynatherm Corp., Cockeysville. NASA-CR-134264, USA ,1972.

MARCUS, B.D. Theory and Design of Variable Conductance Heat Pipes. TRW Systems Group. NASA CR-2018, USA, 1972.

CHI, S.W. Heat Pipe Theory and Practice. Hemisphere Publishing Corporation, Washington D.C., 1976.

DUNN, P.; REAY D. A. Heat Pipes. Pergamon Press Ltd., Oxford, 1976.

IVANOVSKII, M.N.; SOROKIN, V.,P.; YAGODKIN I. V. The Physical Principles of Heat Pipes. Claredon Press, Oxford, 1982.

<b>CMC-434-4</b>	<b>Spacecraft Electronic Equipment Thermal Design</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução à transferência de calor por condução, convecção e radiação. Forma diferencial da Lei de Fourier e equação de condução. Aplicação em geometrias típicas. Resistência térmica de contato em pressão ambiente e em vácuo. Uso de materiais intermediantes. Propriedades térmicas de materiais típicos. Resistência de espalhamento de calor em placas. Uso de espalhadores e condutores térmicos. Convecção forçada, tipos de escoamento. Modelos analíticos de troca de calor para casos típicos. Resistências hidráulicas e ventuinhas. Convecção natural sobre componentes e placas. Eficiência de aletas, superfícies extensas e dissipadores. Resfriamento por radiação. Propriedades óticas. Fatores de forma de configurações típicas. Avaliação da contribuição de radiação no resfriamento de componentes. Dissipação de calor em componentes eletrônicos. Balanço de energia em sistemas. Analogia com circuitos elétricos. Cálculo de temperaturas de componentes eletrônicos para condições ambientais e em vácuo. Tipos de placa de circuito impresso (PCBs) e montagem de componentes. Condutividade térmica efetiva. Influência da temperatura na taxa de falha de componentes eletrônicos. Limites operacionais, temperatura “derating”. Problema de otimização da distribuição de componentes e áreas de montagem em PCBs. Empacotamento de PCBs em caixas eletrônicas. Interfaces mecânicas e térmicas. Convecção forçada e natural em caixas em condições de testes ambientais e em baixa pressão. Montagem de equipamentos eletrônicos sobre painéis de satélite. Modelamento matemático em regime transiente. Método nodal. Análise térmica de equipamentos eletrônicos. Controle de temperatura de componentes especiais com aquecedores e elementos de Peltier (TEC). Tipos de TEC, tipos de controle, peculiaridades de aplicação. Introdução aos tubos de calor. Aplicação de mini tubos para controle térmico de equipamentos eletrônicos. Espalhadores bifásicos. Testes de verificação, ambientais e termo-vácuo. Problema de analogia térmica em condições de testes e em vôo. Softwares de análise térmica para computadores pessoais. Tarefas e cálculos típicos no projeto preliminar de equipamentos eletrônicos. Verificações e medidas de temperatura. Projeto térmico final..

### **Bibliografia**

GILMORE, D. G., Spacecraft Thermal Control Handbook – Volume I: Fundamental Technologies, 2nd Edition, The Aerospace Press, USA, p. 836, 2002.

INCROPERA, F. P.; WITT, D. P. Fundamentos de Transmissão de Calor e Massa. Tradução da 3ª edição americana, Ed. Guanabara Koogan S.A, RJ, 1992.

HOLMAN, J. P. Transferência de Calor. MsGraw-Hill, SP, 1983.

KARAM, R. D. Satellite Thermal Control for Systems Engineers. Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 181, AIAA Press, 1998.

KREITH, F. Princípios da Transmissão de Calor. Editora Edgard Blucher Ltda, 1977.



REMSBURG, R. Thermal Design of Electronic Equipment. CRC Press LLC, 2001.

<b>CMC-730</b>	<b>Pesquisa de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC</b>
----------------	--

*Obrigatória*

*Crédito: 0*

Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina: neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

<b>CMC-750</b>	<b>Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Créditos: 12*

<b>CMC-780</b>	<b>Pesquisa de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Crédito: 0*

Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina: neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

<b>CMC-800</b>	<b>Tese de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMC</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Créditos: 36*

**EMENTAS - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS E SENSORES – CMS****CMS-200-4 | Ciência dos Materiais I**

*Obrigatória para o Mestrado*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Estruturas atômicas e ligações interatômicas. Estruturas cristalinas e não cristalinas dos sólidos. Imperfeições em sólidos. Mobilidade atômica e iônica. Nucleação e desenvolvimento de microestruturas. Diagramas de equilíbrio de fases. Propriedades mecânicas. Propriedades térmicas. Propriedades elétricas e dielétricas. Propriedades magnéticas. Propriedades óticas.

**Bibliografia**

SHACKELFORD, J. F. Introduction to Materials Science for Engineers. MacMillan Publishing Company, new York, U.S.A., 1992

CALLISTER Jr., W. D. Materials Science and Engineering - An Introduction. John Wiley & Sons Inc., 3<sup>th</sup> edition, U.S.A., 1994

ORING, M. Engineering Materials Science. Academic Press, U.S.A., 1995

S. M. ALLEN and E. L. THOMAS, The Structure of Materials, Wiley, New York, 1999

KITTEL, C. Introduction to Solid State Physics. John Willey & Sons, Inc, New York, 1996.

**CMS-203-1 | Seminários I**

*Obrigatória para o Mestrado e o Doutorado*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 15 horas

Assuntos de interesse em palestras proferidas por docentes do programa e convidados.

**CMS-204-1 | Seminários II**

*Obrigatória para o Mestrado e o Doutorado*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 15 horas

Assuntos de interesse em palestras proferidas por docentes do programa de pós-graduação e convidados.

**CMS-205-4 | Métodos Matemáticos Aplicados à Ciência dos Materiais**

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução às derivadas. Regras da derivação. Máximos e mínimos. Mínimos em intervalos fechados. Aplicações envolvendo derivadas. Introdução à integral. Técnicas de integração.

Integração dupla. Coordenadas polares. Equações diferenciais ordinárias, classificação, solução por separação. Vetores e bases. Campos escalares e vetoriais. Gradiente, divergente e rotacional, representação em coordenadas ortogonais, cilíndricas e esféricas. Introdução às ferramentas computacionais: Matemática e Maple.

### **Bibliografia**

BUTKOV, E. Física Matemática. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, RJ, 1978.

ARFKEN, G. Mathematical Methods for Physicists. Academic Press, New York, 1970.

<b>CMS-206-4</b>	<b>Elemento da Teoria de Erros e Tratamento Estatístico de Dados</b>
------------------	--

*Obrigatória adicional*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Elementos da Teoria de Erros. Grandeza Física e Algarismos Significativos.

Valor Verdadeiro, Incertezas, Tipos de Erros e sua Origem. População, amostragem, distribuição de Frequência e Histograma. Probabilidade, Distribuição e Tipos de Curvas de Distribuição. Valor Médio, Desvio Médio, Variância, Desvio Padrão e Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ). Propagação de Erros e Covariância. Tratamento Estatístico de Dados. Método de Máxima Verossimilhança (*maximum likelihood method*). Método dos Mínimos Quadrados. Ajuste de Função Linear nos Parâmetros. Regressão Linear e Polinomial. Avaliação da Qualidade de um Ajuste.

### **Bibliografia**

VUOLO, J. H. Fundamentos da Teoria de Erros. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1992.

HELENE, O. A. M.; VANIN, V. R. Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1981.

BEVINGTON, P. R. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. McGraw-Hill Inc., 1969.

<b>CMS-207-4</b>	<b>Técnicas Experimentais em Ciência dos Materiais I</b>
------------------	--

*Obrigatória adicional*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Técnicas de difração de raios X. Microscopia eletrônica de varredura. Microscopia de força atômica. Espectroscopia Raman. Espectroscopia de fotoelétrons. Técnicas de espectroscopia ótica. Técnicas para caracterização de propriedades mecânicas.

### **Bibliografia**

KITTEL, C. Introduction to Solid State Physics. John Willey & Sons, Inc, New York, 1992.

ASHCROFT, N.W., MERMIN, N.D. Solid State Physics, Harcourt College Publishers, New York, 1976.

ATKINS, P.W. Physical Chemistry. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001.

GOLDSTEIN, J.I. et al. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. Plenum Press, New York, 2nd. Ed., 1992.

- CHEESCOE, D. AND; GOODSHEW, J. The Operation of Transmission and Scanning Electron Microscopes. Oxford Science Publications, Royal Microscopical Society, 1990.
- CHEN, J. Introduction to Scanning Tunneling Microscopy, Oxford Series in Optical and Image Sciences 4. Oxford University Press, Oxford, UK, 1993.
- FAIRLEY, N. Casa XPS Manual - Introduction to XPS and AES. Casa Software Ltd, 2009.
- MENDES, F. M. T. Introdução à Técnica de Espectroscopia Fotoeletrônica por Raios X (XPS). Synergia Editora, 2011
- CULLITY, D. B. Elements of X-Ray Diffraction. 2nd. Edition. Addison-Wesley, Reading-MA, 1978.
- BERTIN, E.P. Introduction to X-Ray Spectrometric Analysis. Plenum Press, New York, 1978.
- WASEDA, Y.; MATSUBARA, E.; SHINODA, K. X-Ray diffraction crystallography: introduction, examples and solved problems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011
- JENKINS, R. et al. Quantitative X-Ray Spectrometry. Marcel Dekker, Inc., New York, 1981.
- Metals Handbook, 9th Edition, Vol.10, Materials Characterization. American Society for Metals, 1986.
- FISCHER-CRIPPS, A. C. Nanoindentation. Springer, New York, 2004.
- Catálogos de equipamentos.
- Artigos de periódicos especializados.

<b>CMS-2XX-4</b>	<b>Conceitos em Estrutura da Matéria e Sólidos</b>
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Fenômenos quânticos e a quantização da matéria. O fóton. Propriedades de ondas da matéria e a física quântica. Ondas de De Broglie. A Equação de onda de Schroedinger. Conceitos fundamentais da quantização da matéria. Estados quânticos atômicos. Estados quânticos vibracionais e rotacionais. Estados quânticos em sólidos. Estrutura cristalina e espaço recíproco. O espaço recíproco e a difração de ondas. O fônon.

### **Bibliografia**

- Thornton, S. T. e Rex, A.. Modern Physics for Scientists and Engineers. Brooks/Cole, Cengage Learning, 2013
- EISBERG, R. e RESNICK, R.. Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles. JOHN WILEY & SONS, 1985
- Simon, S. H.. The Oxford Solid State Basics. Oxford University Press, 2013

<b>CMS-300-4</b>	<b>Mecânica Quântica</b>
------------------	--------------------------

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Os limites da física clássica. Pacotes de onda e relações de incerteza. A equação de Schrödinger. Autofunções e autovalores. Potenciais unidimensionais. Espaços vetoriais e operadores. Sistemas de muitas partículas. Equação de Schrödinger em 3 dimensões e o átomo de hidrogênio. Spin. Teoria da perturbação independente do tempo. Átomos e tabela periódica. Moléculas. Teoria da perturbação dependente do tempo. Polarizabilidade e função dielétrica.

**Bibliografia**

COHEN-TENNOUJJI, C.; DIU, B.; LAOË, F. Quantum Mechanics. John Willey & Sons, Inc, New York, 1977.  
GASIOROWICZ, S. Quantum Physics. 2ª edição, Wiley & Sons, 1996.  
McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. University Science Books, 1983.  
McQUARRIE, D. A.; SIMON, J. D. Simon; CHOI, Physical Chemistry: A Molecular Approach. University Science Books, 1997.  
LEVINE, I. Quantum Chemistry. Prentice Hall, 1996.

<b>CMS-301-4</b>	<b>Física do Estado Sólido</b>
------------------	--------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Rede de Bravais, rede recíproca, estrutura cristalina, difração em cristais, vibrações da rede: fônons, níveis eletrônicos em um potencial periódico: teorema de Bloch, bandas de energia, superfície de Fermi, zonas de Brillouin, modelo de Drude e Sommerfeld, modelo semiclássico de condução, propriedades dielétricas, semicondutores homogêneos e não-homogêneos, propriedades magnéticas: diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo.

**Bibliografia**

KITTEL, C. Introduction to Solid State Physics. John Willey & Sons, Inc, New York, 1967.  
ASHCROFT, N. W.; MERMIN, N. D. Solid State Physics. Saunders College Publishing, NY, 1976.  
Artigos selecionados de publicações especializadas.

<b>CMS-306-4</b>	<b>Física de Cerâmicas</b>
------------------	----------------------------

*Obrigatória adicional*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Características das cerâmicas sólidas. Estruturas cristalinas. Estruturas dos vidros. Imperfeições estruturais. Superfícies, interfaces e contornos de grãos. Mobilidade atômica. Equilíbrio de fases. Desenvolvimento de micro-estrutura em cerâmicas: reações com e entre sólidos, crescimento de grãos, sinterização e vitrificação.

**Bibliografia**

CHIANG, Y. M.; BIRNIE, D. P.; KINGERY, W. D. Physical Ceramics: Principles for Ceramic Science and Engineering. Wiley & Sons, New York, 1996.  
KINGERY, W. D. Introduction to Ceramics. et al., 2<sup>nd</sup> edition, Wiley & sons, New York, 1976.  
RING, T.A. Fundamentals of Ceramic Powder Processing and Synthesis. Academic Press, New York, 1995.  
TURTON, R. J. The Physics of Solids, Oxford University Press, England, 2000.  
Artigos selecionados de publicações específicas.



**CMS-307-4 Física e Química de Superfícies de Sólidos**

*Obrigatória adicional*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Importância científica e tecnológica. Estrutura atômica na superfície de sólidos e líquidos. Estrutura eletrônica na superfície. Tensão superficial. Termodinâmica de sistemas com um componente. Termodinâmica de sistemas multicomponentes. Mobilidade na superfície. Adsorção física. Adsorção química. Modificação da reatividade da superfície. Interações elétron-superfície. Interações íon-superfície. Interações fônon-superfície. Superfícies internas: interfaces. Tipos de interfaces. Mecanismos de formação de interfaces definidas, diluídas e múltiplas.

**Bibliografia**

HUDSON, J. B. Surface Science: An Introduction. Pergamon Press Inc., New York, 1994.

TURTON, R. J. The Physics of Solids, Oxford University Press, England, 2000.

PRUTTON, M. Introduction to Surface Physics, Oxford University Press, England, 1996.

LUTH, H. Surfaces and Interfaces of Solid Materials. Pergamon Press, New York, 1998.

SUTTON, A. P.; BALLUFFI, R. W. Interfaces in Crystalline Materials, Oxford University Press, Oxford, 1996.

OHRING, M. The Materials Science of Thin Films. Academic Press, USA, 1991.

ADAMSON, A.W. Physical Chemistry of Surfaces. John Wiley & Sons, U.S.A., 1967.

S. M. ALLEN and E. L. THOMAS, The Structure of Materials, Wiley, New York, 1999.

CALLISTER Jr., W. D. Materials Science and Engineering - An Introduction. John Wiley & Sons Inc., 3<sup>th</sup> edition, U.S.A., 1994.

**CMS-308-4 Física de Nanoestruturas**

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Escala nanométrica, confinamento quântico, fenômenos mesoscópicos, nanoestruturas moleculares, estrutura eletrônica e propriedades óticas e de transporte de super-redes, poços, fios e pontos quânticos, efeito Hall quantizado, propriedades dependentes do spin, dispositivos e novas estruturas.

**Bibliografia**

FERRY, D. K.; GOODNIK, S. M. Transport in Nanostructures. Cambridge University Press, 1999.

BASTARD, G. Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures. Les Éditions de Physique, France, 1990.

DATTA, S. Quantum Phenomena. Addison-Wesley Press, USA, 1989.



<b>CMS-323-4</b>	<b>Células Solares de silício e sensores de radiação: Conceitos básicos, Técnicas de Fabricação e Caracterização</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Introdução: Aspectos gerais sobre energia solar. Conversão de energia solar em energia térmica e energia elétrica. Diferentes tipos de células solares. Diferenças entre células de uso espacial e uso terrestre. Espectro solar. Simulador solar. *Silício:* Considerações sobre o material. Absorção da luz no silício. Diagrama de bandas. *Processos de fabricação:* Obtenção e preparação da lâmina de Si. Formação das junções n-p e p-n. Contatos e camadas anti-refletores. *Teoria:* Junções p-n. Efeito fotovoltaico. Equações de densidade de corrente. Eficiência quântica. *Caracterização:* Característica IxV no escuro e sob iluminação. Circuito equivalente. Determinação das resistências em série e paralelo. *Resposta espectral e eficiência quântica:* medidas de comprimento de difusão e tempo de vida de portadores minoritários. *Refletividade:* Refletividade especular e difusa. Camadas anti-refletores Texturização. Silício poroso. Conceitos básicos sobre sensores de radiação. Técnicas de calibração e caracterização de sensores de radiação solar.

**Bibliografia:**

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. 7<sup>a</sup>. s.l. : Chairperson, Publications Board, 2008. ISBN 978-92-63-10008-5.

MCCLUNEY, W. R. Introduction to Radiometry and Photometry. Boston / London : Artech House, inc., 1994. ISBN 0-89006-678-7.

PARK, JOHN, MACKAY, STEVE. Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems. Oxford : Elsevier, 2003. ISBN 07506 57960.

RAUSCHENBACH, H. S. Solar array design handbook. New York, Litton Educational Publishing, 1980.

Artigos selecionados de revistas de revistas especializadas.

<b>CMS-329-4</b>	<b>Cinética Química</b>
------------------	-------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Ordem e molecularidade. Dependência de temperatura. Termoquímica. Métodos Experimentais. Reação bimolecular e dinâmica de reação. Reações unimoleculares e de associação. Reações complexas na superfície de energia potencial. Cinética termoquímica. Termoquímica e regra de aditividade. Parâmetros de taxa de estimativa. Reações complexas: combustão, química atmosférica, cálculo de equilíbrio, modelagem cinética, cálculos eletrônicos de estrutura (*Gaussian, Molpro, PSI4 codes*), códigos cinéticos (*Stanjan, ChemKin, Comsol*).

**Bibliografia**

PILLING, M. J., SEAKINS, P. W. Reaction Kinetics, Oxford Science Publications, Oxford, 1995.

MIMS, C. A., SAVILLE, B. A. Introduction to Chemical Reaction Engineering and Kinetics. John Wiley & Sons, Inc., 1999.

MONCRIEF, J. W. Elements of Physical Chemistry, Addison Wesley Pub. Company, 1977.  
DENBIGH, K. G. The Principles of Chemical Equilibrium: With Applications in Chemistry and Chemical Engineering, Cambridge University Press, 1981.

<b>CMS-336-4</b>	<b>Caracterização Mecânica de Materiais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito: CMS-200-4 ou equivalente*

*Carga horária: 60 horas*

Conceitos básicos de resistência dos materiais. Materiais para aplicações estruturais: propriedades mecânicas dos materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos. Curvas tensão deformação. Fundamentos da fratura, fratura dútil e frágil. Ensaio mecânicos convencionais de materiais: tração, flexão, ensaios relacionados à fratura frágil, ensaio de dureza, ensaio de fadiga. Ensaio mecânicos de materiais metálicos, materiais cerâmicos (estatística de Weibull), materiais poliméricos e de materiais compostos. Caracterização mecânica de materiais em temperaturas acima da ambiente.

### **Bibliografia**

BUDINSKI, K.; BUDINSKI, M. Engineering Materials, Properties and Selection, 6<sup>th</sup> ed., Prentice-Hall Inc., 1999.

CALLISTER JR, W. Materials Science and Engineering an Introduction. John Wiley and Sons, 1999.

SMITH, W. F. Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais., 3<sup>a</sup> ed., McGraw-Hill, Portugal, 1998.

SHAH, V. Handbook of Plastics Testing Technology, 2<sup>a</sup> ed. John Wiley and Sons, 1998.

ANDERSON, J. C. et al. Materials Science, 4<sup>a</sup> ed. Chapman & Hall, 1991.

EVANS, R.W.; WILSHIRE, B. Introduction to Creep, The Institute of Materials, London, 1993.

GARCIA, A.; ALVARES, J.; ALEXANDRE, C. Ensaio de Materiais, LTC Editora, Rio de Janeiro, 2000.

SOUZA, C. L. Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1982.

Artigos de periódicos especializados.

<b>CMS-337-4</b>	<b>Introdução à Nanociência e Nanotecnologia de Materiais</b>
------------------	---

*Obrigatória adicional*

*Pré-requisito: CMS-200-4 ou equivalente*

*Carga horária: 60 horas*

O universo nanométrico. Definições de nanociência e nanotecnologia. Importância científica e tecnológica: vantagens e limitações. Introdução aos nanomateriais: estrutura atômica, nanoestruturas, defeitos, termodinâmica, superfícies e interfaces. Introdução à física e química de nanomateriais. Nanotecnologia molecular. Nanopós. Nanotubos. Nanofilmes. Nanocompósitos. Nanoeletrônica. Nanocomputadores. Células de combustíveis. Nanomateriais na recuperação ambiental. Nanotecnologia na medicina. Nanotecnologia nas áreas de aeronáutica e espaço. Considerações legais e éticas.

**Bibliografia**

- HU, S. E.; ROCO, M. C. Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study. National Science and Technology Council (NSTC), Maryland, USA, 1999.
- BRUECK, S. J. et all. Implications of Emerging Micro-and Nanotechnologies. National Academies Press, Washigton, 2003.
- BACHMANN, G. et all. Applications of Nanotechnology in Space Developments and Systems. Future Technologies, n 47. VDI Technology Center, Germany, 2003.
- TOMA, H. E. O Mundo Nanométrico: A Dimensão do Novo Século. Livraria Politécnica Ltda., São Paulo, 2004.
- BRUSHAN, B. (editor). Springer Handbook of Nanotechnology. Springer, 2004.
- GOLDSTEIN, A. N. (editor). Handbook of Nanophase Materials. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, 1997.
- THEODORE, L. Nanotechnology: Basic Calculations for Engineers and Scientists. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2006.
- Artigos de revistas especializadas.

<b>CMS-347-4</b>	<b>Introdução a Radiometria</b>
------------------	---------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução aos conceitos básicos de radiometria e fotometria e suas aplicações: espectro eletromagnético, leis da radiometria e fotometria, propagação da radiação eletromagnética em sistemas óticos, propriedades óticas dos materiais, aberrações em sistemas óticos, fontes de radiação (Ex.: corpo negro, lâmpadas de filamento, lâmpadas fluorescentes, descarga em gás, led, laser, plasma e Sol), detectores de radiação (Ex.: termopilhas, fotomultiplicadoras, fotodiodos e CCD), sistemas óticos utilizados em laboratórios (monocromadores, esferaintegradora, simuladores solar, medida de resposta angular e espectral de sensores), calibração e atividades em laboratório.

**Bibliografia :**

- McCLUNEY, R. Introduction to Radiometry and Photometry.
- PALMER, J. M.; GRANT, B. G. The Art of Radiometry.

<b>CMS-403-4</b>	<b>Superfícies e Interfaces de Materiais: Modificação e Caracterização</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-307-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Importância tecnológica. Tipos de superfícies e interfaces. Principais características, vantagens e limitações. Modificações de superfícies químicas, termoquímicas, eletroquímicas, mecânicas, termomecânicas, por vaporização convencional, *sputtering*, feixe de elétrons, laser, plasmas (nitretação, carbonetação, nitro-carbonetação, boretação, carbo-boretção, nitro-boretção, jato de plasma, ion planting, PVD, CVD) e implantação de íons (por feixe de íons, imersão em plasma e íon mixing). Caracterização química de superfícies e interfaces. Caracterização física de superfícies e interfaces. Análise de fases e estados de tensões mecânicas nas superfícies e interfaces. Análise dos parâmetros de propriedades mecânicas.

**Bibliografia**

BURAKOWSKI, T.; WIERZCHON, T. Surface Engineering of Metals: Principles, Equipments and Technologies. CRC Press, New York, 1999.

OHRING, M. The materials science of thin films. Academic Press, USA, 1991.

MASEL, R. I. Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces. John Wiley & Sons Inc., 1<sup>st</sup> edition, U.S.A., 1996.

LUTH, H. Surfaces and interfaces of solid materials. Pergamon Press Inc., New York, 1998.

SUTTON, A. P.; BALLUFFI, R. W. Interfaces in Crystalline Materials, Oxford University Press, Oxford, 1996.

BROOKS, C. R. Principles of the Surface Treatment of Steels. Technomic Publishing Co. Inc., U.S.A., 1992.

WILSON, S.; BRUNDLE, C. R.; EVANS, C. Encyclopedia of Materials Characterization: Surfaces, Interfaces, Thin Films. Willey & Sons, New York, 1992.

BURAKOWSKI, T.; WIERZCHON, T. Surface Engineering of Metals. CRC Press, New York, 1999.

Handbook of Metals, vol. 10, 9<sup>th</sup>. edition, 1986.

Artigos selecionados de publicações especializadas.

<b>CMS-404-4</b>	<b>Tecnologia de Filmes Finos</b>
------------------	-----------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Importância científica e tecnológica. Teoria cinética dos gases. Introdução à tecnologia de vácuo. Tipos de superfícies de substratos. Técnicas de preparação e limpeza das superfícies dos substratos. Técnicas de crescimento de filmes finos. Mecanismos de nucleação e de crescimento de filmes. Formação de interfaces. Técnicas de caracterização mecânica, química, eletroquímica e óptica de filmes.

**Bibliografia**

OHRING, M. The Materials Science of Thin Films. Academic Press., Inc., San Diego, U.S.A, 1991.

CALISTER Jr., W. D. Materials Science and Engineering - An Introduction. John Wiley & Sons Inc., 3<sup>th</sup> edition, U.S.A., 1994.

PULKER, H. K. et al. Wear and Corrosion Resistant Coatings by CVD and PVD. Expert Verlag, Suécia, 1989.

Handbook of Metals, vol. 10, 9<sup>th</sup> edition, 1986.

Artigos selecionados de publicações especializadas.

<b>CMS-4xx-4</b>	<b>Materiais de Carbono Avançados Obtidos por CVD</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Introdução: propriedades e estrutura do diamante, estrutura da superfície. Histórico do crescimento de diamante em baixa pressão. Métodos de crescimento de diamante CVD:

Filamento quente, plasmas não isotérmicos, plasmas térmicos, combustão. O processo de crescimento do diamante CVD: cinética química da fase gasosa, modelos de crescimento. Deposição de Diamond-Like Carbon (DLC) por processos de CVD assistidos por plasma. Crescimento de nanotubos de carbono por CVD térmico e por CVD assistido por plasma. A esfoliação dos nanotubos de carbono e obtenção de grafeno. O grafeno oxidado (GO) e o grafeno reduzido (RGO).

### **Bibliografia**

SPEAR, K. E.; DISMUSKES, J. P. Synthetic Diamond: Emerging CVD Science and Technology. John Wiley & Sons, New York, 1994.

Tanaka, Y. S.. Diamond-Like Carbon Films (Materials Science and Technologies). Nova Biomedical, 2011

O'CONNELL, M.. Carbon nanotubes: properties and applications. Taylor & Francis Group, LLC, 2006

WARNER, J. H.; SCHAFFEL F.; BACHMATIUK, A.; RUMMELI, M.. Graphene: Fundamentals and Emergent Applications. Elsevier Science, 2012

Artigos recentes na área de crescimento de diamantes.

<b>CMS-406-4</b>	<b>Materiais Porosos</b>
------------------	--------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Definição de materiais porosos e nanoporosos. Estrutura de poros. Poros interconectantes e área superficial. Capilaridade em meios porosos. Adsorção e absorção em interfaces gás-sólido e líquido sólido. Reatividade em superfícies de sólidos. Técnicas de fabricação de materiais porosos e nanoporosos. Técnicas de caracterização.

### **Bibliografia**

ROUQUEROL, F.; ROUQUEROL, J.; SING, K. Adsorption by Powders and Porous Solids : Principles, Methodology and Applications. Academic Press Inc., 1998.

DULLIEN, F. A. L. Porous Media : Fluid Transport and Pore Structure. 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press Inc., Boston, 1997.

LICHTNER, P. C. Reactive Transport in Porous Media. Mineralogical Society of America, USA, 1996.

TRÜMMLER; R. OBERACKER, A. An Introduction to Powder Metallurgy. The Institute of Materials, 1 Carlton House Terrace, London, 1993.

RING, T. A. Fundamentals of Ceramic Powder Processing. Academic Press Inc., 1996.

<b>CMS-407-4</b>	<b>Cerâmicas Covalentes e Aplicações Aeroespaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Tipos de cerâmicos covalentes. Compósitos covalentes. Síntese de pós de nitreto de silício, carbetos de silício e carbetos de boro. Matriz de nitreto de silício reforçado com: partícula de

carbeto de silício, whiskers de carbeto de silício e fibra de carbeto de silício. Nanocompósitos de cerâmicos covalentes estruturais. Fluência e tenacidade à fratura de nitreto de silício.

### **Bibliografia**

- SÔMIYA, S. INOMATA, Y. (Ed.). Silicon carbide ceramics - 2: gas phase reactions, fibrers and whisker, joining. London: Elsevier Applied Science (Ceramic Research and development in Japan Series), 1991.
- KINGERY, W. D. Introduction to Ceramics. New York: John Wiley & Sons, 1960.
- REED, J. S. Introduction to the principles of ceramic processing. New York: John Wiley & Sons, 1988.

<b>CMS-409-4</b>	<b>Sensores Ambientais e Controle</b>
------------------	---------------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Princípios de detecção e monitoração de parâmetros físicos e químicos. Circuitos elétricos básicos e princípios de detecção. Sensores de radiação eletromagnética. Sensores de temperatura. Sensores de pressão, som e deformação mecânica. Sensores químicos (gases e líquidos). Sensores de umidade. Outros.

### **Bibliografia**

- MIDDELHOEK, S.; IAWANSSON, K.; SINAPIUS, G.; HOORNAERT, W. (editors). Handbook of Sensors and Actuators (series). Elsevier Science B.V., 1999.
- SINCLAIR, I. R. Sensors and Transducers – A guide to technicians, second edition, Butterworth-Heinemann Ltd, 1992.
- DE SILVA, C. W. Control Sensors and Actuators, Prentice-Hall Inc., 1989.
- SEIPPEL, R. G. Transducers, Sensors and Detectors, Reston Publishing Company Inc., 1983.
- Artigos selecionados de revistas e periódicos específicos.

<b>CMS-410-4</b>	<b>Tecnologia de Plasma para Tratamento de Superfícies</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

O curso consistirá de cinco módulos distintos, abaixo descritos:

- *Conceitos básicos de plasma:* serão discutidos conceitos e apresentadas definições de parâmetros de descargas em plasma.
- *Fontes de Plasma:* abordará descargas em plasma produzidas por diferentes fontes (DC luminescente, em arco, radiofrequência, micro-ondas).
- *Diagnósticos de Plasma:* serão apresentadas técnicas mais utilizadas para obtenção de parâmetros relevantes de plasma, com ênfase em sondas eletrostáticas e espectroscopia de emissão ótica.
- *Processos de Tratamento de Superfícies por Plasma:* serão expostas peculiaridades e aplicações de diferentes processos de tratamento de superfícies por plasma, enfatizando a implantação iônica por imersão em plasma, a nitretação e a obtenção de DLC.



- *Aplicação de um Método de Tratamento em Materiais*: consistirá de atividade experimental para tratamento de superfície de amostras previamente preparadas, por um dos processos a plasma descritos no curso.

### **Bibliografia**

HUTCHINSON, I. H. Principles of Plasma Diagnostics. Cambridge University Press – 2<sup>nd</sup> Edition, 2002.  
CHEN, F. F. Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion. Springer – 1<sup>st</sup> Edition, 1995.  
ANDERS, A. Handbook Of Plasma Immersion Ion Implantation And Deposition. John Wiley & Sons, 1<sup>st</sup> edition, 2000.

<b>CMS-414-4</b>	<b>Processamento e Caracterização de Cerâmicas Avançadas</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito*: CMS-306-4 ou equivalente

*Carga horária*: 60 horas

Importância científica e tecnológica. Conceitos gerais de processamento de cerâmicas a partir de pós. Cominuição e classificação de pós cerâmicos. Sínteses de pós. Outros processos de produção de pós. Caracterização de pós. Conformação de cerâmicas: a seco e a úmido. Secagem, Caracterização de cerâmicas a verde. Sinterização. Caracterização de cerâmicas sinterizadas. Acabamento final. Testes não destrutivos.

### **Bibliografia**

RING, T. A. Fundamentals of Ceramic Powder Processing and Synthesis. Academic Press Inc., San Diego, U.S.A., 1996.  
REED, J. S., Introduction to the Principles of Ceramic Processing, John Wiley & Sons, 1991.  
SCHWARTZ, M. Handbook of Structural Ceramics. Academic Press Inc., New York, 1998.  
Artigos de periódicos especializados.

<b>CMS-415-4</b>	<b>Processamento e Caracterização de Cerâmicas Nanoestruturadas</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito*: CMS-306-4 ou equivalente

*Carga horária*: 60 horas

Importância científica e tecnológica. Conceitos gerais de processamento de cerâmicas a partir de pós. Definição de nanopartículas, características físicas e químicas. Técnicas de obtenção: físicas, mecânicas e químicas. Técnicas de caracterização física e química. Conformação de cerâmicas: a seco e a úmido. Sinterização. Caracterização de cerâmicas sinterizadas. Análise, interpretação e correlação de resultados experimentais.

### **Bibliografia**

YING, J, Y.-R.; YING, J. Nanostructured Materials. Academic Press Inc., U.S.A., 2001.  
WANG, Z. L. Characterization of Nanophase Materials. Wiley-VCH Verlag, Alemanha, 2001.  
WASEDA, Y.; MURAMATSU, A. Morfology control of materials and nanoparticles: advanced materials processing and characterization. John Wiley & Sons, USA, 2004.  
SCHMID, G. Nanoparticles: from theory to application. John Wiley & Sons, USA, 2004.



RING, T. A. Fundamentals of Ceramic Powder Processing and Synthesis. Academic Press Inc., San Diego, U.S.A., 1996.  
HENCH, L.; ULRICH, D. R. Ceramic chemical processing. John Wiley & Sons, USA, 1986.  
MAKENZIE, J. D.; ULRICH, D. R. Ultrastructure processing of advanced ceramics. John Wiley & Sons, USA, 1988.  
Artigos de periódicos especializados.

<b>CMS-416-4</b>	<b>Pós Nanoparticulados: Obtenção, Caracterização e Aplicações</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Importância da ciência e da tecnológica de nanopartículas. Definição de nanopartículas, características físicas e químicas. Pós nanoparticulados (nanopós) e mecanismos de floculação, aglomeração e agregação. Técnicas de obtenção de nanopós: físicas, mecânicas e químicas. Principais técnicas de obtenção de pós e compostos nanoparticulados cerâmicos e metálicos por métodos químicos. A importância dos tratamentos térmicos convencional e por microondas. Obtenção de compostos químicos nanoparticulados por *mechanical allowing*. Técnicas de caracterização física e química de pós nanoparticulados (ATD-ATG, porosimetria, BET, difração de raios X, distribuição de tamanhos de partículas, MEV, MET, FEG-MEV, EDX, XPS). Análise, interpretação e correlação de resultados experimentais (estudos de casos reais). Aplicações.

**Bibliografia:**

WASEDA, Y.; MURAMATSU, A. Morphology Control of Materials and Nanoparticles: Advanced Materials Processing and Characterization. John Wiley & Sons, USA, 2004.  
FENDLER, J. H. Nanoparticles and Nanostructured Films: Preparation, Characterization and Applications. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, 1998.  
SCHMID, G. Nanoparticles: from theory to application. John Wiley & Sons, USA, 2004.  
RAO, C. N. R.; MÜLLER, A.; CHEETHAM, A. K. (Editors). The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications. John Wiley & Sons, USA, 2004.  
WINTERER, M. Nano-crystalline Ceramics: Synthesis and Structure. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2002.  
FREER, R. Nanoceramics. Institute of Materials, Manchester, England, 1993.  
THEODORE, L. Nanotechnology: Basic Calculations for Engineers and Scientists. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2006.  
GOLDSTEIN, A. N. (editor). Handbook of Nanophase Materials. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, 1997.  
BRUSHAN, B. (editor). Springer Handbook of Nanotechnology. Springer, 2004.  
MAKENZIE, J.D.; ULRICH, D.R. Ultrastructure processing of advanced ceramics. John Wiley & Sons, USA, 1988.  
Artigos de revistas especializadas.

<b>CMS-417-4</b>	<b>Filmes Nanoestruturados: Obtenção, Caracterização e Aplicações</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Filmes nanoestruturados cerâmicos e metálicos: Importância científica e tecnológica: vantagens e limitações. Técnicas de preparação de filmes policristalinos aderentes (químicas e físicas). Técnicas de caracterização de superfícies e de interfaces (difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura, microscopia eletrônica de transmissão, microscopia de força atômica, espectroscopia de espalhamento Raman, espectrometria por energia dispersiva, espectroscopia de elétrons Auger, espectroscopia de raios X gerados por fotoelétrons, medições de aderência, de nanodureza e de tenacidade à fratura). Aplicações principais destes tipos de filmes.

Filmes nanoestruturados à base carbono: Importância científica e técnica: vantagens e limitações. Obtenção, caracterização e aplicações. Fibras de carbono, carbono vítreo reticulado, grafite nanoestruturado. Nanotubos de carbono, Filmes DLC e DLC hidrogenado. Filmes de nanodiamante. Técnicas de espectroscopia de espalhamento Raman e difração de raios X.

Filmes nanoestruturados de compostos semicondutores IV-VI: Importância científica e tecnológica: vantagens e limitações. Técnicas de crescimento epitaxial. Aspectos fundamentais de epitaxia por feixe molecular (MBE). Propriedades de crescimento. Heteroestruturas. Pontos e poços quânticos. Super-redes. Estruturas múltiplas auto-organizadas.

### **Bibliografia**

FENDLER, J. H. Nanoparticles and Nanostructured Films: Preparation, Characterization and Applications. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, 1998.

BRUSHAN, B. (editor). Springer Handbook of Nanotechnology. Springer, 2004.

GOLDSTEIN, A. N. (editor). Handbook of Nanophase Materials. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, 1997.

THEODORE, L. Nanotechnology: Basic Calculations for Engineers and Scientists. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2006.

BENEDEK, G. et al. (Editors). Nanostructured Carbon for Advanced Applications. NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry, Volume 24. 1<sup>st</sup> edition. Springer, 2001. Artigos de revistas selecionadas.

<b>CMS-419-4</b>	<b>Princípios de Eletroquímica</b>
------------------	------------------------------------

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Conceitos básicos da eletroquímica (oxidação, redução, sistemas galvânicos e eletrolíticos, potencial padrão de eletrodo e espontaneidade das reações redox). Processos eletródicos (faradaicos e não faradaicos, interface eletrodo/eletrolito, reações controladas por transferência de massa). Cinética eletroquímica. Técnicas eletroquímicas (salto de potencial e corrente, voltametria cíclica e linear, voltametria de pulso diferencial e de onda quadrada). Métodos de impedância eletroquímica (IE). Elementos de circuitos. Representação gráfica (Nyquist, Bode). Circuitos equivalentes (eletroquímico). Estudo da impedância através da utilização do software. Exemplos de IE para eletrodos de diamante.

### **Bibliografia:**

ATKINS, P., Físico Química – Fundamentos, 3<sup>a</sup> edição, LTC editora, 2001.

BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. Electrochemical Methods-Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, New York, 1980.

BRETT, C. M. A. *Electrochemistry, Principles, Methods, and Applications*. Oxford Publications, 2000.

BOCKRIS, J. O. M. *Modern Electrochemistry*, vol 1, 2A, 2B, Kluwer Academic, 2000.

<b>CMS-420-4</b>	<b>Difratometria de Raios X para Caracterização de Estrutura Cristalina de Materiais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Cristalografia básica: célula unitária; planos cristalinos; distâncias interplanares; índices de Miller; rede cristalina; elementos de simetria e grupos espaciais; rede recíproca. Difração de raios X: introdução à teoria de difração de raios X; lei de Bragg; difratômetro de raios X; fatores que influenciam as intensidades espalhadas de raios X; geração e detecção de raios X; difratometria de pó. Prática experimental: identificação de fases; banco de dados; indexação de picos; análise quantitativa; orientação cristalográfica; refinamento de estrutura cristalina.

**Bibliografia:**

CULLITY, D. B.; STOCK, S. R. *Elements of X-Ray Diffraction*. 3rd. ed., Prentice Hall, New Jersey, 2001.

WASEDA, Y.; MATSUBARA, E.; SHINODA, K. *X-Ray diffraction crystallography: introduction, examples and solved problems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

PECHARSKY, V. K.; ZAVALIJ, P. Y. *Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials*, Springer New York, 2005.

Manual do equipamento X'pert Pro Panalytical.

Artigos de periódicos especializados.

<b>CMS-421-4</b>	<b>Introdução à Microscopia dos Materiais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CMS-200-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Teoria básica da microscopia. Formação de imagens por difração. Microscopia óptica. Formação de imagens por varredura. Microscopia eletrônica (varredura e transmissão). Outras microscopias de varredura. Microanálise, EDS, WDS, EELS, STEM, EPMA. Preparação de amostras para microscopia.

**Bibliografia:**

MANNHEIMER, W. A. *Microscopia dos Materiais*. SBMM, 2002.

GOLDSTEIN, J. et al. *Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis*. 3<sup>rd</sup> Ed., New York: Springer Science + Business Media, Inc., 2003.

WIESENDANGER, R. *Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: Methods and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1994.

MEYER, E. et al. *Scanning Probe Microscopy: The Lab on a Tip*. Springer-Verlag, 2003.

BRUNDLE, C. R. et al. Encyclopedia of Materials Characterization. Butterworth-Heinemann, 1992.

## DISCIPLINAS DE EMENTA ABERTA

<b>CMS-315-1</b>	<b>Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais I</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 15 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-316-2</b>	<b>Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais II</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 30 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-339-3</b>	<b>Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais III</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 45 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-340-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Ciência e Física de Materiais IV</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-317-1</b>	<b>Tópicos Especiais em Processamento de Materiais I</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 15 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-318-2</b>	<b>Tópicos Especiais em Processamento de Materiais II</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 30 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-341-3</b>	<b>Tópicos Especiais em Processamento de Materiais III</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 45 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-342-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Processamento de Materiais IV</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-319-1</b>	<b>Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais I</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 15 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-320-2</b>	<b>Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais II</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 30 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-343-3</b>	<b>Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais III</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 45 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-344-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Técnicas de Caracterização de Materiais IV</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-324-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais I</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-325-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais II</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-326-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais III</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-330-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais IV</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-331-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais V</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-332-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais VI</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-345-4</b>	<b>Pesquisa em Física de Materiais VII</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-321-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais I</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.



<b>CMS-327-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais II</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-328-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais III</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-333-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais IV</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-334-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais V</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-335-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais VI</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

<b>CMS-346-4</b>	<b>Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Materiais VII</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir de acordo com a ementa

*Carga horária:* 60 horas

Disciplina com ementa adequada para cada assunto a ser tratado.

- Os trabalhos auxiliares ou finais do programa de pós-graduação serão identificados nas formas abaixo indicadas:

<b>CMS-730</b>	<b>Pesquisa de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMS*</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Crédito:* 0





<b>CMS-750</b>	<b>Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMS</b>
----------------	---

*Obrigatória*  
*Créditos: 12*

<b>CMS-780</b>	<b>Pesquisa de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMS*</b>
----------------	--

*Obrigatória*  
*Crédito: 0*

<b>CMS-800</b>	<b>Tese de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CMS</b>
----------------	---

*Obrigatória*  
*Crédito: 36*

\* Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina: neste caso, a orientação e a avaliação deverão ser feitas por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

**EMENTAS - ENGENHARIA E GERENCIAMENTO DE SISTEMAS ESPACIAIS****1º PERÍODO LETIVO****CSE-200-4    Introdução à Tecnologia de Satélites**

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Definição e exemplos de missões e sistemas espaciais, categorias e requisitos de missões espaciais e segmentos do sistema. Principais eventos e missões espaciais internacionais e nacionais. Objetivos, componentes e funções do segmento solo de controle e de aplicações. Os ambientes do ciclo de vida dos satélite com ênfase no lançamento e no espacial. Conceito de órbita, cálculos simplificados, classificação, perturbações e manobras orbitais. Sistema solar, sistema de coordenadas, geometria espacial, zonas de fuso horário, tempo universal e sideral, longitude e latitude. Arquitetura de satélites, centro de massa e eixos de inercia. Descrição funcional, tecnologias, principais parâmetros de desempenho e de dimensionamento dos subsistemas para controle de atitude e órbita, suprimento de energia, propulsão, telecomunicações de serviço, gestão de bordo, controle térmico e estruturas e mecanismos. Características do veículo lançador e interface com o satélite. Características da Interface solo-bordo. Descrição de uma missão de sensoriamento remoto com as órbitas, cobertura, faixa observável, resolução espacial e temporal e características dos equipamentos de carga útil. Conceitos gerais sobre o processo de desenvolvimento.

**Bibliografia**

SOUZA, P.N. Curso Introdutório em Tecnologia de Satélites (CITS). São José dos Campos: INPE, abril de 2003. (INPE-9605-PUD/126). 1 CDROM.

LARSON, W.J.; WERTZ, J.R. (editors). Space Mission Analysis and Design, 3rd Edition, Space Technology Library, Dordrech, Kluwer, 1999. (ISBN 1-881883-10-8)

ERTAS, A.; JONES, J.C. The Engineering Design Process, 2nd Edition, New York, Wiley, 1996. (ISBN 0-471-13699-9)

WERTZ, J.R.; LARSON, W.J. (editors). Reducing Space Mission Cost, Space Technology Library, Dordrech, Kluwer, 1999. (ISBN 1-881883-05-1)

PISACANE, V. L.; MOORE, R. C. (editors). Fundamentals of Space Systems, New York, Oxford University Press, 1994. (ISBN 0-19-507497-1)

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). ECSS-E-ST-10C, Space engineering – System engineering general requirements. ECSS Secretariat, ESA-ESTEC Requirements & Standards Division, Noordwijk, The Netherlands, 6 March 2009.

PRADO, A. F. B. A.; KUGA, H. K. (Editores). Fundamentos de Tecnologia Espacial, INPE, São José dos Campos, 2001. (ISBN 85-17-00004-8).

**CSE-201-4    Introdução à Engenharia de Sistemas Espaciais**

*Obrigatória*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Conceitos básicos: sistema, engenharia de sistemas, requisitos, atributos, funções, implementação. Necessidades da indústria: o caso da indústria automobilística – *Ford Product Development System*. O caso da indústria espacial – o caso da NASA. Modelagem de produtos, processos e organização. Análise dos *stakeholders*. Engenharia dos requisitos. Arquitetura de sistemas: arquitetura funcional e arquitetura física. Do projeto detalhado à operação (projeto, verificação, integração, validação). Ferramentas de análise de sistemas. Projeto para a realizabilidade operacional (Design for X). Gestão de projetos: valor, custo, prazo e risco. Ciclo de vida do desenvolvimento. Organização para a Engenharia de Sistemas.

### **Bibliografia**

BLANCHARD, B.; FABRYCKY, W. *Systems Engineering and Analysis*. 4th ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, 2004.

NASA. SP6105. *Systems Engineering Handbook*. 1996. (disponível no site da NASA, [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov))

LARSON, W. J.; WETRZ, J. R. (Editors) *Space Mission Analysis and Design*. 3rd ed. Microcosm Press, New York, 1999 ISBN.: 1881883108

STEVENS, R. et al. *Systems Engineering Coping With Complexity*, Prentice Hall Europe, London, 1998.

SAGE, A. P.; ROUSE, W. B. *Handbook of Systems Engineering and Management*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1999.

LOUREIRO, G. A. *Systems Engineering and Concurrent Engineering Framework for the Integrated Development of Complex Products*. PhD Thesis. Loughborough University. Loughborough. UK. 1999.

Publicações [www.incose.org](http://www.incose.org) (website do International Council on Systems Engineering)

<b>CSE-204-4</b>	<b>Engenharia de Requisitos</b>
------------------	---------------------------------

#### *Eletiva*

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

1) Introdução à Engenharia de Requisitos. Identificando os requisitantes. 2) Colhendo requisitos dos requisitantes. Usando outras fontes de requisitos. 3) Estruturando os requisitos. Contextuando os requisitos. 4) Escrevendo requisitos. Verificando e revendo requisitos. 5) Um processo genérico para a Engenharia de Requisitos. 6) Modelagem de sistemas para a Engenharia de Requisitos. 7) Escrevendo e revisando documentos. 8) Engenharia de Requisitos no domínio do problema. 9) Engenharia de Requisitos no domínio da solução. 10) Rastreabilidade avançada. 11) Aspectos gerenciais da Engenharia de Requisitos. 12) Ferramentas para gerenciar requisitos.

### **Bibliografia**

ALEXANDER, I. F., STEVENS, R. *Writing Better Requirements*. Addison-Wesley, London, UK, 2002.

HULL, M. E. C., JACKSON, K., DICK, A. J. J. *Requirements Engineering*. Springer, London, UK, 2002.

YOUNG, R. R. *Effective Requirements Practices*. Addison-Wesley, Boston, USA, 2001.

IEEE Std 830-1998, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. IEEE, Piscataway, NJ, 1998.

IEEE Std 1233, 1998 Edition, IEEE Guide for Developing System Requirements Specifications. IEEE, Piscataway, NJ, 1998.

<b>CSE-212-2</b>	<b>Redação e Oficina de Artigos Científicos</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 30 horas

Contextualização sobre pesquisa Científica, conceitos gerais e dimensão das populações científica e sua produção. O Método Científico, pesquisa, resumo, escolha do tema, palavras-chave, plágio, estrutura de trabalhos científicos, proposta (solução), experimentos (resultados), revisão bibliográfica. Pesquisa bibliográfica em bases de dados acadêmicas (Medline, Web of Science Scopus, Scielo, Cinahl, Google scholar). Publicação de artigos, periódicos indexados e bases de dados científicos, fator de Impacto e Qualis. Porque escrever um artigo e onde publicar. Processo de revisão, envolvidos e etapas do processo de revisão, decisões do conselho editorial.

### **Bibliografia**

- VOLPATO G. L. Guia prático para redação científica. 2015. Editora Best Writing.
- VOLPATO G. L. VOLPATO. Dicas para redação científica. 4ª Edição, 2016. Editora Best Writing.
- WAZLAWICK R. S.. Metodologia de pesquisa para Ciência da Computação. 2ª Edição, 2014. Elsevier.
- PHILLIPS E.M., PUGH D.S. How to get a PhD - A handbook for students and their supervisors - Open University Press disponível em <http://www.ntu.edu.vn/Portals/73/How%20to%20get%20PhD.pdf>.
- VIEIRA, S. Como escrever uma Tese. 6ª Edição, São Paulo 2008. Atlas.
- LIN, C. T. and CHEN, C. T., *A fuzzy-logic-based approach for new product Go/NoGo decision at the front end*, IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics, 34(1), pp. 132-142. 2004.
- TIDD, J., BESSANT, J. and PAVITT, K., *Managing Innovation*, John Wiley & sons Ltd, 2001.
- ZENG, J., AN, M., SMITH, N.J. *Application of a fuzzy based decision making methodology o construction project risk assessment*, International Journal of Project Management 25 pp. 589–600, 2007.

<b>CSE-339-4</b>	<b>Montagem, Integração e Testes de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Etapas de desenvolvimento de um satélite, modelos sistêmicos, elementos constitutivos, das revisões de projeto; Plano de AIV (Montagem, Integração e Verificação): o processo global da Verificação, a filosofia de modelos, e as estratégias da verificação subsistêmica e sistêmica de hardware espaciais; Qualificação de Equipamento/Subsistemas Espaciais : requisitos gerais, testes de qualificação, testes de aceitação; Plano de AIT: Workflow das atividades de AIT (montagem, integração e teste) de satélites, atividades de montagem e integração mecânicas, atividades de integração & testes funcionais elétricos, simulação e testes ambientais, o planejamento das atividades de montagem, integração e testes; testes para campanha de lançamento; Plano de QA AIT : planejamento, organização e controle das atividades de QA AIT,

atividades gerais, das revisões de testes/procedimentos/resultados, dos registros/Logs/tratamento de Não conformidades; Equipamentos de suporte de testes : métodos e EGSE para a AIT elétrica, métodos e MGSE para a AIT mecânica, projeto de SCOEs (Equipamento Específico para Check-out) e OCOEs (Equipamento Geral para Check-out). Infraestrutura de testes: características gerais, projeto de instalações de testes de satélites, dos requisitos de instalações de teste de satélites, instalações de testes x modelos sistêmicos de satélites; Estudo de casos de AIT.

### **Bibliografia**

- AEROSPACE CORPORATION. TR-2004(8583)-1-rev A: Test Requirements for Launch, Upper-Stage and Space Vehicles. Los Angeles, 2004.
- EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARD. ECSS-E-60A: Space Engineering. Noordwijk, 2004
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION .Jet Propulsion Laboratory. DMIE-43913: JPL/NASA Design, Verification/Validation and Operations Principles for Flight Systems. Los Angeles, 2002.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Goddard Space Flight Center. GSFC-STD-1001: Criteria for Flight Project Reviews. Washington, DC, 2005.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Goddard Space Flight Center. GSFC – STD – 1000: Rules for the Design, Development, Verification, and Operation of Flight Systems. Washington, DC, 2005.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. LAPG 5300.1: Space Product Assurance. Washington, DC, 2002
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Marshall Space Flight Center. NASA TP2001–210992: Launch Vehicle Design Process Characterization, Technical Integration, and Lessons Learned. Alabama, 2001
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Marshall Space Flight Center .MSFC-HDBK-2221-1: Verification handbook. Alabama, 1994.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA/SP-2007-6105 Rev1. NASA System Engineering Handbook. Washington, DC, 2007.
- PISACANE, V.L. Fundamentals of Space Systems. Oxford University Press, Inc. Oxford, 2005, 2v.
- SPACE & MISSILE SYSTEMS CENTER. SMC System Engineering Primer & Handbook 4-05. Los Angeles, 2005.

<b>CSE-407-4</b>	<b>Engenharia de Missões de Pequenos Satélites</b>
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: Não há

Carga horária: 60 horas

Eletiva

Pré-requisito: CSE-200-4 ou solicitação de aprovação pelo docente.

Carga horária: 60 horas

Introdução: missões CubeSat. Gerenciamento de missão e engenharia de sistemas para operações. Revisão de Órbitas: O processo de design de órbita. Veículos lançadores. Cobertura da solo. Balanços delta-V básicos. Seleção de órbitas. Exemplos típicos. Conceito da missão: Definindo uma carga útil e uma plataforma CubeSat. Linha do tempo da missão: Projeto, produção, campanhas de testes, lançamento, implantação e operações. Projeto Mecânico:

Plataformas e estruturas, análise de stress, carregamentos e rigidez, instabilidades elásticas, vibração, seleção de materiais, análise estrutural. Projeto Térmico: Fontes térmicas e mecanismos de transporte no espaço, equilíbrio térmico, elementos de controle térmico, projeto e implementação térmicos. Projeto de sistemas de potência: geração, armazenamento, regulação e monitoramento de energia. Cabeamento e conectores, EMC, blindagem e aterramento, monitoramento e proteção. Projeto de telecomunicações e processamento de bordo: sistemas de rastreamento, telemetria e comando. Links de RF, manipulação de dados, OBCs. Sistemas de orientação, navegação e ADCS: determinação e controle de órbita. Determinação de atitude e algoritmos de controle. Mecanismos: Cinemática dos mecanismos, rolamentos e lubrificação. Motores, acionamentos e rodas. Materiais. Produção e teste do projeto de carga útil: projeto detalhado, produção, campanha de teste ambiental, campanha de teste ambiental. Entrega de carga. Projeto de curso, práticas e estudo de caso.

### **Bibliografia**

NASA, NASA CubeSat 101: Basic Concepts and Processes for. First-Time CubeSat Developers, NASA CubeSat Launch Initiative, Oct. 2017.  
FORTESCUE, P., SWINERD, G. & STARK, J. (Editors), Spacecraft Systems Engineering, 4th Edition, 2011. NASA, NASA Systems Engineering Handbook, NASA/SP-2016-6105 Rev2, 2016.  
WERTZ, J.R, EVERETT, D.F., PUSCHELL, J.J., Space Mission Engineering: The New SMAD. 1st ed. Microcosm Press, New York, 2011.  
WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. (editors) Reducing Space Mission Cost, Space Technology Library, Dordrech, Kluwer, 1999. (ISBN 1-881883- 05-1)  
CCSDS, General Documents, <http://public.ccsds.org/publications/default.aspx>CCSDS, The Collaborative Work Environment (CWE), <http://cwe.ccsds.org>  
TANENBAUM, A. Computer Networks. Prentice-Hall, 4 ed., 2003. Technical papers in the space area and data networks.

<b>CSE-408-4</b>	<b>Rádios Definidos por Software e Rádios Cognitivos</b>
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: CSE-200-4 ou solicitação de aprovação pelo docente.

Carga horária: 60 horas

Componentes básicos de rádios definidos por software (SDR). Arquiteturas de rádio definido por software. Evolução da tecnologia de rádio. Arquiteturas de transceptores. Antenas e front-end de rádio. DSP multirate em SDR. Síntese digital direta (DDS). Conversão analógica-digital e digital-analógica. Introdução a antenas inteligentes e algoritmos DSP de banda base. Redes de antenas, algoritmos de conformação de feixe e arquiteturas. Hardware digital para SDR. Métodos de software para SDR e Arquitetura de software para comunicação (SCA - *Software Communication Architecture*). A Abordagem do Rádio GNU. Visão geral da do fluxo de dados: usando um fluxograma. Exemplos de GNU. Introdução ao Rádio Cognitivo (CR). Rede de rádios cognitivos (CRN). Arquiteturas de rede para CR. Implementação e Experimentação de SDRs. Detecção de espectro. Acesso Dinâmico ao Espectro. Esforços de padronização do CRN. Projeto do curso, práticas e estudo de caso.

### **Bibliografia**

J.H. REED, Software-Defined Radio, Prentice-Hall, 2002.



- CARLOS R. AGUAYO GONZÁLEZ, CARL B. DIETRICH, AND JEFFREY H. REED, “Understanding the Software Communications Architecture”, IEEE Communications Magazine, 2009.
- TORE ULVERSØY, «Software Defined Radio: Challenges and Opportunities”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 12, no. 4, pp. 531-550, Fourth Quarter 2010.
- GEORGE SKLIVANITIS, ADAM GANNON, STELLA N. BATALAMA, AND DIMITRIS A. PADOS «Addressing Next-Generation Wireless Challenges with Commercial Software-Defined Radio Platforms», IEEE Communications Magazine, 2016.
- BOB STEWART, KENNETH BARLEE, DALE ATKINSON, LOUISE CROCKETT, «Software Defined Radio using Matlab and Simulink and the RTL-SDR», University of Strathclyde Engineering, 2015.
- G. J. MINDEN, et al., “Cognitive Radios of Dynamic Spectrum Access - An Agile Radio for Wireless Innovation,” IEEE Communications Mag, Vol. 45, No. 5, pp. 113-121, May 2007.
- ERIK AXELL, GEERT LEUS, ERIK G. LARSSON, AND H. VINCENT POOR, "A Spectrum Sensing for Cognitive Radio: State-of-the-art and recent advances," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 29, No. 3, May 2012. CCSDS, General Documents, <http://public.ccsds.org/publications/default.aspx>.
- WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. (editors) Space Mission Analysis and Design. 3rd ed. Microcosm Press, New York, 1999 (ISBN.: 1881883108).
- TANENBAUM, A. Computer Networks. Prentice-Hall, 4 ed., 2003. Technical papers in the area.

## **2º PERÍODO LETIVO**

<b>CSE-202-4</b>	<b>Modelagem de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução aos modelos e à modelagem. Origens e breve história dos modelos e da modelagem. Noções e tipos de modelos: concretos (maquetes, protótipos, modelos em escala, etc.) ou abstratos (modelos lógicos, modelos físicos, modelos matemáticos, etc.); estáticos ou dinâmicos; em tempo/evento contínuo ou discreto; com grandezas ou sinais lógicos, analógicos, discretos ou digitais; etc. Noções de modelagem. O compromisso básico da modelagem: simplicidade x fidelidade. Graus de realismo. Erros de modelagem. Métodos de modelagem. Lógica booleana e modelos lógicos. Analogia e modelos análogos. Representação de grandezas e relações. Determinação ou estimação de relações e grandezas. Noções da Teoria de Identificação. Métodos de identificação "off-line" e "on-line". Escalonamento de variáveis e constantes. Números característicos e noções da Teoria de Similaridade. Arquiteturas de modelagem: localizada, distribuída, HLA, etc. Ambientes e linguagens para a construção de modelos lógicos (tabelas-verdade, diagramas booleanos, diagramas com chaves, diagramas em escada, máquinas de estado, etc.) e de modelos análogos (diagramas de bloco, diagramas de fluxo de sinal, diagramas de ligação, equações algébricas, equações diferenciais, tabelas, relações empíricas, etc.). Computação lógica, analógica ou digital. Ambientes e linguagens computacionais correspondentes (CACSD). Características essenciais ou desejáveis. Operação em tempos virtual ou real; em batelada ou iterativa; interfaces amigáveis ou visuais, orientação a objetos; conversão de linguagens; geração de códigos, etc. Verificação, validação e certificação de modelos e modelagens. Estudo de casos.



**Bibliografia**

- RAINEY, L. B. (ed.). DAVIES, P. K. (fwd.) Space Modeling And Simulation: Roles And Applications Throughout The System Life Cycle. AIAA, Washington DC., 2004.
- TAKAHASHI, Y., RABINS, M. J., AUSLANDER, D. M. Control and Dynamic Systems. Reading, MA, USA, Addison-Wesley, 1970.
- OGATA, K. System Dynamics. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1978.
- SHEARER, J. L., MURPHY, A. T., RICHARDSON, H.H. Introduction to System Dynamics. Reading, MA, USA, Addison-Wesley Pub. Co., 1967.
- KARNOPP, D., ROSENBERG, R. System Dynamics: A Unified Approach. New York, NY, USA, John Wiley & Sons, 1975.
- WHITE, F. M. Fluid Mechanics. New York, NY, USA, McGraw-Hill, 1979.
- SENA, L. A. Units of Physical Quantities and their Dimensions. Moscow, Mir Publishers, 1972.
- SÉDOV, L. Similitude et Dimensions en Mécanique. Moscou, Éditions MIR, 1977.
- JOHANSSON, R. System Modeling and Identification. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1993.
- LINKENS, D. A. (ed.) CAD for Control Systems. New York, NY, USA, Marcel Dekker, Inc., 1993.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. HLA Rules. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

<b>CSE-203-4</b>	<b>Confiabilidade e Prevenção de Falhas em Sistemas Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

1) Introdução á Prevenção, Correção e Tolerância de Falhas. Noções e tipos de falhas em sistemas espaciais. 2) Conceitos básicos: prevenção, correção e tolerância a falhas; manutenção preventiva/corretiva, reparo/correção, redundância; confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade, dependabilidade, reconfigurabilidade, etc. 3) Modelos de falhas: determinísticos, probabilísticos, de pior caso, com/sem incertezas, etc. 4) A curva de frequência relativa de falhas e suas fases. 5) O modelo de falhas exponencial para a fase 2 e suas características:  $\lambda$ , MTTF, MTBF, etc.. 6) Outros modelos de falhas para as fases 1 e 3 e suas características; 7) Arquiteturas para análise de confiabilidade: série, paralela, realimentada, mista, localizada, distribuída, etc. 8) Métodos para a análise de confiabilidade: diagrama de blocos, FTA, etc.; 9) Métodos para a análise de modos de falhas, suas causas e efeitos: FMEA, FMECA, etc. 10) Ambientes para a construção de modelos de prevenção de falhas. Características essenciais ou desejáveis. 11) Verificação, validação e certificação de modelos de falhas e de confiabilidade de sistemas. 12) Estudo de casos (modelagem de falhas de veículos aeroespaciais, robôs, processos nucleares e industriais, etc.).

**Bibliografia**

O'CONNOR, P.D. T. Reliability Engineering. John Wiley, New York, NY, 1998.

BILLINTON, R. , ELLAN, R. Reliability Evaluation of Engineering Systems. Pitman Advanced Pub. Program, Boston, MA, 1985.

BASOV, I. Reliability Theory and Practice. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1961.

<b>CSE-205-4</b>	<b>Ciência e Tecnologia dos Materiais</b>
------------------	---

*Eletiva*

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Estrutura atômica e ligações interatômicas. Estruturas de sólidos cristalinos e imperfeições. Estrutura de sólidos não cristalinos. Mobilidade atômica e iônica. Nucleação e desenvolvimento de microestruturas. Diagramas de equilíbrio de fases. Tratamentos térmicos. Características e propriedades metais, cerâmicas e vidros, polímeros e materiais compostos. Propriedades mecânicas, elétricas, térmicas, magnéticas, óticas. Corrosão e degradação de materiais. Introdução à seleção de materiais e considerações de projetos

### **Bibliografia**

SHACKELFORD, J. F. Introduction to Materials Science for Engineers. MacMillan Publishing Company, New York, U.S.A., 1992

CALLISTER Jr., W. D. Materials Science and Engineering - An Introduction. John Wiley & Sons Inc., 3th edition, U.S.A., 1994

ORING, M. Engineering Materials Science. Academic Press, U.S.A., 1995

S. M. ALLEN and E. L. THOMAS, The Structure of Materials, Wiley, New York, 1999

<b>CSE-206-4</b>	<b>Introdução a Redes de Dados Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

Pré-requisito: Não há

Carga horária: 60 horas

Fundamentos de Comunicação de Dados e Protocolos. Aviônica espacial e principais barramentos de dados de bordo (Spacewire, RS-422, RS-485, MIL-1553, CAN-Bus, I2C). Fundamentos de CCSDS (*Consultative Committee for Space Data Systems*) e suas áreas: Serviços de Internetworking Espacial, Operações de Centro de Missão e Serviços de Gerenciamento de Informação, Serviços de Interface a Bordo em Satélites, Engenharia de Sistemas, Serviços de Suporte Cruzado (*Cross Support Services*), Serviços de Enlace Espacial e seus Grupos de Trabalho em Andamento. Projeto de Curso e Estudo de Caso.

### **Bibliografia**

CCSDS, General Documents, <http://public.ccsds.org/publications/default.aspx>.

CCSDS, The Collaborative Work Environment (CWE), <http://cwe.ccsds.org>.

WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. (editors) Space Mission Analysis and Design. 3rd ed. Microcosm Press, New York, 1999 (ISBN.: 1881883108).

WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. (editors) Reducing Space Mission Cost, Space Technology Library, Dordrech, Kluwer, 1999. (ISBN 1-881883- 05-1)

HAMMOND, W. E. Design Methodologies for Space Transportation Systems, AIAA Education Series, 2001 (ISBN 978-1563474729).

GARCIA, M. (editor) *Advances in Optronics and Avionics Technologies*, Wiley-Ec Aeronautics Research Series. 1996 (ISBN 978-0471953623).

GALLO, M. A.; HANCOCK, W. M. *Comunicação entre Computadores e Tecnologias de Rede*. Thompson, 2003.

TANENBAUM, A. *Computer Networks*. Prentice-Hall, 4 ed., 2003.

Artigos técnicos na área espacial e de redes de dados.

<b>CSE-208-4</b>	<b>Introdução à Gestão de Projetos</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisitos:* não há

*Carga horária:* 60 horas

1. Conceitos de Gestão de Projetos: atributos, ciclo de vida, processo de gestão. 2. Execução do Projeto: planejamento, gerenciamento de riscos, realização do projeto, controle do projeto, conclusão do projeto. 3. Planejamento e controle do projeto: definição dos produtos, estrutura do projeto (WBS), matriz de responsabilidades, definição de atividades. 4. Cronograma: estimativa de duração das atividades data de início e de conclusão do projeto, redes de atividades (CPM, PERT). 5. Controle do cronograma. 6. Gerenciamento de risco. 7. Software de Gestão de Projeto. 8. Projetos e Processos.

### **Bibliografia**

LESTER, A., *Project Planning and Control*, Oxford, Elsevier, 2003.

SALVENDY, G. (editor), *Handbook of Industrial Engineering*, New York, John Wiley, 2001.

CHARVAT, J., *Project Management Methodologies: Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects*, New York, John Wiley, 2003.

Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, Philadelphia, Project Management Institute, 2004. (ISBN 193069945X).

GIDO, J., CLEMENTS, J.P., *Gestão de Projetos*, São Paulo, Thomson Learning, 2007. (ISBN 978-85-221-0555-7).

JURAN, J.M., GRZYNA, F.M., BINGHAM, R.S. (editores), *Quality Control Handbook*, New York, McGraw-Hill, 1979.

GAITHER, N., FRAZIER, G., *Administração da Produção e Operações*, Thomson Learning, 2002.

FUSCO, J.P.A., SACOMANO, J.B., BARBOSA, F.A., AZZOLINI JR., W., *Administração de Operações*, São Paulo, Arte & Ciência, 2003.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION, *BS 6079, Part 1, Guide to Project Management*, BSI (2002).

<b>CSE-300-4</b>	<b>Métodos e Processos na Área Espacial</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

1. Análise dos tópicos de processo, contínuo e intermitente. 2. Engenharia do processo: objetivo do processo, descrição das atividades, análise de valor das atividades, otimização das atividades, seqüência ótima. Gráfico das atividades e gráfico H-H, fluxograma do processo. 3. Estudo de tempo das atividades, análise estatística das atividades. 4. Balanço material e energético,

enriquecimento do trabalho. 5. Aspectos ergonômicos e ambientais. 6. Seleção e dimensionamento de equipamentos, confiabilidade. 7. Estudos econômicos do processo e comparação entre alternativas. 8. Estudo de casos.

### **Bibliografia**

WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. (editors). Reducing Space Mission Cost, Space Technology Library, Dordrech, Kluwer, 1999. (ISBN 1-881883- 05-1)  
PISACANE, V. L.; MOORE, R. C. (editors). Fundamentals of Space Systems, New York, Oxford University Press, 1994. (ISBN 0-19- 507497-1)  
HAX, A.; CANDEA, D., Production and inventory management, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.  
SCHOMBERGER, R.; KNOD, E., Operations management, 3rd Ed., Business Publications, Plano, TX, 1988.

<b>CSE-316-4</b>	<b>Garantia do Produto de Sistemas Espaciais I</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Noções gerais da Garantia do Produto: qualidade, histórico, desdobramento do Controle da Qualidade e do Gerenciamento da Qualidade Total (Juran, Crosby, Taguchi) e Sistema de Gestão da Qualidade Aeroespacial. Política das Agências Espaciais (NASA, ESA, CNES). Política das indústrias em geral (ISO 9000, AS 9100). Função da Garantia do Produto nos projetos, ligações com outras entidades (i.e. engenharia, gerenciamento da configuração). Fundamentos matemáticos para Garantia do Produto: estatística, aplicação em CEP (Controle Estatístico de Processo); - probabilidades, aplicação em Predição de Confiabilidade e Manutenibilidade. Teste de Confiabilidade e aplicação da lei de Weibull. Gráfico de Markov, redes de Petri. Demonstração de Confiabilidade, teste de Bayes. Técnicas da Garantia do Produto - Análises de Confiabilidade (FMEA, FMECA, pior caso). Teste de Confiabilidade: ESS (*Environmental Stress Screening*). Avaliações e auditorias.

### **Bibliografia**

CARLSEN, R.; ANN, J.; GERBER, J. F. Manual of Quality Assurance Procedures and Forms. McHugh Prentice-Hall Inc., 1981.  
ANDERSON, R. T. Reliability Handbook. IIT Research Institute, 1976.  
BARÇANTE, L. C. Qualidade Total: uma visão brasileira, o impacto estratégico na universidade e na empresa. Campus, Rio de Janeiro, 1998.  
BARROS, C. D. C. Qualidade & participação: o caminho para o êxito. Editora Nobel, São Paulo, 1991.  
D'ANGELO, F. Padrões normativos para sistemas da qualidade. In: Amato Neto, J. (Org.). Manufatura classe mundial – conceitos, estratégias e aplicações. São Paulo: Atlas, 2001.  
DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-STD-109C: quality assurance terms and definitions. Washington, 1994.  
ISHIKAWA, K. TQC - Total quality control: estratégia e administração da qualidade. IMC, São Paulo, 1986.  
JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. Juran's quality control handbook. McGraw-Hill, New York, 1988.

- MARANHÃO M. ISO série 9000: manual de implementação: versão 2000. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.
- MELLO, C. H. P. et al. Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços. Ed. Atlas, São Paulo, 2002.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Recommended aerospace quality clauses. Washington, 2005. Disponível em: <[http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/quality/qa\\_clause/frameset.htm](http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/quality/qa_clause/frameset.htm)>. Acesso em: 9 jun. 2005.
- SAE AEROSPACE. Quality management system assessment. Washington D.C.: SAE, 2003. (SAE AS9101 Rev. B).
- SAE AEROSPACE. Quality management systems-aerospace-requirements. Washington D.C.: SAE, 2004. (SAE AS 9100 Rev. B).
- SAE AEROSPACE. Requirements for certification/registration of aerospace quality management systems. Washington D.C.: SAE, 2003. (SAE AIR 5359 Rev. B).
- NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade; requisitos. Rio de Janeiro, 2000a.
- NBR ISO 9000: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2000b.
- NBR ISO 9004: sistemas de gestão da qualidade; diretrizes para melhorias de desempenho. Rio de Janeiro, 2000c.
- NBR 15100: sistema da qualidade; aeroespacial; modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados. Rio de Janeiro, 2004.
- NBR ISO 8402: gestão da qualidade e garantia da qualidade; terminologia. Rio de Janeiro, 1994.
- NBR ISO 19011: diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental. Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT ISO/IEC GUIA 62: requisitos gerais para organismos que operam avaliação e certificação/registo de sistemas da qualidade. Rio de Janeiro, 1997.

<b>CSE-329-4</b>	<b>Sistemas e Conceitos em Operação de Satélites</b>
------------------	--

Eletiva

Pré-requisito: não há

Carga horária: 60 horas

Descrição geral de sistemas que apóiam a operação de satélites em órbita: centro de controle, estações terrenas, centros de missões, rede de comunicação de dados e protocolos padrões existentes. Arquitetura de referência para sistemas de dados espaciais. Atividades de um centro de controle: determinação de órbita e atitude, manobras do satélite, previsão de passagens, planejamento de operações, análise de telemetrias e transmissão de telecomandos, procedimentos operacionais, controle e monitoração de estações terrenas, uso de simuladores operacionais. Conceitos relacionados a estações terrenas: transmissão e recepção de dados de um satélite em radio frequência, métodos de rastreo: medidas de distância (ranging), medidas de velocidade (range-rate), tempo e frequência, tipos de estações: TT&C e recepção de imagens, configurações para atender serviços de transmissão e recepção de diferentes cargas úteis. Atividades de Centros de Missões (Payload Control Center/Mission Exploration Center): controle de cargas úteis, armazenamento e disseminação dos dados fim da missão, aplicações para os usuários.

**Bibliografia:**

- Wiley J. Larson and James R Wertz. Space Mission Analysis and Design. Space Technology Series. Microcosm, Inc. 3<sup>rd</sup>. Edition 1999.
- ECSS-E-ST-70C. ECSS Space Engineering – Ground systems and operations. July, 2008.

ECSS-E-70-41-A. ECSS Space Engineering – Ground systems and operations – Telemetry and telecommand packet utilization. January, 2003.

CCSDS- 311.0-M-1. Reference Architecture for Space Data Systems. Recommended Practice. September 2008.

<b>CSE-342-4</b>	<b>Introdução aos Efeitos de Radiação Espacial em Satélites</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga Horária:* 60 horas

Conceitos básicos de Radiação Espacial, fontes, ambiente, modelos. Efeitos do ambiente de radiação em materiais, sistemas eletroeletrônicos e seres humanos. Introdução às ferramentas de simulação dos efeitos do ambiente espacial. Noções de estruturas de alertas de eventos solares e cósmicos. Características de instalações de teste de radiação e planejamento de testes em solo. Garantia de resistência à radiação de sistemas espaciais e seleção de componentes. Introdução à Sistema Monitor de Ambiente Espacial e técnicas de dosimetria em solo.

**Bibliografia:**

ESA PSS-01-609 Issue 1 - The Radiation Design Handbook

Claeys C., Simoen E. Radiation Effects in Advanced Semiconductor Materials and Devices – Springer

Vainio R., et al Dynamics of the Earth's Particle Radiation Environment – Springer-2005

Adams J.H. et al Cosmic Ray Effects on Microelectronics – NRL – US Navy

ESCC Basic Specification No. 22900 - TOTAL DOSE STEADY-STATE IRRADIATION

ESCC Basic Specification No. 25100 - single event effects test method and guidelines

ECSS-Q-ST-60-15C - Radiation Hardness Assurance - EEE components

MIL-STD-883G - Test Method Standard Microcircuits

ECSS-E-ST-10-12C: Methods for the calculation of radiation received and its effects, and a policy for design margins

ECSS-E-ST-10-04: European Normative Specification for Space Environment

<b>CSE-343-4</b>	<b>Gestão Transdisciplinar de Processos Aplicada à Engenharia de Sistemas</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Requisitos:* Não há

*Carga Horária:* 60 horas

Fundamentos: Modelos de Referência; Ciclo de Vida de Modelos de Processos; Ciência e Tecnologia Transdisciplinares de Processos (CT<sup>2</sup>P); Diagramas de Ciclo de Atividades (DCAs); Notação Transdisciplinar para a Gestão de Processos (NTGP). Definição do Problema: a Fase de Design do Ciclo de Vida da Engenharia de Sistemas (Baseado em SEBOK/INCOSE, NASA/ECSS); Modelos de Referência criados com ambas especificações; O Framework CT<sup>2</sup>P aplicado Fase de Design do Ciclo de Vida da Engenharia de Sistemas; Modelagem Conceitual (Elicitação, Modelo IDEF0, Modelo NTGP); Modelo de Desenvolvimento; Projeto de Experimentos; Execução e Análise; Avaliação Global; Revisão Holística. Apresentação do Projeto Final pelos grupos de alunos. Observações: a avaliação do curso é feita com base num projeto de curso desenvolvido em três fases: Fase 1: Definição do Problema e Modelagem Conceitual; Fase 2: Desenvolvimento do Projeto, Planejamento e Projeto de Experimentos,



Execução e Análise de Resultados; Fase 3: Consolidação dos Resultados. Relatório Final e Apresentação pelos grupos.

### **Bibliografia**

BPM & Workflow Handbook. Future Strategies, Inc. 2007. ISBN 0- 9777527-0-4 CACI.

*Simprocess User´s Manual - Release 5*. CACI, INC.-FEDERAL, 2015.

KIENBAUM, G. S. A Framework for Process Science and Technology and its Application to Systems Concurrent Engineering. Technical Report, Loughborough University, Loughborough. 2014.

KIENBAUM, G. S. A Framework for Process Science and Technology and its Applications to Systems Engineering. In: ISPE International Conference on Concurrent Engineering – CE2012, 19., 2012, Trier, DE. Proceedings... Tier, 2012. International Council On Systems Engineering (INCOSE). *About INCOSE, 2013*. [Online]. Available from:

[http://sebokwiki.org/wiki/Guide\\_to\\_the\\_Systems\\_Engineering\\_Body\\_of\\_Knowledge](http://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge)

(SEBoK).2014.03.13PIDD, M. "Computer Simulation in Management Science". John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1992, 3rd Edition.PYSTER, A. AND OLWELL, D. (EDS). 2013. *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*, v. 1.2. Hoboken, NJ: The Trustees of the Stevens Institute of Technology. [Online]. Available from: <http://www.sebokwiki.org>. 2014.11.13

Artigos de Periódicos, Anais de Conferências e material obtido em sites da Web com conteúdos relacionados com Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos, Engenharia/Re-engenharia de Processos, Gerência de Projetos, Gestão de Processos de Negócios e Simulação de Sistemas

<b>CSE-4XX-4</b>	<b>Dependabilidade em Sistemas Computacionais de Aplicação Espacial</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução à dependabilidade computacional: terminologia e conceitos relacionados; os sistemas críticos, nossa dependência dos computadores e a confiança neles depositada; impacto em segurança (safety), e relatos de acidentes e incidentes; requisitos de dependabilidade, atributos de dependabilidade, princípios fundamentais, análises (FTA, FMECA, CCA, HazOp) e assessment. Escopo da dependabilidade: nível de sistema, software e hardware, e seus impactos; a degradação do hardware e seu impacto no software; o erro de design e seu impacto no sistema; os tipos de falha e seus tratamentos; arquiteturas redundantes, dissimilares, ou de múltiplas versões. A dependabilidade de software: a complexidade inerente do software, o ciclo de vida, a verificação e validação, os métodos formais e os métodos baseados em modelos; lidando com as falhas (faults) por construção, prevenção, detecção, eliminação, tolerância e previsão; análises de dependabilidade e safety aplicadas a software (SFTA, SFMECA, SCCA). Dependabilidade computacional nos sistemas espaciais: o papel dos sistemas computacionais nas missões espaciais; segmento solo, sistemas embarcados, comunicação solo-bordo; confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e safety (RAMS) e potenciais impactos nas missões espaciais; as normas da ECSS relacionadas à dependabilidade; estudo de casos. Tópicos especiais de dependabilidade: as semelhanças e diferenças entre domínio espacial e aeronáutico; a dependabilidade dos dispositivos lógico-programáveis por microcódigos (FPGA, ASIC, PLD); a segurança cibernética e a inteligência artificial nos sistemas críticos.

### **Bibliografia:**



- KNIGHT, J. Fundamentals of Dependable Computing for Software Engineers. Chapman & Hall, 2012
- LAPRIE, J.C., Dependability: Basic Concepts and Terminology. Springer-Verlag, 1992.
- LEVESON, N.G. Safeware - System Safety and Computers. Addison-Wesley, 1995.
- STOREY, N. Safety-Critical Computer Systems. Addison-Wesley, 1996.
- VAN HARDEVELD, T. AND KIANG, D. Practical Application of Dependability Engineering: An Effective Approach to Managing Dependability in Technological and Evolving Systems. ASME Press, 2012.
- WILER J. LARSON AND JAMES R WERTZ. Space Mission Analysis and Design. Space Technology Series. Microcosm, Inc. 3rd. Edition 1999.
- LEVESON, N.G. The Role of Software in Spacecraft Accidents. In: AIAA Journal of Spacecraft and Rockets, 2004.
- LEVESON, N.G AND WEISS, K.A., Safety Design for Space Systems, Chapter 15: Software System Safety, Butterworth-Heinemann, 2009.
- EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION, ECSS-Q-HB-80-03A: Space Product Assurance – Software Dependability and Safety, 2012.
- ECSS-Q-ST-30C: Space Product Assurance – Dependability, 2009.
- ECSS-Q-ST-40C Space Product Assurance – Safety, 2009.
- ECSS-Q-ST-80C: Space Product Assurance – Software Product Assurance, 2009.
- ECSS-E-ST-40C: Space Engineering – Software, 2009.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, NASA-STD-8739.8, Software Assurance Standard.
- NASA-GB-8719.13, Software Safety Guidebook. NASA, 2004.
- NASA-STD-8719.13B Change 1, Software Safety Standard. NASA, 2004.

### **3º PERÍODO LETIVO E SEQUINTE**

<b>CSE-209-4</b>	<b>Conceitos e Práticas de Verificação e Validação de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Conceitos de verificação e validação (V&V). Processo de V&V. Filosofia de modelos. Estratégia de V&V. Seleção de Métodos, Níveis e Estágios de V&V. Matriz de V&V. Plano de V&V. Especificações, Procedimentos e Relatórios de V&V. Execução e Controle de V&V. Ferramentas e Documentação de V&V. Práticas de V&V no nível de sistema, subsistema, equipamentos e software. Verificação de Software em aplicações espaciais. Técnicas de modelagem para sistemas críticos (Tabela de decisão, Tabela de transição de estados). Teste baseado em modelos. Metodologias de análise e teste baseadas em modelo. Técnicas e critérios para avaliação de conjunto de testes. Simulações para Análise e Verificação de missões espaciais.

#### **Bibliografia**

- JENS EICKHOFF . Simulating Spacecraft Systems. Spring Aerospace Technology. Springer, Heidelberg, 2009.
- WIERINGA, R. J. Design Methods for Reactive Systems: Yourdon, Statemate, and the UML. 2003. ISBN: 1-55860-755-2.

SP-2007-6105-Rev1: NASA system engineering handbook. National Aeronautics and Space Administration. NASA Headquarters. Washington, D.C. December, 2007

ECSS-E-10 Part 1B. SE System engineering — Part 1: Requirements and process. November, 2004. (ECSS-E-10A. ECSS Space Engineering - System Engineering. April, 1996.)

ECSS-E-ST-10-02C. ECSS Space Engineering – Verification. March, 2009.

ECSS-E-ST-10-03A. ECSS Space Engineering – Testing. February, 2009.

ECSS-E-ST-40C. ECSS Space Engineering – Software. March, 2009. ( ECSS-E-40 A. ECSS Space Engineering – Software. April, 1999.)

ECSS-E-ST-40 Part 1B. ECSS Space Engineering – Software – Part1: Principles and requirements. November, 2003.

ECSS-E-ST-40 Part 2B. ECSS Space Engineering – Software – Part2: Document requirements definitions (DRDs). March, 2005.

ECSS-Q-80B. ECSS Space Product Assurance – product assurance. October, 2003.

ECSS-E-TM-10-21A. ECSS Space Engineering – Simulation modeling and simulation. April 2010.

EICKHOFF, J.; FALKE, A.; RÖSER, H. P. Model-based design and verification – State of the art from Galileo constellation down to small university satellites. Acta Astronautica 61 (2007), p. 383-390.

AMBROSIO, A.M. CoFI – uma abordagem combinando teste de conformidade e injeção de falhas para validação de software em aplicações espaciais. Tese de doutorado, INPE, São José dos Campos, 2005.

<b>CSE-210-4</b>	<b>Processo de Desenvolvimento de Missões Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CSE-200-4

*Carga horária:* 60 horas

Modelos de desenvolvimento. Fases de desenvolvimento pela ECSS (objetivos, atividades, documentos resultantes, entradas e saídas, esforço e duração, aplicação das fases aos subníveis). Revisões de projeto no padrão da ECSS (objetivos, organização, documentos de entrada, status). Organizações envolvidas na área espacial no Brasil. Organização de projetos (estrutura matricial mínima, estrutura funcional, atribuições, produtos e núcleos de competência). Atividades gerais de projeto (planejamento, capacitação, normalização, desenvolvimento tecnológico, etc.). Interação do projeto com a organização da estrutura funcional (modalidades de alocação de pessoal, serviços solicitados às unidades, responsabilidades e produtos de entrada e saída). Atividades de engenharia de sistema e integração com outras atividades (gerenciamento, operação, AIT, garantia do produto). Balanços e a política de margens. Demonstração da viabilidade técnica e estudos comparativos. Demonstração da viabilidade programática, as estimativas de custos nas fases iniciais e a análise de risco. Atividades de AIT (sequência de teste e integração, processo de execução de testes, documentos prévios e posteriores). Avaliação das tecnologias a serem utilizadas e padrão de referencia. Conceitos de garantia do produto, de gestão da configuração e de gerenciamento do projeto. Cálculos de confiabilidade adotados nos projetos. Documentação Técnica para projetos espaciais. Plano de desenvolvimento no INPE e na ECSS. Uso de modelos físicos e virtuais para verificação. Plano de gerenciamento (descrição detalhada e pacotes de trabalho). Gestão de configuração. Software aplicativos de apoio em: fase de definição da missão, controle de requisitos, gestão de documentos e o projeto de subsistemas.

**Bibliografia**

- INCOSE, Systems Engineering Handbook, version 3.2 January 2010.
- ECSS, European Cooperation for Space Standardization (ECSS) – Padrões das famílias M (Gerenciamento), E (Engenharia) e Q (Qualidade), Abril/2014.
- NASA, SP-2007-6105-Rev1: NASA system engineering handbook. National Aeronautics and Space Administration. NASA Headquarters. Washington, D.C. December, 2007
- NASA, System Engineering Processes and Requirements, March, 2007.
- ETE, Planos de Desenvolvimento da MECB e CBERS, INPE, 2014.
- ETE, Planos de Gerenciamento da MECB e CBERS, INPE, 2014.
- DoD, System Engineering Fundamentals – January, 2001.
- Wertz, J. R., Everett, D. F., Puschell, J. J., Space Mission Engineering: The New SMAD, Microcosm Press, Hawthorne, Calif., July, 2011.
- Wertz, J. R. And Larson, W. J., Space Mission Analysis and Design, 3ed., 1999.
- Wertz, J. R. And Larson, W., Reducing Space Cost, 1996.

<b>CSE-304-4</b>	<b>Simulação de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CSE-202-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Introdução aos simuladores e à simulação. Origens e breve história dos simuladores e da simulação. Noções e Tipos de simuladores: concretos (usando maquetes, protótipos, modelos em escala, simuladores físicos, etc.) ou abstratos (usando modelos lógicos, modelos físicos, modelos matemáticos, simuladores computacionais, etc.); estáticos ou dinâmicos; em tempo/evento contínuo ou discreto; com grandezas ou sinais lógicos, analógicos, discretos ou digitais; etc. Noções de simulação. O compromisso básico da simulação: transparência x fidelidade. Graus de realismo e de transparência. Erros de simulação. Arquiteturas de simulação: localizada, distribuída, HLA, etc. Métodos de simulação. Simulações física, computacional e mista. Caracterização, modelagem e calibração de simuladores físicos. Ambientes e linguagens de simulação computacional. Computação lógica, analógica ou digital. Ambientes e linguagens computacionais correspondentes (CACSD). Características essenciais ou desejáveis. Operação em tempos virtual ou real; em batelada ou iterativa; interfaces amigáveis ou visuais; orientação a objetos, conversão de linguagens; geração de códigos, etc. Interação de simuladores físicos e computacionais. Operação *stand-alone*, com processador na malha, com hardware na malha, etc. Verificação, validação e certificação de simuladores e simulações. Estudo de casos.

**Bibliografia**

- RAINEY, L. B. (ed.), DAVIES, P. K. (fwd.). Space Modeling And Simulation: Roles And Applications Throughout The System Life Cycle. AIAA, Washington DC., 2004
- ARPASI, D. J., BLECH, R. A. Applications and Requirements for Real-Time Simulators in Ground-Test Facilities. Washington D.C., NASA, 1986 (NASA TP 2672).
- KAYLOR, J. T., ROWELL, L. F., POWELL, R. W., A Real-Time Digital Computer Program for the Simulation of Automatic Spacecraft Reentries. Washington D.C., NASA, 1977 (NASA TM X-3496).
- GRANTHAM, C., WILL, R. A Real-Time Space-Station Dynamics and Control System Simulation. Washington D.C., NASA, 1971. (NASA TND-6449).
- ROSKO, J. S. Digital Simulation of Physical Systems. . Reading, MA, USA, Addison Wesley Pub. Co., 1972.

- SHANNON, R. Systems Simulation: The Art and Science. Prentice-Hall, 1975.
- BENNET, B. S. Simulation Fundamentals. Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice-Hall, 1995.
- BANKS, J.(ed.) Handbook of Simulation. New York, NY, John Wiley & Sons, Inc./EMP Books, 1998.
- GOLDBERG, A., RUBIN, K. .S. Succeeding with Objects. Reading, MA, USA, Addison Wesley Pub. Co., 1995.
- LINKENS, D. A. (ed.) CAD for Control Systems. New York, NY, USA, Marcel Dekker, Inc., 1993.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. HLA Rules. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.

<b>CSE-305-4</b>	<b>Redundância e Tolerância a Falhas em Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CSE-203-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

1) Introdução á Prevenção, Correção e Tolerância de Falhas. Noções e tipos de falhas em sistemas espaciais. 2) Conceitos básicos: redundâncias física e analítica, resíduos e geração de resíduos; falso alarme, perda de alarme; detecção, diagnóstico, isolamento, identificação de falhas; reconfiguração do sistema, cobertura (total ou parcial) de falhas; emissão de alarmes, registros, estatísticas, etc. 3) Tipos dos resíduos e suas propriedades (temporais, freqüenciais, direcionais, estatísticas, etc.) sem/com incertezas no modelo. 4) Fundamentos de estimação de parâmetros e sua relação com os conceitos de redundância analítica. 5) Geração de resíduos por redundância física ou analítica, etc. Implementação de geradores de resíduos por equações de paridade, para resíduos estruturados, direcionais, ou para falhas paramétricas. 6) Robustez na geração de resíduos às incertezas no ambiente ou no modelo. 7) Detecção por testes (em batelada, seqüenciais, determinísticos, probabilísticos, pior caso, etc.) de hipóteses (decisão, indecisão, falso alarme, perda de alarme, etc.) sobre as propriedades dos resíduos sem/com incertezas no ambiente ou no modelo. 8) Diagnóstico/isolamento/identificação por testes de hipóteses sobre as propriedades dos resíduos sem/com incertezas no ambiente ou no modelo. 9) Diagnóstico de falhas aditivas por identificação de modelos; e de falhas multiplicativas por estimação de parâmetros; 10) Reconfiguração/cobertura das falhas, lógica de comutação, modos degradados/de emergência, índices de desempenho, etc. 11) Ambientes para a construção de modelos de tolerância a falhas. Características essenciais ou desejáveis. 12) Verificação, validação e certificação de controles tolerantes a falhas. Estudo de casos (controles tolerantes a falhas de veículos aeroespaciais, robôs, processos nucleares e industriais, etc).

### **Bibliografia**

- GERTLER, J.J. Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems. New York, NY, USA, Marcel Deckker, Inc., 1998.
- PATTON, R., FRANK, P.M. & CLARK, R.N. (eds.) Fault Diagnosis in Dynamic Systems. London, UK, Prentice-Hall, 1989.
- PATTON, R., FRANK, P.M. & CLARK, R.N. (eds.) Issues in Fault Diagnosis in Dynamic Systems. , UK, Springer-Verlag, 2000

<b>CSE-309-4</b>	<b>Processo de Desenvolvimento de Software</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré- Requisito:* não há

*Carga Horária:* 60 h

Unidade 1- Escopo do desenvolvimento de sistemas de software: sistemas de software, os desafios do desenvolvimento de software, o contexto organizacional do desenvolvimento de software (recursos, tecnologias e pessoas), ciclo de vida do software, qualidade e produtividade no desenvolvimento de software. Unidade 2 - O paradigma de desenvolvimento de software orientado a objetos: evolução histórica da orientação a objetos, vantagens da orientação a objetos, as bases da orientação a objetos, princípios para administrar complexidade, conceitos da orientação a objetos, sistemas de software orientados a objetos. Unidade 3 - Desenvolvimento de sistemas de software orientado a objetos: definição do problema, estudo de viabilidade, modelagem do sistema de software orientado a objeto, princípios de modelagem, conceito de modelos, características de um bom modelo, os níveis de abstração de um sistema de software e seus modelos. Unidade 4 - Linguagem de modelagem unificada (UML): estratégias e padrões para construção de modelos, processo de modelagem através da UML, modelagem descritiva, modelagem conceitual, modelagem ambiental, modelagem comportamental, modelagem operacional, modelagem implementacional, modelagem da implantação, diagrama de atividades, diagrama de casos de uso. Unidade 5 – Rational Unified Process: Estudar as fases do processo; Iterações em cada fase; Ferramentas da UML aplicadas em cada fase; Artefatos gerados em cada fase. Unidade 6 - Design patterns: Identificar problemas comuns em engenharia de software e utilizar soluções testadas e bem documentadas; Estudar os padrões de projeto proposto por Gamma; classificação e relacionamento entre eles; aplicações práticas na área de software para controle de satélites.

### **Bibliografia**

- BOOCH, G; RUMAUGH, J; JACOBSON, I. UML Guia do Usuário, Rio de Janeiro; Editora Campus, 2000. 472p.
- COAD, P.; NORTH, D.; MAYFIELD, M. Object Models Strategies, Patterns, & Applications, Yourdon Press, Prentice Hall, 1995.
- PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software, São Paulo; McGraw-Hill, 1995. 1056p.
- CORDEIRO J. C. Gerenciando Projetos de Desenvolvimento de Software com PMI, RUP e UML. Editora BRASPORT. 2004
- BOGGS, W.; BOGGS, M. UML com Rational Rose 2002. Editora Altabooks. 2002
- BEZERRA E. Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML. Editora : CAMPUS 2002
- ERIKSSON, H-E; PENKER, M. UML Toolkit, John Wiley, 1997.
- GAMMA ERICH et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software. Addison-Wesley, 1995. Adapter, Facade, Bridge & Composite. Referência com exemplos em C++ e Smalltalk.
- COPLIEN, J. O. "Software Patterns". New York, NY (USA): SIGS Books, 1996.

<b>CSE-314-4</b>	<b>Planejamento e Gestão da Qualidade</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas



O atual paradigma da qualidade. Modelos de gestão da qualidade total aplicados na manufatura. A qualidade total e a estratégia da empresa. Integração dos planos e sistemas da qualidade às estratégias de negócio. Gerenciamento por processo. Definição dos processos críticos baseados na missão da empresa. Técnicas de melhoria do processo. Definição e melhoria de fluxos administrativos. A qualidade no projeto. Desenvolvimento do planejamento da qualidade e plano de controle no projeto do produto. Gerenciamento pelas diretrizes. Desdobramento da política da qualidade QFD. Metodologias para a melhoria do processo. Metodologia de solução de problemas. As sete ferramentas básicas da qualidade. Kaizen. 5S. Gerenciamento da rotina diária. As sete ferramentas gerenciais da qualidade. Gestão de pessoas para a qualidade. Motivação. Comprometimento. O conceito seis sigma: A metodologia DMAIC. Avaliação e desenvolvimento de fornecedores. O conceito *Comakership* para redes de suprimento. Qualidade em serviços. Definição das dimensões da qualidade em serviços. Análise do ciclo de serviço como ferramenta para a melhoria da qualidade. *Benchmarking*.

### **Bibliografia**

SLACK, N. Vantagem Competitiva em Manufatura. Editora Atlas, Rio de Janeiro, 2002.  
SENGE, P. M. A Quinta Disciplina. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 1993.  
SPENDOLINI M. Perspectivas Gerências do QFD. Benchmarking Makron Books, 1992.  
HAMMER, M.; CHAMPY, J. Planejando para a Qualidade Pioneira. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1988.  
Artigos de revistas especializadas.

<b>CSE-317-4</b>	<b>Garantia do Produto de Sistemas Espaciais II</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CSE-316-4 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Plano da Garantia do Produto do *Prime Contractor*. Requisitos de Garantia do Produto do *Prime Contractor*.. Apresentação dos Requisitos Gerais da Garantia do Produto, regras para estudos de Segurança e Confiabilidade, regras para estudos de Manutenção e de Manutenibilidade. Regras para estudos de Garantia e Controle da Qualidade, seleção e especificação de suprimento para componentes EEE & M, Requisitos e regras para materiais, processos e componentes mecânicos, Especificação geral de limpeza, Garantia da Qualidade aplicável ao desenvolvimento software de bordo e de suporte de solo. Metrologia. Noções de Garantia de Missão e Segurança.

### **Bibliografia**

CARLSEN, R.; ANN, J.; GERBER, J. F. Manual of Quality Assurance Procedures and Forms. McHugh Prentice-Hall Inc., 1981.  
ANDERSON, R. T. Reliability Handbook. IIT Research Institute, 1976.  
BARÇANTE, L. C. Qualidade Total: uma visão brasileira, o impacto estratégico na universidade e na empresa. Campus, Rio de Janeiro, 1998.  
BARROS, C. D. C. Qualidade & participação: o caminho para o êxito. Editora Nobel, São Paulo, 1991.  
D'ANGELO, F. Padrões normativos para sistemas da qualidade. In: Amato Neto, J. (Org.). Manufatura classe mundial – conceitos, estratégias e aplicações. São Paulo: Atlas, 2001.  
DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-STD-109C: quality assurance terms and definitions. Washington, 1994.

- ISHIKAWA, K. TQC - Total quality control: estratégica e administração da qualidade. IMC, São Paulo, 1986.
- JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. Juran's quality control handbook. McGraw-Hill, New York, 1988.
- MARANHÃO M. ISO série 9000: manual de implementação: versão 2000. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.
- MELLO, C. H. P. et al. Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços. Ed. Atlas, São Paulo, 2002.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Recommended aerospace quality clauses. Washington, 2005. Disponível em: <[http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/quality/qa\\_clause/frameset.htm](http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/quality/qa_clause/frameset.htm)>. Acesso em: 9 jun 2005.
- SAE AEROSPACE. Quality management system assessment. Washington D.C.: SAE, 2003. (SAE AS9101 Rev. B).
- SAE AEROSPACE. Quality management systems-aerospace-requirements. Washington D.C.: SAE, 2004. (SAE AS 9100 Rev. B).
- SAE AEROSPACE. Requirements for certification/registration of aerospace quality management systems. Washington D.C.: SAE, 2003. (SAE AIR 5359 Rev. B).
- NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade; requisitos. Rio de Janeiro, 2000a.
- NBR ISO 9000: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2000b.
- NBR ISO 9004: sistemas de gestão da qualidade; diretrizes para melhorias de desempenho. Rio de Janeiro, 2000c.
- NBR 15100: sistema da qualidade; aeroespacial; modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados. Rio de Janeiro, 2004.
- NBR ISO 8402: gestão da qualidade e garantia da qualidade; terminologia. Rio de Janeiro, 1994.
- NBR ISO 19011: diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental. Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT ISO/IEC GUIA 62: requisitos gerais para organismos que operam avaliação e certificação/registo de sistemas da qualidade. Rio de Janeiro, 1997.

<b>CSE-319-4</b>	<b>Seminários em Engenharia de Sistemas Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Temas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico na área de Engenharia de Sistemas Espaciais, ministrados na forma de seminários.

<b>CSE-320-4</b>	<b>Seminários em Sistemas de Bordo para Missões Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Temas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico na área de Sistemas de Bordo para Missões Espaciais, ministrados na forma de seminários.



<b>CSE-321-4</b>	<b>Seminários em Sistemas de Solo para Missões Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Temas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico na área de Sistemas de Solo para Missões Espaciais, ministrados na forma de seminários.

<b>CSE-322-4</b>	<b>Seminários em Garantias de Missão e de Produto Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Temas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico na área de Garantias de Missão e de Produto Espaciais, ministrados na forma de seminários.

<b>CSE-323-4</b>	<b>Seminários em Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Temas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico na área de Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais, ministrados na forma de seminários.

<b>CSE-328-4</b>	<b>Engenharia da Qualidade de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução. Custos da qualidade. Conceitos de qualidade. Ferramentas básicas de solução de problemas. Qualidade em projeto: QFD e fundamentos de confiabilidade projeto de parâmetros, projeto de tolerâncias, projeto de experimentos, FMEA, engenharia simultânea, projeto de processos. Controle estatístico da qualidade na produção: cartas de controle, capacidade de processos. Metrologia. Qualidade em compras: amostragem estatística para aceitação.

**Bibliografia:**

JURAN, J. M.E GRYNA, F. Quality analysis and planning. MacGraw Hill, New York, 1993.

KRISHNAMOORTHY, K. S. Quality engineering. Pearson Education, Inc. Londres. 2006. ISBN: 0-13-147201-1

MONTGOMERY, D. C. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, New York, 1990.

TAGUCHI, G.; ELSAYED, E.; HSIANG, T. Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção. McGraw-Hill, new York, 1991.

<b>CSE-332-4</b>	<b>Integração, Verificação, Validação e Aceitação de Sistemas Espaciais em Tempos Virtual ou Real</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisitos:*

*Carga horária:* 60 horas

1) Introdução à integração, verificação, validação e aceitação (IVVA) de sistemas espaciais (SW e HW), sobretudo sistemas de controle que operem em tempos virtual ou real (TV ou TR). 2) Contexto Geral e Específico: Origens e breve história. A evolução das necessidades e das normas. 3) Conceitos Básicos de: requisitos, especificações, previsibilidade, confiabilidade, segurança, ("safety" e "security"), prevenção ou tolerância a falhas, testabilidade, usabilidade, reusabilidade, manutenção, conectividade, portabilidade, simultaneidade, etc.; integração, verificação, validação, aceitação, certificação, tempo virtual, tempo real, etc. 4) Linguagens e Ambientes: textuais/visuais, informais/formais, etc. que viabilizem a especificação e obtenção de módulos ou componentes. Exemplos destes. 5) Arquiteturas e Métricas: para aplicações em tempo real ("soft", "firm", "hard") e em vários níveis de criticalidade ("operation critical", "mission critical", "vehicle critical", "safety-critical", "life-critical", etc.). 6) Métodos e Técnicas: exaustivos, amostrados, teóricos, por modelos, por simulação, experimentais, etc. 7) Ciclos e Revisões (conceitual, preliminar, crítica, etc.), documentações e controles de projeto. 8) Desenvolvimento Baseado em Modelos: Conceitos Básicos; 9) Idem: Linguagens e Ambientes. 10) Idem: Processos, IVVA. 11) Normas Gerais e Específicas: fontes, natureza, níveis e objeto das normas do DoD/DMSO, NASA, FAA, JAA, IEEE, CCITT, CTA, SAE, etc. 12) Estudo de casos.

### **Bibliografia**

- STANKOVIC, J. A., RAMAMRITHAM, K. Hard Real-Time Systems. Los Alamitos, CA, IEEE Computer Society Press, 1988.
- HALANG, W. A., STOYENKO, A. D. Constructing Predictable Real-Time Systems. Boston, MA, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- PERRY, W. Effective Methods for Software Testing (2<sup>nd</sup>.ed.). New York, NY, John Wiley & Sons, Inc. 2000.
- KRISHNA, C.M., LEE, Y. H. (eds.) Special Issue on Real-Time Systems. Proceedings of the IEEE, Vol. 82, No.1, January 1994.
- SHIN, K. G., KRISHNA, C. M. Characterization of Real-Time Computers. Washington D.C., NASA, 1984 (NASA CR 3807).
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. HLA Rules. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. HLA Interface Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- MEDIN, A. L., DAHMANN, J. Object Model Template Specification. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 1999.
- DEPARTMENT OF DEFENSE. DoD VV&A Recommended Practice Guide. Washington D.C., Department of Defense, DMSO, 2000.
- GRADY, J.O. System Verification. Academic Press, Burlington, MA, 2007.
- HILDERMAN, V., BAGHAI, T. Avionics Certification. Avionics Certification Inc., Leesburg, VA, 2007.

<b>CSE-334-4</b>	<b>Seleção de Materiais para Aplicações Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* CSE-205-6 ou equivalente

*Carga horária:* 60 horas

Introdução a seleção de materiais e processos. Materiais e o ambiente espacial. Critérios de seleção de materiais para uso espacial. Seleção de materiais e projetos. Seleção de materiais e análise de falhas. Cartas de seleção de materiais. Fontes de dados: consultas e interpretações. Estudos de casos em seleção de materiais e processos para uso espacial.

### **Bibliografia**

- [ASHBY](#), M.F., *Materials Selection in Mechanical Design*. Butterworth-Heinemann, 3<sup>th</sup> edition, 2005.
- [ASHBY](#), M.F., [SHERCLIFF](#), H., [CEBON](#), D., *Materials - North American Edition, Second Edition: engineering, science, processing and design*. Butterworth-Heinemann, 2<sup>nd</sup> edition, 2009.
- [BUDINSKI](#), K.G., [BUDINSKI](#), M.K., *Engineering Materials: Properties and Selection*. Prentice Hall, 9<sup>th</sup> edition, 2009.
- CEBON, D., ASHBY, M.F., [Case Studies in Material Selection](#). Butterworth-Heinemann, 1<sup>st</sup> edition, 2011.
- [KLEIMAN](#), J.I. (Editor). *Protection of Materials and Structures from Space Environment: Proceedings of the 9th International Conference: Protection of Materials and Structures ... / Materials Physics and Applications*. American Institute of Physics, 1<sup>st</sup> edition, 2009.
- [PISACANE](#), V.I., *The Space Environment and Its Effects on Space Systems (Aiaa Education Series)*. American Institute of Aeronautics & Astronautics, 1<sup>st</sup> edition, 2008.
- CANTOR, B., ASSENDER, H., GRANT, P. (editors). *Aerospace Materials (Series in Material Science and Engineering)*. Taylor & Francis, 1st edition, 2002.
- FERRANTE, M. *Seleção de Materiais*. Editora da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, 2a edição, 2002.
- [CALLISTER](#), W.D., [RETHWISCH](#), D.G., [Materials Science and Engineering: An Introduction](#). Wiley, 9<sup>th</sup> edition, 2010.
- [SHACKELFORD](#), J.F., *Introduction to Materials Science for Engineers*. Prentice Hall, 7<sup>th</sup> edition, 2008.
- [BUDINSKI](#), K.G., [BUDINSKI](#), M.K., *Engineering Materials: Properties and Selection*. Prentice Hall, 9<sup>th</sup> edition, 2009.

<b>CSE-337-4</b>	<b>Otimização de Projeto Multidisciplinar</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* Não há

*Carga horária:* 60 horas

A Abordagem de Otimização de Projeto Multidisciplinar no Projeto de Sistemas Complexos em Engenharia; Conceitos de Otimização; Otimização Mono-objetivo; Métodos Mono-Objetivos Com e Sem Uso da Informação do Gradiente; Estratégias e Algoritmos Para Busca Global no Espaço de Projeto; Otimização Multi-objetivo; Métodos para Problemas Multi-Objetivos; Estratégias Para Otimização de Projeto Multidisciplinar; Otimização Multidisciplinar no Projeto de Sistemas Aeroespaciais.

**Bibliografia**

- COLLETTE Y. e SIARRY, P. Multiobjective Optimization, Principles and Case Studies. Springer-Verlag, ISBN 3-540-40182-2, 2003.
- DE WECK, OLIVIER, and KAREN WILLCOX. ESD.77 Multidisciplinary System Design Optimization, Spring 2010. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare). <http://ocw.mit.edu> (Acessado em 01 Jul, 2013). License: Creative Commons BY-NC-AS
- WERTZ, J.R. e LARSON, W.J. (Editores). Space Mission Analysis and Design. Terceira edição, Microcosm Publishing, ISBN 1-881883-10-8, 1999.
- VANDERPLAATS, G.N. Multidiscipline Design Optimization. Vanderplaats Research & Development, Inc. ISBN 0-944956-04-1, 2007.
- ARTIGOS diversos sobre metodologias de Otimização de Projeto Multidisciplinar e sua aplicação em sistemas complexos em engenharia.

<b>CSE-340-4</b>	<b>e-Infraestruturas para Ciência e Engenharia Concorrente</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisitos recomendáveis mas não obrigatórios:* CSE 201-4 - Introdução a Engenharia de Sistemas Espaciais e CSE 310-4 Engenharia de Software: Desenvolvimento e Gestão  
*Carga horária:* 60 horas

Conceitos básicos de e-Engineering e e-Science, O processo SMAD – Projeto e Análise de Missão Espacial, Projeto Conceitual de Sistemas, Engenharia Dirigida a Modelos, Modelagem de Sistemas em SysML (Linguagem de Modelagem de Sistemas), Ambientes para Engenharia Concorrente, Fundamentos de Orientação a Objetos, UML e Padrões. Automação de Processos e BPEL – Linguagem de Execução de Processos de Negócio, Introdução a arquitetura orientada a serviços (SOA) e serviços web. Padrões, protocolos e especificações. Semântica para Web Services. Principais tecnologias de Web Services: XML, WSDL, SOAP e UDDI. Frameworks, APIs e ferramentas de desenvolvimento SOA. Composição de serviços, mash-ups. Desenvolvimento de aplicações. Identificação e modelagem de serviços. Interoperabilidade em Web Services, especificações emergentes e ferramentas. Governança SOA e Métricas de Reuso. Infraestrutura SOA (ESB – Enterprise Service Bus, Diretórios e Repositórios etc.). Adoção nas empresas e tendências de mercado. Introdução a Web Semântica e Ontologias. Introdução a Computação em Nuvem (Cloud) e em Grade (Grid). Padrões e especificações. Aplicações, projetos e estudo de casos em e-Science e e-Engineering.

**Bibliografia**

- LARSON, W.J. AND WERTZ, J.R.. Space Mission Analysis and Design. Space Technology Series. Microcosm, Inc. 3rd. Edition 1999. Erl, T.; Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design, Prentice Hall, Hardcover, 2005.
- FRIEDENTHAL, S., MOORE, A., STEINER, R. Practical Guide to SysML – The Systems Modeling Language, Elsevier, 2008.
- DOS SANTOS, W. A. “A Collaborative Framework to Support Space Systems Engineering”, In: XII Chilean Congress on Electrical Engineering, Temuco, Chile, p.574 – 578, 1997.
- DOS SANTOS, W. A., LEONOR, B.B.F, STEPHANY, S. A Knowledge-Based and Model-Driven Requirements Engineering Approach to Conceptual Satellite Design, Lecture Notes on Computer Science, LNCS 5829-0487, 2009.
- ERL, T.; Service Oriented Architecture: A Field Guide to Integrating XML and Web Services, The Prentice Hall, 2004.

GOMES, D. A., Web Services SOAP em Java: Guia Prático para o Desenvolvimento de Web Services em Java, Novatec, 2010.  
POLLOCK, J. T., Web Semântica para Leigos, Alta Books, 2010.  
BRAUDE, E., Projeto de Software: da Programação à Arquitetura, uma Abordagem Baseada em Java, Bookman, 2005.  
UDOH, E., Cloud, Grid and High Performance Computing, Information Science Reference Ed., 2011.

<b>CSE-400-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Engenharia de Sistemas Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Tópicos avançados com conteúdos de interesse em Engenharia de Sistemas Espaciais.

**Bibliografia**

Capítulos de livros, artigos de revistas especializadas, relatórios científicos e técnicos relacionados aos assuntos tratados.

<b>CSE-401-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Sistemas de Bordo para Missões Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir

*Carga horária:* 60 horas

Tópicos avançados com conteúdos de interesse em Sistemas de Bordo para Missões Espaciais.

**Bibliografia**

Capítulos de livros, artigos de revistas especializadas, relatórios científicos e técnicos relacionados aos assuntos tratados.

<b>CSE-402-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Sistemas de Solo para Missões Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir

*Carga horária:* 60 horas

Tópicos avançados com conteúdos de interesse em Sistemas de Solo para Missões Espaciais.

**Bibliografia**

Capítulos de livros, artigos de revistas especializadas, relatórios científicos e técnicos relacionados aos assuntos tratados.

<b>CSE-403-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Garantias de Missão e de Produto Espaciais</b>
------------------	--

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir

*Carga horária:* 60 horas

Tópicos avançados com conteúdos de interesse em Garantias de Missão e de Produto Espaciais.

### **Bibliografia**

Capítulos de livros, artigos de revistas especializadas, relatórios científicos e técnicos relacionados aos assuntos tratados.

<b>CSE-404-4</b>	<b>Tópicos Especiais em Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* a definir

*Carga horária:* 60 horas

Tópicos avançados com conteúdos de interesse em Modelagem e Simulação de Sistemas Espaciais.

### **Bibliografia**

Capítulos de livros, artigos de revistas especializadas, relatórios científicos e técnicos relacionados aos assuntos tratados.

<b>CSE-406-4</b>	<b>Tópicos Avançados em Aplicações de Alta Tensão no Espaço</b>
------------------	---

*Eletiva*

*Pré-requisito:* não há

*Carga horária:* 60 horas

Introdução: Necessidade e Prospectos de Aplicações de Alta Tensão (AT) em Sistemas Embarcados no Espaço; Lasers e Microondas de Alta potência no Espaço; Tecnologias Alternativas (Potência Pulsada); Linhas de Transmissão de Placas Paralelas (*Strip Lines*); Transformadores de Linhas de Transmissão (TLTs); Linhas de Transmissão Empilhadas (*Stacked Blumlein Systems*); Propriedades de Materiais Dielétricos; Compostos Dielétricos Cerâmicos (Lineares e Não-Lineares) para Uso em Linhas Compactas; Geradores do Tipo Espiral; Compressores de Pulso para Ativação de Lasers; Compressão de Pulso Usando Materiais Dielétricos ou Magnéticos; Estudos de Formação de Ondas solitárias em Linhas Não-Lineares; Prospectos de Geração de RF Empregando Linhas Discretas LC Não-Lineares.

### **Bibliografia**

SMITH, P. W. Transient Electronics: Pulsed Circuit Technology, West Sussex, UK, Wiley, 2002. (ISBN 0-0471-97773-X).

SARGEANT, W. J.; DOLLINGER R. E. High Power Electronics, Blue Ridge Summit, PA, TAB Books Inc., 1989. (ISBN 0-8306-9094-8).

MESYATS, G.A. Pulsed Power, New York, NY, Springer, 2005. (ISBN 0-306-48653-9).

PAI, S. T.; ZHANG, Q. Introduction to Pulsed Power Technology, Singapore, World Scientific, 2003. (ISBN 981-02-1714-5).

NAIDU, M. S.; KAMARAJU, V. High Voltage Engineering, New York, NY, McGraw-Hill, 1995. (ISBN 0-07-462286-2).



<b>CSE-730</b>	<b>Pesquisa de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CSE*</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Créditos: 0*

<b>CSE-750</b>	<b>Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CSE</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Créditos: 12*

<b>CSE-780</b>	<b>Pesquisa de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CSE*</b>
----------------	--

*Obrigatória*

*Créditos: 0*

<b>CSE-800</b>	<b>Tese de Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/CSE</b>
----------------	---

*Obrigatória*

*Créditos: 36*

\* Atividade *Obrigatória*, em cada período letivo, para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. *Obrigatória*, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina: neste caso, a orientação e avaliação deverão ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

**Catálogo aprovado pelo CPG em 11/02/2021.**