

**COMANDO DA AERONÁUTICA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA**



**CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

**CATÁLOGO 20201**

**São José dos Campos – SP**

©2021 - Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Todos os direitos reservados

• ORGANIZAÇÃO

• Comissão de Currículo da Congregação

**EDIÇÃO FINAL**

Sec. Cacilda Hiromi Iwamoto II

Sec. Keila Aparecida Diniz Rocha

**NOTA**

O conteúdo acadêmico deste Catálogo foi aprovado pelo Conselho de Pós-Graduação do ITA.

○ **CATALOGAÇÃO DA PUBLICAÇÃO**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica Catálogo dos Cursos de Pós-Graduação Stricto Sensu 2021 São José dos Campos, ©2021 1. Pós-Graduação – Catálogo      2. Engenharia CDU 378(058)
---

**INFORMAÇÕES**

ITA – Pró-Reitoria de Pós-Graduação  
Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias  
12228-900 - São José dos Campos - SP  
Tel/Fax: (12) 3305-8544  
<http://www.posgrad.ita.br> e <http://www.ita.br>

## 1. APRESENTAÇÃO

Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial – DCTA .....	1
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA .....	1
Reitores.....	5
Professores Eméritos .....	6
Calendário Escolar – 2021 .....	7
Teses e Dissertações Defendidas por ano – 1963 a 2020 .....	8
Títulos Concedidos por ano - 1992 a 2021 .....	9
Gráfico 1 - Teses e Dissertações Defendidas por ano – 1963 a 2020 .....	10
Gráfico 2 - Títulos Concedidos por ano – 1992 a 2021 .....	10
Gráfico 3 - Alunos Matriculados na PG – 2000 a 2021 .....	10

## 2. INFORMAÇÕES GERAIS

Funções e Órgãos do DCTA .....	11
--------------------------------	----

## 3. ITA

3.1 Histórico .....	11
3.2 Missão do ITA .....	11
3.3 Constituição do ITA .....	12

## 4. PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

4.1 Programas de Pós-Graduação .....	14
4.1.1 Engenharia Aeronáutica e Mecânica – PG/EAM .....	14
4.1.2 Engenharia Eletrônica e Computação – PG/EEC .....	14
4.1.3 Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica – PG/EIA .....	15
4.1.4 Física – PG/FIS .....	15
4.1.5 Ciências e Tecnologias Espaciais - PG/CTE.....	15
4.1.6 Pesquisa Operacional - PPG/PO .....	15
4.2 Currículo Escolar .....	15
4.3 Admissão e Matrícula .....	16
4.3.1 Curso de Mestrado .....	17
4.3.2 Curso de Doutorado .....	17
4.3.3 Curso de Mestrado Profissional .....	18
4.4 Bolsas de Estudos e Facilidades .....	18
4.5 Biblioteca Central .....	18
4.6 Internet .....	19
4.7 Laboratórios .....	20
4.8 Grupos de Pesquisa .....	22

<b>5.</b>	<b>PROGRAMA DE ENGENHARIA AERONÁUTICA E MECÂNICA - PG/EAM</b>	
5.1	Objetivos do PG/EAM .....	23
5.2	Linhas de Pesquisa do PG/EAM .....	23
5.2.1	Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais – PG/EAM-1 .....	23
5.2.2	Propulsão Aeroespacial e Energia – PG/EAM-2 .....	24
5.2.3	Materiais, Manufatura e Automação – PG/EAM-3 .....	24
5.3	Corpo Docente do PG/EAM .....	24
5.3.1	Corpo Docente Permanente.....	24
5.4	Estrutura Curricular do PG/EAM .....	29
5.4.1	Informações Gerais do PG/EAM .....	29
5.4.2	Disciplinas do Programa PG/EAM .....	29
5.4.2.1	Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais – PG/EAM-1 .....	29
5.4.2.2	Propulsão Aeroespacial e Energia – PG/EAM-2.....	33
5.4.2.3	Materiais, Manufatura e Automação – PG/EAM-3.....	34
5.5	Ementas PG/EAM .....	37
<b>6.</b>	<b>PROGRAMA DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO - PG/EEC</b>	
6.1	Objetivos do PG/EEC .....	108
6.2	Área de Concentração do PG/EEC .....	108
6.2.1	Dispositivos e Sistemas Eletrônicos – PG/EEC-D .....	108
6.2.2	Informática – PG/EEC-I .....	108
6.2.3	Micro-ondas e Optoeletrônica – PG/EEC-M .....	109
6.2.4	Sistemas e Controle – PG/EEC-S .....	109
6.2.5	Telecomunicações – PG/EEC-T .....	109
6.3	Corpo Docente do PG/EEC .....	110
6.3.1	Corpo Docente Permanente .....	110
6.3.2	Corpo Docente Colaborador .....	113
6.4	Processo de Admissão no Programa .....	113
6.5	Estrutura Curricular do PG/EEC .....	113
6.5.1	Informações Gerais do PG/EEC .....	113
6.5.2	Disciplinas do Programa PG/EEC .....	114
6.5.2.1	Dispositivos e Sistemas Eletrônicos – PG/EEC-D .....	114
6.5.2.2	Informática – PG/EEC-I .....	115
6.5.2.3	Micro-ondas e Optoeletrônica – PG/EEC-M .....	117
6.5.2.4	Sistemas e Controle – PG/EEC-S .....	117
6.5.2.5	Telecomunicações - PG/EEC-T .....	118
6.6	Ementas – PG/EEC .....	119
<b>7.</b>	<b>PROGRAMA DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA - PG/EIA</b>	
7.1	Objetivos do PG/EIA .....	167
7.2	Linhas de Pesquisa do PG/EIA .....	167

7.2.1 Infraestrutura Aeroportuária – PG/EIA-I .....	167
7.2.2 Transporte Aéreo e Aeroportos – PG/EIA-T .....	168
7.3 Corpo Docente do PG/EIA .....	169
7.3.1 Corpo Docente Permanente .....	169
7.3.2 Corpo Docente Colaborador .....	170
7.4 Estrutura Curricular do PG/EIA .....	171
7.4.1 Informações Gerais do PG/EIA .....	171
7.4.2 Disciplinas do Programa PG/EIA .....	171
7.4.2.1 Infraestrutura Aeroportuária – PG/EIA-I .....	171
7.4.2.2 Transporte Aéreo e Aeroportos – PG/EIA-T .....	172
7.5 Ementas PG/EIA .....	174

## **8. PROGRAMA DE FÍSICA - PG/FIS**

8.1 Objetivos do PG/FIS .....	191
8.2 Linhas de Pesquisa do PG/FIS .....	191
8.2.1 Física dos Plasmas – PG/FIS-P .....	191
8.2.2 Física Atômica e Molecular – PG/FIS-A .....	193
8.2.3 Física Nuclear – PG/FIS-N .....	194
8.2.4 Sistemas Complexos e Dinâmica Não Linear – FIS-C .....	195
8.3 Corpo Docente do PG/FIS .....	195
8.3.1 Corpo Docente Permanente.....	195
8.3.2 Corpo Docente Colaborador .....	197
8.4 Estrutura Curricular do PG/FIS .....	197
8.4.1 Informações Gerais do PG/FIS .....	197
8.4.2 Disciplinas do Programa PG/FIS .....	197
8.4.2.1 Física de Plasmas – PG/FIS-P .....	197
8.4.2.2 Física Atômica e Molecular – PG/FIS-A .....	199
8.4.2.3 Física Nuclear – PG/FIS-N .....	200
8.4.2.4 Sistemas Complexos e Dinâmica Não Linear – FIS-C .....	202
8.5 Ementas PG/FIS .....	204

## **9. PROGRAMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS ESPACIAIS – PG/CTE**

9.1 Objetivos do PG/CTE .....	220
9.2 Linhas de Pesquisa do PG/CTE .....	220
9.2.1 Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos – PG/CTE-E.....	220
9.2.2 Física e Matemática Aplicadas – PG/CTE –F.....	221
9.2.3 Gestão Tecnológica - PG/CTE-G.....	221
9.2.4 Propulsão Espacial e Hipersônica – PG/CTE-P.....	221
9.2.5 Química dos materiais – PG/CTE-Q.....	221
9.2.6 Sensores e Atuadores Espaciais – PG/ CTE-S.....	221
9.3 Corpo Docente do PG/CTE.....	221
9.3.1 Corpo Docente Permanente.....	221
9.3.2 Corpo Docente Colaborador .....	226
9.4 Estrutura Curricular do PG/CTE .....	227
9.4.1 Informações Gerais do PG/CTE .....	227

9.4.2 Disciplinas do Programa PG/CTE .....	227
9.4.2.1 Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos – PG/CTE-E.....	227
9.4.2.2 Física e Matemática Aplicadas – PG/CTE –F .....	229
9.4.2.3 Gestão Tecnológica – PG/CTE-G.....	230
9.4.2.4 Propulsão Espacial e Hipersônica – PG/CTE-P.....	231
9.4.2.5 Química dos materiais – PG/CTE-Q.....	232
9.4.2.6 Sensores e Atuadores Espaciais – PG/CTE-S.....	234
9.5 Ementas PG/CTE .....	235

## 10 PROGRAMA DE PESQUISA OPERACIONAL – PPG/PO

10.1 Introdução PPG/PO .....	293
10.2 Linhas de Pesquisa do PPG/PO .....	294
10.2.1 Métodos de Otimização .....	294
10.2.2 Gestão e Apoio à Decisão .....	294
10.3 Corpo Docente do PPG/PO .....	294
10.3.1 Corpo Docente Permanente .....	294
10.3.2 Corpo Docente Colaborador .....	296
10.4 Disciplinas do Programa PPG/PO .....	296
10.5 Ementas PPG/PO .....	298

## 11. CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL

11.1 Introdução .....	306
11.2 MP-EMBRAER .....	307
11.2.1 Introdução .....	307
11.3 Estrutura Curricular .....	307
11.3.1 Estrutura Curricular da Turma PEE 25 .....	308
11.3.2 Estrutura Curricular da Turma PEE 26 .....	309
11.3.3 Estrutura Curricular da Turma PEE 27 .....	310
11.3.4 Estrutura Curricular da Turma PEE 28 .....	311
11.3.5 Estrutura Curricular da Turma PEE 29 .....	313
11.4 Ementas – PG/MP-EMBRAER.....	314
11.5 MP- SAFETY.....	327
11.5.1 Introdução .....	327
11.6 Estrutura Curricular .....	328
11.6.1 Turma 2 CE .....	328
11.6.2 Turma 3 CE .....	328
11.6.3 Turma 1 SNA SP .....	329
11.6.4 Turma 1 Nacional .....	329
11.7 Ementas PG/MP-SAFETY.....	330
11.8 MP COMP.....	338
11.8.1 Introdução .....	338
11.8.2 Áreas de Pesquisa .....	339
11.8.3 Estrutura Curricular .....	339
11.9 Ementas PG/MP-COMP .....	340

## **1. APRESENTAÇÃO**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL – DCTA**

### **DIREÇÃO**

Diretor-Geral: Major-Brigadeiro do Ar Hudson Costa Potiguara

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA – ITA**

### **REITORIA**

Reitor: Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia (a partir JAN de 2020)

Vice-Reitor: Prof. Dr. Jesuíno Takachi Tomita

#### **Conselho da Reitoria**

Reitor (Presidente)

Vice-Reitor

Pró-Reitor de Graduação

Pró-Reitor de Pós-Graduação

Pró-Reitor de Pesquisa e Relacionamento Institucional

Pró-Reitor de Administração

Chefe de Gabinete

#### **Congregação**

Presidente: Reitor

Vice-Presidente: Vice-Reitor

Secretário: Prof. Flávio Mendes Neto

#### **Membros Efetivos e Ex-ofício**

Pró-Reitor de Graduação

Pró-Reitor de Pós-Graduação

Pró-Reitor de Pesquisa e Relacionamento Institucional

Pró-Reitor de Administração

Chefes de Divisões Acadêmicas

Chefes das Divisões da Pró-Reitoria de Graduação

Chefes das Divisões da Pró-Reitoria de Pós-Graduação

Chefes das Divisões da Pró-Reitoria de Pesquisa e Relacionamento Institucional

Coordenadores de Cursos de Graduação

Coordenadores de Programas de Pós-Graduação

## **Membros Representativos Eleitos**

Três professores de cada Divisão Acadêmica, eleitos pelos pares  
Doze professores eleitos livremente

## **Comissões Permanentes**

Currículo IC/CCR  
Redação e Eleições IC/CRE  
Competência IC/CCO  
Aperfeiçoamento de Pessoal Docente IC/CAP

## **PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO – IG**

Pró-Reitor: Flávio Mendes Neto [flavio@ita.br](mailto:flavio@ita.br) (a partir fevereiro 2019)

## **PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO – IP**

Pró-Reitor: Pedro Teixeira Lacava [placava@ita.br](mailto:placava@ita.br) (até 31 de julho de 2021)  
Pró-Reitora: Emília Villani [evillani@ita.br](mailto:evillani@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

## **Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa – IP-PG**

Chefe: Roberto Gil Annes da Silva [gil@ita.br](mailto:gil@ita.br) (até 31 de julho de 2021)  
Chefe: Erico Luiz Rempel [rempel@ita.br](mailto:rempel@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

## **Divisão da Educação Continuada – IP-EC**

Chefe: Emília Villani [evillani@ita.br](mailto:evillani@ita.br) (até 31 de julho de 2021)  
Chefe: Roberto Gil Annes da Silva [gil@ita.br](mailto:gil@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

## **PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E RELACIONAMENTO INSTITUCIONAL – IPR**

Pró-Reitora: Maryangela Geimba de Lima [magdlima@ita.br](mailto:magdlima@ita.br) (a partir de 25 de maio de 2018)

## **PRÓ-REITORIA DE ADMINISTRAÇÃO – IA**

- 
- Pró-Reitor: Cel Av Luiz dos Santos Alves



## COORDENADORES DE PÓS-GRADUAÇÃO

### PROGRAMA DE ENGENHARIA AERONÁUTICA E MECÂNICA

André Valdetaro Gomes Cavalieri (até 31 de julho de 2021)

Mariano Andres Arbelo (a partir de 01 de agosto de 2021)

#### Área de EAM-1 - Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais

Mariano Andrés Arbelo [marbelo@ita.br](mailto:marbelo@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Rafael Thiago Luiz Ferreira [rthiago@ita.br](mailto:rthiago@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

#### Área de EAM-2 - Propulsão Aeroespacial e Energia

Cleverson Brighenti [cleverson@ita.br](mailto:cleverson@ita.br)

#### Área de EAM-3 - Materiais, Manufatura e Automação

Gilmar Patrocínio Thim [gilmar@ita.br](mailto:gilmar@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Kahl Dick Zilnyk [zilnyk@ita.br](mailto:zilnyk@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### PROGRAMA DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO

Carlos Alberto Alonso Sanches [alonso@ita.br](mailto:alonso@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Renato Machado [renatomachado@ieee.org](mailto:renatomachado@ieee.org) (a partir de 01 de agosto de 2021)

#### Área de Dispositivos e Sistemas Eletrônicos

Osamu Saotome [osamu@ita.br](mailto:osamu@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Marcus Henrique Victor Jr [marcus@ita.br](mailto:marcus@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

#### Área de Informática

Paulo M. Tasinaffo [tasinaffo@ita.br](mailto:tasinaffo@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Lourenço Alves Pereira Junior [ljr@ita.br](mailto:ljr@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

#### Área de Micro-ondas e Optoeletrônica

Gefeson M. Pacheco [gpacheco@ita.br](mailto:gpacheco@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Daniel Chagas do Nascimento [danielcn@ita.br](mailto:danielcn@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

#### Área de Sistemas e Controle

Eduardo Lenz Cesar [edulenz@ita.br](mailto:edulenz@ita.br)

#### Área de Telecomunicações

Marcelo Gomes da Silva Bruno [bruno@ita.br](mailto:bruno@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Felix Dieter Antreich [fean@ita.br](mailto:fean@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### PROGRAMA DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA

Wilson Cabral S. Junior (até 31 de julho de 2021)

Dimas Betioli Ribeiro [dimas@ita.br](mailto:dimas@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Infraestrutura Aeroportuária**

Dimas Betioli Ribeiro [dimas@ita.br](mailto:dimas@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

José Schiavon [schiavon@ita.br](mailto:schiavon@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Transporte Aéreo e Aeroportos**

Rogéria de Arantes Gomes Eller [rogeria@ita.br](mailto:rogeria@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Giovanna Miceli Ronzani Borille [ronzani@ita.br](mailto:ronzani@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

## **PROGRAMA DE FÍSICA**

Manuel Máximo Bastos Malheiro de Oliveira [manuelmalheiro@gmail.com](mailto:manuelmalheiro@gmail.com) (até 31 de julho de 2021)

Lara Kühl Teles [lkteles@gmail.com](mailto:lkteles@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Física Atômica e Molecular**

André Jorge Carvalho Chaves [andrejck@ita.br](mailto:andrejck@ita.br)

### **Área de Física Dinâmica-Não-Linear e Sistemas Complexos**

Erico Luiz Rempel [rempel@ita.br](mailto:rempel@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Marco Antonio Ridenti [marcoridenti@gmail.com](mailto:marcoridenti@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Física Nuclear**

Odilon Lourenço da Silva Filho [odilon.ita@gmail.com](mailto:odilon.ita@gmail.com) (até 31 de julho de 2021)

César Lenzi [chienzi1980@gmail.com](mailto:chienzi1980@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Física de Plasmas**

Argemiro Sobrinho [argemiro@ita.br](mailto:argemiro@ita.br)

## **PROGRAMA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS**

Angelo Pássaro [passaro@ita.br](mailto:passaro@ita.br) [angelopassaro@gmail.com](mailto:angelopassaro@gmail.com) (até 31 de julho de 2021)

Guilherme Borges Ribeiro [guiborgesribeiro@gmail.com](mailto:guiborgesribeiro@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Física e Matemática Aplicadas**

Jonas Jakutis Neto [jakutis@ieav.cta.br](mailto:jakutis@ieav.cta.br) (até 31 de julho de 2021)

Milton Sérgio Fernandes de Lima [msflima@gmail.com](mailto:msflima@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Propulsão Espacial e Hipersônica**

Guilherme Borges Ribeiro [gbribeiro@ieav.cta.br](mailto:gbribeiro@ieav.cta.br) (até 31 de julho de 2021)

Demerval Carinhana Jr [dcarinhana@gmail.com](mailto:dcarinhana@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Química dos Materiais**

Elizabete Yoshie Kawachi [bete@ita.br](mailto:bete@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Luiz Fernando de Araujo Ferrão [ferrao@ita.br](mailto:ferrao@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Sensores e Atuadores Espaciais**

Olympio Coutinho [olympio@ita.br](mailto:olympio@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Gustavo Soares Vieira [gvieira@ieav.cta.br](mailto:gvieira@ieav.cta.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos**

Cristina Moniz Araújo Lopes [cristinacmal@fab.mil.br](mailto:cristinacmal@fab.mil.br) (até 31 de julho de 2021)

Silvana Navarro Cassu [silvana.cassu@gmail.com](mailto:silvana.cassu@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **Área de Gestão Tecnológica**

Fernando Teixeira Mendes Abrahão [abrahao@ita.br](mailto:abrahao@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Lucas Novelino Abdalla [lucas@ita.br](mailto:lucas@ita.br) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **PROGRAMA DE PESQUISA OPERACIONAL - PPG/PO**

Mischel Carmen Neyra Belderrain - [carmen@ita.br](mailto:carmen@ita.br) (até 31 de julho de 2021)

Ana Carolina Lorena [aclorena@gmail.com](mailto:aclorena@gmail.com) (a partir de 01 de agosto de 2021)

### **MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AERONÁUTICA E MECÂNICA**

Flávio Luiz de Silva Bussamra – [flaviobu@ita.br](mailto:flaviobu@ita.br) (a partir 25 de julho de 2018)

### **MESTRADO PROFISSIONAL EM SEGURANÇA DE AVIAÇÃO E AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA**

Donizeti de Andrade – [donizeti@ita.br](mailto:donizeti@ita.br) (a partir de março de 2008)

### **MESTRADO PROFISSIONAL EM COMPUTAÇÃO AERONÁUTICA**

Inaldo Capistrano Costa – [inaldo@ita.br](mailto:inaldo@ita.br) (a partir 01 de agosto de 2021)

### **CONSELHO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – CPG**

Presidente: Pedro Teixeira Lacava [ip@ita.br](mailto:ip@ita.br) (Pró-Reitor) (até 31 de julho de 2021)

Presidente: Emília Villani [evillani@ita.br](mailto:evillani@ita.br) (Pró-Reitora) (a partir de 01 de agosto de 2021)

Secretária: Vanessa Aparecida de Oliveira [vanessa@ita.br](mailto:vanessa@ita.br)

Chefe da Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa

Chefe da Divisão de Educação Continuada

Coordenadores de Programas

Coordenador do PPGAO

Coordenador Geral PIBIC no ITA

Representante da Associação de Pós-Graduandos (APG) [apg@apgita.org.br](mailto:apg@apgita.org.br)

### **REITORES**

Richard Herbert Smith	1946 a 1951
Joseph Morgan Stokes	1951 a 1953
André Johannes Meyer	1953 a 1956
Samuel Sidney Steinberg	1956 a 1960
Marco Antonio Guglielmo Cecchini	1960 a 1965
Luiz Cantanhede de Carvalho Almeida Filho	1965 a 1966
Charly Künzi	1966 (jan - mar)
Talmir Canuto Costa (pro tempore)	1966 (mar - jun)
Francisco Antonio Lacaz Netto	1966 a 1973

Luiz Cantanhede de Carvalho Almeida Filho	1973 a 1976
Jessen Vidal	1977 a 1982
Tércio Pacitti	1982 a 1984
Jair Cândido de Melo	1984 a 1989
Jessen Vidal	1989 a 1994
Euclides Carvalho Fernandes	1994 a 2001
Michal Gartenkraut	2001 a 2005
Fernando Toshinori Sakane	2005 (ago - out)
Reginaldo dos Santos	2005 a 2011
Carlos Américo Pacheco	2011 a 2015
Fernando Toshinori Sakane	2015 a 2016
Anderson Ribeiro Correia	2016 a 2019
Cláudio Jorge Pinto Alves	2019 até Jan/2020
Anderson Ribeiro Correia	A partir de Jan/2020

### **PROFESSORES EMÉRITOS**

Darcy Domingos Novo  
Fernando Pessoa Rebello  
Luiz Cantanhede de Carvalho Almeida Filho  
Paulus Aulus Pompéia

## CALENDÁRIO ESCOLAR DA PÓS-GRADUAÇÃO - 2021

### CURSOS DE MESTRADO, DOUTORADO, PMG, ALUNO ESPECIAL E DISCIPLINA ISOLADA

	ASSUNTO	1º PERÍODO	2º PERÍODO
1.	Férias coletivas da Pró-Reitoria de Pós-Graduação	1 a 24 JAN	--
2.	Matrícula nos Cursos de Mestrado, Doutorado, Aluno Especial e PMG ( <b>Alunos Novos - 1ª Matrícula Formulário online</b> )	03 e 04 FEV	1 e 2 JUL
3.	Inscrição em Disciplina Isolada para Programas de Pós-Graduação de outras Instituições.	03 e 04 FEV	1 e 2 JUL
4.	Matrícula em Mestrado, Doutorado, Aluno Especial e PMG ( <b>Terminal Web - Alunos em curso</b> )	08 a 12 FEV	05 a 09 JUL
5.	Divulgação da lista de candidatos aceitos em Disciplina Isolada para Programas de Pós-Graduação de outras Instituições.	26 FEV	30 JUL
6.	Data-limite para apresentação de documentos pendentes para efetivação da Matrícula em Mestrado, Doutorado e PMG ( <b>1º Período de 2021</b> ) (Exceto Exame de Inglês para alunos de Doutorado), e ( <b>2º Período de 2021</b> ) <b>incluindo o Exame de Inglês para Doutorado</b>	27FEV	30 JUL
7.	Início das aulas	1 MARÇO	2 AGO
8.	Divulgação do número do protocolo dos crachás de Disciplina Isolada e Aluno Especial	Até o dia 1 MARÇ	Até o dia 16 AGO
9.	Substituição de disciplina e matrícula adicional de disciplina, nos Cursos de Mestrado, Doutorado, PMG e Aluno Especial	8 a 12 MARÇ	9 a 13 AGO
10.	Matrícula Fora de Prazo nos Cursos de Mestrado, Doutorado e PMG	8 a 12 MARÇ	9 a 13 AGO
11.	Encontro com os Novos Alunos	15 MARÇ	13 SET
12.	Data-limite para entrega da versão final de TESE / Dissertação para participação da Formatura	5 ABR	-
13.	Inscrição nos cursos de Mestrado, Doutorado, PMG, Aluno Especial ( <b>2º Período de 2021</b> ) / ( <b>1º Período de 2022</b> )	8 MARÇ a 30 ABR	1 SET a 15 OUT
14.	Inscrição para Oficiais nos Cursos de Mestrado e Doutorado, conforme portaria nº 268 ( <b>2º Período de 2021</b> ) / ( <b>1º Período de 2022</b> )	Até 15 JUL	Até 31 OUT
15.	Divulgação dos alunos aptos para a Formatura	6 ABR	-
16.	Semana de recuperação	26 a 30 ABR	27 SET a 01 OUT
17.	Reinício das aulas, após semana de recuperação	3 MAI	4 OUT
18.	Data- limite para trancamento do Curso de Mestrado, Doutorado e PMG	Até o dia 14 MAI	Até o dia 15 OUT
19.	Data-limite para cancelamento de disciplina em Mestrado, Doutorado, PMG, Aluno Especial e Disciplina Isolada	Até o dia 14 MAI	Até o dia 15 OUT
20.	Divulgação de Disciplinas Oferecidas	Até o dia 31 MAI	Até o dia 17 DEZ
21.	Data-limite para nomeação de bancas para alunos cujo prazo máximo de conclusão do curso se encerra no semestre da submissão da banca. <b>Importante: Atentar-se aos prazos de reuniões de Conselho dos Programas.</b>	11 JUN	5 NOV
22.	Formatura da Pós-Graduação	18 JUN	-
23.	Exames finais	28 JUN a 8 JUL	29 NOV a 10 DEZ
24.	Divulgação da lista de candidatos aceitos para Mestrado, Doutorado, PMG e Aluno especial para o ( <b>2º Período de 2021</b> ) / ( <b>1º Período de 2022</b> )	A partir do dia 14 JUN	A partir do dia 13 DEZ
25.	Recesso escolar	A partir do dia 12 JULH	A partir do dia 14 DEZ
26.	XXIV Encontro de Iniciação Científica - ENCITA (sujeito à confirmação)	-	11 NOV

**Observações:**

- Aulas dos laboratórios marcadas em feriados devem ser antepostas ou repostas, eventualmente com a redistribuída da turma em outras.
- Os candidatos e alunos militares devem seguir processo e calendário específico de acordo com a Portaria Nº 268/GC3 de 28 de abril de 2010.

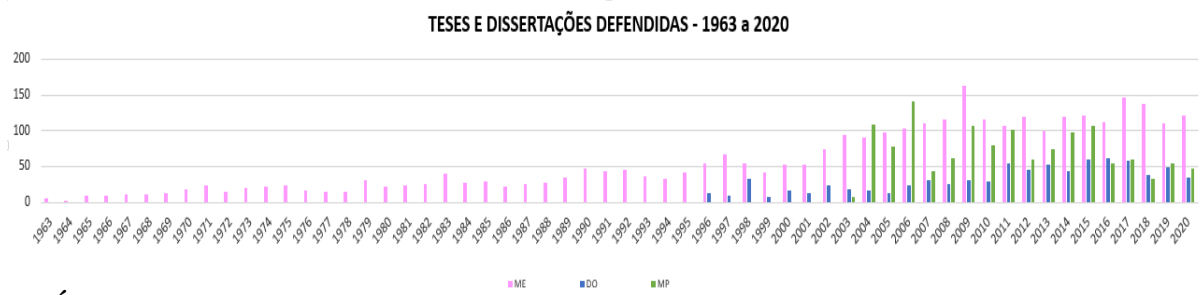
**TESES E DISSERTAÇÕES DEFENDIDAS POR ANO - 1963 a 2020**

<b>ANO</b>	<b>ME</b>	<b>DO</b>	<b>MP</b>	<b>2003</b>	95 (6)	19 (2)	07
<b>1963</b>	5	-	-	<b>2004</b>	90 (5)	17	110
<b>1964</b>	2	-	-	<b>2005</b>	97 (4)	12	76
<b>1965</b>	9	-	-	<b>2006</b>	103 (10)	24	141 (4)
<b>1966</b>	10	-	-	<b>2007</b>	111 (8)	30 (1)	43
<b>1967</b>	11	-	-	<b>2008</b>	115 (7)	25 (7)	61 (2)
<b>1968</b>	11	-	-	<b>2009</b>	162 (21)	30 (2)	107 (5)
<b>1969</b>	12	-	-	<b>2010</b>	116 (8)	29 (3)	80 (7)
<b>1970</b>	19	-	-	<b>2011</b>	107 (11)	55 (1)	99 (1)
<b>1971</b>	24	-	-	<b>2012</b>	120 (16)	46 (3)	60 (3)
<b>1972</b>	15	-	-	<b>2013</b>	99 (10)	52 (1)	74
<b>1973</b>	20	-	-	<b>2014</b>	119 (9)	43 (4)	97
<b>1974</b>	22	-	-	<b>2015</b>	122 (19)	60 (1)	107
<b>1975</b>	24	-	-	<b>2016</b>	112 (19)	62 (3)	55
<b>1976</b>	17	-	-	<b>2017</b>	147 (22)	58 (3)	59
<b>1977</b>	15	-	-	<b>2018</b>	138 (23)	38 (5)	33 (2)
<b>1978</b>	15	-	-	<b>2019</b>	110 (24)	49 (04)	55 (02)
<b>1979</b>	30	-	-	<b>2020</b>	104(17)	33(02)	41(06)
<b>1980</b>	22	-	-				
<b>1981</b>	24 (2)	-	-				
<b>1982</b>	26 (2)	-	-				
<b>1983</b>	40 (2)	-	-				
<b>1984</b>	28 (1)	-	-				
<b>1985</b>	29 (1)	-	-				
<b>1986</b>	22 (1)	-	-				
<b>1987</b>	25 (2)	-	-				
<b>1988</b>	27 (2)	-	-				
<b>1989</b>	35	-	-				
<b>1990</b>	47 (4)	-	-				
<b>1991</b>	43 (4)	-	-				
<b>1992</b>	45 (2)	-	-				
<b>1993</b>	37 (3)	-	-				
<b>1994</b>	33 (6)	-	-				
<b>1995</b>	41 (3)	-	-				
<b>1996</b>	54 (8)	13	-				
<b>1997</b>	67 (10)	9 (1)	-				
<b>1998</b>	55 (9)	32 (2)	-				
<b>1999</b>	42 (7)	8 (2)	-				
<b>2000</b>	52 (3)	16 (1)	-				
<b>2001</b>	53 (6)	13	-				
<b>2002</b>	74 (10)	23 (1)	-				

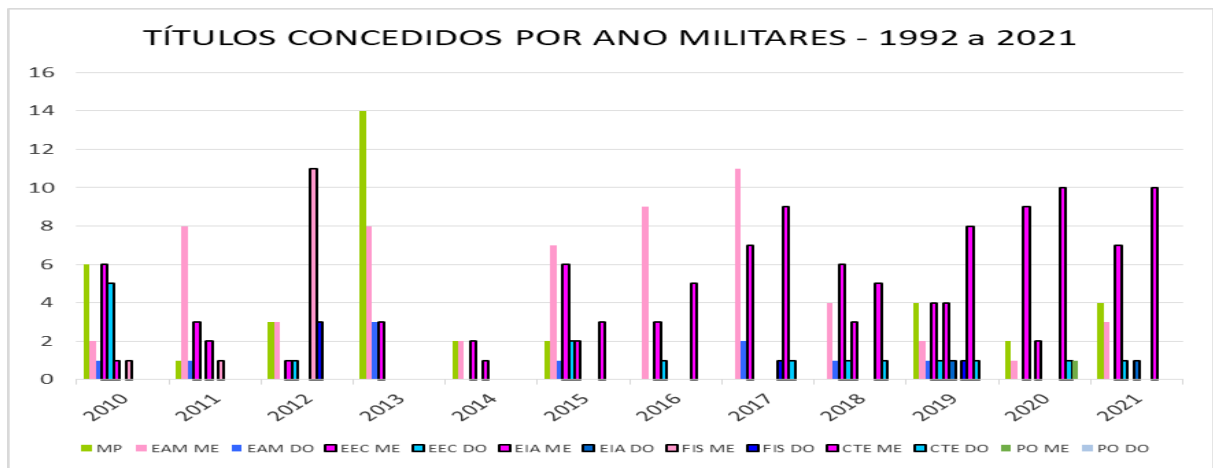
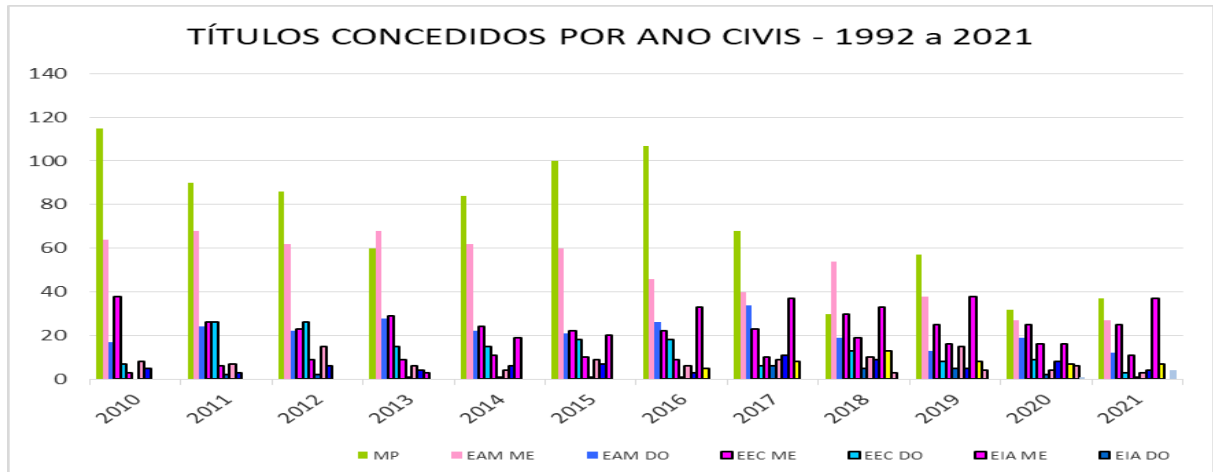
**TÍTULOS CONCEDIDOS – 1992 a 2021**

ANO	EAM			EEC		EIA		FIS		CTE		PO	
	ME	DO	MP	ME	DO	ME	DO	ME	DO	ME	DO	ME	DO
1992	23 (-)	03 (-)	-	18 (-)	4 (-)	-	-	4 (-)	1 (-)	-	-	-	-
1993	14 (2)	03 (-)	-	16 (-)	1 (-)	-1	-	1 (-)	7 (-)	-	-	-	-
1994	11 (3)	01 (-)	-	13 (1)	3 (-)	1 (-)	2 (-)	1 (-)	1 (-)	-	-	-	-
1995	17 (-)	01 (-)	-	16 (-)	3 (-)	2 (-)	-	1 (-)	-	-	-	-	-
1996	23 (2)	04 (-)	-	10 (-)	3 (-)	2 (-)	-	4 (-)	-	-	-	-	-
1997	42 (5)	04 (-)	-	24 (3)	3 (-)	8 (1)	1 (-)	1 (-)	1 (-)	-	-	-	-
1998	19 (3)	10 (1)	-	24 (-)	3 (-)	6 (-)	1 (-)	4 (-)	6 (-)	-	-	-	-
1999	14 (4)	08 (-)	-	20 (-)	10 (1)	4 (-)	1 (-)	3 (-)	2 (1)	-	-	-	-
2000	19 (2)	07 (-)	-	14 (-)	-	3 (1)	3 (-)	6 (-)	1 (-)	-	-	-	-
2001	16 (1)	03 (-)	-	17 (-)	7 (1)	8 (-)	-	5 (-)	2 (-)	-	-	-	-
2002	26 (4)	08 (1)	-	20 (4)	6 (-)	7 (1)	-	11 (1)	3 (-)	-	-	-	-
2003	38 (-)	13 (1)	-	35 (4)	4 (-)	12 (-)	-	8 (-)	-	-	-	-	-
2004	33 (13)	11 (1)	48 (-)	39 (9)	4 (-)	9 (-)	-	7 (-)	2 (-)	-	-	-	-
2005	32 (2)	12 (1)	69 (-)	36 (12)	1 (-)	9 (-)	-	3 (-)	3 (-)	-	-	-	-
2006	42 (3)	12 (1)	75 (2)	36 (5)	7 (-)	13 (2)	-	8 (-)	1 (-)	-	-	-	-
2007	47 (5)	12 (-)	130 (2)	47 (8)	3 (-)	07 (-)	-	6 (-)	4 (-)	-	-	-	-
2008	48 (2)	14(2)	53 (-)	46 (5)	8 (2)	14 (2)	2(-)	7 (-)	1 (1)	-	-	-	-
2009	88 (7)	18 (1)	62 (4)	55 (10)	8 (1)	11 (3)	-	8 (1)	5 (-)	-	-	-	-
2010	64 (2)	17 (1)	115 (6)	38 (6)	7 (5)	3 (1)	-	8 (1)	5 (-)	-	-	-	-
2011	68 (8)	24 (1)	90 (1)	26 (3)	26 (0)	6(2)	2(-)	7 (1)	3 (-)	-	-	-	-
2012	62 (3)	22 (-)	86 (3)	23 (1)	26 (1)	9 (-)	2 (-)	15 (11)	6 (3)	-	-	-	-
2013	68 (8)	28(3)	60 (14)	29 (3)	15 (-)	9 (-)	1 (-)	6 (-)	4 (-)	3 (-)	-	-	-
2014	62 (2)	22 (-)	84 (02)	24 (2)	15 (-)	11 (1)	1 (-)	4 (-)	6 (-)	19 (-)	-	-	-
2015	60 (7)	21 (1)	100 (02)	22 (6)	18 (2)	10 (2)	1 (-)	9 (-)	7 (-)	20 (3)	-	-	-
2016	46 (9)	26 (-)	107 (-)	22 (3)	18 (1)	9 (-)	1 (-)	6 (-)	3 (-)	33 (5)	5 (-)	-	-
2017	40 (11)	34 (2)	68 (-)	23 (7)	6 (-)	10 (-)	6 (-)	9 (-)	11 (1)	37 (9)	8 (1)	-	-
2018	54 (4)	19 (1)	30 (-)	30 (6)	13 (1)	19 (3)	5 (-)	10 (-)	09 (-)	33 (5)	9 (1)	3 (-)	-
2019	38 (2)	13 (1)	57 (4)	25 (4)	8 (1)	16 (4)	5 (1)	15 (-)	05 (1)	38 (8)	8 (1)	4 (-)	-
2020	27 (1)	18 (-)	30 (2)	25 (9)	9 (-)	16 (2)	2 (-)	4 (-)	8 (-)	16 (10)	7 (1)	5 (1)	1 (-)
2021	27(3)	12(-)	37(4)	25(7)	3(1)	11(-)	1(1)	3(-)	4(-)	37(10)	7(-)	-	4(-)

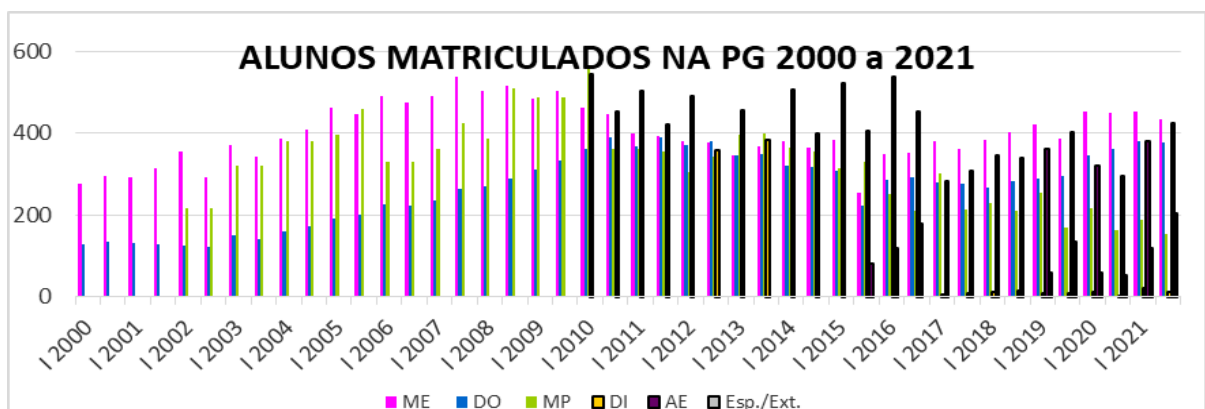
## GRÁFICO 1



## GRÁFICO 2



## GRÁFICO 3





## **2. INFORMAÇÕES GERAIS**

### **2.1 - Funções e Órgãos do DCTA**

O Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial - DCTA tem como missão "ampliar o conhecimento e desenvolver soluções científico-tecnológicas para fortalecer o poder aeroespacial, contribuindo para a soberania nacional e para o progresso da sociedade brasileira, por meio de ensino, pesquisa, desenvolvimento, inovação e serviços técnicos especializados, no campo aeroespacial."

Para o desempenho de sua missão, o DCTA conta com os seguintes institutos, centros e órgãos:

- Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA);
- Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC);
- Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE);
- Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI);
- Instituto de Estudos Avançados (IEAv);
- Grupamento de Infraestrutura e Apoio de São José dos Campos (GIASJ);
- Centro de Lançamento de Alcântara (CLA);
- Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI);
- Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV);
- Centro de Preparação de Oficiais da Reserva da Aeronáutica de São José dos Campos (CPORAER-SJ); e
- Prefeitura de Aeronáutica de São José dos Campos (PASJ).

O DCTA conta com servidores civis e militares e mantém convênios com grande número de instituições brasileiras e estrangeiras (notadamente da Alemanha, Estados Unidos da América, França e Inglaterra), recebendo financiamento de diversas fontes governamentais. Informações adicionais sobre o DCTA podem ser encontradas no sítio <http://www.cta.br/>.

## **3. ITA**

### **3.1 – Histórico**

O Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, instalou-se na cidade de São José dos Campos, em 1950, passando a ministrar os Cursos de Graduação em Engenharia Aeronáutica e Engenharia Eletrônica (este a partir de 1951), ambos ainda não consolidados no País, na época. O Curso de Engenharia Aeronáutica já vinha sendo oferecido, desde 1939, na Escola Técnica do Exército (atual Instituto Militar de Engenharia - IME).

Após a criação do Ministério da Aeronáutica (em 20 de janeiro de 1941), e a partir de 1947, o Curso de Engenharia Aeronáutica passou à responsabilidade da Aeronáutica, e ainda ministrado na Escola Técnica do Exército.

### **3.2 – Missão do ITA**

O ITA, criado pelo Decreto no 27.695, de 16 de janeiro de 1950, definido pela Lei no 2.165, de 05 de janeiro de 1954, é o órgão de ensino superior do Comando da Aeronáutica que tem por finalidades:

- Ministar o ensino e a educação necessários à formação de profissionais de nível superior nas especializações de interesse do Comando Aeroespacial, em geral, e do COMAER, em particular;
- Manter atividades de graduação, de pós-graduação **stricto sensu**, de pós-graduação **lato sensu** e de extensão; e
- Promover, por meio da educação, do ensino e da pesquisa, o progresso das ciências e das tecnologias relacionadas com as atividades aeroespaciais.

Tendo a preocupação fundamental de contar com um Corpo Docente de elevado padrão, o ITA procurou reunir professores estrangeiros e brasileiros de alto nível. Estes orientavam professores mais jovens, aos quais eram oferecidas amplas oportunidades de prosseguir estudos avançados no País e no exterior. Desde a sua criação, houve no ITA o que se chama de atividade de pós-graduação no sentido lato (seminários, cursos especiais avançados, cursos de atualização etc), por meio da qual se buscava melhor qualificação do docente iniciante, preparando-o, não somente para as tarefas de ensino, mas também, na época, para o prosseguimento de estudos no exterior. Em 1961, essas atividades foram organizadas formalmente em uma estrutura de disciplinas de pós-graduação e tese, iniciando-se um programa de formação de Mestres nos ramos da Engenharia Aeronáutica, Eletrônica e Mecânica, em Física e em Matemática. Essa iniciativa marcou no Brasil, não apenas o início da pós-graduação em Engenharia, como introduziu o mestrado e o modelo que viria a ser adotado por outras instituições, seja de engenharia, sejam de outras áreas do conhecimento.

No início, as atividades de pós-graduação estiveram sob a responsabilidade de uma Comissão de Pós-Graduação, cujo trabalho apoiou-se em normas aprovadas pela Congregação do ITA em 4 de janeiro de 1961.

Amadurecida a experiência, essas normas vieram a servir de base à regulamentação dada ao Curso pela Portaria Ministerial nº 18/GM3, de 20 de fevereiro de 1968. Atualmente, de acordo com o Regulamento do ITA, aprovado pela Portaria Ministerial nº 650/GC3, de 26 de junho de 2006, as atividades de Pós-Graduação estão a cargo da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, diretamente subordinada à Reitoria do ITA.

Em 19 de julho de 1970, o Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq incluía o ITA entre os centros de excelência em pós-graduação em Engenharia, em 4 de junho de 1975, o Conselho Federal de Educação - CFE credenciava os Cursos de Pós-Graduação do ITA, ao nível de Mestrado. Em abril/maio de 1981, o CFE credenciava também os Cursos ao nível de Doutorado. A partir de 1995, os cursos do ITA estão credenciados pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, em vista dos conceitos recebidos.

Até junho de 2021 foram conferidos 3241 títulos de Mestre em Ciências, dos quais 353 são militares, e 844 títulos de Doutor em Ciências, dos quais 49 são militares.

A partir de 2002, o Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica obteve o credenciamento da CAPES para ministrar o Curso de Mestrado Profissional. Os primeiros títulos do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica foram conferidos em 2004. Até junho de 2021 foram conferidos 1303 títulos de Mestres em Engenharia, dos quais 46 são militares.

### **3.3 – Constituição do ITA**

O ITA é constituído pela Reitoria (ID), Congregação (IC), Pró-Reitoria de Graduação (IG), Pró-Reitoria de Pós-Graduação (IP), Pró-Reitoria de Pesquisa e Relacionamento Institucional (IPR), e a Pró-Reitoria de Administração (IA).

A Reitoria do ITA (ID) tem a seguinte constituição: Reitor (ID), Vice-Reitor (IDV), Conselho da Reitoria (CR), Conselho dos Chefes de Divisão (CCD), Gabinete (IDG) e

Secretária (ID-S). O Conselho da Reitoria é o órgão consultivo do Reitor, que o assessora e com ele coopera no planejamento das atividades e na orientação técnica, administrativa e disciplinar do ITA. Presidido pelo Reitor, tem como membros efetivos: o Vice-Reitor, os Pró-Reitores e o Chefe de Gabinete.

O Gabinete, subordinado diretamente ao Reitor do ITA, é o órgão que tem por finalidade proporcionar-lhe assessoria jurídica e de relações públicas, e também, assegurar apoio geral à Reitoria. É constituído por: Chefe, Secretaria, Assessoria Jurídica e Assessoria de Relações Públicas.

A Congregação (IC), órgão planejador e orientador do ensino e da política educacional do Instituto é presidida pelo Reitor e constituída por membros efetivos e representativos.

São membros efetivos da Congregação: o Vice-Reitor, os Pró-Reitores, os Chefes das Divisões Acadêmicas, os Coordenadores de Cursos de Graduação e Coordenadores de Programas de Pós-Graduação *stricto sensu*, os Chefes das Divisões das Pró-Reitorias de Graduação (IG), de Pós-Graduação (IP) e de Pesquisa e Relacionamento Institucional (IPR). Os membros representativos são: três professores de cada Divisão Acadêmica, eleitos pelos pares da Divisão a que estão vinculados e doze professores eleitos livremente.

A Pró-Reitoria de Pós-Graduação (IP), diretamente subordinada ao Reitor, tem a finalidade de planejar, dirigir, coordenar e controlar as atividades de ensino e pesquisa de Pós-Graduação "*stricto sensu*" do Instituto. Ela é constituída de: Pró-Reitor de Pós-Graduação, Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa (IP-PG), Divisão de Educação Continuada (IP-EC) e Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa (CPG) formado pelos Coordenadores de Programas e Áreas. O CPG é a instância máxima de deliberação dos assuntos afetos à IP.

A Pró-Reitoria de Graduação (IG), diretamente subordinada ao Reitor, tem a finalidade de planejar, dirigir, coordenar e controlar as atividades fim do Instituto. Ela é constituída de: Pró-Reitor de Graduação, Conselho da Graduação (CGR), Coordenadorias de Curso de Graduação, Divisão de Registros e Controle Acadêmico (IGR), Divisão de Alunos (DIVAL) formado pelos Coordenadorias de Cursos de Graduação, assim distribuídas: Curso Fundamental (FUND), Curso de Engenharia Aeronáutica (AER), Curso de Engenharia Eletrônica (ELE), Curso de Engenharia Mecânica-Aeronáutica (MEC), Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica (CIVIL), Curso Engenharia da Computação (COMP) e Curso de Engenharia Aeroespacial (AESP).

A Pró-Reitoria de Administração (IA), diretamente subordinada ao Reitor, tem por finalidade planejar, dirigir, coordenar e controlar, dentro de sua esfera de competência, as atividades de administração de recursos humanos, materiais, financeiros e de infraestrutura de apoio. A Pró-Reitoria de Administração tem a seguinte constituição: Pró-Reitor de Administração, Divisão de Informação e Documentação, Divisão de Informática, Divisão de Administração e Finanças, Divisão de Apoio e Manutenção, Divisão de Recursos Humanos, Divisão de Segurança do Trabalho, Secretaria-Geral e Secretaria.

Atualmente, as atividades de pós-graduação são disciplinadas pelas Instruções Normativas para os Cursos de Pós-Graduação "*Stricto Sensu*" do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, disponibilizadas no seguinte endereço eletrônico: <http://intranet.ita.br>.

As Divisões Acadêmicas diretamente subordinadas ao Reitor têm por competência, em seus respectivos campos de conhecimento, o planejamento, a coordenação, a execução e o controle das atividades administrativas e de infraestrutura humana e material necessárias à execução das atividades de ensino, pesquisa e extensão do Instituto. O ITA tem as seguintes Divisões Acadêmicas: Divisão de Ciências Fundamentais (IEF), Divisão de Engenharia Aeronáutica (IEA), Divisão de Engenharia Eletrônica (IEE),

Divisão de Engenharia Mecânica (IEM), Divisão de Engenharia Civil (IEI) e Divisão de Ciência da Computação (IEC).

#### **4. PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

Cabe à Pró-Reitoria de Pós-Graduação - IP, exercer a coordenação geral dos Cursos de Pós-Graduação. Estes compreendem disciplinas e atividades de pesquisa, ambas de responsabilidade das Divisões Acadêmicas.

A IP compreende Pró-Reitor, Chefe da Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa, Chefe da Divisão Educação Continuada, Assessor, Secretária, para o exercício de funções executivas, e Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa - CPG, para o exercício de funções normativas. Ao CPG pertencem todos os Coordenadores Executivos de Mestrado Profissional, Coordenadores de Áreas de Concentração, Coordenadores de Programas de Pós-Graduação, Chefe da Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa, Chefe da Divisão Educação Continuada, representante da APG (Associação dos Pós-Graduandos), Assessor, e do Pró-Reitor, que o preside. O CPG conta com o representante do Instituto de Aeronáutica e Espaço e o representante do Instituto de Estudos Avançados como membros convidados.

Na respectiva Área de Concentração, cada Programa possui um Representante, ao qual compete tratar de assuntos acadêmicos da Pós-Graduação, conduzindo a interlocução com as Chefias das Divisões Acadêmicas, Conselho de Pós-Graduação, professores e alunos de Pós-Graduação e orientadores. Compete ao Coordenador, também, a supervisão das atividades de ensino e de pesquisa do Curso e da Área de Concentração em questão.

##### **4.1 - Programas de Pós-Graduação**

Os Programas de Pós-Graduação do ITA, oferecidos nos diferentes campos de especialização de interesse do Comando da Aeronáutica, e relacionados com a Engenharia e as Ciências, têm por objetivos:

- Preparar pessoal para atender, primordialmente, às necessidades dos Institutos integrantes do DCTA, e das demais Organizações da Aeronáutica;
- Estudar e desenvolver técnicas que contribuam para o estabelecimento de uma tecnologia adequada às condições brasileiras;
- Preparar pessoal docente; e
- Formar pesquisadores.

A seguir, serão listados os Programas de Pós-Graduação oferecidos pelo ITA e suas respectivas áreas de conhecimento:

##### **4.1.1 - Engenharia Aeronáutica e Mecânica - PG/EAM**

Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais	EAM-1
Propulsão Aeroespacial e Energia	EAM-2
Materiais, Manufatura e Automação	EAM-3

##### **4.1.2 - Engenharia Eletrônica e Computação - PG/EEC**

- Dispositivos e Sistemas Eletrônicos PG/EEC-D

- Informática PG/EEC-I
- Micro-ondas e Optoeletrônica PG/EEC-M
- Sistemas e Controle PG/EEC-S
- Telecomunicações PG/EEC-T

#### **4.1.3 - Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica - PG/EIA**

- Infraestrutura Aeroportuária PG/EIA-I
- Transporte Aéreo e Aeroportos PG/EIA-T

#### **4.1.4 - Física - PG/FIS**

- Física Atômica e Molecular PG/FIS-A
- Dinâmica Não Linear e Sistemas Complexos PG/FIS-C
- Física Nuclear PG/FIS-N
- Física de Plasmas PG/FIS-P

#### **4.1.5 – Ciências e Tecnologias Espaciais - PG/CTE**

- Sistemas Espaciais, Ensaio e Lançamentos CTE-E
- Física e Matemática Aplicadas CTE-F
- Gestão Tecnológica CTE-G
- Propulsão Espacial e Hipersônica CTE-P
- Química dos materiais CTE-Q
- Sensores e Atuadores Espaciais CTE-S

#### **4.1.6 - Pesquisa Operacional - PPG/PO**

- Gestão e Apoio a Decisão
- Métodos em Otimização

Dependendo da natureza da tese, e a critério do Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa - CPG, podem ser organizados programas interdisciplinares que contenham disciplinas de duas ou mais Áreas do mesmo Programa ou de Programas diferentes.

## **4.2 - Currículo Escolar**

O currículo escolar para todos os programas é aprovado anualmente pela Congregação do ITA. Ao prepará-lo, tem-se em vista, especialmente, a formação integrada do profissional, colocando-se ênfase em Ciências Básicas e nas técnicas e métodos de aplicação dos princípios fundamentais de Engenharia. Preenchidas as condições mínimas fixadas, permite-se que alunos regulares frequentem, em caráter eletivo, cursos extracurriculares, cujos participantes ficam submetidos ao regime comum de frequência e aproveitamento.

O currículo da Pós-Graduação aprovado para 2017, e apresentado neste Catálogo, obedece as seguintes convenções:

\* Sigla da disciplina - conjunto de duas letras e três números que permite identificar uma disciplina como sendo de responsabilidade de um Departamento ou Divisão Acadêmica do ITA.

\* Carga horária semanal - correspondentes a cada disciplina, os quatro números separados por um hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, o número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina.

\* Requisito - disciplina que o aluno já deva ter cursado ou condição que deve satisfazer antes de cursar determinada disciplina. Quando, como requisito constar disciplina que não aparece neste Catálogo, trata-se de disciplina em extinção, oferecida em anos anteriores.

\* Ementa - conteúdo programático da disciplina, representando os tópicos a serem abordados durante o tempo previsto no período.

\* Bibliografia - indicação de até 3 referências bibliográficas que o professor poderá fazer uso como texto ao ministrar a disciplina.

Por proposta das respectivas Divisões, a Comissão de Currículo da Congregação, atuando em seu nome, poderá alterar o que está aqui disposto, desde que tais modificações não impliquem mudança substancial do que foi aprovado em plenário. Modificações consideradas substanciais dependem de aprovação da Congregação, nos termos regimentais.

### **4.3 - Admissão e Matrícula**

São admissíveis aos Cursos de Pós-Graduação os candidatos diplomados em curso superior de graduação, selecionados pela coordenação. Enquanto não for escolhido o Orientador de Tese, compete ao Coordenador de Área orientar o aluno na escolha de seu Programa de Estudos em Pós-Graduação.

A inscrição para admissão aos Programas de Pós-Graduação é efetuada na Divisão de Pós-Graduação, selecionados pela Coordenação de área. A entrega dos formulários próprios para este fim, deve ser feita pessoalmente ou pelo Correio. A documentação necessária é composta de:

- Formulário de Inscrição (Modelo 2M/D),
- Uma foto 3x4 (recente),
- Diploma de Graduação (ou comprovante de estar cursando o último ano),
- Diploma de Mestrado (se for o caso),
- Histórico Escolar,
- Cópias de RG, CPF e Certidão de Nascimento, e
- Duas Cartas de Recomendação (Modelo próprio 3 M/D).

Informações mais detalhadas sobre admissão e matrícula poderão ser obtidas no seguinte endereço:

**Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA**

**Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa**

Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias

12228-900 - São José dos Campos - SP

Tel. (12) 3947 5857 - 3947 5851 - Fax: (12) 3947-5857

Página: <http://www.ita.br/posgrad>

### **4.3.1 - Curso de Mestrado**

O Programa de Estudos do Curso de Mestrado compreende um conjunto de disciplinas que totaliza, no mínimo, 18 créditos, e uma tese. A tese de mestrado corresponde a um trabalho individual que demonstre capacidade de contextualização do conhecimento existente e de utilização dos métodos e técnicas de investigação científica sobre o tema tratado. Em geral, cada disciplina de Pós-Graduação, cursada com frequência (mínimo de 85% das aulas) e aproveitamento (mínimo de 6,5 pontos em 10,0), corresponde a até 3 créditos. A adequação e coerência do programa de estudo são examinadas pela Comissão de Contagem de Créditos nomeada para cada aluno, a pedido deste, quando a tese se encontrar em fase de redação. Dependendo do tema de tese, a adequação pode ser restrita a uma Área de Concentração ou pode envolver disciplinas pertencentes a mais de uma área. A Comissão de Contagem de Créditos poderá atribuir créditos para disciplinas cursadas com aproveitamento no próprio ITA, na forma de Disciplina Isolada, ou em Cursos de Pós-Graduação reconhecidos, oferecidos por outras Instituições, assim como critérios por artigos elaborados em co-autoria com o orientador.

O Programa de Estudos é considerado aprovado quando, além de preencher o requisito de créditos, o aluno tiver obtido média mínima 7,5 (na escala de 0,0 a 10,0) no conjunto de disciplinas, tiver sido aprovado em exame de Inglês, e tiver sido aprovado em Exame de Tese. A Banca do Exame de Tese é composta de pelo menos quatro membros efetivos, dentre os quais obrigatoriamente o Orientador de Tese, um especialista externo ao ITA e um Presidente, todos indicados pela Coordenação de Área e referendados pelo Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa. Para o aluno que satisfizer os requisitos do Programa de Estudos, é concedido o título de Mestre em Ciências.

### **4.3.2 - Curso de Doutorado**

O Programa de Estudos do Curso de Doutorado deve compreender um conjunto de disciplinas da área de concentração e de outras áreas afins, perfazendo um total mínimo de 27 créditos. A Comissão de Qualificação poderá atribuir até 15 créditos para o título de Mestre em Ciências ou em Engenharia, obtido em programa de Pós-Graduação reconhecido pelo MEC; créditos para publicações científicas originais, créditos para disciplinas cursadas no próprio ITA como Disciplinas Isoladas ou em outros programas de Pós-Graduação. Em geral, cada disciplina de Pós-Graduação, cursada com frequência (mínimo de 85% das aulas) e aproveitamento (mínimo de 6,5 pontos em 10,0), corresponde a até 3 créditos. Perderão validade, a critério do CPG, créditos obtidos há mais de oito períodos letivos. O título de Mestre poderá ser dispensado, a critério do CPG, nos casos em que o candidato ao doutorado apresente excepcionais níveis quantitativo e qualitativo de realizações técnico-científicas, ou demonstre distinta capacidade intelectual que assegure sucesso em aproveitamento acadêmico de seu Programa de Estudos.

O Programa de Estudos do aluno é considerado aprovado quando ele tiver completado o total de créditos anteriormente referidos, dos quais pelo menos 6 resultantes de disciplinas de nível 2XX cursadas no ITA; tiver obtido média mínima de 7,5 (na escala de 0,0 a 10,0) no conjunto das disciplinas cursadas no ITA; tiver sido aprovado no Exame de Qualificação; tiver sido aprovado nos exames de Inglês; e tiver sido aprovado no Exame de Tese de Doutorado. A Tese de Doutorado deve representar um trabalho individual que demonstre capacidade de contextualização do conhecimento existente e utilização dos métodos e técnicas de investigação científica sobre um tema tratado e que represente contribuição original. A Tese de Doutorado deverá ser

defendida perante Banca composta de cinco membros efetivos, dentre os quais o Orientador de Tese, dois especialistas externos ao ITA e um Presidente, todos indicados pela Coordenação do programa e referendados pelo Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa. Para o aluno que satisfizer os requisitos do Programa de Estudos, é concedido o título de Doutor em Ciências.

### **4.3.3 - Curso de Mestrado Profissional**

O Programa de Estudos do Curso de Mestrado Profissional compreende um conjunto de disciplinas que totaliza, no mínimo, 24 créditos, e uma dissertação. A dissertação de Mestrado Profissional corresponde a um trabalho individual que demonstre capacidade de contextualização do conhecimento existente e de utilização dos métodos e técnicas de investigação sobre um tema de interesse predominantemente tecnológico. Em geral, cada disciplina de Pós-Graduação, cursada com frequência (mínimo de 85% das aulas) e aproveitamento (mínimo de 6,5 pontos em 10,0) pode contabilizar até 1 crédito por 16 horas letivas de aula.

O Programa de Estudos é considerado aprovado quando, além de preencher o requisito de créditos, tiver sido aprovado em exame de Inglês, e tiver sido aprovado em Exame de Dissertação. A Banca do Exame de Dissertação é composta de pelo menos três membros efetivos, dentre os quais obrigatoriamente o Orientador de Dissertação, que atua como Presidente, um membro externo ao ITA, e um membro interno, todos indicados pela Coordenação de Área e referendados pelo Conselho de Pós-Graduação e Pesquisa. Para o aluno que satisfizer os requisitos do Programa de Estudos, é concedido o título de Mestre em Engenharia.

### **4.4 - Bolsas de Estudos e Facilidades**

Os programas oferecidos pelo ITA são reconhecidos pelo MEC e, tradicionalmente, os alunos têm conseguido bolsas de estudos institucionais postas à disposição do ITA pela CAPES e pelo CNPq e de outros órgãos financiadores de pós-graduação e pesquisa. É possível, também, concorrer às bolsas oferecidas pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP, mediante proposta preparada com um orientador. As atividades dos Cursos de Mestrado e de Doutorado são desenvolvidas em regime de tempo integral, e por isso os alunos bolsistas poderão fazer jus a facilidades como: local próprio para estudo, laboratórios equipados e crachá de identificação que lhes conferem possibilidade ao uso de várias instalações de infraestrutura acessíveis aos servidores do DCTA. Alunos não-bolsistas, mas com dedicação em tempo integral, poderão receber algumas dessas facilidades oferecidas pela Instituição.

### **4.5 - Biblioteca Central**

Desde a sua fundação, a Biblioteca Central tem atuado como um centro de informação científica e tecnológica no campo aeroespacial e áreas correlatas, coordenando e reforçando o sistema de processamento e a disseminação da informação para os usuários, em particular, os alunos de pós-graduação do ITA.

O crescimento do DCTA e o desenvolvimento de seus programas de pesquisa trouxeram, como conseqüência, uma intensa troca de informações científicas e tecnológicas. Esse intercâmbio vem sendo desenvolvido por intermédio de diversos projetos e atividades. Para atender a essa demanda crescente por informação, o DCTA conta com o apoio de sua Biblioteca Central que, pelo seu acervo, serviços e produtos, é considerada uma das mais importantes bibliotecas especializadas do Brasil. A



Biblioteca Central possui em seu acervo centenas de milhares de volumes, distribuídos entre livros técnicos, especificações e normas técnicas, em papel e CD-ROM, fitas do Internacional Technical Network, filmes técnico-científicos, microfiches da NASA, dicionários, enciclopédias, trabalhos de graduação, teses, relatórios técnicos, catálogos de editoras, equipamentos e universidades, além de milhares de títulos de periódicos especializados, bases de dados referenciais e texto na íntegra em papel e CD-ROM e ON-LINE, mais de uma centena de milhar de microfichas do National Technical Information Service - NTIS e The Video Encyclopedia of Physics Demonstrations (Video Discs Laser). Totalmente automatizada, a Biblioteca Central desenvolve e gerencia o Sistema de Informações em C&T, em uso no DCTA, assegurando assim um rápido acesso da comunidade à informação. Dentre os seus serviços e produtos destacam-se:

- Acesso a publicações, com texto na íntegra, em CD-ROM e ONLINE;
- Acesso a teleconferências;
- Comutação Bibliográfica Internacional - BL;
- Comutação Bibliográfica Nacional - COMUT;
- Conexão com a Rede Acadêmica Internacional - INTERNET;
- Disponibilização do Módulo SICTAer Acervo Bibliográfico, através de acesso local, via Internet ([www.bibl.ita.br](http://www.bibl.ita.br)) e em CD-ROM;
- Divulgação de novas aquisições;
- Elaboração de Boletim Informativo;
- Elaboração de publicação "Informação Científico-Tecnológica";
- Elaboração do Thesaurus Aeroespacial;
- Empréstimo entre Bibliotecas;
- Estágio nas áreas de Biblioteconomia e Processamento de Dados;
- Exibição de filmes técnico-científicos;
- Levantamento de perfis de interesse;
- Normalização de trabalhos científicos;
- Orientação aos usuários;
- Participação do Catálogo Coletivo de Conferências da CNEN/CIN;
- Participação do Consórcio ISTECA - The Ibero-American Science and Technology Education Consortium;
- Participação da Rede de Bibliotecas da Área de Engenharia - REBAE;
- Participação do Catálogo Coletivo Nacional de Publicações Seriadas em Ciência e Tecnologia - CCN-NRC;
- Posto de Serviço da Rede ANTARES;
- Posto de Apoio da FAPESP;
- Serviços de alerta; e
- Serviços de reprografia: papel, microfichas.
- Maiores informações: [www.bibl.ita.br](http://www.bibl.ita.br)

#### **4.6 - Internet**

Atualmente, o ITA possui uma rede com backbone de 1Gbps, e cada Divisão/prédio uma rede local com 100 Mbps. Possui aproximadamente 1300 usuários, 1580 pontos de rede e cerca de 400 pontos no H8. A conexão com a Internet é através de ligação de fibra óptica até o INPE, que é o Ponto de Presença da RNP em São José dos Campos, numa velocidade de 155 Mbps. Tais recursos estão localizados em diversos

laboratórios e diretamente nas salas dos alunos. Através desta rede local, os alunos de pós-graduação também têm acesso eficiente à rede Internet.

#### 4.7 - Laboratórios

Pesquisas de caráter experimental e desenvolvimento de novas técnicas e produtos podem ser realizados por professores, pesquisadores e alunos de pós-graduação do ITA. Instalações adequadas para esse trabalho podem ser encontradas nas Divisões Acadêmicas e Laboratórios, sendo descritas a seguir:

- **Divisão de Ciências Fundamentais** - *Física*, nas áreas de plasmas e descargas elétricas, tecnologia de plasmas com aplicabilidade em corrosão, deposição, tratamento de materiais, combustão e gaseificação a plasma, processos a plasma para microeletrônica, túnel de plasma, vácuo, óptica, espectroscopia, filmes finos; Química, na área de caracterização físico-química de materiais; e matemática, na área de línguas.
- **Divisão de Engenharia Aeronáutica** - *Aerodinâmica*, com túneis de vento subsônico, transônico e supersônico, bem como instrumentação e suporte para operação; Estruturas, capacitado para realização de ensaios estáticos, dinâmicos, de estabilidade estrutural, mecânica da fratura e fadiga; Propulsão, equipado com bancos de ensaios de motores a pistão e turbo-reatores, bem como na área de combustão e combustíveis; Mecânica do Vôo, centrado em torno de um simulador de dois graus de liberdade da aeronave EMB-312 Tucano.
- **Divisão de Engenharia Mecânica** - *Energia*, abrangendo as áreas de turbomáquinas, mecânica dos Fluidos computacional, termodinâmica e transferência de calor; Projetos Mecânicos, abrangendo as áreas de sistemas dinâmicos, robótica, vibrações e choque mecânico, instrumentação, simulação e controle de processos; e Tecnologia de Fabricação, abrangendo as áreas de ensaios mecânicos, máquinas-ferramenta, metrologia, microscopia e metalografia, fundição, conformação dos metais, plasticidade e materiais plásticos reforçados.
- **Divisão de Engenharia Eletrônica** - *Dispositivos e Sistemas*: laboratórios de CAD Eletrônico, Sistemas Digitais, Dispositivos Eletrônicos, Circuitos Eletrônicos e de Sistemas Eletrônicos; *Micro-ondas e Optoeletrônica*: laboratórios de Fibras Ópticas, Eletromagnetismo e Micro-ondas, Dispositivos Opto-eletrônicos e de Análise do Ambiente Eletromagnético e Tratamento de Dados; *Sistemas e Controle*: laboratórios de Controle por Computador, Servomecanismos, Máquinas Elétricas, NCROMA (Navegação e Controle de Robôs Móveis Autônomos) e de Computação para uso geral; *Telecomunicações*: laboratórios de Sistemas de Telecomunicações, Antenas e Propagação, Processamento de Sinais e Imagens, GNSS (Global Navigation Satellite Systems) e de Redes de Computadores.
- **Divisão de Ciência da Computação** - *Laboratórios multidisciplinares* envolvendo os trabalhos desenvolvidos nas áreas de multimídia, sistemas tutores inteligentes, computação gráfica, redes de computadores, simulação e sistemas distribuídos. Os laboratórios estão divididos em três instalações físicas distintas: Pós-Graduação, Graduação e Laboratório de Redes.
- **Divisão de Engenharia Civil** – *Laboratórios multidisciplinares* envolvendo os trabalhos desenvolvidos nas áreas de transporte aéreo e aeroportos, geotecnia, estruturas e edificações e recursos hídricos e saneamento ambiental.

- **Centro de Competência em Manufatura - CCM** - laboratório interdisciplinar composto por três áreas técnicas complementares: *Projeto e Análise de Produtos*, *Gestão da Produção e Manufatura*, por meio dos quais se podem visualizar e compreender desde o processo do *Desenvolvimento Integrado de Produtos e Sistemas até a Fabricação dos Componentes Usinados*. Os principais aplicativos / equipamentos das áreas técnicas do CCM são, respectivamente: UNIGRAPHICS, CATIA, ANSYS e ADAMS; Centro de Usinagem 5 Eixos HSC (High Speed Cutting) e Robô Industrial PUMA 560.
- **O Laboratório de Engenharia Aeronáutica Prof. Kwei Lien Feng** - reúne as instalações experimentais das áreas de aerodinâmica, propulsão e sistemas aeronáuticos. Cinco túneis de vento (subsônicos e supersônicos) e bancos de ensaio de motores (alternativos e turbinas) e hélices são utilizados em conjunto com instrumentação moderna (laser, micro termopares e sistema de aquisição de dados) para a execução das atividades. Além das aulas de laboratório para os cursos de graduação e pós-graduação, no Laboratório Prof. Feng são desenvolvidas teses de Mestrado e Doutorado nas áreas de Aerodinâmica e Propulsão, assim como, trabalhos de pesquisa e desenvolvimento. Adicionalmente, os profissionais que trabalham neste laboratório estão envolvidos com trabalhos de desenvolvimento de produtos e métodos para empresas nacionais, assim como em trabalhos de cooperação com outras instituições nacionais e internacionais. Como exemplos destes tipos de trabalho pode-se citar o desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados (VANT) e o desenvolvimento de metodologias de ensaios em túneis de vento para alguns testes requeridos pela EMBRAER.
- **Centro de Referência em Turbinas a Gás** ([www.turbina.ita.br](http://www.turbina.ita.br)) - laboratório interdisciplinar composto de áreas técnicas complementares: Projeto e Análise de Turbinas a Gás e de seus Componentes Principais (compressores e turbinas); Identificação de Falhas em Turbinas a Gás; Corrosão em Materiais de Turbinas a Gás submetidos a temperaturas elevadas; Barreiras Térmicas para Pás de Turbinas a Gás. Os trabalhos desenvolvidos no Centro são apoiados por uma infraestrutura de apoio constituída de equipamentos (informática: micros, estações de trabalho, scanners, impressoras; medições de propriedades físicas e químicas) com características apropriadas aos estudos e pesquisas. Alunos de mestrado e doutorado, bem como estágios de pós-doutorado desenvolvem suas atividades visando à formação de recursos humanos altamente especializados em turbinas a gás.
- **Laboratório de Plasma e Processos - LPP** - laboratório interdisciplinar que oferece infraestrutura de pesquisa em física e tecnologia de plasma. As instalações compreendem reatores a plasmas excitados por campo de radiofrequência, Micro-ondas e corrente contínua nos quais são gerados plasmas frios usados em processamento de matérias (deposição corrosão e tratamento de superfícies). Os materiais processados em ambiente de plasma visam a aplicações nas áreas de nano e microeletrônica, sensores e optoeletrônica, havendo também, para esse fim, uma sala limpa associado ao LPP. Plasmas de maior densidade energética são gerados por descargas a corrente contínua ou alternada gerando plasma térmico ou não térmico, respectivamente. Plasmas térmicos são usados em banco de ensaio de simulação de ambiente de reentrada atmosférica de satélites recuperáveis. Para esses ensaios em condições de vácuo as tochas são integradas a um pequeno túnel de plasma compreendendo câmara de vácuo, sistema de controle de injeção de gases, sistema de potência e refrigeração. As tochas de plasmas não térmicos são produzidas em descargas do tipo arco deslizante (gliding arc) e são usadas em processos baseados em catálise a plasma como combustão e gaseificação a plasma.

## 4.8 - Grupos de Pesquisa do ITA - CNPq

Boa parte das atividades de pesquisa, descritas acima, está cadastrada e estruturada em Grupos de Pesquisas do CNPq. Alguns dos grupos de pesquisa e seus líderes no ITA estão descritos abaixo:

<b>Divisão de Ciências Fundamentais</b>		
	<b>Nome do Líder</b>	<b>Nome do Grupo de Pesquisa</b>
1	Arnaldo Dal Pino Júnior	Grupo de Física Atômica e Molecular
2	Brett Vern Carlson	Física Nuclear
3	Gilberto Petraconi Filho	Física de Plasma Aplicada a novos Processos de Materiais
4	Gilmar Patrocínio Thim	Nanociência e Nanotecnologia
5	José Atílio Fritz Fidel Rocco	Materiais Energéticos
6	José Atílio Fritz Fidel Rocco	Propulsão Química
7	José Atílio Fritz Fidel Rocco	Ciência e Tecnologia Aeroespacial
8	José Atílio Fritz Fidel Rocco	Projetos, Fabricação e Processos de Materiais Estratégicos da Área de Defesa
9	Lara Kuhl Teles	Grupo de Materiais Semicondutores e Nanotecnologia
10	Marisa Roberto	Sistemas Complexos e Dinâmica Não-Linear
11	Nilda Nazaré Pereira Oliveira	Tecnologia e Sociedade
12	Sueli Sampaio Damim Custódio	Direito Aeronáutico
<b>Divisão de Ciência da Computação</b>		
	<b>Nome do Líder</b>	<b>Nome do Grupo de Pesquisa</b>
13	Adilson Marques da Cunha	Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software - GPES/ITA
14	Carlos Henrique Costa Ribeiro	Inteligência Artificial e Robótica
15	Celso Massaki Hirata	Computação Aplicada para Setor Aeroespacial
16	José Maria Parente de Oliveira	SemantiComp - Semantic Computing Group
<b>Divisão de Engenharia Eletrônica</b>		
	<b>Nome do Líder</b>	<b>Nome do Grupo de Pesquisa</b>
17	Marcelo Gomes da Silva Bruno	Sistemas de Comunicações e Processamento de Sinais
18	Osamu Saotome	Computador de Bordo do Satélite Universitário ITASAT
<b>Divisão de Engenharia Civil</b>		
	<b>Nome do Líder</b>	<b>Nome do Grupo de Pesquisa</b>
19	Alessandro V. M. Oliveira	NECTAR - Núcleo de Economia do Transporte Aéreo
20	Anderson Ribeiro Correia	NEST - Núcleo de Estudos em Sistemas de Transportes
21	Carlos Muller	GETA - Grupo de Engenharia de Tráfego Aéreo
22	Delma de Mattos Vidal	GGGAIITA - Geossintéticos e Geotecnia Ambiental do ITA
23	Iria Fernandes Vendrame	Hidrologia Ambiental
24	Maryangela Geimba de Lima	Influência da Ação do Meio-Ambiente e do Tempo na Durabilidade do Concreto e das Construções
<b>Divisão de Engenharia Mecânica</b>		
	<b>Nome do Líder</b>	<b>Nome do Grupo de Pesquisa</b>
25	Jorge Otubo	ITASMART
26	Luiz Carlos Sandoval Góes	Mecatrônica Aeroespaciais e Dinâmica de Sistemas Aeroespaciais
27	Marcelo Jose Santos de-Lemos	Análise e Simulação de Sistemas Energéticos
28	Marcelo Jose Santos de-Lemos	Grupo de Computação em Fenômenos de Transporte
<b>Divisão de Engenharia Aeronáutica</b>		
	<b>Nome do Líder</b>	<b>Nome do Grupo de Pesquisa</b>
29	Claudia Regina de Andrade	Aerodinâmica, Propulsão e Energia
30	Flávio Luiz da Silva Bussamra	Estruturas Aeroespaciais
31	Willer Gomes dos Santos	E2MoC - Engenharia de sistemas Espaciais, Mecânica orbital e Controle

## **5. ENGENHARIA AERONÁUTICA E MECÂNICA – PG/EAM**

### **5.1 Objetivos do PG/EAM**

O Curso de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica (PG/EAM) tem por objetivos gerais: a formação de profissionais nos níveis de Mestrado e Doutorado nas áreas de conhecimentos de Aeronáutica e Mecânica-Aeronáutica para atuarem em ensino, pesquisa e desenvolvimento; e com ênfase no desenvolvimento de estudos e técnicas que contribuam para o estabelecimento de novas tecnologias adequadas à realidade brasileira, notadamente no Setor Aeroespacial.

O PG/EAM congrega disciplinas e docentes de cinco Divisões do ITA:

- Divisão de Engenharia Aeronáutica (IEA);
- Divisão de Engenharia Eletrônica (IEE);
- Divisão de Engenharia Civil (IEI);
- Divisão de Engenharia Mecânica-Aeronáutica (IEM); e
- Divisão de Ensino Fundamental (IEF).

As atividades de Ensino e Pesquisa do Curso encontram-se agrupadas nas seguintes três Áreas de Concentração:

- EAM-1 - Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais,
- EAM-2 - Propulsão Aeroespacial e Energia, e
- EAM-3 - Materiais, Manufatura e Automação.

A matrícula do aluno é efetuada em uma determinada Área de Concentração, caracterizada por um conjunto coerente de matérias obrigatórias e eletivas, além do tema de pesquisa para uma Tese. Os candidatos são aceitos em função de uma proposta de Plano de Trabalho, sendo que, no Curso de Doutorado, este deve ser previamente definido com um orientador de tese credenciado do Curso.

A escolha de uma Área de Concentração deve ser precedida de uma análise de cada área e suas linhas de pesquisa. É descrito no próximo item seu caráter multidisciplinar. Assim, um determinado tópico de pesquisa pode ser abordado por Áreas de Concentração diferentes, variando-se a ênfase em função da aplicação. É recomendável, portanto, que o candidato efetue uma análise minuciosa de cada Área de Concentração e suas linhas de pesquisa e matérias ministradas, antes de efetuar a inscrição. Em caso de dúvida, é sugerido o contato com o Coordenador da Área de Concentração à qual deseja se vincular.

### **5.2 Linhas de Pesquisa do PG/EAM**

A seguir, são relacionadas as linhas de pesquisa por Área de Concentração. Devido ao caráter multidisciplinar das áreas, eventualmente pesquisas relacionadas com diferentes áreas podem também fazer parte de programas específicos de teses do Curso.

#### **5.2.1 EAM-1 - Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais**

- Aerodinâmica,
- Aeroelasticidade e aeroacústica;
- Sistemas aeroespaciais,
- Mecânica e controle de voo;

- Compósitos avançados e estruturas aeroespaciais;
- Projeto aeronáutico integrado e otimização multidisciplinar (MDO).

### **5.2.2 EAM-2 - Propulsão Aeroespacial e Energia**

- Combustão e propulsão de aviões e veículos aeroespaciais;
- Projeto e tecnologia de turbinas a gás;
- Análise de sistemas térmicos e mecânica dos Fluidos.
- Concentração em Energia (energia@ita.br): Energia Renovável: Heliotérmica Fotovoltaica, Eólica, Biomassa; Energia Convencional: Petróleo e Gás Natural; Célula Combustível, Combustor Poroso, Hidrogênio.

### **5.2.3 EAM-3 - Materiais, Manufatura e Automação**

- Engenharia de sistemas e automação industrial;
- Materiais avançados e processos de fabricação.

## **5.3 Corpo Docente do PG/EAM**

### **5.3.1 Corpo Docente Permanente**

**Alfredo** Rocha de Faria, Ph.D., Toronto, 2000.  
Otimização Estrutural, Estruturas Inteligentes; Estruturas de Materiais compósitos.  
(e-mail: arfaria@ita.br)

**Airton** Nabarrete, D.C., ITA, 2002.  
Dinâmica de Estruturas, Estruturas Inteligentes e de Materiais Compósitos, Análise Modal Experimental.  
(e-mail: nabarret@ita.br)

**Alexander** Mattioli Pasqual, D.C., UNICAMP, 2010.  
Elementos de Máquinas, Acústica e Vibrações.  
(e-mail: apasqual@ita.br)

**Ana Maria Gómez Marín**, D.C, UNAL, 2013.  
Eletroquímica, com ênfase em estudos fundamentais e aplicados nos campos da eletroquímica de superfícies e eletro-catálise a través da sínteses e caracterização.  
(e-mail: agomezma@ita.br)

**Anderson** Vicente Borille, D.C., ITA, 2009.  
Processos de fabricação, usinagem e processos de manufatura aditiva.  
(e-mail: borille@ita.br)

**André Fernando de Castro da Silva, D.C, California Institute of Technology, 2018.**  
Engenharia Aeronáutica, Aerodinâmica.  
(e-mail: andref@ita.br)

**André Valdetaro Gomes Cavalieri – Ph.D., Université de Poitiers- França, 2012.**  
Engenharia Aeronáutica, com ênfase em Aeroacústica, Instabilidade Hidrodinâmica e Turbulência.  
(e-mail:andre@ita.br)

**Antônio Bernardo Guimarães Neto, D.C, ITA, 2014.**  
Mecânica do Voo de Aeronaves Flexíveis e em Aeroelasticidade Aplicada.  
(e-mail: antonio@ita.br)

**Argemiro Soares da Silva Sobrinho, École Polytechnique de Montreal - Canadá, 1999.**  
Processamento de Materiais a Plasma  
(e-mail: argemiro@ita.br)

**Bento Silva de Mattos, Ph.D., Universität Stuttgart - Alemanha, 1995.**  
Projeto de Aeronaves, otimização multidisciplinar, história da tecnologia aeronáutica.  
(e-mail: bmattos@ita.br)

**Carlos Alberto Alves Cairo, D.C., USP, 1998.**  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais para blindagem térmica de veículos de reentrada, fabricação de materiais compósitos cerâmica-cerâmica.  
(e-mail: ccairo@iae.cta.br)

**Cláudia Regina de Andrade, D.C., ITA, 1998.**  
Transferência de Calor.  
(e-mail: claudia@ita.br)

**Cleverson Bringhenti, Doutor, ITA, 2003.**  
Turbinas a gás e seus componentes: Desempenho, deterioração, simulação;  
Turbomáquinas.  
(e-mail:cleverson@ita.br)

**Cristiane Aparecida Martins, D.C., ITA, 2003.**  
Combustão e Propulsão.  
(e-mail: cmartins@ita.br)

**Davi Antônio dos Santos, D. C., ITA, 2011.**  
Sistemas e Controle.  
(e-mail: davists@ita.br)

**Domingos Alves Rade, Dr., Université de Franche-Comté - França, 1994.**  
Dinâmica Estrutural, Estruturas Inteligentes  
(e-mail: rade@ita.br)

**Douglas Marcel Gonçalves Leite, D. C., UNESP, 2011.**  
Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Materiais Não-Metálicos.  
(e-mail: leite@ita.br)

**Elisan dos Santos Magalhães, D.C., UNIFEI, 2018.**  
Engenharia Mecânica, com ênfase em Transferência de Calor.  
(e-mail:elisan@ita.br)

**Elizabete Yoshie Kawachi**, D.C., UNICAMP, 2002.  
Materiais Cerâmicos; Nanoparticulados.  
(e-mail: bete@ita.br)

**Emília Villani**, D.C., USP, 2004.  
Mecatrônica; Sistemas a Eventos Discretos; Sistemas Híbridos e Automação Industrial.  
(e-mail: evillani@ita.br)

**Ézio Castejon Garcia**, D.C., ITA, 1996.  
Transferência de Calor.  
(e-mail: ezio@ita.br)

**Flávio José Silvestre**, Dr.-Ing., Technische Universität Berlin, Alemanha, 2012.  
Dinâmica e Controle de Aeronaves Flexíveis; Aeroservoelasticidade; Ensaios em Voo.  
(e-mail: flaviojs@ita.br)

**Flávio Luiz Cardoso Ribeiro**, PhD., Université de Toulouse, França, 2016.  
Engenharia Aeroespacial, modelagem e controle de sistemas fluido-estrutura, aeroelasticidade, dinâmica de voo, estabilidade dinâmica e aeronaves flexíveis.  
(e-mail: flavioocr@ita.br)

**Flávio Luiz da Silva Bussamra**, D.C., POLI-USP, 1999.  
Elementos Finitos Híbridos; Modelo Elastoplástico Tridimensional.  
(e-mail: flavioibu@ita.br)

**Gilberto Petraconi Filho**, Dr., ITA, 1997.  
Tecnologia de Plasmas; Processos de Materiais a Plasma; Testes de Materiais Utilizados em Sistemas de Proteção Térmica; Processos de Gaseificação e Combustão a plasma; Tecnologia de Vácuo.  
(e-mail: petra@ita.br)

**Gilmar Patrocínio Thim**, D.C., UNICAMP, 1997.  
Materiais Cerâmicos, Cinética da Transformação de Fases.  
(e-mail: gilmar@ita.br)

**Guilherme Borges Ribeiro, D. C., UFSC, 2015.**  
Engenharia Mecânica com ênfase em Engenharia Térmica.  
(e-mail: guiborgesribeiro@gmail.com)

**Izabela Batista Henriques**, D.C., USP, 2017.  
Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia Térmica.  
(e-mail: belbatistah@gmail.com)

**Jefferson de Oliveira Gomes**, D.C., UFSC, 2001.  
Máquinas de Usinagem e Conformação; Processos de Fabricação, Seleção Econômica; Máquinas, Motores e Equipamentos; Controle Numérico; Robotização; Avaliação de Projetos.  
(e-mail: gomes@ita.br)

**Jesuino Takachi Tomita**, DC, ITA, 2009.  
Turbomáquinas; Turbinas a Gás; Propulsão; Dinâmica dos Fluidos Computacional; Aero-termodinâmica; Métodos Numéricos.  
(e-mail: jtakachi@ita.br)



**João Henrique Lopes, D.C., UNICAMP, 2015.**  
Química, Biomateriais.  
(e-mail: lopes@ita.br)

Jorge **Otubo, D.C., UNICAMP, 1996.**  
Ligas com Efeito de Memória de Forma; Transformações Martensíticas; Processos de Fabricação (VIM, EBM, Fusão a arco).  
(e-mail: jotubo@ita.br)

José Antônio **Hernandes, PhD, UCLA, 1993.**  
Análise e Otimização Estrutural  
(e-mail: hernandes@ita.br)

José Atílio **Fritz Fidel Rocco, D.C., ITA, 2004.**  
Propulsão Química; Explosivos e Pirotecnia.  
(e-mail: friz@ita.br)

**Kahl Dick Zilnyk, D.C., USP, 2015.**  
Transformação martensítica, sistemas endurecidos por dispersão de óxidos, metalurgia do pó e caracterização de materiais.  
(e-mails: zilnyk@ita.br)

Luís **Gonzaga Trabasso, Ph.D., Loughborough - Inglaterra, 1991.**  
Projeto de Sistemas Mecatrônicos; Sistemas de Visão Computacional; Automação da Manufatura; Engenharia Simultânea; CAD/CAE/CAM.  
(e-mail: gonzaga@ita.br)

**Luiz Arthur Gagg Filho, D.C., ITA, 2017.**  
Engenharia Aeronáutica e Mecânica.  
(e-mail: luizarthur.gagg@gmail.com)

Luiz Carlos Sandoval **Góes, Ph.D., Wisconsin - EUA, 1986.**  
Mecatrônica; Modelagem; Identificação e Controle de Sistemas Aeroespaciais; Controle Ativo de Estruturas Flexíveis; Robótica.  
(e-mail: goes@ita.br)

Luiz Cláudio **Pardini, Ph.D., University of Bath - Inglaterra, 1994.**  
Materiais Compósitos- IAE/DCTA.  
(e-mail: pardini@iae.cta.br)

**Marcelo José Santos de Lemos, Ph.D., Purdue - EUA, 1983.**  
Mecânica dos Fluidos Computacional; Transferência de Calor; Simulação de Sistemas Térmicos e Turbo-Máquinas.  
(e-mail: lemos@ita.br)

Maria **Margareth da Silva, D. C., ITA, 2007.**  
Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Propriedades Mecânicas dos Metais e Ligas.  
(e-mail: meg@ita.br)

**Mariano Andres Arbelo, D. C., ITA, 2012**  
Engenharia Mecânica, com ênfase em Mecânica dos Sólidos.  
(e-mail: marbelo@ita.br)

Mauricio Vicente **Donadon**, Ph.D., Imperial College London - Inglaterra, 2005.  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Projeto de Estruturas Aeroespaciais.  
(e-mail: donadon@ita.br)

**Ney Rafael Secco, D.C., University of Michigan, 2018.**  
Engenharia Aeroespacial, Projeto de Aeronaves.  
(e-mail: ney@ita.br)

Pedro Teixeira **Lacava**, D.C., ITA, 2001.  
Combustão, Propulsão e Sistemas Energéticos.  
(e-mail: lacava@ita.br)

**Rafael** Thiago Luiz Ferreira, D.C., ITA, 2013.  
Análise e Otimização de Estruturas, Materiais Compostos, Manufatura Aditiva  
(email: rthiago@ita.br)

**Rene** Francisco Boschi Gonçalves, D.C., ITA, 2012.  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais Energéticos, como propulsores,  
explosivos e pirotécnicos.  
(e-mail: renefbg@gmail.com)

Roberto **Gil** Annes da Silva, D.Sc., ITA, 2004.  
Aerodinâmica não estacionária, Aeroelasticidade , Dinâmica do voo.  
(e-mail: gil@ita.br)

**Rodnei** Bertazzoli, D.C., UNICAMP, 1989.  
Engenharia de Superfícies, Superfícies Funcionais, Superfícies para Fotocatálise e  
Eletrocatalise, Corrosão.  
(e-mail: rbertazzoli@fem.unicamp.br)

Rodrigo Costa **Moura**, Ph.D., Imperial College London – Inglaterra, 2017.  
Métodos de elementos espectrais (Galerkin contínuo ou descontínuo)  
(e-mail: moura@ita.br)

**Ronnie Rodrigo Rego**, D.C., ITA, 2016.  
Aplicação em Engrenagens e transmissões automotivas, com ênfase na influência dos  
processos de manufaturasobre tensões residuais.  
(e-mail: ronnie@ita.br)

**Sandro** da Silva Fernandes, D.C., ITA, 1992.  
Mecânica Celeste; Dinâmica e Controle Orbital; Controle Ótimo; Teoria de  
Perturbações.  
(e-mail: sandro@ita.br)

**Thiago de Paula Sales**, D.C, UFB, 2017.  
Engenharia Mecânica, com ênfase em Dinâmica dos Corpos Rígidos, Elásticos e  
Plásticos.  
(e-mail: tpsales@ita.br)

**Vinicius** André Rodrigues Henriques, Dr., EEL-USP, 2001.  
Metalurgia do Pó; Sinterização; Desenvolvimento Microestrutural; Materiais Metálicos;  
Titânio; Deposição Física de Vapores.  
(e-mail: viniciusvarh@iae.cta.br)

**Willer Gomes dos Santos, D.C., INPE, 2015.**

Astrodiâmica, Controle de Veículos Espaciais e Engenharia de Sistemas Espaciais.

(e-mail: willer@ita.br)

## **5.4 Estrutura Curricular do PG/EAM**

### **5.4.1 Informações Gerais do PG/EAM**

O candidato aceito para uma determinada Área de Concentração deve compor, de comum acordo com o Orientador e o Coordenador da Área, um Programa que compreenda um elenco de disciplinas e o tópico de tese, programa este que, no devido tempo, deverá ser submetido à aprovação de uma Comissão de Qualificação designada pelo CPG. Do elenco de disciplinas deverão constar aquelas consideradas obrigatórias para a Área em questão, complementadas por disciplinas eletivas da Área. Além destas, podem compor o programa disciplinas de outras áreas de concentração do Curso, de outros Cursos do ITA, e mesmo disciplinas de Cursos de outras Instituições.

Além das disciplinas obrigatórias, pode ser exigida a matrícula em outras disciplinas em função do tema da tese, a critério do Orientador, do Coordenador da Área, ou da Comissão de Qualificação. Disciplinas do Curso de Graduação em Engenharia poderão ser exigidas, em certos casos, para nivelar o conhecimento dos alunos.

Os alunos do Curso de Pós-Graduação devem estar cientes de que a aprovação em uma disciplina não lhes garante os créditos automaticamente. O conjunto de disciplinas e o tema de tese devem ser coerentes e serem aprovados pelo Coordenador da Área de Concentração e pelo CPG, por uma Comissão de Qualificação.

### **5.4.2 Disciplinas do PG/EAM**

#### **5.4.2.1 EAM-1- Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais**

##### **a) Disciplinas Obrigatórias**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
AA-500	Tese †	0
AA-600	Estágio Docência ***	3
AB-500	Tese †	0
AB-600	Estágio Docência ***	3
AE-500	Tese †	0
AE-600	Estágio Docência ***	3
MP-300	Seminário de Tese *	1
MP-500	Tese †	0
MP-600	Estágio Docência ***	3

##### **b) Disciplinas Eletivas**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
AA-112	Dinâmica dos Gases e Camada Limite	3
AA-203	Aerodinâmica Experimental Subsônica	3
AA-122	Aerodinâmica da Asa e Fuselagem	2

AA-208	Dinâmica dos Gases &&&	3
AA-209	Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico &&&	3
AA-215	Aerodinâmica de Alta Velocidade	3
AA-217	Aerodinâmica em Regime Hipersônico	3
AA-220	Aerodinâmica Não Estacionária	3
AA-230	Dinâmica dos Fluídos Computacional I	3
AA-232	Dinâmica dos Fluídos Computacional II	3
AA-234	Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave	3
AA-242	Aerodinâmica de Corpos Rombudos	3
AA-247	Análise Modal de Campos Complexos &&&	3
AA-255	Métodos dos Painéis	3
AA-265	Métodos Espectrais em Dinâmica dos Fluídos Computacional I	3
AA-270	Métodos de Elementos Espectrais para CFD &&	3
AA-271	Aeroacústica	3
AA-274	Métodos de Alta Resolução em Dinâmicas dos Fluídos Computacional I	3
AA-277	Instabilidade e Transição para a Turbulência &&&	3
AA-286	Escoamentos Turbulentos e Modelagem Numérica &&	3
AA-299	Métodos Adjuntos para Problemas de Instabilidade de Escoamentos / Adjoint Methods for Flow Instability Problems <sup>1</sup>	1
AA-300	Seminário de Tese	1
AA-310	Seminários de Pesquisa em Engenharia Aeronáutica e Mecânica / Research Seminars in Aeronautical and Mechanical Engineering	1
AA-601	Estágio Pesquisa	3
AB-110	Introdução à Teoria de Controle / Introduction to Control Theory	2
AB-111	Desempenho de Aeronaves	2
AB-121	Mecânica Orbital	2
AB-204	Estabilidade e Controle de Aeronaves	3
AB-210	Projeto de Controladores no Domínio da Frequência	3
AB-241	Aerodinâmica e Desempenho de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas	3
AB-243	Fundamentos de Engenharia Aeronáutica	3
AB-263	Desempenho Ótimo de Aeronaves	3
AB-264	Métodos Numéricos para Otimização de Trajetórias de Aeronaves &&& / Numerical Methods for Aircraft Trajectory Optimization	2
AB-265	Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais / Dynamics and Control of Space Vechiles	3
AB-266	Simulação e Controle de Aeronaves &&& / Aircraft Simulation And Control	3
AB-268	Projeto de Sistemas de Controle de Vôo Não-Lineares	3
AB-269	Manobras Orbitais de “Rendezvous and Docking/Berthing	3
AB-270	Simulação e Controle de Veículos Aeroespaciais	3
AB-271	Abordagem porta-Hamiltoniana para Modelagem, Simulação e Controle &&&	3
AB-272	Simulação de Sistemas Hamiltonianos / Simulation of Hamiltonian Systems	3

AB-273	Projeto Conceitual de Sistemas Espaciais / Conceptual Design of Space Systems	3
AB-274	Formação em Voo de Veículos Espaciais / Spacecraft Formation Flying	3
AB-275	Constelações de Veículos Espaciais / Spacecraft Constellations	3
AB-276	Modelagem e Simulação de Aeronaves Flexíveis/ Modeling and Simulation of Flexible Aircraft	3
AB-295	Fundamentos de Astronáutica III	3
AB-300	Seminário de Tese	1
AB-601	Estágio Pesquisa	3
AE-134	Estruturas Aeroespaciais	2
AE-206	Manufatura e Fractografia de Compósitos Poliméricos Estruturais Avançados &&&	3
AE-207	Teoria de Placas e Cascas	3
AE-213	Estabilidade de Estruturas Aeronáuticas &&&	3
AE-225	Dinâmica de Estruturas I &&&	3
AE-226	Análise Modal de Estruturas	3
AE-228	Dinâmica de Estruturas II	3
AE-236	Fadiga e Mecânica da Fratura I &&&	3
AE-237	Fadiga e Mecânica da Fratura II &&&	3
AE-245	Elementos Finitos I &&&	3
AE-248	Métodos dos Elementos Finitos Generalizados / Generalized Finite Element Method	3
AE-249	Aeroelasticidade I &&&	3
AE-250	Aeroelasticidade II	3
AE-256	Métodos Numéricos em Mecânica dos Sólidos / Numerical Methods in Solid Mechanics	3
AE-265	Otimização de Estruturas	3
AE-267	Otimização de Compósitos Laminados	3
AE-425	Monitoramento de Vibrações e Diagnóstico de Falhas de Helicópteros	1
AE-601	Estágio Pesquisa I	3
AP-120	Projeto Conceitual de Aeronaves	2
AP-172	Projeto e Engenharia de Sistemas	2
AP-260	Projeto Avançado de Aeronave	3
AP-265	Projeto e Otimização Multidisciplinar	3
AP-266	Otimização Aeroestrutural / Aerostructural Optimization	3
AP-270	Engenharia de Manutenção I	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II / Nonlinear Dynamics and Chaos II	3
FM-250	Cálculo de Variações I	3
FM-251	Cálculo de Criações II	3
FM-293	Fundamentos de Astronáutica	3
FM-294	Fundamentos de Astronáutica II &&& / Fundamentals of Astronautics II	3
MP-176	Sistemas de Controle	1
MP-204	Mecânica dos Materiais Compósitos	3

MP-205	Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos	3
MP-206	Análise e Projeto de Estruturas de Material Compósito &&&	3
MP-207	Nonliner Modal Interactions	3
MP-208	Filtragem Ótima com Aplicações Aeroespaciais	3
MP-210	Fundamentos de Mecatrônica	3
MP-215	Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)	3
MP-218	Introdução à Visão Computacional	3
MP-223	Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais	3
MP-232	Sistemas Embarcados Mecatrônicos Certificáveis	3
MP-234	Sensores e Transdutores	3
MP-236	Sistemas Mecatrônicos de Tempo Real	3
MP-237	Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial	3
MP-239	Projeto e Análise de Experimentos	3
MP-242	Vibrações Mecânicas	3
MP-244	Dinâmica de Rotores	3
MP-260	Modelagem e Análise de Sistemas a Eventos Discretos	3
MP-271	Modelagem e Identificação de Sistemas Dinâmicos &&&	3
MP-272	Controle e Navegação de Multicópteros	3
MP-273	Controle por Modos Deslizantes	3
MP-275	Identificação de Sistemas Dinâmicos &&&	3
MP-276	Controle Avançado de Sistemas	3
MP-277	Modelagem e Simulação de Sistemas de Aeronaves / Modeling and Simulation of Aeronautical Systems	3
MP-278	Controle Digital	3
MP-280	Sistemas Hidráulicos de Controle	3
MP-281	Materiais e Estruturas Inteligentes	3
MP-282	Modelagem Dinâmica e Controle de Multicópteros &&&	3
MP-284	Controle Ativo de Vibrações e Ruído	3
MP-288	Otimização em Engenharia Mecânica &&&	3
MP-289	Projeto Ótimo em Manufatura Aditiva &&&/ Optimum Design in Additive Manufacturing	3
MP-290	Mecânica de Meios Contínuos / Continuum Mechanics	3
MP-291	Dinâmica de Sistemas Mecânicos &&&	3
MP-292	Modelagem Estocástica e Análise de Confiabilidade em Mecânica Estrutural &&&	3
MP-294	Processamento de Sinais Aplicado a Acústica e Vibrações	3
MP-296	Dinâmica de Sistemas Multicorpos &&& / Dynamics of Multibody Systems	3
MP-298	Propagação de Ondas em Estruturas &&& / Wave Propagation in Structures	3
MP-300	Seminário de Tese*	1
MP-425	Introdução a Processos Estocásticos	1
MP-601	Estágio Pesquisa 1	3

### 5.4.2.2 EAM-2 - Propulsão Aeroespacial e Energia

#### a) Disciplina Obrigatória

Sigla	Título	Crédito Máximo
AA-500	Tese †	0
AA-600	Estágio Docência ***	3
AC-500	Tese †	0
AC-600	Estágio Docência ***	3
ME-500	Tese †	0
ME-600	Estágio Docência ***	3

#### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AC-240	Condução de Calor: uma Abordagem Numérica &&&	3
AC-250	Introdução a Aquisição de Dados	3
AC-265	Combustão em Turbinas a Gás	3
AC-275	Motor Foguete a Propelente Líquido	3
AC-280	Combustão em Escoamentos Bifásicos	3
AC-285	Elementos de Combustão &&&	3
AC-291	Combustão em Escoamentos Turbulentos	3
AC-292	Emissões de Poluentes em Processos de Combustão	3
AC-293	Técnicas Ópticas de Diagnóstico em Combustão e Propulsão	3
AC-298	Combustão: Cinética e Modelagem	3
AC-601	Estágio Pesquisa	3
FF-295	Propriedades de Cristais e Difração de Raios X	3
FQ-240	Eletroquímica Clássica	3
FQ-246	Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia	3
FQ-282	Corrosão e seu Controle	3
ME-110	Máquinas de Fluxo I	3
ME-200	Termodinâmica &&&	3
ME-201	Mecânica dos Fluídos &&&	3
ME-202	Transferência de Calor &&& / Heat Transfer Geração de Entropia e Análise Energética &&& / Entropy	3
ME-203	Generation and Exergy Analysis	3
ME-206	Convecção &&&	3
ME-209	Termodinâmica Aplicada / Applied Thermodynamic	3
ME-210	Máquinas de Fluxo II	3
ME-211	Turbomáquinas &&&	3
ME-212	Projeto de Turbomáquinas &&&	3
ME-213	Fundamentos de Armazenamento Térmico de Energia com Materiais de Mudança de Fase / Fundamentals of Thermal Energy Storage with Phase Change Materials	1
ME-214	Turbinas a Gás &&&	3
ME-215	Mecânica dos Fluídos em Turbomáquinas	3
ME-220	Tópicos Avançados de Desempenho de Turbinas a Gás &&&	3
ME-221	Tecnologias Utilizadas em Turbinas a Gás / Technologies Used in Gas Turbines	3
ME-232	Mecânica dos Fluídos e Transferência de Calor Computacional &&&	3

ME-233	Sistemas de Energia Convencional e Renovável	3
ME-234	Radiação e Energia Solar	3
ME-235	Métodos Experimentais em Fenômenos de Transporte	3
ME-242	Convecção de Calor: Uma Abordagem Numérica	3
ME-256	Escoamento Turbulento em Meio Limpo e Poroso	3
ME-278	Refrigeração e Ar Condicionado &&&	3
ME-280	Transferência de Calor em Turbinas a Gás	3
ME-285	Projeto de Turbinas a Gás	3
ME-292	Métodos Numéricos em Turbinas a Gás	3
ME-601	Estágio Pesquisa	3

#### 5.4.2.3 EAM-3 - Materiais, Manufatura e Automação

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
MT-500	Tese †	0
MT-600	Estágio Docência *****	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AC-298	Combustão: Cinética e Modelagem	3
FF-206	Nanomaterias e Nanotecnologia	3
FF-266	Física de Plasmas Térmicos	3
FF-295	Propriedades de Cristais e Difração de Raios X	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas	3
FQ-201	Materiais Energéticos	3
FQ-202	Engenharia Aplicada a Armamentos e Munições Aéreas	3
FQ-220	Termodinâmica Química / Chemical Thermodynamics	3
FQ-222	Cinética Química / Chemical Kinetics	3
FQ-223	Dinâmica Química	3
FQ-224	Identificação de Materiais por FT-IR / Identification of Materials by FT-IR	3
FQ-230	Termoquímica e Combustão de Materiais Energéticos / Thermochemistry and Combustion of Energetic Materials	3
FQ-232	Conceitos de Química Orgânica, Aplicados a Materiais Energéticos / Concepts of Organic Chemistry, Applied to Energetic Materials	3
FQ-233	Química de Materiais Energéticos / Chemistry of Energetic Materials	3
FQ-240	Eletroquímica Clássica	3
FQ-251	Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos	3
FQ-252	Fundamentos da Ciência dos Polímeros / Fundamentals of Polymer Science	3
FQ-254	Estruturas e Propriedades de Polímeros / Structure and Properties of Polymers	3
FQ-257	Tópicos em Degradação de Polímeros	3
FQ-260	Introdução à Química de Materiais / Introcution to Materials Chemistry	3



FQ-261	Físico-Químico de Sistemas Auto-Organizados / Physico-Chemistry of Self-assembled Systems	3
FQ-262	Planejamento de Experimentos Aplicado à Química dos Materiais	3
FQ-266	Introdução aos Biomateriais e Engenharia de Tecidos / Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering	3
FQ-270	Adsorção sobre Sólidos	3
FQ-282	Corrosão e seu Controle	3
FQ-283	Oxidação e Corrosão a Quente e seu Controle	3
FQ-284	Tópicos de Corrosão	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods	3
FQ-292	Quantum Molecular Dynamics-Applications of Rovibrational Spectra	3
FQ-295	Caracterização de Polímeros por Análise Térmica / Characterization of Polymers by Thermal Analysis	3
FQ-298	Princípios da Espectroscopia de Absorção e de Luminescência na Região UV/VIS / Principles of Absorption and Luminescence Spectroscopy in the UV/VIS Region	3
FQ-299	Modelagem Reativa de Materiais Energéticos	3
FQ-500	Tese	0
FQ-600	Estágio Docência	3
MB-246	Sustentabilidade dos Processos de Fabricação	3
MB-267	Inovação e Empreendedorismo em Processos de Engenharia de Produtos de Base Tecnológica	3
MP-210	Fundamentos de Mecatrônica &&&	3
MP-215	Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP) &&&	3
MP-217	Desenvolvimento Enxuto de Produtos (DEP) &&&	3
MP-237	Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial	3
MP-238	Metrologia Óptica	3
MP-239	Projeto e Análise de Experimentos	3
MP-260	Modelagem e Análise de Sistemas a Eventos Discretos	3
MP-261	Engenharia de Fatores Humanos / Human Factors Engineering	3
MT-200	Tecnologia Básica de Vácuo	3
MT-201	Fundamentos de Engenharia de Materiais	3
MT-202	Engenharia de Superfícies	3
MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology	3
MT-204	Integridade de Superfícies &&&/ Surface Integrity &&&	3
MT-209	Plasticidade	3
MT-210	Fluência em Metais e Ligas Metálicas	3
MT-211	Conformação dos Metais Utilizando Elastômeros	3
MT-212	Plasticidade dos Metais Avançada	3
MT-213	Tópicos em Caracterização de Materiais	3
MT-220	Usinagem com Geometria Definida	3
MT-221	Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros	3

MT-224	Processos de Fabricação e Propriedades de Ligas Metálicas	3
MT-226	Adesão em Polímeros/Elastômeros	3
MT-231	Metalurgia Física	3
MT-233	Transformações de Fases em Metais e Ligas Metálicas Sólidas &&&	3
MT-242	Solidificação de Metais	3
MT-247	Processos Não Convencionais de Fabricação	3
MT-248	Manufatura Avançada	3
MT-251	Físico-Químico de Interface de Compósitos Poliméricos	3
MT-256	Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos	3
MT-257	Compósitos Termoestruturais	3
MT-271	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	3
MT-279	Técnicas Instrumentais em Corrosão Eletroquímica	3
MT-280	Processamento Termomecânico de Ligas de Alumínio	3
MT-281	Materiais Cerâmicos	3
MT-282	Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados	3
MT-284	Caracterização de Materiais Cerâmicos em RF e Micro-ondas	3
MT-285	Metalurgia do Pó	3
MT-286	Processamento de Cerâmicas Magnéticas	3
MT-287	Produção de Componentes Aeronáuticos por Sinterização	3
MT-289	Processamento Laser de Materiais	3
MT-291	Termodinâmica dos Materiais	3
MT-292	Materiais com Efeito de Memória de Forma	3
MT-294	Tecnologia dos Aços e Ligas Especiais	3
MT-295	Compósitos Nano-Estruturados	3
MT-296	Processamento Termomecânico de Metais e Ligas	3
MT-297	Polímeros Especiais	3
MT-299	Transformações Martensíticas	3
MT-300	Seminário de Tese	1
TE-210	Materiais Ablativos / Ablative Materials	3
TE-222	Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials	3

- As disciplinas marcadas com \* são obrigatórias na área para alunos de Mestrado.
- As disciplinas marcadas com \*\* são obrigatórias na área para alunos de Doutorado.
- As disciplinas Estágio Docência marcadas com \*\*\*, são para alunos de Mestrado e Doutorado.
- A disciplina **Tese** marcada com †, é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado a partir do 3º período.
- As disciplinas marcadas com # # são obrigatórias optativas da área.
- **As disciplinas marcadas com &&& indica que as aulas poderão ser ministradas em inglês.**
- Observar Estágio Docência corresponde às atividades complementares de Pós-Graduação, oriundas de estágios qualificados de docência e pesquisa consideradas para fins de registro e controle acadêmico, como disciplinas.
- As disciplinas Estágio Pesquisa 1 e 2 com sigla XX-601 e XX-602, respectivamente, foram extintas pela NOREG 2013.
- **# Carga horária semanal** - correspondente a cada disciplina, os quatro números separados por um hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas.

## 5.5 EMENTAS – PG/EAM

### **AA-112/2021 - Dinâmica dos Gases e Camada Limite**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-6. Introdução: Ondas de som, número de Mach, classificação: escoamento subsônico, transônico, supersônico e hipersônico, estado de estagnação local. Ondas de choque expansão de Prandtl-Meyer. Escoamento unidimensional isentrópico. Túneis de vento e tubo de choque. Equação potencial compressível. Pequenas perturbações: obtenção das equações linearizadas. Camada limite incompressível laminar: equações de Prandtl, Solução de Blasius, separação. Camada limite compressível laminar: efeitos do número de Prandtl, aquecimento aerodinâmico, fator de recuperação e analogia de Reynolds. Transição do regime laminar para o turbulento. Camada limite compressível turbulenta; equações médias de Reynolds: conceito de comprimento de mistura. Escoamento ao longo da placa plana: solução de van Driest. Técnicas experimentais: análise de um instrumento genérico, medidas de deslocamento, anemometria de fio quente. Bibliografia: SHAPIRO, A.H., The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow, Vol. 1 e 2, The Ronald Press, New York, 1953. ANDERSON Jr, J.D. Fundamentals of aerodynamics. McGraw-Hill, 3ª ed., USA, 2001. WHITE, F.M., Viscous fluid flow, McGraw-Hill, 2ª ed., USA, 1991.

### **AA-122/2021 – Aerodinâmica da Asa e Fuselagem**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: não há. Horas semanais: 3-0-2-6. Aerodinâmica aplicada ao projeto de aviões. Aerodinâmica do perfil em regime incompressível. Método das singularidades. Regras de semelhança. Asa finita em regime incompressível. Modelos de cálculo da sustentação e do arrasto induzido. Aerodinâmica da fuselagem. Interação asa-fuselagem. Regime compressível subsônico. Análise qualitativa do escoamento no regime transônico sobre perfis. Regras das áreas. Técnicas experimentais: análise de incertezas e determinação da polar de arrasto de perfis, asas, fuselagens e configurações asa-empenagem. Bibliografia: Anderson, J.D., Jr., Fundamentals of aerodynamics, McGraw-Hill, New York, 1985. Schlichting, H. e Truckenbrodt, E., Aerodynamics of the airplane, McGraw-Hill, New York, 1979. Doebelin, E.O. Measurement systems – application and design. McGraw-Hill International Editions, Mechanical Engineering Series, 4ª Ed., 1990.

### **AA-203/2021 - Aerodinâmica Experimental Subsônica**

Requisito recomendado: ME-201 e AA-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-6. Métodos experimentais aplicados à aerodinâmica subsônica. Medidas de forças e momentos (via balanças aerodinâmicas), pressão (via métodos óticos e mecânicos) e velocidade (PIV, LDV, fio quente, tubos de Pitot, etc). Projeto de experimentos utilizando métodos ótimos (DOE), calibração, redução de dados e análise de incertezas. Introdução ao processamento de sinais. Experimentos a serem projetados e executados pelos alunos ao longo semestre, aplicando as metodologias estudadas em sala. Bibliografia: -Barlow, J. B, Rae Jr, W. H., Pope, A.; Low-Speed Wind Tunnel Testing, 3th ed., John Wiley and Sons, 1999. Devore, J. L. Probability and statistics for engineering and the sciences. 9th ed., Cengage Learning, 2016. Atkinson, A.C., Donev, A.N., Tobias, R.D. Optimum Experimental Designs, with SAS. Oxford University Press, 2007.

### **AA-208/2021 – Dinâmica dos Gases**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções preliminares: velocidade do som, estado de estagnação local. Ondas de choque e de expansão. Ondas de choque em movimento uniforme. Escoamento em dutos de

área variável. Escoamentos de Fanno e Rayleigh. Equações diferenciais elípticas, parabólicas e hiperbólicas: classificação canônica e diferenças físicas. Estudo de ondas em geometria unidimensional. Tubo de choque. Equação potencial. Teoria das pequenas perturbações. Corpos de revolução: teoria dos corpos esbeltos. Noções de características. Bibliografia: SHAPIRO, A.H., The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow, Vol. 1 e 2, The Ronald Press, New York, 1953. ANDERSON Jr, J.D. Fundamentals of aerodynamics. McGraw-Hill, 3a ed., USA, 2001; ANDERSON Jr, J.D. ,Modern Compressible Flow: With Historical Perspective, McGraw-Hill, 3a ed., USA, 2002.

#### **AA-209/2021 – Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções introdutórias. Escoamento potencial incompressível: solução geral. Fontes, dipolos e vórtices potenciais. Superposição de escoamentos básicos. Circulação e sustentação: teorema de Kutta-Joukowski. Soluções exatas por meio de variáveis complexas. Problema do aerofólio: condição de Kutta. Escoamento em torno do aerofólio bidimensional fino: problemas de espessura e sustentação. Efeitos de vorticidade: lei de Biot-Savart. Teoria da asa finita. Escoamento em torno de corpos de revolução. Efeitos de viscosidade e compressibilidade. Bibliografia: Karamcheti, K., Principles of ideal-fluid aerodynamics, Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1980; Katz, J. e Plotkin, A., Low-speed aerodynamics, 2a. Ed., Cambridge University Press, 2001. Schlichting, H. e Truckenbrodt, E., Aerodynamics of the airplane, McGraw-Hill International Book Company, New York, 1979.

#### **AA-215/2021- Aerodinâmica de Alta Velocidade**

Requisitos recomendados: AA-112 e AA-122. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações fundamentais do escoamento compressível não-viscoso. Equações de Prandtl, Glauert e Ackeret para os escoamentos subsônico e supersônico; regras de similaridade. Equações simplificadas e regra de similaridade para o escoamento transônico; condições através do choque. Teoria do perfil nos escoamentos subsônico e supersônico. Aproximações de Kármán-Tsien e Busemann. Teoria do perfil em regime transônico: descrição física, fundamentos dos métodos de cálculo. Teoria da asa nos regimes subsônico e transônico. Efeito da espessura. Regime supersônico. Cone de Mach. Escoamento sônico. Método das singularidades. Fuselagem. Interação asa-fuselagem. Arrasto transônico. Corpos esbeltos. Bibliografia: SHAPIRO, A.H., The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow, v. I e II, The Ronald Press, New York, 1953; SCHLICHTING, H. e TRUCKENBRODT, E., Aerodynamics of the airplane, McGraw-Hill, New York, 1979; ASHLEY, H. e LANDAHL, M., Aerodynamics of wings and bodies, Addison-Wesley, New York, 1965.

#### **AA-217/2021 - Aerodinâmica em Regime Hipersônico**

Requisito recomendado: AA-112. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definição e características do escoamento hipersônico. Principais resultados da teoria dos Fluidos não-viscosos. Teoria da camada limite em alta velocidade. Escoamento na região do ponto de estagnação. Estimativa de forças e momentos de origem aerodinâmica. Elementos da mecânica do voo de reentrada na atmosfera terrestre. Alguns aspectos do escoamento em altas temperaturas. Bibliografia: BERTIN, J. J., Hypersonic aerothermodynamics, AIAA Educational Series, Washington, DC, 1994. ANDERSON Jr., A. D., Hypersonic and high temperature gases dynamics, McGraw-Hill International Editions, New York, 1989. HANKEY, W. L., Re-entry aerodynamics, AIAA Educational Series, Washington, DC, 1988.

### **AA-220/2021 - Aerodinâmica Não Estacionária**

Requisito recomendado: AA-122. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações básicas. escoamento irrotacional. Teorema de Kelvin. Equação de Bernoulli. Conceito de pequenas perturbações. Potenciais de velocidade e de aceleração. Propriedades do escoamento incompressível sem circulação. Perfil oscilante, solução de Theodorsen. Movimentos arbitrários. Asas em movimentos harmônicos nos regimes subsônico e supersônico. Obtenção de soluções numéricas. Bibliografia: LAMB, H., Hydrodynamics, 6<sup>th</sup> Ed., Dover Publications, 1993; BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, Addison-Wesley, Reading, 1955; DOWELL, E.H. et al., A modern course in aeroelasticity, 4<sup>a</sup>. Ed., Sijthoff & Noordhoff, 2004.

### **AA-230/2021 - Dinâmica dos Fluídos Computacional I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações gerais da mecânica dos Fluídos. Natureza das equações. Principais métodos de discretização: diferenças finitas, volumes finitos e elementos finitos. Formulações explícitas e implícitas. Consistência, estabilidade e convergência. Análise de estabilidade de Von Neumann. Métodos dos volumes finitos. Discretização espacial considerando o sistema de equações em forma de lei de conservação. Viscosidade artificial. Avanço no tempo utilizando esquema de Runge-Kutta. Cálculo de derivadas. Aceleração de convergências. Esquemas de diferenças finitas: métodos explícitos e implícitos. Problemas de esquemas compressíveis no limite incompressível. Acoplamento forte pressão-velocidade. Problema típico difusão convecção. Esquema de Chorin. Métodos de correção pressão-velocidade. Malhas deslocadas em coordenadas cartesianas. Condições de contornos gerais. Bibliografia: HIRSCH, C. Numerical computation of internal and external flows, Vols. 1 e 2, John Wiley and Sons, New York, 1990; TANNEHILL, J. C., ANDERSON, D. A.; PLETCHER, R. H. Computational fluid dynamics and heat transfer, Taylor & Francis, New York, 1997; PATANKAR, S.V. Numerical heat transfer and fluid flow, Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1980.

### **AA-232/2021 - Dinâmica dos Fluídos Computacional II**

Requisitos recomendados: AA-230 e ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Coordenadas generalizadas. Discretização coincidente com as fronteiras do domínio. Problemas bi e tridimensionais. Transformação das equações físicas. Domínio físico e domínio transformado. Discretização. Condições de contorno. Geração de malhas: malhas estruturadas e não estruturadas. Geradores elípticos: solução no plano transformado. Outros tipos de geradores: parabólicos, hiperbólicos, algébricos. Malhas não-estruturadas: triangulação de Delaunay. Diagramas de Voronoi: base para discretização. Condições de contorno. Bibliografia: MALISKA, C. R. Transferência de calor e mecânica dos Fluídos computacional, 2<sup>a</sup>. Ed., LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 2004; THOMPSON, J. F., WARSI, Z. U. A.; MASTIN, C. W. Numerical grid generation., Elsevier Science Publishing Co., New York, 1985; FLETCHER, C. A. J. Computational techniques for fluid dynamics, Vol. I e II, Springer Verlag, Berlin, 1996.

### **AA-234/2021 – Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Projeto de perfis. Projeto de Hiper-sustentadores e controle de camada limite. Projeto em planta de asa. Configurações aerodinâmicas: asa voadora, asa alongada, canard, três superfícies, winglet e novos conceitos. Interferência aerodinâmica entre partes da aeronave. Efeitos no desempenho devido à integração aeronave-sistema propulsivo. Corretivos: vortilons, barbatanas dorsais e ventrais, geradores de vórtice, stablets,

provocadores de estol e fences. Componentes do arrasto e sua importância no desempenho de aeronaves. Elaboração de polar de arrasto: metodologias, interface com desempenho e polares obtidas de voo. Derivadas dinâmicas de estabilidade. Aspectos adicionais relevantes no projeto: drag rise, drag creep, buffeting subsônico e transônico, características de estol, arrasto de trem de pouso, esteira de vórtice da asa, efeito solo e excrescências. Efeito de número de Reynolds. Túnel de vento: tipos, instrumentação, planejamento de ensaios e correções para condição de voo. Ferramentas computacionais e semi-empíricas para cálculo aerodinâmico. Banco de dados aerodinâmico. Bibliografia: OBERT, E. Aerodynamic design of Transport Aircraft, IOS Press, Delft, 2009; ROSKAM, J., Airplane design, parts I, II, VI, DARcorporation, Lawrence, 1997; TORENBEEK, E., Synthesis of Subsonic Airplane Design, Kluwer Academic Pub, Delft, 1982.

### **AA-242/2021 - Aerodinâmica de Corpos Rombudos**

Requisito recomendado: AA-250 ou AA-255. Requisito exigido: ME-201. Horas semanais: 3-0-0-6. Características gerais do escoamento descolado sobre corpos rombudos. Análises de resultados experimentais. Dependência dos coeficientes de sustentação e de arrasto e do número de Strouhal com relação aos números de Mach e Reynolds. Estudo da distribuição de depressão na superfície um corpo rombudo. Escoamento na região de formação e na esteira afastada. Interferência na esteira causada por: placa divisória, soprimento na base e efeito de bloqueio. Estudos de números adimensionais universais. Estudo de modelos simples do escoamento sobre corpos rombudos: Teoria da linha de corrente. Solução de Kirchhoff e modificação proposta por Roshko. Teoria da esteira de vórtices de Von Karman. Método numérico para solução do escoamento médio sobre corpos bidimensionais (cilindro e perfil em alta incidência). Método de vórtice discreto. Introdução a aerodinâmica de veículos rodoviários. Bibliografia: GUREVICH, M.I., Theory of jets in ideal fluids, Academic Press, New York, 1965; LAMB, H., Hydrodynamics, 6th ed., Cambridge Dover Publications, 1993; Hucho, W.H., Aerodynamics of Road Vehicles, Butterworths, London, 1987.

### **AA-247/2021 - Análise Modal de Campos Complexos (ANTIGA AA-245)**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução. Fundamentação matemática: álgebra linear (autovetores e autovalores, decomposição em valores singulares), projeção e aproximação de funções, transformada de Fourier (transformada de Fourier discreta, regra de Nyquist, aliasing), processos aleatórios estacionários. Modelamento de ordem reduzida (método de Galerkin). Processamento de dados: estimação estocástica, Análise de Componentes Principais (POD/PCA/EMA) e suas variantes, Decomposição em Modos Dinâmicos (DMD/Teoria de Koopman), Algoritmo de Realização de Autovalores (ERA), Modos do Resolvente e Identificação Esparsa de Dinâmicas não-lineares (SINDy). Aplicações em mecânica dos fluidos e sólidos.

Syllabus:

Introduction. Mathematical background: linear algebra (eigenvalues and eigenvectors, singular value decomposition – SVD), projection and approximation of functions, Fourier transform (discrete Fourier transform – DFT, Nyquist’s rule, aliasing), stationary random processes. Reduced Order Modeling: Galerkin method. Data Processing: stochastic estimation, Proper Orthogonal Decomposition (POD)/Empirical Modal Analysis (EMA) and its variants, Dynamic Mode Decomposition (DMD/Koopman theory), Eigenvalue Realization Algorithm (ERA), Resolvent modes, and Sparse Identification of Nonlinear Dynamics (SINDy). Applications in Solid and Fluid Mechanics. Bibliografia recomendada: 1 ANTOULAS, A (2005). Approximation

of Large-Scale Dynamical Systems. SIAM Philadelphia. 2 HOLMES, P., LUMLEY, J., BERKOOZ, G., ROWLEY, C.W. (2012). Turbulence, Coherent Structures, Dynamical Systems and Symmetry. 2<sup>nd</sup> Edition. Cambridge University Press. 3 KUTZ, N.J., BRUNTON, S.L., BRUNTON, B.W., PROCTOR, J.L. (2016). Dynamic Mode Decomposition. SIAM.

#### **AA-255/2021 - Métodos dos Painéis**

Requisito recomendado: AA-122 e ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão do método das singularidades. Desenvolvimento de painéis bidimensionais tipo: fonte, vórtice, dipolos normal e tangente. Método de Hess e Smith. Teorema de Green. Potencial de velocidade em função de integrais de superfície. Combinações entre singularidades e condições de contorno. Estudo da unicidade e condicionamento das soluções numéricas de escoamentos internos e externos. Problema inverso em Aerodinâmica. Solução numérica do escoamento descolado. Problema da interferência aerodinâmica. Extensão do método dos painéis para o estudo de escoamentos compressíveis e rotacionais. Estudo de painéis para solução de problemas tridimensionais. Bibliografia: GUREVICH, M.I., Theory of Jets in ideal fluids, Academic Press, New York, 1965; LAMB, H., Hydrodynamics, 6th Ed., Cambridge Dover Publications, 1993; HUCHO, W.H., Aerodynamics of Road Vehicles, Butterworths, London, 1987.

#### **AA-265/2021 - Métodos Espectrais em Dinâmica dos Flúidos Computacional I**

Requisito recomendado: AA-230. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aproximações locais e globais. Aproximações polinomiais trigonométricas. Métodos espectrais tipo Fourier. Polinômios ortogonais. Expansões polinomiais. Teoria polinomial aproximada para o caso de funções suaves. Métodos espectrais polinomiais. Estabilidade de métodos espectrais polinomiais. Métodos espectrais para problemas com descontinuidades. Estabilidade de esquemas discretos e integração no tempo. Aspectos computacionais. Métodos espectrais em malhas generalizadas. Bibliografia: J. S. HESTHAVEN, S. GOTTLIEB, and D. GOTTLIEB, 2007, Spectral Methods for Time-Dependent Problems, Cambridge University Press, Cambridge, UK.; C. CANUTO, M. Y. HUSSAINI, A. QUARTERONI, and T. A. ZANG, 2007, Spectral Methods: Fundamentals in Single Domains, Springer Verlag, Heidelberg; G. E. M. KARNIADAKIS, and S. SHERWIN, Spectral/hp Element Methods for Computational Fluid Dynamics, 2004, 2<sup>nd</sup> edition, Oxford University Press, Oxford, UK.

#### **AA-270/2021 – Métodos de Elementos Espectrais para CFD**

Requisito recomendado: AA-230 e ME-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-6. Panorama dos métodos de elementos espectrais. Erro numérico no espaço hp, convergências algébrica e exponencial. Bases polinomiais especiais, diferenciação e integração/quadratura em 1 D. Projeções de Galerkin em espaços contínuos e descontínuos. Introdução aos métodos de Galerkin contínuo (CG) e descontínuo (DG). Solução da equação linear de convecção-difusão via CG e DG em 1 D. Integração temporal e limites de CFL. Análise de dispersão e dissipação para CG e DG. Estabilização upwind e viscosa de alta-ordem (SVV). Solução da equação de Helmholtz via CG em 1 D. Solução da equação de Burgers via DG em 1 D. Tratamento de choques e descontinuidades com resolução sub-malha. Técnicas *anti-aliasing* polinomial. Extensão dos métodos para múltiplas dimensões. Malhas curvas de alta-ordem. Solução das equações de Navier-Stokes incompressíveis via CG. Solução das equações de Navier-Stokes compressíveis via DG. Conceitos sobre a solução de escoamentos transicionais e turbulentos via abordagens DNS sub-resolvido/ LES

implícito (sem modelagem turbulenta). Bibliografia: KARNIADAKIS, G. E. & SHERWIN, S. J., Spectral/hp Element Methods for Computational Fluid Dynamics, 2005, 2ª ed., Oxford University Press, 686p. HESTHAVEN, J. S. & WARBURTON, T., Nodal Discontinuous Galerkin Methods -Algorithms, Analysis and Applications, 2008, Springer, 502p. KOPRIVA, D. A., Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations -Algorithms for Scientists and Engineers, 2009, Springer, 397p.

#### **AA-271/2021 - Aeroacústica**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Linearização das equações de Euler. Equação da onda. Ondas planas. Intensidade e potência acústica. Formalismo integral e função de Green. Monopolos, dipolos e quadropolos acústicos. Ondas esféricas. Aproximações de campo próximo e campo distante. Propagação em escoamento uniforme; efeito Doppler; cone de Mach. Fontes em movimento. Efeito do cisalhamento: refração de ondas acústicas. Geração de ruído por um escoamento. Analogias acústicas de Lighthill, Lilley e Goldstein. Variação do ruído com a velocidade do escoamento. Efeitos de superfície: analogia de Curle. Turbulência como fonte de ruído. Estruturas coerentes e ondas de instabilidade. Ruído de jatos subsônicos e supersônicos. Métodos experimentais em acústica e aeroacústica; princípios de tratamento de sinal. Fundamentos de aeroacústica computacional: cálculo direto de ruído e métodos híbridos. Dissipação e dispersão de esquemas numéricos. Condições de contorno no infinito; zona esponja. Bibliografia: HOWE, M. S., Theory of vortex sound, Cambridge University Press, 2002; GOLDSTEIN, M. E., Aeroacoustics, McGraw-Hill, 1976; RIENSTRA, S. W., and HIRSCHBERG, A., An introduction to acoustics, Eindhoven University of Technology, 2012.

#### **AA-274/2021 – Métodos de Alta Resolução em Dinâmica dos Fluidos Computacional I**

Requisito recomendado: AA-112/2010 - Dinâmica dos Gases e Camada Limite. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações da dinâmica dos Fluidos: Euler e Navier-Stokes. Equações diferenciais parciais hiperbólicas. Propriedades das equações de Euler. O problema de Riemann para as equações de Euler. Noções sobre métodos numéricos. O método de Godunov para sistemas não-lineares. Métodos tipo separação de vetores de fluxo. Soluções aproximadas do problema de Riemann. Bibliografia: TORO, E. F., Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics. 3rd edition. Berlin: Springer Verlag, 2009. 724 p.; LEVEQUE, R., Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002. 555 p.; LÖHNER, R. Applied Computational Fluid Dynamics Techniques: An Introduction Based on Finite Element Methods. 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, Ltd.: 2008. 519 p.

#### **AA-277/2021 – Instabilidade e Transição para a Turbulência**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de instabilidade hidrodinâmica: equações diferenciais da mecânica dos Fluidos, linearização, modos normais, estabilidade temporal e espacial. Estabilidade de escoamentos paralelos não-viscosos: equação de Rayleigh. Instabilidades de Rayleigh-Taylor e Kelvin-Helmholtz. Camada crítica. Equação de Rayleigh compressível. Estabilidade de escoamentos paralelos viscosos: equação de Orr-Sommerfeld. Estabilidade de camadas limite; ondas de Tollmien-Schlichting. Instabilidade secundária em camadas limite. Estabilidade de esteiras; conceitos de instabilidade absoluta e convectiva. Escoamentos não-paralelos: equações de estabilidade parabolizadas, modos globais. Instabilidade não-modal; crescimento transiente. Caminhos para a transição da camada limite. Ondas de instabilidade em escoamentos



turbulentos. Métodos numéricos e experimentais para estudo de estabilidade e transição. Bibliografia: Schmid, P. J.; Henningson, D. D. Stability and transition in shear flows. Springer, 2001. Criminale, W. O.; Jackson, T. L.; Joslin, R. D. Theory and computation of hydrodynamic stability. Cambridge University Press, 2003. Drazin, P. G.; Reid, W. H. Hydrodynamic stability. Cambridge University Press, 2004.

#### **AA-286/2021 - Escoamentos Turbulentos e Modelagem Numérica**

Requisito recomendado: ME-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Natureza dos escoamentos turbulentos. Revisão das equações de balanço de massa, quantidade de movimento e de escalares passivos. Derivação das equações da vorticidade de Poisson para a pressão. Descrição estatística dos escoamentos turbulentos. Escoamentos estatisticamente estacionários e homogêneos. Turbulência homogênea e isotrópica. Decomposição de Reynolds e tensões de Reynolds. Turbulência em escoamentos livres. Escoamentos em jatos, esteiras e camadas de cisalhamento. Energia cinética turbulenta. Produção e dissipação de energia cinética turbulenta. Escalas turbulentas e espectros de energia e velocidade. Hipóteses de Kolmogorov. Hipótese de Taylor. Escoamentos turbulentos com presença de paredes. Escoamentos em canais e camadas limites. Lei de parede. Definição de sub-camada viscosa, camada logarítmica e camada de amortecimento. Hipótese de comprimento de mistura de Prandtl. Estruturas turbulentas. Efeitos de compressibilidade. Simulação numérica direta de turbulência (DNS) e simulação de grandes escalas (LES). Introdução à modelagem de turbulência para as equações de Navier-Stokes com média de Reynolds (RANS). Bibliografia: POPE, S. B., Turbulent Flows. Cambridge University Press, 2000. FRISCH, U., Turbulence: The Legacy of A. N. Kolmogorov, 1996. LESCHZINER, M., Statistical Turbulence Modelling for Fluid Dynamics Demystified, IC Press, 2015.

#### **AA-299/2021 - Métodos Adjuntos para Problemas de Instabilidade de Escoamentos / Adjoint Methods for Flow Instability Problems**

Requisito recomendado: ME-201/AA-277. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. Introdução a métodos adjuntos. Dedução de equações adjuntas para escoamento e estabilidade. Exemplos de aplicação de métodos baseados em adjuntos para controle de transição. Curso de 8 horas.

Syllabus:

Introduction to adjoint methods. Derivation of adjoint of flow and stability equations. Examples of application of adjoint-based method for transition control. 8-hour course. Bibliografia: Schmid, P. J., & Henningson, D. S. (2001) Stability and Transition in Shear Flows. Springer. Luchini, P., & Bottaro, A. (2014). Adjoint equations in stability analysis. Annual Review of fluid mechanics, 46. Cossu, C. (2014). An introduction to optimal control. Applied Mechanics Reviews, 66(2), 024801.

#### **AA-310/2021 - Seminários de Pesquisa em Engenharia Aeronáutica e Mecânica / Research Seminars in Aeronautical and Mechanical Engineering**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Disciplina de seminários nas linhas de pesquisa do programa de pós-graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica (PG-EAM), nas áreas de Projeto Aeronáutico, Estruturas e Sistemas Aeroespaciais; Propulsão Aeroespacial e Energia; e Materiais, Manufatura e Automação. Interdisciplinaridade de temas em engenharia aeronáutica e mecânica.

Syllabus:

Seminars on the research fields of the graduate program in Aeronautical and Mechanical Engineering (PG-EAM), in the areas of Aeronautical Design, Structures and Aerospace Systems; Aerospace Propulsion and Energy; and Materials,

Manufacturing and Automation. Interdisciplinar subjects in aeronautical and mechanical engineering. Bibliografia: A critério do professor

**AB-110/2021 – Introdução à Teoria de Controle / Introduction to Control Theory**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Descrição matemática de elementos de sistemas de controle. Comportamento de sistemas de controle linear. Estabilidade de sistemas de controle linear. Análise no domínio do tempo e da frequência. Projeto de controladores. Desempenho a malha fechada.

Syllabus:

Mathematical description of elements of control systems. Behavior of linear control systems. Stability of linear control systems. Analysis in time and frequency domains. Design of controllers. Closed loop performance. Bibliografia: 1 Ogata, K., Engenharia de controle moderno, 5ª ed., São Paulo, Prentice Hall, 2010; 2 Astrom, K. J., Murray, R. M., Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers, 2ª ed., Princeton University Press, 2018. 3 Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A., de Controle para Engenharia, 6ª ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

**AB-111/2021 - Desempenho de Aeronaves**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AA-112 ou equivalente. Horas semanais: 2-0-1-6. Atmosfera padrão, forças aerodinâmicas e propulsivas. Definição e medida de velocidade. Desempenho pontual: planeio, voo horizontal, subida, voo retilíneo não-permanente, manobras de voo, diagrama altitude- número de Mach. Envelope de voo. Métodos de Energia. Desempenho integral em alcance, autonomia e combustível consumido: cruzeiro, voo horizontal não-permanente, subida e voos curvilíneos. Decolagem, aterrissagem e conceitos de certificação. Bibliografia: 1 Anderson, J.D., Aircraft performance and design, Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999. 2 McClamroch, N.H., Steady Aircraft Flight and Performance, Princeton: Princeton University Press, 2011. 3 Vinh, N.K., Flight mechanics of high-performance aircraft, New York, University Press, 1993.

**AB-121/2021 - Mecânica Orbital**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Movimentos próprios da Terra: translação, rotação, precessão e nutação. Problemas de dois corpos: formulação, integrais primeiras, equação da trajetória, descrição das órbitas. Elementos orbitais: determinação a partir dos vetores posição e velocidade, e vice-versa. Manobras orbitais básicas: transferência de Hohmann, manobras de mudança de plano de órbita, rendez-vous e reentrada. Perturbações. Arrasto aerodinâmico e decaimento orbital. Variação dos elementos orbitais. Trajetórias interplanetárias. Trajetórias de veículos lançadores de satélites. Bibliografia: Wiesel, W.E., Spaceflight Dynamics, 3rd ed., Beavercreek, OH, Aphelion Press, 2010. 2 Chobotov, V.A. (Ed.), Orbital Mechanics, 3rd ed., Reston, VA, AIAA, 2002. 3 Bate, R.R., Mueller, D.D. & White, J.E., Fundamentals of Astrodynamics, Dover, New York, 1971.

**AB-204/2021 - Estabilidade e Controle de Aeronaves**

Requisito recomendado: AB-111 ou equivalente. Requisito exigido: AB-110 ou equivalente. Horas semanais: 2-0-1-6. Estabilidade estática longitudinal: margem estática a manche fixo e a manche livre. Critérios de estabilidade estática látero direcional. Sistemas de referência, ângulos de Euler e matrizes de transformação. Dedução das equações do movimento da aeronave modelada como corpo rígido. Derivadas de estabilidade e de controle. Cálculo numérico de condições de equilíbrio.

Linearização das equações do movimento. Modos autônomos longitudinais e látero-direcionais. Simulação do voo em malha aberta. Estabilidade dinâmica: qualidades de voo. Projeto de sistemas de controle de voo: sistemas de aumento de estabilidade, sistemas de aumento de controle e piloto automático. Simulação do voo em malha fechada. Integração de controladores longitudinais e látero-direcionais. Bibliografia: Stevens, B. L.; Lewis, F. L.; Johnson, E. N., Aircraft control and simulation. 3.ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc., 2016; Etkin, B.; Reid, L. D. Dynamics of atmospheric flight. Courier Corporation, 2012; Nelson, R. C. Flight stability and automatic control. 2. ed. Boston, MA: McGraw-Hill, c 1998.

### **AB-210/2021 - Projeto de Controladores no Domínio da Frequência/Frequency-Domain Control Design**

Requisito recomendado: MVO-20, AB110 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-6. Revisão de funções de transferência: diagrama de blocos, diagrama de Bode, transformadas de Laplace. Análise no domínio da frequência: critério de Nyquist, margens de estabilidade, relações de Bode e sistemas de fase mínima. Projeto no domínio da frequência: funções de sensibilidade, especificações de desempenho, projeto através de loop shaping. Limites fundamentais: limitações impostas por polos e zeros no semi-plano direito, fórmula integral de Bode. Noções de controle robusto. Análise e projeto de controladores para aplicações aeroespaciais.

Syllabus: Review of transfer functions: block diagrams, Bode plot, Laplace transforms. Frequency-domain analysis: Nyquist criteria, stability margins, Bode relations, minimum-phase systems. Frequency-domain design: sensitivity functions, performance specifications, loop-shaping design. Fundamental limits: right half-plane poles and zeros, Bode's integral formula. Notions of robust control. Analysis and design of controllers for aerospace applications. Bibliografia: 1 ASTROM, K. J.; MURRAY, R.M. Feedback systems: an introduction for scientists and engineers. 2ª ed. Princeton: University Press, 2018. 2 FRANKLIN, G.F.; POWELL, J.D.; EMAMI-NAEINI, A. Sistemas de controle para engenharia . 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 3 OGATA, K. Engenharia de controle moderno. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010.

### **AB-241/2021 - Aerodinâmica e Desempenho de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Resumo histórico e retrospecto do cenário de "rotorcraft". Configurações. Tipos de rotores. Aerodinâmica e desempenho do vôo pairado e do vôo em subida vertical: teoria da quantidade de movimento, teoria do elemento de pá. Noções sobre teoria da vorticidade. Fatores que afetam o desempenho no vôo pairado: efeitos de perda de ponta, contração da esteira, não-uniformidade da distribuição de velocidade induzida, torção e afilamento, rotação na esteira, estol e arrasto de divergência. Efeito solo. Aerodinâmica e desempenho no vôo em descida vertical. Aerodinâmica do vôo à frente: teoria da quantidade de movimento. Subida, descida e auto-rotação em vôo à frente. Movimento elementar da pá: origem e interpretação física dos movimentos de flapping, lead-lagging e feathering. Região de fluxo reverso. Definição dos planos de referência no rotor para as equações em vôo à frente. Cálculo da potência em vôo à frente. Equação dinâmica da pá em flap. Bibliografia: JOHNSON, W., Helicopter theory, Princeton University Press, Princeton, 1980, Prouty, R.W., Helicopter Performance, Stability and Control, Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, FL, 1990; GESSOW, A. and MYERS, G.C., Aerodynamics of the helicopter, College Park Press, Maryland, 1985.

### **AB-243/2021 - Fundamentos de Engenharia Aeronáutica**

Requisitos recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas Semanais: 4-0-0-6. Breve Histórico do voo e introdução à Engenharia Aeronáutica. Nomenclatura aeronáutica: dimensões e unidades, sistemas de coordenadas. Atmosfera, ventos, turbulência e umidade. A aeronave: principais partes e sistemas. O escoamento aeronáutico. Efeitos do escoamento subsônico. Noções dos escoamentos transônico, supersônico e hipersônico. Desempenho, estabilidade e controle. Introdução ao projeto da configuração subsônica de aeronaves. Noções de propulsão. Noções de projeto estrutural e de cargas. Fases de desenvolvimento da aeronave convencional. Bibliografia: RAYMER, D.P., Aircraft Design: a Conceptual Approach. AIAA Education Series, 1989. ANDERSON, Jr., J.D., Introduction of Flight. McGraw-Hill Book Co., 1985. MCCORMICK, B.W., Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Dynamics. John Wiley & Sons, Inc., 1994.

### **AB-263/2021 - Desempenho Ótimo de Aeronaves**

Requisito recomendado: AA-122. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos da teoria de controle ótimo: O cálculo variacional, solução de problema de otimização geral, métodos numéricos em otimização de sistemas dinâmicos. Propriedades gerais de trajetórias ótimas de aeronaves. Trajetórias ótimas no plano horizontal: curvas horizontais com consumo mínimo de combustível, voo de cruzeiro com o menor custo direto de operação. Trajetórias de planeio ótimas. Voo de cruzeiro supersônico. Trajetórias curvilíneas supersônicas. Manobras supersônicas no plano horizontal. O método da energia.

Bibliografia: VIHN, N.X., Optimal trajectories in atmospheric flight, New York, 1981; BRYSON Jr., A.E. e HO, Y.C. Applied optimal control, John Wiley & Sons, New York, 1975.

### **AB-264/2021 – Métodos Numéricos para Otimização de Trajetórias de Aeronaves / Numerical Methods for Aircraft Trajectory Optimization**

Requisito recomendado: AB-111, EE-253 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-1-0-5. Equações do movimento para otimização de trajetórias de aeronaves. Formulação do problema de controle ótimo para sistemas dinâmicos contínuos no tempo. Revisão do princípio de Pontryagin. Programação não linear. Métodos diretos e indiretos para otimização de trajetórias.

Syllabus:

Equations of motion for aircraft trajectory optimization. Formulation of the optimal control problem for time continuous dynamical systems. Review of the Pontryagin's principle. Nonlinear programming. Direct and indirect methods for trajectory optimization. Bibliografia: 1. J. T. Betts. Practical Methods for Optimal Control and Estimation Using Nonlinear Programming. Siam, Philadelphia, PA, 2010. 2. Ross, I. M. (2009). A primer on Pontryagin's principle in optimal control. San Francisco, CA: Collegiate Publishers. 3. Bryson, A. E. (1999), Dynamic Optimization, Addison-Wesley.

### **AB-265/2021 - Dinâmica e Controle de Veículos Espaciais / Dynamics and Control of Space Vehicles**

Requisito recomendado: MVO-20 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Dinâmica de Foguetes: equações gerais de movimento; movimento do foguete em duas dimensões (ascensão vertical; trajetórias inclinadas; trajetórias gravity turn); foguete de múltiplos estágios (filosofia de uso de multi-estágios; otimização de veículos); separação de estágios. Dinâmica de atitude: equações de Euler, ângulos de orientação, veículo axissimétrico livre de torque externo, veículo geral livre

de torque externo, elipsoide de energia. Controle de atitude: satélite com spin, satélite sem spin, mecanismo Yo-Yo, satélite controlado por gradiente de gravidade, veículo Dual-Spin.

Syllabus:

Rocket Dynamics: general equations of motion; motion of the rocket in two dimensions (vertical ascension; inclined trajectories; gravity turn trajectories); multi-stages rocket (philosophy of multi-stage use, vehicle optimization); separation of stages. Attitude dynamics: Euler equations, orientation angles, axissymmetric vehicle without external torque, general vehicle without external torque, energy ellipsoid. Attitude control: satellite with spin, satellite without spin, Yo-Yo mechanism, gravity-gradient satellite, Dual-Spin vehicle. Bibliografia: 1 ZANARDI, M.C.F.de P.S., Dinâmica de Voo Espacial, 1st ed, EdUFABC, Santo André, 2018.2 CURTIS, H. D.. Orbital Mechanics for Engineering Students. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. 3 WIESEL, W.E. Spaceflight dynamics. 3. ed. Beavercreek, OH: Aphelion Press, c2010.

### **AB-266/2021 - Simulação e Controle de Aeronaves / Aircraft Simulation And Control**

Requisito recomendado: AB-110, MVO-20, ou equivalente. Requisito exigido: AB-204, MVO-32, ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Referenciais, sistemas de coordenadas e matrizes de transformação. Dedução das equações do movimento. Modelagem aerodinâmica e propulsiva. Equilíbrio e estabilidade dinâmica. Modos naturais da aeronave. Equações do movimento na presença de vento. Simulações não lineares em malha aberta. Modelos em funções de transferência. Projeto de sistemas de aumento de estabilidade, sistemas de aumento de controle e pilotos automáticos utilizando técnicas de controle clássico. Projeto de sistemas de controle utilizando teoria do regulador linear quadrático com realimentação de saída e com realimentação de estado. Simulações não lineares em malha fechada. Introdução ao projeto de controladores robustos: estabilidade robusta, desempenho robusto, observadores de estados, filtros de Kalman.

Syllabus:

Reference frames, coordinate systems, and transformation matrices. Derivation of the equations of motion. Aerodynamic and propulsive modeling. Equilibrium and dynamic stability. Aircraft natural modes. Equations of motion in the presence of wind. Nonlinear open-loop simulations. Transfer function models. Design of stability augmentation systems, control augmentation systems, and autopilots using classical control techniques. Design of control systems using the linear quadratic regulator theory with output feedback and with state feedback. Nonlinear closed-loop simulations. Introduction to the design of robust controllers: robust stability, robust performance, state observers, Kalman filters. Bibliografia: 1 STEVENS, B. L.; LEWIS, F. L.; JOHNSON, E. N. Aircraft control and simulation: dynamics, controls design, and autonomous systems. 3.ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2016. 768 p. ISBN (13): 978-1-11-887098-3; (10): 1-11-887098-0. 2 SCHMIDT, D.K. Modern flight dynamics. New York, NY: McGraw-Hill, 2012. 872 p. ISBN (13): 978-0-07-339811-2; (10): 0-07-339811-X. 3 ETKIN, B.; REID, L. D. Dynamics of flight: stability and control. 3rd ed. New York, NY: Wiley, c1996.

### **AB-268/2021 - Projeto de Sistemas de Controle de Vôo Não-Lineares**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AB-266 Simulação e Controle de Aeronaves. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução aos sistemas não lineares, modelagem de sistemas não lineares, sistemas aeroespaciais. Análise de sistemas não lineares, pontos de equilíbrio, classificação dos pontos de equilíbrio, análise de estabilidade não

linear destes pontos de equilíbrio. Controle por Inversão Dinâmica: Dinâmica de Ordem Zero, Seleção das Variáveis Controladas, Projeto de Controladores, Casos especiais. Controle a Estrutura Variável: Ideia básica do controle a estrutura variável, problema de seguimento e erro de seguimento, seleção da superfície de deslizamento, lei de controle para atingir a superfície de deslizamento, modo de alcance, modo deslizante, chattering, controle robusto por modos deslizantes, eliminação do chattering. Técnica de back-stepping para projetos de controladores de aeronaves. Projetos de sistemas de controle de voo através de técnicas de controle adaptativo. Bibliografia: 1 Sloutine and N. li, "Applied non Linear Control", Prentice Hall, 1991.; 2 V. I., Utkin "Sliding in Control optimization", Springer Verlag, 1992; 3 Mark B., Advances in Aircraft Flight Control, Taylor and Francis Publishers, 1996.

#### **AB-269/2021 - Manobras Orbitais de “Rendezvous and Docking/Berthing**

Requisito recomendado: AB-104 e AB-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Contextualização das operações de Rendezvous and Docking/Berthing (RDV/B) na exploração do espaço. Conceitos fundamentais associados às operações orbitais de RDV/B. Fases das missões espaciais de RDV/B. Aplicações de RVD/B. Sistemas de referência e fundamentos da Dinâmica Orbital. Modelagem matemática da Dinâmica de RVD/B. Aproximação segura e prevenção de colisão nas operações de RDV/B. Recomendações de estratégia para abordagem da espaçonave alvo em órbita. RVD/B Autônomo (missões não tripuladas). Subsistemas embarcados de controle de RDV/B. Sensores para operações de RDV/B. Sistemas de acoplamento entre a espaçonave e o alvo nas operações de RDV/B. Análise dinâmica e controle em operações de RDV/B. Bibliografia: 1 Fehse, W., Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft, Cambridge University Press, 2003. 2 Bong, W., Space Vehicles Dynamics and Control, 2nd Ed., AIAA Education Series, Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 2008. 3 Arantes Jr., G., Rendezvous with a Non-cooperating Target, PhD Thesis, Bremen University, Sept 2011. 4 Seito, N. Modelagem e Simulação de Rendezvous and Docking/Berthing, Tese de Doutorado, INPE/DMC, 2015.

#### **AB-270/2021 - Simulação e Controle de Veículos Aeroespaciais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AB-265 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Sensores e estimação de velocidade angular e atitude. Modelagem de atuadores para controle de atitude. Controle de veículos espaciais em trajetória ascendente e controle de atitude. Noções de guiamento. Simulação de veículos espaciais em malha aberta e fechada. Dinâmica estrutural e sloshing. Bibliografia: 1 Wie, B., Space Vehicle Dynamics and Control. 2nd ed., Reston, VA, AIAA, 2008. 2 Wiesel, W.E. Spaceflight Dynamics, 3rd ed., Beaver creek, OH, Aphelion Press, 2010. 3 Sidi, M., Spacecraft Dynamics and Control: A Practical Engineering Approach, Cambridge University Press, 2006.

#### **AB-271/2021 - Abordagem porta-Hamiltoniana para Modelagem, Simulação e Controle**

Requisito recomendado: FF-207 ou MP-291 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão da mecânica Lagrangiana e Hamiltoniana. Modelagem Hamiltoniana com portas de interação. Interconexão de sistemas porta-Hamiltonianos. Controle de sistemas porta-Hamiltonianos. Sistemas porta-Hamiltonianos de dimensão finita: massa-mola-amortecedor, pêndulo, corpo rígido, sistemas multi-corpos. Sistemas porta-Hamiltonianos de dimensão infinita: equação da onda, modelos de dinâmica de fluídos e estruturas flexíveis. Aplicações em modelagem e controle de sistemas aeroespaciais. Bibliografia: VAN DER SCHAFT, A.; JELTSEMA, D., Port-Hamiltonian Systems Theory: An Introductory Overview, Delft:

Now Publishers. 2014. ISBN: 978-1-60198-786-0; DUINDAM, V. et al., Modeling and Control of Complex Physical Systems: The Port-Hamiltonian Approach. Berlin: Springer. 2009. ISBN: 978-3-642-42075-7.

### **AB-272/2021 - Simulação de Sistemas Hamiltonianos / Simulation of Hamiltonian Systems**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de métodos numéricos para integração de equações diferenciais ordinárias no problema de valor inicial. Definição e exemplos de mecânica Hamiltoniana. Definição e construção de mapas simpléticos. Métodos para preservação de integrais primeiras. Integradores geométricos para simulação de sistemas Hamiltonianos. Simulação de sistemas mecânicos com restrições algébricas. Simulação da dinâmica de corpo rígido.

Syllabus:

Review of numerical methods for the integration of ordinary differential equations. Definition and examples of Hamiltonian mechanics problems. Definition and construction of Symplectic maps. Methods for preservation of First integrals. Geometric integrators for simulation of Hamiltonian systems. Simulation of constrained mechanical systems. Simulation of rigid body dynamics.

Bibliografia: 1 Leimkuhler, B.; Reich, S., “Simulating Hamiltonian Dynamics”, Cambridge, 2004. 2 Hairer, E.; Lubich, C.; Wanner, G, “Geometric Numerical Integration: Structure-Preserving Algorithms for Ordinary Differential Equations”, Springer, 2006. 3 Gignoux, C.; Silvestre-Brac, B., “Solved Problems in Lagrangian and Hamiltonian Mechanics”, Springer, 2009.

### **AB-273/2021 - Projeto Conceitual de Sistemas Espaciais / Conceptual Design of Space Systems**

Requisito recomendado: SIS-04 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-4. Proposta de problema a ser resolvido com sistema espacial. Caracterização da missão. Seleção do conceito de missão. Geometria de órbita e constelações (número de satélites). Ambiente espacial. Definição das possíveis cargas úteis. Análise do potencial de tecnologias das cargas úteis. Dimensionamento e projeto dos satélites. Definição de requisitos para os subsistemas. Projeto conceitual dos subsistemas. Arquitetura de comunicação. Operação da missão. Dimensionamento e projeto das estações terrenas. Simulação e análise do conceito de operação da missão.

Syllabus:

Proposal of problem to be solved with space system. Characterization of the mission. Selection of the mission concept. Geometry of orbit and constellations (number of satellites). Space environment. Definition of possible payloads. Analysis of the potential of payload technologies. Sizing and design of satellites. Definition of requirements for subsystems. Conceptual design of subsystems. Mission operation. Dimensioning and design of earth stations. Simulation and analysis of mission operation concept. Bibliografia: 1 WERTZ, J. R., EVERETT, D. F., PUSCHELL, J. J. Space Mission Engineering: The New SMAD. Hawthorne: Microcosm Press, 2011. 2 STARK, J., SWINERD, G. Spacecraft Systems Engineering. Editors: Fortescue, P., Stark J., Swinerd, G. Wiley Publisher, 704 p., 2003. 3 BROWN, C. D. Elements of Spacecraft Design. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). 2002

### **AB-274/2021 - Formação em Voo de Veículos Espaciais / Spacecraft Formation Flying**

Requisito recomendado: AB-121 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução e motivação. Astrodinâmica fundamental. Modelos não lineares de dinâmica relativa. Equações lineares de movimento relativo. Modelagem de movimento relativo usando elementos orbitais. Modelagem de movimento relativo

perturbado usando elementos orbitais. Mitigação de perturbações. Acoplamento de rotação-translação. Fundamentos de sistema de guiamento, navegação e controle. Técnicas de controle de formação. Propulsão de baixo impulso para voo de formação. Medições relativas e navegação. Simulação de voo de alta fidelidade. Aplicações: missões para estudo do clima espacial, sensoriamento remoto, serviços em órbita, operações de aproximação e acoplamento.

Syllabus:

Introduction and motivation. Fundamental astrodynamics. Nonlinear models of relative dynamics. Linear equations of relative motion. Modeling relative motion using orbital elements. Modeling perturbed relative motion using orbital elements. Perturbation mitigation. Rotation-translation coupling. Fundamentals of guidance, navigation and control system. Formation control techniques. Low-thrust propulsion for formation flying. Relative measurements and navigation. High-fidelity flying simulation. Applications: space weather missions, remote sensing, on-orbit servicing, rendezvous and docking operations. Bibliografia: 1 ALFRIEND, K. T., et al. Spacecraft Formation Flying: dynamics, control and navigation. Elsevier Astrodynamics Series, Elsevier, 382 p., 2010. 2 FEHSE, W. Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft. Cambridge Aerospace Series, Cambridge University Press, 495 p., 2003. 3 CURTIS, H. D. Orbital Mechanics for Engineering Students. Third Edition, Elsevier Aerospace Engineering Series, Elsevier, 751 p., 2014.

### **AB-275/2021 – Constelações de Veículos Espaciais / Spacecraft Constellations**

Requisito recomendado: AB-121 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução, motivação e exemplos de aplicação. Astrodinâmica fundamental. Geometria esférica da esfera celeste. Modelagem matemática da cobertura terrestre. Movimento relativo de satélites. Condições de visibilidade e iluminação. Projeto e seleção de órbita. Projeto de constelação. Tipos de constelações: Walker, Geossíncronas, Polares, Ellipso, Molniya, Poliedro, Rossete, Flowers, entre outras. Considerações operacionais no projeto de órbitas: lançamento, aquisição de órbita, e descarte. Controle e manutenção de constelações. Aspectos legais sobre constelações de satélites. Modelagem, análise e simulações computacionais.

Syllabus:

Introduction, motivation and application examples. Fundamental astrodynamics. Spherical geometry of the celestial sphere. Mathematical modeling of Earth coverage. Satellites relative motion. Viewing and lighting conditions. Orbit selection and design. Constellation design. Types of constellations: Walker, Geosynchronous, Polar, Ellipso, Molniya, Polyhedron, Rossete, Flowers, among others. Operational considerations in orbit design: launch, orbit acquisition, and disposal. Control and maintenance of constellations. Legal aspects around satellite constellations. Computer modeling, analysis and simulations. Bibliografia: 1 WERTZ, J. R., et al. Orbit and Constellation, Design and Management. Space Technology Library, Microcosm Press, Hawthorne, California, Springer, New York, NY, p. 980, 2001. 2 VAN DER HA, J. C. (Ed.), Mission Design and Implementation of Satellite Constellations. Proceedings of an International Workshop, held in Toulouse, France, Kluwer Academic Publishers, Springer, p. 434, 1998. 3 BRUCCOLERI, C., Flower Constellation Optimization and Implementation: A Novel Satellite Constellation Design Methodology for Navigation, Communications, and Surveillance, VDM Verlag Dr. Müller Publisher, p. 160, 2011.

### **AB-276/2021 – Modelagem e Simulação de Aeronaves Flexíveis / Modeling and Simulation of Flexible Aircraft**

Requisito recomendado: AB-204, MVO-32, ou equivalente, AE-249 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Referenciais, sistemas de coordenadas e matrizes de transformação. Dedução das equações do movimento.



Escolha de eixos do corpo: eixos médios, eixos fixos, eixos duplamente restritos. Modelagem dinâmico-estrutural de aeronaves flexíveis. Modos de vibração. Modelagem aerodinâmica quase estacionária e não estacionária. Interpolação entre os modelos dinâmico-estrutural e aerodinâmico. Cargas generalizadas aerodinâmicas e propulsivas. Equilíbrio e estabilidade dinâmica. Modos naturais da aeronave flexível. Equações do movimento na presença de vento. Simulações não lineares. Introdução a técnicas de redução de ordem de modelos.

Syllabus:

Reference frames, coordinate systems, and transformation matrices. Derivation of the equations of motion. Selection of the body axes: mean axes, fixed axes, dually constrained axes. Structural-dynamic modeling of flexible aircraft. Modes of vibration. Quasisteady and unsteady aerodynamic modeling. Interpolation between structural-dynamic and aerodynamic models. Generalized aerodynamic and propulsive loads. Equilibrium and dynamic stability. Natural modes of the flexible aircraft. Equations of motion in the presence of wind. Nonlinear simulations. Introduction to model order reduction techniques. Bibliografia: 1 SCHMIDT, D. K. Modern flight dynamics. New York, NY: McGraw-Hill, 2012. 872 p. ISBN (13): 978-0-07-339811-2; (10): 0-07-339811-X. 2 SILVESTRE, F. J. Methodology for modelling the dynamics of flexible, high-aspect-ratio aircraft in the time domain for aeroservoelastic investigations. Berlin: Mensch & Buch Verlag, 2013. 232 p. ISBN (13): 978-3-86387-316-5. 3 GUIMARÃES NETO, A. B. Flight dynamics of flexible aircraft using general body axes: a theoretical and computational study. 2014. 450 p. Thesis of Doctor in Science in Flight Mechanics – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

### **AB-295/2021 - Fundamentos de Astronáutica III**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FM-294. Horas semanais: 3-0-0-4. Equações de Lagrange e equações de Gauss em variáveis não singulares. Forma canônica das equações de Lagrange: variáveis de Delaunay. Método de Von Zeipel. Teoria de Brouwer para o movimento de satélites artificiais. Órbitas de pequenas excentricidades. Órbitas congeladas e órbitas sol-síncronas. Perturbações devidas à atração de um terceiro corpo: atração luni-solar. Métodos especiais de perturbações: método de Cowell e método de Encke. Integração numérica das equações de movimento: métodos de Runge-Kutta e métodos de múltiplos passos. O problema de n-corpos: equações de movimento e integrais primeiras. Soluções de Lagrange para o problema de três corpos. O problema circular restrito de três corpos: equações de movimento no sistema girante, pontos de equilíbrio, regiões de Hill. Trajetórias lunares e interplanetárias: aproximações patched-conic e modelos baseados no problema de n-corpos. Manobras de swing-by. Exemplos: transferências Terra-Lua, Terra-Terra com fly-by na Lua, Terra-Marte e Terra-Vênus. Bibliografia: WIESEL, W.E., Modern Astrodynamics, Second Edition, Aphelion Press, Beavercreek, 2010. PRUSSING, J.E., Conway, B.A., Orbital Mechanics, Second edition, Oxford University Press, New York, 2013. VALLADO, D.A., Fundamentals of Astrodynamics and Applications, Third edition, Springer, New York, 2007. Responsável

### **AC-240/2021 – Condução de Calor: uma Abordagem Numérica**

Requisito recomendado: ME-204. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Fundamentos. Formulação matemática: equações e condições de contorno. Abordagem numérica: volumes finitos e elementos finitos. Condução em regime permanente: uni, bi e tridimensional. Condução em regime transiente: uni, bi e tridimensional. Aplicações: barra de combustível de reator nuclear, aletas, coletor solar, erro na medida de temperatura, tratamento térmico de metais, dissipadores de calor. Bibliografia: 1 INCROPERA, F.P. e DEWITT, D.P., Fundamentos de transferência de calor e de

massa, 7 ed, LTC Editora, RJ, 2014; 2 KAKAÇ, S e YENER, Y., Heat Conduction, 3 ed, Taylor & Francis, Washington, 1993; 3 VERSTEEG, H. K. e MALALASEKERA, W., An introduction to computational fluid dynamics, Prentice Hall, New York, 2 ed, 2007.

### **AC-250/2021 - Introdução a Aquisição de Dados**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções gerais de Instrumentação, Arquitetura de sistemas de aquisição de dados, Sistemas de aquisição e distribuição de dados, Elementos de um sistema de aquisição, Principais sensores, Condicionamento de sinais, Instrumentação virtual, Construção de VI, Técnicas de Edição, Técnicas de Debugging, Criação de SubVI, SubVis/Ícones e Terminais de Conectores, Utilização de SubVIs, SubVI a partir de Seções de uma VI, While Loops, Waveform Charts, Shift Registers, For Loop, Arrays, Criação de Arrays com Loops, Funções Arrays, Polimorfismo, Gráficos, Clusters, Funções Cluster, Case Structure, Sequence Structure, Formula Node, Substituição de Sequence Structures, Strings, Funções String, File I/O Formatação Spreadsheet Strins, Organização de uma Data Acquisition em uma VI, Entrada Analógica Simples, DAQ Wizards, Saída Analógica, Entradas/Saídas Digitais. Bibliografia: 1 LabVIEW Basics I, Course Manual, Course Software Version 6.0 September 2000 Edition.; 2 LabVIEW Graphical Programming Practical Applications in Instrumentation and Control – Gary W. Johnson, McGraw-Hill, 1994; 3 Manual for LabVIEW Programming, Data Acquisition and Analysis, Jeffrey Y. Beyon, 2001.

### **AC-265/2021 – Combustão em Turbinas a Gás**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Considerações básicas sobre combustores: requerimentos, configurações e princípios de funcionamento. Combustão fundamental: balanços de massa e energia e cálculo de temperatura de combustão. Difusores: geometria, performance, controle de escoamento e considerações de projeto. Estabilização de chamas: avaliação de estabilidade, ancoradores de chama, projeto de ancoradores do tipo vortical. Injeção de combustível: processo de atomização, características do spray, medida do spray, tipos de atomizadores. Transferência de calor: convecção, radiação processo de refrigeração da câmara. Dimensões do combustor: critérios do projeto. Admissão de ar: critérios para projetos dos orifícios de injeção nas zonas da câmara. Combustíveis: tipos, características e propriedades desejáveis. Emissões: fuligem, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e combustores de baixa emissão. Bibliografia: 1 MELCONIAN, J.O., MODAK, A.T., Combustor Design, in Sawyer's Gás Turbine Engineering Handbook, Vol. 1, Turbomachinery International publications, 1985. 2 BORMAN, G.L, Ragland, K.W., Combustion Engineering, McGraw-Hill, 1998. LEFEBVRE, A.H., Gas Turbine Combustion, Taylor & Francis, 1983.

### **AC-275/2021 - Motor Foguete a Propelente Líquido**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Relações principais em foguetes a propelentes líquidos: características físico-químicas; combustão de propelente líquido. Escoamento isentrópico de gases em tubeiras: relações termodinâmicas; coeficiente de empuxo; velocidade característica; impulso específico; propriedades termodinâmicas na seção crítica e na seção de saída, tipos de motor foguete a propelente líquido, sistemas, componentes, injetores, distribuição das regiões de mistura, barreiras térmicas (tipos, função, propriedades). Combustão e instabilidades: processos de combustão; instabilidades de combustão em câmaras de motor foguete. Bibliografia: 1 HUZEL, D.K. e HUANG, D.H., Modern engineering for design of liquid propellant rocket engines, AIAA,1992; 2 HUMBLE, R.W., HENRY,

G.N. e LARSON, W.J., Space propulsion analysis and design, McGraw-Hill, 1995; 3 SUTTON P.G. e BIBLARZ, O., Rocket propulsion elements. John Wiley & Sons, Inc., 2001 .

### **AC-280/2021 - Combustão em Escoamentos Bifásicos**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Injetores, tipos e projetos. Processos de atomização (colunas superfícies de líquidos ideais e viscosos). Estatística de distribuição de gotas. Métodos de diagnósticos. Dispersão turbulenta. Evaporação de gotas. Modelo de queima da gota isolada. Modelos empíricos de queima em spray. Modelos de combustão turbulenta de escoamentos bifásicos. Bibliografia: 1 LEFEBVRE, A. H., Atomization and sprays, S. 1, Taylor and Francis, 1989. 2 WILLIAMS, F.A., Combustion theory: the fundamental theory of chemically reacting flow systems. Addison-Wesley, 1985. 3 KUO, K.K., Principles of Combustion, John Wiley, 1986.

### **AC-285/2021 - Elementos de Combustão**

Requisitos recomendados: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Termoquímica: entalpia de formação, 1ª lei da termodinâmica, temperatura da chama adiabática, 2ª lei da termodinâmica, equilíbrio químico. Cinética química: reações globais, mecanismos detalhados, sistema H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>, oxidação do monóxido de carbono, mecanismos para hidrocarbonetos. Acoplamento das análises químicas e térmicas: reator a pressão constante, reator a volume constante, reator de mistura homogênea, reator contínuo. Chamas laminares pré-misturadas e difusivas: descrição física, velocidade de chama, limites de flamabilidade, ignição, estabilização. Detonação: curva de Hugoniot, pontos de Chapman-Jouquet, estrutura da onda de detonação. Formação de poluentes: particulados, fuligem, NO<sub>x</sub>, monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados, óxido de enxofre. Bibliografia: 1 TURNS, S.R. An introduction to combustion: concepts and applications, McGraw-Hill, 2000; 2 BORMAN, G. L.; RAGLAND, K. W., Combustion engineering, McGraw-Hill, 1998; 3 WILLIAMS, F. A. Combustion theory: the fundamental theory of chemically reacting flow systems. Addison-Wesley, 1985.

### **AC-291/2021 - Combustão em Escoamentos Turbulentos**

Requisito recomendado: AC-285. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Chamas pré-misturadas: Diagramas da combustão turbulenta, Combustão no regime laminar, Taxas de queima de chamas estiradas, Algoritmos de geração de flamelets. Chamas não premisturadas, análise métodos de P.D.F (Função Densidade de Probabilidade). Conjunta velocidade-escalar, Modelos de química rápida, Equação de transporte de P.D.F., limite de Burke-Shuman, química fora do equilíbrio, Método da P.D.F. presumida, Modelização de flamelets, Modelo de Bray-Moss-Libby, Modelo de chama coerente, Modelo de difusão contra-gradiente. Abordagem numérica de regimes de combustão permanentes e transientes. (RANS-Reynolds Averaged Navier-Stokes, LES-Large Eddy Simulation). Bibliografia: 1 CHAMPION, M. Apostila de curso de combustão; 2 PETERS, N. Turbulent combustion, Cambridge University Press, 2000; 3 Roekaerts, D. e Goey, L.P.H., Lectures on Combustion, Burgerscentrum, NL, 2003.

### **AC-292/2021 - Emissões de Poluentes em Processos de Combustão**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-6. Concentração dos componentes produtos de combustão. Correções dos valores medidos de concentrações. Concentrações em termo de massa por unidade de volume. Determinação das concentrações do Co, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> nos gases de combustão. Material particulado, características, impactos, fatores de emissão, exemplos de estimativa, medida de concentração, dispositivos redutores e controle através de modificações dos

processos de combustão. Dióxido de enxofre, característica, fatores de emissão, impactos, métodos de medidas da concentração, dispositivos e técnicas de controle. Óxidos de nitrogênio, características, fatores de emissão, impactos, mecanismos de formação e taxas de formação, medidas de concentração, influência das condições de combustão e técnicas de redução das emissões. Outros poluentes, Monóxido de carbono, Dióxido de Carbono, Hidrocarbonetos não queimados e Dioxinas e Furanos. Medidas de emissões de turbinas a gás. Medida de emissões em motores de combustão interna. Medidas de emissões em queimadores industriais. Técnicas avançadas de estudos experimentais de emissões de poluentes. Bibliografia: 1 Emissões em Processos de Combustão, João Andrade de Carvalho Jr., Pedro Teixeira Lacava, São Paulo: Editora UNESP, 2003; 2 Combustion Engineering, Gary L. Borman, Kenneth W. Ragland, McGraw-Hill, 1998; 3 An Introduction to combustion, Stephen R. Turns, McGraw-Hill, 1996.

### **AC-293/2021 - Técnicas Ópticas de Diagnóstico em Combustão e Propulsão**

Requisito recomendado: AC-285. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de conceitos básicos de física. Níveis de energia de sistemas atômicos e moleculares, moléculas e radicais importantes no estudo de combustão. Conceito de temperatura translacional, rotacional e vibracional. Espalhamento de luz Rayleigh. Mie e Raman. Espectroscopia: equipamento em espectroscopia atômica e molecular. Espectroscopia de emissão. Espectroscopia de absorção. LIF- fluorescência induzida por lasers. PLIF - fluorescência induzida por lasers planar. Técnica da linha reversa do sódio. PIV - velocimetria por imagem de partículas. Bibliografia: 1 A. C. Eckbreth, Laser Diagnostics for Combustion Temperature and Species, Gordon and Breach Publishers, 2nd ed., 1996; 2 D. L. Andrews, Applied Laser Spectroscopy, Techniques, Instrumentation, and Applications. VCH Publishers, 1992; 3 P.L. Lacava, C.A. Martins, Métodos Experimentais de Análise Aplicadas à Combustão, Papel Brasil, 2010.

### **AC-298/2021 - Combustão: Cinética e Modelagem**

Requisito recomendado: AC-285. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Combustão e chamas; cinética elementar: introdução, etapas elementares, aproximação do estado estacionário, uso de CHEMKIN® e softwares similares, equilíbrio. Cinética de reação de fase gasosa: cinética de hidrocarbonetos e combustíveis oxigenados, formação de poluentes gasosos, reações elementares, mecanismos, redução e quantificação de incerteza.

Manipulação de grandes modelos cinéticos: análise de sensibilidade, propagação de incerteza, redução do modelo cinético, faixa de validade de modelos cinéticos. Bibliografia: 1 COKER, AK. Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design. Boston, MA : Gulf Professional Publishing, 2001. ISBN: 9780884154815. 2 NAMINOSUKE, K., Propellants and Explosives: Thermochemical Aspects of Combustion, Edition 2, John Wiley & Sons, February 27, 2007. 3 WANG Z., Internal Combustion Processes of Liquid Rocket Engines: Modeling and Numerical Simulations, John Wiley & Sons, 17 de mai de 2016.

### **AE-134/2021 - Estruturas Aeroespaciais**

Requisitos recomendados: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Introdução às estruturas aeroespaciais: componentes, materiais e idealização estrutural. Modelagem de componentes aeroespaciais pelo método dos elementos finitos. Teoria de torção de Saint-Venant. Flexo-torção de vigas de paredes finas de seção aberta e fechada. Restrição axial na flexo-torção de vigas de paredes finas. Difusão em painéis. Aplicações aeroespaciais. Bibliografia: Megson, T.H.G., Aircraft structures for engineering students, 4th ed., Elsevier, 2007. Curtis, H., Fundamentals of

aircraft structural analysis, New York, McGraw-hill, 1997. Bruhn, E.F., Analysis and design of flight vehicle structures, Cincinnati, Tri-Offset, 1973.

### **AE-206/2021 - Manufatura e Fractografia de Compósitos Poliméricos Estruturais Avançados**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução a compósitos poliméricos. Processos de manufatura aplicados a compósitos poliméricos avançados. Modelagem dos processos de manufatura de compósitos obtidos via técnicas de infusão de resina. Diretrizes para o projeto de ferramental para moldagem de compósitos. Fractografia de compósitos: metodologia; identificação de aspectos fractográficos associados a: (i) falha das fibras; (ii) delaminação e (iii) modos de falha induzidos por carregamentos cíclicos (fadiga). Bibliografia: 1 JONES, R. M. Mechanics of Composite Materials, 2nd ed., Taylor & Francis, 1999. 2 MAZUMDAR, S. K. Composites Manufacturing: Materials, Product and Process Engineering, CRC Press, 2001. 3 GREENHALGH, E. S. Failure Analysis and Fractography of Polymer Composites, CRC Press, 2009.

### **AE-207/2021 - Teoria de Placas e Cascas**

Requisito recomendado: AE-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Estruturas de superfície. Hipóteses básicas utilizadas na teoria de placas e cascas. Teoria de placas de Kirchhoff e de Reissner-Mindlin. Placas laminadas. Geometria diferencial. A teoria clássica de cascas segundo Reissner e Sanders, e suas versões com cisalhamento transversal. Cascas achatadas. Bibliografia: 1 KRAUS, H., Thin elastic shells, John Wiley, New York, 1967. 2 REDDY, J. N., Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells – Theory and Analysis, CRC Press, Boca Raton, 2004.

### **AE-213/2021 - Estabilidade de Estruturas Aeronáuticas**

Requisito recomendado: AE-107. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Comportamento mecânico de materiais. Modelos matemáticos. Estabilidade de colunas. Métodos de energia. Análise de vigas-coluna. Flambagem torcional de colunas de paredes finas. Flambagem lateral de vigas. Estabilidade de placas submetidas à compressão, flexão, cisalhamento e carregamentos combinados. Comportamento de placas após a flambagem. Falha de placas de compressão. Estabilidade e falha de colunas de paredes finas. Estabilidade e falha de painéis reforçados. Vigas de almas planas e curvas em campo de tração diagonal. Introdução à estabilidade de cascas cilíndricas. Bibliografia: 1 BRUHN, E.F., Analysis and design of flight vehicle structures, Tri-Offset, Cincinnati, 1973; 2 CHAJES, A., Principles of structural stability theory, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1974; 3 RIVELLO, R.M., Theory and analysis of flight structures, McGraw-Hill, New York, 1969.

### **AE-225/2021 - Dinâmica de Estruturas I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-6. Princípios de Dinâmica. Vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas de único grau de liberdade. Vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas de vários graus de liberdade. Superposição modal. Integração numérica das equações de movimento. Vibrações aleatórias. Noções de vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas não-lineares. Bibliografia: CLOUGH, R. e PENZIEN, J., Dynamical of structures, McGraw-Hill, New York, 1975; MEIROVITCH, L., Elements of vibration analysis, McGraw-Hill, New York, 1975, BISMARCK-NASR, M.N., Finite elements in applied mechanics, São Paulo, New York, 1993.

**AE-226/2021 – Análise Modal de Estruturas**Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AE-225 ou MP-242. Horas semanais: 3-0-1-5. Função de resposta

em frequência (FRF) em sistemas de 1 grau de liberdade (GDL). Sistemas de múltiplos GDL com amortecimento proporcional, estrutural e viscoso. FRF para sistemas de múltiplos GDL. Planejamento de ensaio modal. Excitação da estrutura. Medição da função de resposta em frequência. Extração de parâmetros modais. Análise modal experimental de sistema com múltiplos GDL nos domínios de frequência e tempo. Modelos modais. Comparação e correlação entre experimento e modelo modal. Ajuste de modelos. Bibliografia: 1 EWINS, D.J. Modal Testing – Theory, practice and application. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Research Studies Press – Wiley, 2000. 313p. 2 He, J. e Fu, Z.-F. Modal Analysis. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. 291p.; 3 MCCONNELL, K.G., VAROTO, P. Vibration Testing: Theory and Practice. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 652p.

### **AE-228/2021 - Dinâmica de Estruturas II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AE-225 ou consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de resposta transiente de sistemas lineares. Vibrações e respostas transientes de sistemas não-lineares. Formulação e uso de elementos finitos e diferenças finitas. Análise por métodos modais e métodos de integração numéricas. Respostas dinâmicas de estruturas não-lineares; método do balanço harmônico e técnicas de perturbação. Vibrações aleatórias. Bibliografia: COOK, P. A., Nonlinear dynamical systems, Prentice-Hall, London, 1986; MEIROVITCH, L., Elements of vibration analysis, McGraw-Hill, New York, 1975.

### **AE-236/2021 - Fadiga e Mecânica da Fratura I**

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Introdução. Histórico de problemas de fadiga e fratura. Projeto tolerante ao dano. Fadiga  $S-N$  - definições básicas. Ensaio para obtenção de curvas  $S-N$ . Parâmetros que influenciam nas curvas  $S-N$ . Efeito da tensão média. Fadiga multiaxial. A regra de Palmgren-Miner. Contagem de ciclos. Concentradores de tensão. Mecânica da fratura linear elástica - definições básicas. Taxa de liberação de energia. Curvas  $R$ . Fatores de intensidade de tensão. Relação entre  $G$  e  $K$ . Influência da zona plástica. Ensaio de tenacidade à fratura. Tensão plana e deformação plana. Limites de validade de  $G$  e  $K$ . Propagação de trincas por fadiga. Curvas  $da/dN$ . Equações de propagação. Efeitos de interação de cargas. Bibliografia: 1 DOWLING, N. E. Mechanical behavior of materials - engineering methods for deformation, fracture and fatigue. 2. ed. - Prentice Hall, 2000; 2 BANNANTINE, J. A. Fundamentals of metal fatigue analysis. 1 ed. - Prentice Hall, 1990; 3 ANDERSON, T. L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. 2 ed. CRC Press, 1995.

### **AE-237/2021 - Fadiga e Mecânica da Fratura II**

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: AE-236. Horas semanais: 3-0-1-6. Fadiga  $\epsilon-N$  - definições básicas. Curvas tensão-deformação. Curvas deformação-vida. Ensaio para obtenção de curvas  $\epsilon-N$ . Fadiga multiaxial. Contagem de ciclos. Tensão média. Concentradores de tensão - a Regra de Neuber. Aplicações para carregamentos de amplitude constante. Aplicações para carregamento de amplitude variável. Mecânica da fratura elasto-plástica - definições básicas. CTOD. A Integral- $J$ . Os campos de tensões HRR. O modelo SSY. Relação entre  $J$  e CTOD. Ensaio para obtenção de  $J$  e CTOD. Mecânica da fratura baseada em dois parâmetros. Abordagens locais para a mecânica da fratura. Tópicos avançados em propagação de trincas. Fechamento de trinca. Trincas curtas. Bibliografia: 1 DOWLING, N. E. Mechanical behavior of materials - engineering methods for deformation, fracture and fatigue. 2 ed. - Prentice Hall, 2000; 2 BANNANTINE, J. A. Fundamentals of metal fatigue analysis 1 ed.

Upper - Prentice Hall, 1990; 3 ANDERSON, T. L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. 2 ed. CRC Press, 1995.

### **AE-245/2021 - Elementos Finitos I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Bases do método de elementos finitos. Métodos de elementos finitos na Elasticidade. Formulação com bases no princípio de energia potencial total, no princípio de energia complementar e no princípio de Hellinger-Reissner. Método de elementos finitos na Dinâmica Estrutural. Bibliografia: GALLAGHER, R.H., Finite element analysis: fundamentals, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1975; HUEBNER, K.H., The finite element method for engineers, John Wiley & Sons, New York, 1975; BISMARCK-NASR, M.N., Finite elements in applied mechanics, São Paulo, Abaeté, 1993.

### **AE-248/2021 - Método dos Elementos Finitos Generalizados / Generalized Finite Element Method**

Requisito recomendado: AE-245 e AE-256. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Método dos elementos finitos generalizados (MEFG): Introdução - uma breve revisão sobre o Método dos Elementos Finitos, as origens do MEFG (métodos das nuvens hp, métodos dos elementos finitos partição da unidade); Formulação - funções de forma 1D e 2D, funções de enriquecimento do tipo: polinomial, Heaviside e singular; Limitações do MEFG - mal condicionamento e elementos de mistura; Aspectos computacionais - integração numérica das funções de enriquecimento Heaviside e singular, imposição das condições de contorno de Dirichlet; Implementação computacional; Aplicações - problemas da mecânica da fratura elástico linear, análises multiescala (MEFG global-local). Elementos finitos híbridos, híbridos-mistos e híbridos-Trefftz: Introdução, Formulação básica, Aplicações. Aspectos Computacionais: sistemas lineares grandes e esparsos.

Syllabus:

Generalized finite element method (GFEM): Introduction - a brief review of the Finite Element Method, the origins of the GFEM (hp-cloud method, partition of unity finite element method); Formulation - shape functions 1D and 2D, enrichment functions of the type: polynomial, Heaviside and singular; Limitations of the GFEM - ill conditioning and blending elements; Computational Aspects: numerical integration of the Heaviside and singular enrichment functions, imposition of the Dirichlet boundary conditions; Implementation - a code written in Python; Applications - problems of linear elastic fracture mechanics and multi-scale analysis (global-local GFEM). Hybrid, Hybrid-mixed and hybrid-Trefftz finite elements: Introduction; Basic formulation; Applications; Numerical Aspects: large and sparse linear systems. Bibliografia: 1 FRIES, T.P.; BELYTSCHKO, T. The Extended/Generalized Finite Element Method: an overview of the method and its applications. Int J Numer Methods Eng, 84, 253-304, 2010. 2 QIN, Q.H. The Trefftz Finite and Boundary Element Method, WIT Press, 2000. 3 ZIENKIEWICZ, O.C.; TAYLOR, R.L.; ZHU, J.Z. The finite element method: its basis and fundamentals, Oxford, 6th edition, Butterworth-Heinemann, 2005.

### **AE-249/2021 - Aeroelasticidade I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AE-225. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à Aeroelasticidade. Formulação do problema Aeroelástico em duas e em três dimensões usando o método das faixas. Introdução à aerodinâmica não-estacionária. Formulação do problema aeroelástico na base modal. Introdução ao problema de respostas aeroelásticas. Bibliografia: BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, Addison Wesley, Reading, 1955; DOWELL, E.H. et al., A modern

course in aeroelasticity, Sijthoff & Noordhoff, Rockville, 1980; BISMARCK-NASR, M.N., Finite elements in applied mechanics, São Paulo, Abaeté, 1993.

### **AE-250/2021 - Aeroelasticidade II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AE-249. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos discretos do cálculo aeroelástico. Resposta dinâmica à rajada discreta. Resposta dinâmica à turbulência atmosférica contínua. Aeroelasticidade de placas e cascas. Método de elemento finitos aplicado à aeroelasticidade. Bibliografia: BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, Addison-Wesley, Reading, 1955; DOWELL, E., Aeroelasticity of plates and shells, Sijthoff & Noordhoff, Groningen, 1976; BISMARCK-NASR, M.N., Finite elements in applied mechanics, Abaeté, São Paulo, 1993.

### **AE-256/2021 - Métodos Numéricos em Mecânica dos Sólidos / Numerical Methods in Solid Mechanics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Álgebra linear e matrizes. Interpolação e integração numéricas. Métodos diretos e iterativos para a solução das equações de equilíbrio estático. Análise de erros. Métodos diretos de integração para a solução das equações de equilíbrio dinâmico. Técnicas de redução de modelos. Métodos de solução de problemas de autovalor: técnicas de iteração vetorial, métodos de transformação, técnicas de iteração polinomial, método de Lanczos e iteração por subespaços. Métodos numéricos aplicados em problemas não-lineares em elasto-estática. Exemplos de aplicação em mecânica dos sólidos.

Syllabus:

Linear algebra and matrices. Numerical interpolation and integration. Direct and iterative methods for solution of equations of static equilibrium. Error analysis. Direct methods of integration for solution of equations of dynamical equilibrium. Model reduction techniques. Solution methods for eigenproblems: vector iteration methods, transformation methods, polynomial iteration techniques, Lanczos method and subspace iteration. Numerical methods applied in non-linear problems in elastostatics. Application on solid mechanics problems. Bibliografia: 1 BATHE, K.-J. Finite Element Procedures. 2nd edition. Prentice Hall, USA, 2016. 2 BURDEN, R.L.; FAIRES, D.J. e BURDEN, A.M. Numerical Analysis, 10th Edition, Cengage Learning, USA, 2015. 3 DE BORST, R.; CRISFIELD, M.A.; REMMERS, J.C. e VERHOUSEL, C.V.; Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, 2nd edition, Wiley, United Kingdom, 2012.

### **AE-265/2021 - Otimização de Estruturas**

Requisito recomendado: AE-245. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à síntese estrutural. Revisão de técnicas de minimização numérica. Análise de sensibilidade de problemas de equilíbrio e de autovalor. Análise de sensibilidade variacional. Síntese com variáveis de seção: problema estático, de vibração livre e de flambagem. Otimização sequencial aproximada. Otimização topológica. Síntese de compósitos laminados. Otimização multinível. Síntese sob resposta dinâmica. Estudo de casos. Bibliografia: 1 HAFTKA, R.T., GURDAL, Z., Elements of structural optimization, Springer, 3rd ed., 1992. 2 BENDSOE, M.P., SIGMUND, O., Topology optimization: theory, methods and applications, Springer, 2013. 3 GURDAL, Z., HAFTKA R.T., HAJELA, P. Design and optimization of laminated composite materials, Wiley-Interscience; 1st ed., 1999.

### **AE-267/2021 – Otimização de Compósitos Laminados**

Requisito recomendado: MP-204 e AE-245. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. A síntese de estruturas compósitas laminadas: função objetivo,



restrições de projeto e variáveis de projeto. Conceitos de otimização numérica: métodos de ordem zero e de primeira ordem. Síntese de laminados com rigidez no plano: restrições de rigidez, restrições de resistência; variáveis contínuas de espessura, variáveis contínuas de ângulo de orientação das fibras; formulação com variáveis discretas; solução por algoritmos genéticos. Otimização de laminados com rigidez à flexão e resposta combinada: seqüência de laminação, variáveis de identidade de laminas e grupos de laminas; síntese com espessura constante, síntese para espessura mínima; presença de restrições de rigidez e resistência; presença de restrições de flambagem e de vibração livre. Utilização de parâmetros de laminação. Síntese de laminados para flexibilidade mínima. Síntese via aproximação de respostas estruturais. Bibliografia: 1 GURDAL Z., HAFTKA, R.T., HAJELA, P., Design and optimization of laminated composite materials, John Wiley, New York, 1999. 2 HAFTKA, R.T., GURDAL, Z., GLADWELL, Z.M.L., Elements of Structural Optimization, Kluwer Academic Publishers, 3<sup>rd</sup> ed., 2002. 3 Vanderplaats, G.N., Numerical Optimization techniques for Engineering Design, VR&D, Inc., 3<sup>rd</sup> ed., 1999.

**AE-425/2021 – Monitoramento de Vibrações e Diagnóstico de Falhas em Helicópteros** Requisito recomendado: EST-56 ou AE-225 ou MP-242. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-4. Monitoramento da condição de helicópteros por HUMS (Health and Usage Monitoring Systems). Medida de vibrações em helicópteros: seleção e localização de transdutores, condicionamento de sinais. Sinais gerados por componentes rotativos como eixos, engrenagens, rolamentos, rotores com pás. Técnicas básicas de processamento de sinais de monitoramento. Detecção e diagnóstico de falhas por comparação dos espectros de vibrações. Indicadores RMS e Kurtosis para os diversos harmônicos. Análise de Cepstrum. Falhas devido ao desbalanceamento e desalinhamento de eixos, trincas ou desgaste de engrenagens e rolamentos. Métodos de diagnóstico de falhas para caixas de transmissão de helicópteros. Influência de estrutura da caixa e dos componentes rotativos. Avaliação e validação da localização de sensores de vibração. Análise de tendência de parâmetros, alarmes e prognóstico de falhas. Bibliografia: 1 RANDALL, R.B., Vibration-based condition monitoring: industrial, aerospace and automotive applications. John Wiley & Sons, 2011. 289p.; 2 SILVA C. W., Vibration monitoring, testing, and instrumentation. CRC Press, 2007. 654p.; 3 McCONNELL, K.G., VAROTO, P. Vibration Testing: Theory and Practice. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 652p.

#### **AP-120/2021 - Projeto Conceitual de Aeronaves**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Tipos de aeronaves e o mercado de aviação. Etapas do programa de uma aeronave. Escolha de configuração e dimensionamento inicial. Layout de fuselagem. Análise aerodinâmica para projeto conceitual. Escolha e integração do grupo moto-propulsor. Estimativa de pesos e centro de gravidade. Aplicação de requisitos para análise de desempenho. Layout estrutural e materiais empregados em estruturas aeronáuticas. Posicionamento de trem de pouso. Análise de estabilidade e dimensionamento de superfícies de controle. Elementos de certificação aeronáutica. Bibliografia: ROSKAM, J. Airplane Design, parts I-VIII. Ottawa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985. TORENBEEK, E. Synthesis of Subsonic Airplane Design. Dordrecht: Kluwer Academic, 1982. RAYMER, D.P., Aircraft Design: A Conceptual Approach, 5th Edition, AIAA educational series, Washington DC, 2012.

#### **AP-172/2021 – Projeto e Engenharia de Sistemas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-6. Introdução a ferramentas para engenharia de sistemas e projeto voltados para aplicações aeronáuticas. Geração de requisitos, métodos formais como House of Quality.

Métodos de estimativa, decomposição em valores singulares (SVD). Métodos baseados em dados estatísticos para a previsão eficiente de características de sistemas, subsistemas e componentes. Projeto axiomático, análise de sensibilidade, análise de robustez, sensibilidades normalizadas para representação de relações de projeto e robustez. Modelagem funcional e simulação. Otimização de projeto. Métodos diretos da otimização de busca. Formulação da função objetivo para o projeto. Índices de desempenho para otimização. Bibliografia: Moir, I. & Seabridge, A., 2008. Aircraft Systems: Mechanical, Electrical and Avionics Subsystems Integration Third., John Wiley & Sons, Inc. Raymond, E.T. & Chenoweth, C.C., 1993. Aircraft Flight Control Actuation System Design, Society of Automotive Engineers, Inc. Merrit, H.E., 1967. Hydraulic Control Systems, John Wiley & Sons, Inc.

#### **AP-260/2021 – Projeto Avançado de Aeronave**

Requisito recomendado: AA-122 e AE-134. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Certificação aeronáutica. Estimativa de peso e dimensões. Cálculo de polar de arrasto. Modelagem de grupo motopropulsor. Desempenho. Métodos de escolha de configuração de aeronave. Otimização multidisciplinar. Projeto de asa, fuselagem e empenagens. Técnicas de redução de arrasto aerodinâmico. Sistemas de aumento de estabilidade. Bibliografia: 1 ROSKAM, J., Airplane design, parts I-VIII, Roskam Aviation and Engineering Corporation; 2 Stinton, D., The Design of the Airplane, AIAA General Publication Series, 2<sup>nd</sup>. Edition, RESTON , V.A., 2001; 3 ASKIN, T. I., Quasi-analytical Modelling and Optimisation Techniques for Transport Aircraft Design, PhD Thesis, Department of Aeronautics, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, May 2002.

#### **AP-265/2021 - Projeto e Otimização Multidisciplinar**

Requisito recomendado: AA-122 e AE-134. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Modelagem de sistemas de engenharia para projeto e otimização. Seleção de variáveis de projeto, objetivos e restrições. Revisão geral dos princípios, métodos e ferramentas para projeto e otimização multidisciplinar. Revisão de formulações com restrições lineares e não-lineares. Tópicos de otimização escalar e vetorial. Métodos heurísticos: algoritmos genéticos, recozimento simulado, procura tabulada. Análises de sensibilidade e de compromisso e de projeto. Otimização multiobjetivo e otimalidade de Pareto. Quadro comparativo das ferramentas computacionais comerciais e de domínio público para otimização multidisciplinar. Aplicações aeroespaciais específicas. Bibliografia: 1 ROSKAM, J., Airplane design, parts I-VIII, Roskam Aviation and Engineering Corporation; 2 STINTON, D., The Design of the Airplane, AIAA General Publication Series, 2<sup>nd</sup>. Edition, RESTON , V.A., 2001; 3 ASKIN, T.I., Quasi-analytical Modelling and Optimisation Techniques for Transport Aircraft Design, PhD Thesis, Department of Aeronautics, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, May 2002.

#### **AP-266/2021 - Otimização Aeroestrutural /Aerostructural Optimization**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções de processamento paralelo e controle de versão. Introdução a técnicas de otimização numérica: otimização sem gradientes, otimização baseada em gradientes e otimização com restrições. Métodos de cálculo de gradientes: diferenças finitas, passo complexo, diferenciação algorítmica e método adjunto. Métodos de manipulação de geometria e malhas. Construção e diferenciação de códigos de análise aerodinâmica para fins de otimização. Síntese de estruturas modeladas com elementos finitos. Análise de sensibilidade: estática, vibrações e flambagem. Otimização sequencial aproximada. Otimização topológica. Síntese de compósitos laminados. Arquiteturas de problemas de otimização multidisciplinar. Otimização aeroestrutural.

Notions of parallel processing and version control. Introduction to numerical optimization techniques: gradient-free and gradient-based optimization, constrained optimization. Gradient computation methods: finite-differences, complex step, algorithmic differentiation and adjoint method. Geometry and mesh manipulation methods. Differentiation of aerodynamic analysis codes for optimization purposes. Structural modeling with finite elements. Sensitivity analysis: static, vibrations, and buckling. Sequential approximate optimization. Topology optimization. Design of composite laminates. Architectures of multidisciplinary optimization problems. Aerostructural optimization. Bibliografia: 1 NOCEDAL, J.; WRIGHT, S. Numerical Optimization. 2. ed. Nova Iorque: Springer Science & Business Media, 2006. 644p. 2 HAFTKA, R.T.; GURDAL, Z.; GLADWELL, Z.M.L. Elements of Structural Optimization. 3. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 481p. 3 BENDSOE, M.P.; SIGMUND, O. Topology Optimization. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2004. 370p.

### **AP-270/2021 – Engenharia de Manutenção I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Definição de Aeronavegabilidade. Regulamentação Aeronáutica. A Origem da Manutenção. Definição e Classificação de Falhas; Taxa de Falhas, Confiabilidade, Manutenibilidade e Safety Analysis; Desenvolvimento do Programa de Manutenção. CRM e ALL. Origens da Manutenção. Os Maintenance Steering Groups. Reliability Centered Maintenance e Plano de Manutenção; Manuais e Documentação técnica de manutenção; A organização de manutenção, regulamentação aplicável e o manual de Manutenção do operador; Responsabilidade pela manutenção, registros de manutenção e recursos para manutenção; Planejamento e controle de atividades de manutenção. Diagnóstico de manutenção; Ensaios não-destrutivos; Modificações e reparos em aeronaves. Regulamentação aplicável. Manual de Reparos Estruturais. AC 43-13 -1B e -2B; Peso, balanceamento e triangulação de aeronaves; O pessoal de manutenção. Gerenciamento, engenharia e técnicos de manutenção. Qualificação e Certificação de Pessoal; Fatores Humanos e Segurança em manutenção; Peças e componentes. Dimensionamento de estoques. Gerenciamento de qualidade do material. Documentação requerida. Bibliografia: 1 KINNISON, Harry A., Aviation Maintenance Management, Ed. Mc Graw Hill, 2004. 2 JEPPESEN & CO., Aircraft Inspection and Maintenance Records, Jeppesen Co. 2003. 3 KROES, Michael J., Aircraft Basic Science, 7th ed., Ed. Glencoe, 1993. 4 KROES, Michael J., Aircraft Maintenance and Repair, 6th Ed., Ed. Glencoe. 5 AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC, RBAC/RBHA: 23, 25, 39, 43, 65, 91, 121, 135, 145.

### **FF-206/2021 - Nanomaterias e Nanotecnologia**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Importância dos nanomateriais. Fundamentos de termodinâmica e cinética de crescimento de nanomateriais. Mecanismo de formação de agregados e nanopartículas. Processos de obtenção de nanopartículas. Estabilização de nanopartículas. Síntese de nanomateriais: nanopartículas, nanotubos, nanobastões e nanoplacas. Nanocompósitos. Caracterização: DRX, Raman, FTIR, microscopia, XPS. Propriedades mecânicas, elétricas e biomédicas. Toxicidade de nanomateriais. Bibliografia: Suresh C. Pillai and Yvonne Lang, Toxicity of Nanomaterials, Environmental and Healthcare Applications, USA: CRC PRESS Taylor & Francis Group, 2019. Dieter Vollath, Nanomaterials an Introduction to Synthesis, Properties and Applications, Germany: Wiley, 2013. Robert Corriu and Nguyễn Trong Anh, Molecular Chemistry of Sol-Gel Derived Nanomaterials, Germany: John Wiley & Son Ltd, 2009.

### **FF-266/2021 – Física de Plasmas Térmicos**

Requisito recomendado: FF-264. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-4. Introdução ao plasma térmico. Descarga em gás do tipo Arco elétrico. (criação da descarga, estrutura e propriedades). Os esquemas principais das tochas de plasma (As tochas com arco estabilizado pelas paredes, por vórtice de gás e por campo magnético). Estabilidade do sistema “fonte de potência – arco elétrico”. Os processos físicos (elétricos e aerodinâmicos) em tochas de plasma. Os métodos teóricos do estudo da descarga elétrica: (equações de plasma do arco elétrico; ID aproximação; modelo do canal; método de aproximação; influência da radiação às características do arco; interação com fluxo do gás, com próprio campo magnético, com vórtice do gás). Teoria de similaridade – Interação entre o arco elétrico e os eletrodos. Os cálculos da tocha (cálculo energético, gasodinâmico, térmico e magnético). Bibliografia: 1 Boulos M.I., Fauchais P., Pfender E., Thermal Plasmas: fundamentals and applications, J. Plenum Press, New York (1994). 2 O. P. Sololenko, Zhukov M.F., Thermal Plasma and New Material Technology, vol 1, Investigation and Design of Thermal Plasma Generators, Cambridge Interscience, Cambridge, 1994. 3 Zhuko M.F., Koroteev A.S., Uriukov B.A “Applied dynamics of thermal plasma”, Nauka, Novosibitsk, 1975.

### **FF-295/2021 - Propriedades de Cristais e Difração de Raios X**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais:3-0-0-3. Introdução à cristalografia: Radiação eletromagnética e suas propriedades. Estrutura dos materiais. Propriedades estruturais dos cristais. Elementos de simetria. O estado cristalino. Definição de cela unitária. Posições, direções e planos cristalográficos. Densidade linear e planar e sistemas cristalinos. Redes de Bravais e grupos espaciais. Transformação de coordenadas. Raios X e sua interação com a matéria. Propriedades, fontes e detectores de radiação. Difração por policristais. Padrão de difração por policristais e difratometria de policristais. Instrumentação: Condicionamento do feixe e Principais geometrias. Preparação de amostra, Aquisição de dados, qualidade dos dados. Processamento de dados e análise de fases: Processamento preliminar de dados, bases de dados cristalográficos e identificação e indexação de fases. Método de Rietveld: fundamentos; refinamento com uma fase, análise quantitativa de fases e quantificação de material amorfo. Bibliografia: Pecharsky, V. K.; Zavalij, P. Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. 2a. Ed. New York, USA: 2009 . Powder Diffraction: Theory and Practice, R E Dinnebier, S J L Billinge, Royal Society of Chemistry, London, 2008. Myeongkyu Lee, X-Ray Diffraction for Materials Research From Fundamentals to Applications, Apple Academic Press, 2016

### **FF-299/2021 - Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 0-4-0-4. Sistema experimental de descargas elétricas. Avalanche de elétrons e ruptura de gás. Curvas de Pashen. Características de uma descarga luminescente. Descarga a catodo quente. Sondas de Langmuir simples e dupla. Diagnóstico da coluna positiva, verificação da teoria de Schotky. Técnica de Laframboise. Descarga a catodo ôco. Efeito do campo magnético sobre as características de descargas elétricas. Diagnósticos de plasmas por espectroscopia de emissão. Parâmetros de transporte em plasma. Sonda emissiva. Determinação da função de distribuição de energia de elétrons. Analisadores eletrostáticos de energia de íons. Efeitos de rádiofrequência sobre sondas. Deposição de filme fino por pulverização catódica. Bibliografia: 1 MACIEL, H. S., Laboratório de descargas elétricas, ITA, São José dos Campos, 1993; 2 RAIZER, Y. P., Gas discharges, physics, 1ª. Ed., New York, 1991.

### **FM-223/2021 – Dinâmica Não-Linear e Caos I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-4. Conceitos, definições e caracterizações fundamentais em dinâmica não-linear. Exemplos de comportamento não-linear e observação de caos em ciência e engenharia. Técnicas de espaço de fase e seção de Poincaré. Pontos fixos. Órbitas periódicas. Análise de estabilidade linear. Estabilidade local e global. Bifurcações. Transição para o caos. Atratores periódicos, caóticos e bacias de atração. Universalidade. Fractais. Caos em mapas e equações diferenciais. Propriedades de sistemas caóticos. Métodos quantitativos de caracterização. Bibliografia: 1 ALLIGOOD, K.T., SAUER, T.D. e YORKE, J.A. – Chaos: an Introduction to Dynamical Systems, Springer-Verlag, New York, 1997; 2 DEVANEY, R. L. - An Introduction to Chaotic Dynamical Systems., Westview-Perseus, Cambridge, 2003; 3 NAYFEH, A.H., BALACHANDRAN B.; Applied nonlinear dynamics: analytical, computational, and experimental methods, Wiley & Sons, New York, 1995.

### **FM-224/2021 – Dinâmica Não-Linear e Caos II / Nonlinear Dynamics and Chaos II**

Requisito recomendado: FM-223. Requisito exigido: FM-223. Horas semanais: 3-0-0-6. Rotas para o Caos. Crises. Multiestabilidade. Conjuntos Caóticos Não-Atrativos e caos transiente. Multifractais. Sistemas Espacialmente Estendidos e Formação de Padrões. Transição para turbulência. Estruturas coerentes Lagrangeanas, detecção de vórtices e barreiras de transporte em fluidos. Análise Não-Linear de Séries temporais  
Syllabus

Routes to chaos. Crises. Multistability. Nonattracting chaotic sets and transient chaos. Multifractals. Spatially extended systems and pattern formation. Transition to turbulence. Lagrangian coherent structures, vortex detection and transport barriers in fluids. Nonlinear time series analysis. Bibliografia: 1 ALLIGOOD, K. T.; SAUER, T. D. e YORKE, J. A. - Chaos: an Introduction to Dynamical Systems, New York: Springer-Verlag, 1997; 2 OTT, E. – Chaos in Dynamical Systems, New York, Cambridge University Press, 1993. 3 BOHR, T.; JENSEN, M. H.; PALADIN, G.; VULIANI, A. - Dynamical Systems Approach to Turbulence, Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

### **FM-250/2021 – Cálculo de Variações I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Funcionais. Espaços lineares normados. Variação de Gâteaux de um funcional. Condição necessária para um mínimo relativo de um funcional. Lemas de Lagrange e Du Bois-Reymond. O mais simples problema do cálculo de variações. Equação de Euler-Lagrange. Forma canônica da Equação de Euler-Lagrange. Condições de transversalidade. Condição de Weierstrass-Erdmann. Problemas com condições auxiliares. Multiplicadores de Lagrange. Problema isoperimétrico. Teoria da variação segunda. Condições necessárias e suficientes para um mínimo fraco. Condição necessária de Legendre. Problema acessório mínimo e condição de Jacobi. Pontos conjugados. Campos. Integral invariante de Hilbert. Condições suficiente para um mínimo forte. Bibliografia: 1 TROUTMAN, J.L., Variational calculus with elementary convexity, Springer-verlag, New York, 1983; 2 SAGAN, H., Introduction to the calculus of variations, Dover, New York, 1969; 3 GELFAND, I.M.; FOMIN, S.V., Calculus of variations, Prentice-Hall, New Jersey, 1963.

### **FM-251/2021 – Cálculo de Variações II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FM-250. Horas semanais: 3-0-0-5. A teoria de Hamilton-Jacobi e o Princípio de Máximo de Pontryaguin: lema

fundamental de Carathéodory, a equação de Hamilton-Jacobi, teorema de Jacobi, existência de campos, formulação geral do problema de controle ótimo, Princípio de máximo de Pontryaguin. Problema de tempo mínimo. O Princípio de Máximo como condição suficiente para problemas de controle lineares com duração fixada. Controle bang-bang. O problema de Lagrange e o problema iso-perimétrico: problemas variacionais com restrição, teorema fundamental dos sistemas indeterminados, regra dos multiplicadores de Lagrange, o problema iso-perimétrico, o problema de Mayer com uma extremidade variável, condição suficiente para o problema de Lagrange. Bibliografia: 1 TROUTMAN, J. L., Variational Calculus with Elementary Convexity, Springer-Verlag, New York, 1983; 2 SAGAN, H., Introduction to the Calculus of Variations, Dover, New York, 1969; 3 GELFAND, I.M. & FOMIN, S.V., Calculus of Variations, Prentice-Hall, New Jersey, 1963.

### **FM-293/2021 - Fundamentos de Astronáutica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Problema de dois-corpos. Elementos orbitais. Posição e velocidade como funções do tempo. Variáveis universais. Problema de Kepler. Problema de Gauss. Trajetórias de mísseis balísticos. Manobras orbitais básicas. Transferência de Hohmann. Trajetórias lunares. Trajetórias interplanetárias. Perturbações: métodos de Cowell e Encke. Variação dos elementos orbitais. Equações de Gauss. Bibliografia: 1 BATE, R.R.; MUELLER, D.D. & WHITE, J.E., Fundamentals of astrodynamics, Dover, New York, 1971; 2 PUSSING, J.E.; CONWAY, B.A., Orbital Mechanics, Oxford University Press, New York, 1993; 3 BATTIN, R.H., An Introduction to the mathematics and methods of astrodynamics, AIAA Education Series, New York, 1987.

### **FM-294 /2021 - Fundamentos de Astronáutica II / Fundamentals of Astronautics II**

Requisito recomendado: FM-293 Fundamentos de Astronáutica ou MVO-41 Mecânica Orbital. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Problema de Gauss: método das variáveis universais e método de iteração em p. Aplicações do problema de Gauss: rendez-vous e interceptação. Determinação de órbitas a partir de três vetores posição: métodos de Gibbs e Gibbs-Herrick. Determinação preliminar de órbitas a partir de observações visuais: métodos de Laplace e de Gauss. Correção diferencial de órbitas. Determinação de órbitas a partir de medidas de alcance, azimute e elevação. Visibilidade de órbitas de satélites artificiais a partir de uma estação de radar. Manobras de rendez-vous baseadas na transferência bi-elíptica. Transferência entre órbitas elípticas: generalização da transferência de Hohmann. Rendez-vous terminal: equações de Clohessy-Wiltshire. Introdução à teoria de perturbações: equações de Lagrange e de Gauss. Análise das perturbações seculares devidas ao achatamento da Terra sobre o movimento de satélites artificiais.

Gauss problem: method of universal variables and p-iteration method. Applications of Gauss problem: rendez-vous and intercept. Orbit determination from three position vectors: Gibbs and Gibbs-Herrick methods. Preliminary orbit determination from visual observations: Laplace and Gauss methods. Differential correction of orbits. Orbit determination from measures of range, azimuth and elevation. Visibility of orbits of artificial satellites from a track station. Rendez-vous maneuvers based on bi-elliptic transfer. Transfer between elliptical orbits: generalization of the Hohmann transfer. Terminal rendez-vous: Clohessy-Wiltshire equations. Introduction to the theory of perturbations: Lagrange and Gauss equations. Analysis of secular perturbations due to the oblateness of the Earth on the motion of artificial satellites. Bibliografia: 1 Curtis, H.D., Orbital Mechanics for Engineering Students, Elsevier, Oxford, 2005. 2 Prussing, J.E., Conway, B.A., Orbital Mechanics, Second edition, Oxford University Press, New

York, 2013; 3 Vallado, D.A., Fundamentals of Astrodynamics and Applications, Third edition, Springer, New York, 2007.

#### **FQ-201/2021 – Materiais Energéticos**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Ser aluno do PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. Propriedades físicas e químicas. Fenômenos de transporte. Testes de avaliação e principais usos. Propulsão química: definições gerais. Propriedades físicas e químicas. Testes de avaliação e operação de processamento. Base simples, base dupla e base tripla. Propulsores de foguetes: base dupla estruturada e moldada. Propelentes compósitos. Pólvora negra. Pirotécnicos: definições gerais. Materiais utilizados e principais usos dos iniciadores. Elementos de retardo. Composições fumígenas e luminosas. Dispositivos iniciadores. Aspectos de segurança no manuseio de materiais altamente energéticos. Simulação computacional. Bibliografia: 1 COOK, M.A., The Science of High Explosives. Robert E. Krieger Publishin<sup>g</sup>. Co. inc., Huntington, N.Y., 2. ed., 1971; 2 CALZIA, J. , Les Substances Explosives et Leurs Nuisances. Editora Dunod, Paris, I. ed. 1969, 3 KUO, K.K., Principles of combustion, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.

#### **FQ-202/2021 – Engenharia Aplicada a Armamentos e Munições Aéreas**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Aluno PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. Bombas de fins gerais. Espoletas para bombas. Bombas de alta arrasto. Características de bombas incendiárias. Constituição de bombas lança-granadas. Bombas de penetração e anti-pistas. Tecnologia de guiamento em bombas de aviação. Foguetes de aviação. Metralhadores e canhões. Mísseis. Bibliografia: 1 SHUKMAN, D., Tomorrow's War: The Threat of Hight-Technology Weapons. Ed. Harcourt, New York, 1996; 2 ZARZECKI, T. W., Arms Diffusion: The Spread of Military Innovations in the International System. Ed. Routledge, New York, 2002.

#### **FQ-220/2021 - Termodinâmica Química / Chemical Thermodynamics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Os princípios da Termodinâmica e suas conseqüências. Primeira, segunda e terceira leis da termodinâmica. Termoquímica. Entropia. Energia livre. Potencial químico, atividade e fugacidade. Constante de equilíbrio termodinâmico. Estudo termodinâmico das soluções.

Syllabus:

The principles of thermodynamics and their consequences. The first, second and third laws of thermodynamics. Thermochemistry. Entropy. Free energy. Chemical potential, activity, and fugacity. Thermodynamics equilibrium constant. Thermodynamics study of solutions. Bibliografia: 1 LEVINE, I. N. Physical Chemistry 6 ed. McGraw-Hill Science, 2009. 2 KLOTZ, I. M. e ROZEMBERG, R. M. Chemical Thermodynamics. 6 ed. John Wiley and Sons, 2000. 3 STOLEN, S.; GRANDE, T. Chemical Thermodynamics of Materials: Macroscopic and Microscopic Aspects. John Wiley & Sons, 2004.

#### **FQ-222/2021 - Cinética Química / Chemical Kinetics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Tratamento empírico das velocidades de reações homogêneas. Métodos experimentais e tratamento dos dados. Os processos elementares: a teoria cinética dos gases e a teoria do estado de transição. Comparação da teoria com resultados experimentais: discussão de algumas reações cujo mecanismo já foi investigado. Reações mais complexas: catálise homogênea e reações em cadeia. Introdução à cinética das reações heterogêneas.

Syllabus:

Empirical treatment of homogeneous reaction rates. Experimental methods and data processing. The elementary processes: the kinetic theory of gases and the transition state theory. Comparison of theory with experimental results: discussion of some reactions whose mechanisms have already been investigated. More complex reactions: homogeneous catalysis and chain reactions. Introduction to the kinetics of heterogeneous reactions. Bibliografia: 1 FROST, A. A.; PERSON, R. G. Kinetic and mechanics - a study of homogenous chemical reactions. New York: John Wiley & Sons, 1953. 2 MOELWYN-HUGHES, E.A. The chemical statistics and kinetics of solutions. New York: Academic Press, 1971.

### **FQ-223/2021 - Dinâmica Química**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-222. Horas semanais: 4-0-0-7.

Princípios básicos de cinética: leis de velocidade, ordem molecularidade das reações, equação de Arrhenius e energia de ativação. Superfícies de energia potencial: superfícies obtidas através de métodos semi-empíricos e abinitio. Teorias estatísticas das velocidades de reação: teoria do estado de transição, teoria variacional do estado de transição e teoria RRKM. Dinâmica molecular: teoria cinética das colisões, métodos da dinâmica clássica e quântica das colisões. Espectroscopia de estado de transição.

Bibliografia: 1 STEINFELD, J.I. et al., Chemical Kinetics and Dynamics, Prentice, Hall, New Jersey, 1989. 2 LAIDLER, K. J., Chemical Kinetics, Harper Collins Publishers, New York, 1987. 3 SMITH, I.W.M., Kinetics and Dynamics of Elementary, Gas Reactions, Butterworth, London 1980.

### **FQ-224/2021 - Identificação de Materiais por FT-IR / Identification of Materials by FT-IR**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Características da espectroscopia no infravermelho médio (MIR), próximo (NIR) e distante (FAR ou FIR). Técnicas MIR/FIR de obtenção de espectros / preparação de amostras por transmissão (filme líquido, filme vazado, filme fundido, pastilha, pirólise, emulsão). Características das técnicas de análise de superfície por reflexão (reflexão total atenuada universal – UATR, reflexão total atenuada – ATR e refletância difusa – DRIFT). Introdução às técnicas de análise de superfície por microscopia – FT-IR e detecção fotoacústica (PAS). Introdução à análise por transflectância na região do infravermelho próximo (NIRA). Interpretação de espectros FT-IR de materiais orgânicos, inorgânicos e poliméricos. Introdução à análise quantitativa FT-IR.

Syllabus:

Characteristics of the medium infrared spectroscopy (MIR), near infrared spectroscopy (NIR) and far infrared spectroscopy (FAR or FIR). MIR / FIR techniques of sample preparation by transmission (liquid film, casting film, melt film, pellet, pyrolysis, emulsion). Characteristics of the surface analysis techniques by reflection (universal attenuated total reflection – UATR, attenuated total reflection – ATR and diffuse reflectance - DRIFT). Introduction to the techniques of surface analysis by microscopy – FT-IR and photoacoustic detection (PAS). Introduction of analysis by transflectance near-infrared (NIRA). Interpretation of FT-IR spectra of organic, inorganic and polymeric materials. Introduction to quantitative FT-IR analysis. Bibliografia: 1 PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S.; VYVYAN, J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015, 733p. 2 SMITH, A.L. Applied infrared spectroscopy, 1979, John Wiley & Sons, New York, 314p. 3 HUMMEL, D.O.; SCHOLL, F. Atlas of polymer: a plastics analysis, 1981, 1984, Vol. I, II and III, Verlag chemie GmbH.



### **FQ-230/2021 - Termoquímica e Combustão de Materiais Energéticos / Thermochemistry and Combustion of Energetic Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-220. Horas semanais: 3-0-1-6. Termodinâmica da conversão de energia: Termoquímica de combustão; Propagação da onda de combustão; Aspectos energéticos de propelentes e explosivos; Combustão de materiais cristalinos e poliméricos; Combustão de propelentes base-dupla; Combustão de propelentes compósitos; Combustão de explosivos; Combustão no motor-foguete.

Syllabus:

Energy conversion thermodynamics: Combustion thermochemistry; Propagation of the combustion wave; Energy aspects of propellants and explosives; Combustion of crystalline and polymeric materials; Combustion of double-based propellants; Combustion of composite propellants; Combustion of explosives; Combustion in the rocket engine. Bibliografia: KUBOTA, N., Propellants and Explosives - Thermochemical Aspects Of Combustion, Wiley - VCH, 2002; KUO, K. K., Fundamentals Of Solid Propellant Combustion, AIAA, 1985; COOPER, P. W., Explosives Engineering, Wiley - VCH, 1996.

### **FQ-232/2021– Conceitos de Química Orgânica, Aplicados a Materiais Energéticos / Concepts of Organic Chemistry, Applied to Energetic Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. O átomo de carbono. Classificação das cadeias carbônicas. As Funções Orgânicas. Nomenclatura dos compostos orgânicos. Radicais orgânicos. Forças intermoleculares. Efeitos indutivos e de ressonância. Pares de elétrons não compartilhados no oxigênio e nitrogênio. Principais reações orgânicas (Esterificação; Formação de anidridos; Formação de poliuretanos; Reação de nitração). Solventes: polares, apolares, próticos, apróticos. Reações de substituição  $SN_1$  e  $SN_2$ . Reações de eliminação  $E_1$  e  $E_2$ . Reações de substituição versus reações de eliminação. Reações de adição. Mecanismos de reação. Definição e classificação de Materiais Energéticos. Técnicas de caracterização aplicadas a materiais energéticos.

Syllabus:

The carbon atom. Classification of carbon chains. Organic Functions. Nomenclature of organic compounds. Organic radicals. Intermolecular forces. Inductive and resonance effects. Pairs of electrons not shared in oxygen and nitrogen. Main organic reactions (Esterification; anhydrides Formation; polyurethanes Formation; Nitration reaction). Solvents: polar, nonpolar, protic, aprotic.  $SN_1$  and  $SN_2$  reactions.  $E_1$  and  $E_2$  reactions.  $SN$  versus  $E$ . Addition reactions. Mechanisms of reaction. Definition and classification of energetic materials. Characterization techniques applied to energetic materials. Bibliografia: 1 Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S. Organic Chemistry. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012, 1234p. 2 Bruice, P.Y. Química Orgânica. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. Vol. 1, 704p. 3 Agrawal, A.P. High Energy Materials: Propellants, Explosives and Pyrotechnics. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010, 498p.

### **FQ-233/2021 – Química de Materiais Energéticos / Chemistry of Energetic Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Propelentes (família de propelentes, composição qualitativa e quantitativa básica; propelente sólido, considerado ecologicamente correto); Síntese de ligantes usuais e energéticos; síntese de oxidantes não convencionais, que não liberam cloro, ADN; Caracterização de componentes de propelentes por FT-IR, Análise Granulométrica, Análise Térmica (DSC e TGA) e análise por cromatografia; Caracterização do sistema propelente por meio de testes de sensibilidade, propriedades mecânicas e velocidade de

queima. Interfaces de propelentes com proteções térmicas/Produto acabado- envelope motor carregado.

Syllabus:

Propellants (propellants family, basic qualitative and quantitative composition, ecologically friendly solid propellants); Synthesis of usual and energetic binders; synthesis of non-conventional oxidizers, which do not release chlorine, ADN; Characterization of propellant components by FT-IR, Granulometric Analysis, Thermal Analysis (DSC and TGA) and analysis by chromatography; Characterization of the propellant system by means of tests of sensitivity, mechanical properties and burning rate. Interfaces of propellants with thermal protections / Finished product - loaded engine envelope. Bibliografia: 1 PALMERIO, A. F. Introdução à tecnologia de foguetes. São José dos Campos/SP: SindCT, 2017. p. 304, 2 TEIPEL, U. Energetic materials: particle processing and characterization. Weinheim: Wiley-VCH, 2005. 643 p 3 KUBOTA, N., Propellants and Explosives - Thermochemical Aspects Of Combustion, Wiley - VCH, 2002.

### **FQ-240/2021 – Eletroquímica Clássica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Equilíbrio em soluções eletrolíticas. Relações termodinâmicas básicas. Coeficientes de atividades e osmóticas. A teoria de interação iônica. Processos de transportes em soluções eletrolíticas na ausência de convecção. Condutividade elétrica. Números de transporte. Difusão. Relação entre mobilidade e coeficientes de difusão. Repercussão da interação iônica. Efeito termogalvânico. A termodinâmica de elementos galvânicos. A problemática da definição dos potenciais. Eletrodos de referência. Determinação de coeficientes e atividades. Os potenciais de junção. Potenciais de membranas. A estrutura de dupla camada elétrica na interface. Capacitância da dupla camada. Fenômenos eletrocínéticos. Bibliografia: 1 KORYTA, J. et al., Electrochemistry, Methuen, London, 1970; 2 NEWMAN, J. S., Electrochemical Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1973.

### **FQ-246/2021 - Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia**

Requisitos recomendados: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos fundamentais. Sistemas eletroquímicos de conversão e armazenamento de energia. Tipos de baterias. Células de combustível. Eletrolisadores. Capacitores eletroquímicos. Termodinâmica das células. Potencial térmico e de trabalho de um combustível. Eficiência dos sistemas eletroquímicos. Equação de Nernst. Potencial de circuito aberto. Diagrama Pourbaix. Potencial reversível em condições não padrão. Interfases eletrificadas. Dupla camada elétrica. Capacitância e pseudocapacitância. Reações faradaicas e não faradaicas. Cinética das reações eletroquímicas. Equação de Butler-Volmer. Potencial e taxa de reação no equilíbrio. Equação de Tafel. Transporte de cargas e perda de potencial. Características da resistência ao transporte de carga. Transporte de massa de células eletroquímicas. Polarização de concentração. Difusão. Impedância de Warburg. Convecção forçada. Transporte em meios porosos. Introdução a modelagem e simulação dos sistemas eletroquímicos. Modelos de circuitos. Dinâmica de circuito equivalente. Modelos 1D e baseadas na dinâmica computacional dos fluidos. Bibliografia: NEWMAN, J.; THOMAS-ALYEA, K. E. Electrochemical Systems. 3rd ed. Wiley-Interscience, 2004. 647p. BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. 2nd ed. Wiley, 2000. 833p. O' HAYRE, R.; SUK-WON, C. COLELLA, W.; PRINZ, F. B. Fuel Cell Fundamentals. 2nd ed. Wiley, 2009. 580p.

### **FQ-251/2021 - Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos**

Requisitos recomendados: FQ-220 e FQ-250. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Tipos de reforço. Tratamento superficial do reforço, via métodos químicos e físicos. Avaliação físico-química da interface reforço/matriz polimérica. Correlação do tipo de interface com propriedades mecânicas do compósito. Influência das características físico-químicas da matriz na escolha da técnica de processamento. Polímeros termoplásticos. Polímeros termorrígidos. Blendas poliméricas. Técnicas de processamento de compósitos poliméricos. Bibliografia: 1 BRATUKHIN, A.G.; BOGOLYUBOV, V.S. Composite Manufacturing technology, Chapman & Hall, London, 1995; 2 KELLY, A.C. e MILEKO, S.T. - Fabrication of composite. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1983; 3 MANO, E.B., Polímeros como materiais de engenharia. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1996.

### **FQ-252/2021 - Fundamentos da Ciência dos Polímeros / Fundamentals of Polymer Science**

Requisito recomendado: FQ-232 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-2-0-3. Definição (polímeros, mero, homopolímeros, copolímeros, terpolímeros, oligômeros, resina, blenda). Aspectos fundamentais da química dos polímeros. Estrutura polimérica, ligações químicas, funcionalidade, nomenclatura. Grau de polimerização e determinação da massa molar (médio, ponderal), molecularidade. Reação de polimerização (adição, condensação, substituição, Ziegler-Natta). Técnicas de polimerização (solução, emulsão, suspensão, massa, estereoespecífica, in-situ, interfacial, etc). Classificação dos polímeros quanto à estrutura química, comportamento termomecânico, aplicação, origem, método de obtenção. Tipo, configuração (cis / trans) e conformação das cadeias poliméricas (encadeamento, isomeria, taticidade). Propriedades físicas, químicas, térmicas dos polímeros. Viscoelasticidade e comportamento mecânico. Exemplos de polímeros e aplicações.

Syllabus:

Definition (polymers, monomer, homopolymers, copolymers, terpolymers, oligomers, resin, blends). Fundamental aspects of polymer chemistry. Polymer structure, chemical bonds, functionality, nomenclature. The degree of polymerization and determination of molar mass (mean, weight), molecularity. Polymerization reaction (addition, condensation, substitution, Ziegler-Natta). Polymerization techniques (solution, emulsion, suspension, mass, stereospecific, in-situ, interfacial, etc.). Classification of polymers in terms of chemical structure, thermomechanical behavior, application, origin, method of production. Type, configuration (cis / trans) and conformation of the polymer chains (chaining, isomerism, tacticity). Physical, chemical and thermal properties of polymers. Viscoelasticity and mechanical behavior. Examples of polymers and applications. Bibliografia: 1 Mano, E. B.; Mendes, L. C. Introdução a polímeros. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 1999. 2 Canevarolo Jr, S. V. Ciência dos polímeros. 3ª ed. São Paulo: Artliber, 2006. 3 Young, R. J. e Lovell, P. A. Introduction to Polymers. 3ª ed. CRC Press, 2011.

### **FQ-254/2021 - Estrutura e Propriedades de Polímeros / Structure and Properties of Polymers**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definições. Sistemas polímero-solvente. Termodinâmica de soluções diluídas. Métodos de determinação de massa molar de polímeros. Polímeros no estado sólido: amorfo e cristalino. Princípios de técnicas de análise e caracterização: Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FT-IR), Espectroscopia Raman, Difração de

raios-X (XRD), Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (NMR). Análise térmica. Análise mecânica.

Syllabus:

Definitions. Polymer-solvent systems. Dilute solution thermodynamics. Methods of determination of molar mass. Polymers in the bulk state: amorphous and crystalline. Principles of analysis and characterization techniques: spectroscopy of absorption in the infrared region (FT-IR), Raman spectroscopy, X-ray Diffraction (XRD), Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR). Thermal analysis. Mechanical analysis. Bibliografia: 1 PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.;KRIZ, G.S.; VYVYAN.J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015. 2 RUDIN, A. The elements of polymer science and engineering. New York: Academic Press, 1982. 3 SPERLING, L.H. Introduction to Physical Polymer Science, John Wiley & Sons, New York, 2006.

### **FQ-257/2021 – Tópicos em Degradação de Polímeros**

Requisito recomendado: FQ-254 e FQ-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aspectos gerais de degradação de polímeros. Tipos de reações de degradação: cisão de cadeias e reticulação; degradação sem cisão de cadeias; auto-oxidação; despolimerização. Agentes de iniciação de degradação: ação térmica, ação foto-química, ação química; ação mecânica. Estabilizantes: modo de ação; tipos; solubilidade, migração e estabilidade química. Ensaio e métodos de acompanhamento de processos de degradação: Ensaio de envelhecimento ambiental e acelerado; métodos de acompanhamento térmico; métodos espectroscópicos; ensaios mecânicos; ensaios químicos. Bibliografia: 1 DE PAOLI, M.A. Degradação e Estabilização de Polímeros. São Paulo: Artliber, 2008. 286 p. 2 HAMID, S.H. Handbook of Polymer Degradation. New York: Marcel Dekker, 2000. 773 p. 3 ALLEN, N.S. Fundamentals of Polymer Degradation and Stabilization. London: Elsevier, 1992. 201 p.

### **FQ-260/2021 - Introdução à Química de Materiais / Introduction to Materials Chemistry**

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-290 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Relações entre estruturas atômica/molecular e propriedades físicas dos materiais. Estrutura atômica e molecular: orbitais atômicos; orbitais moleculares; ligações químicas. Introdução à química do estado sólido: arranjo atômico/molecular em materiais amorfos e cristalinos. Introdução aos sistemas autoorganizados e aos nanomateriais: técnicas “bottom-up” e “top-down”; fenômenos superficiais; classificação. Introdução aos aspectos estruturais e as propriedades de materiais: metais, cerâmicas e polímeros. Exemplos de métodos de caracterização de materiais.

Syllabus:

The relationship between materials atomic/molecular structures and physical properties. Atomic and molecular structure: atomic orbitals; molecular orbitals; chemical bonds. Introduction to solid state chemistry: atomic/molecular arrangement in amorphous and crystalline materials. Introduction to self-assembled systems and nanomaterials: bottom-up and top-down techniques; surface phenomena; classification. Introduction to structural aspects and properties of materials: metals, ceramics, and polymers. Examples of methods of characterization of materials. Bibliografia: 1 FAHLMAN, B. D. Materials Chemistry. Dordrecht: Springer, 2007. 2 KLABUNDE, K.J. (Ed.) Nanoscale materials in chemistry. Nova York: John Wiley & Sons, 2001. 3 COMPANION, A.L. Ligação Química. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

### **FQ-261/2021 - Físico-Químico de Sistemas Auto-Organizados / Physico-Chemistry of Self-assembled Systems**

Requisito recomendado: FQ-260 ou equivalente. Requisito exigido: FQ-220. Horas semanais: 3-0-0-6. Tipos de sistemas auto-organizados. Interações intermoleculares: sistema molecular versus material. Sistemas tensoativos: tipo de moléculas tensoativas; efeitos superficiais e interfaciais. Estruturas tensoativas auto-organizadas: micelas, cristais líquidos e transição de fases. Dinâmica e termodinâmica da auto-organização. Materiais auto-organizados a partir de sistemas moleculares: efeito direcionador; associação com processo sol-gel.

Syllabus:

Types of self-assembled systems. Intermolecular interactions: molecular versus material system. Surfactant systems: type of surfactant molecules; surface and interfacial effects. Self-assembled surfactant structures: micelles, liquid crystals and phase transition. Dynamics and thermodynamics of self-assembly. Self-assembled materials from molecular systems: driving effect; association with sol-gel process. Bibliografia: 1 HAMLEY, I. W. Introduction to soft matter: synthetic and biological self-assembling materials. John Wiley & Sons, 2007. 2 ROSEN, M. J. Surfactants and interfacial phenomena. 3ª ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2004. 3 ZHANG, J.; WANG, Z.; LIU, J.; CHEN, S. e LIU, G. Self-assembled nanostructures. Lockwood, D.J. Ed. Nanostructure Science and Technology. Nova York: Kluwer Academic, 2003.

### **FQ-262/2021 – Planejamento de Experimentos Aplicado à Química dos Materiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Populações, amostras e distribuições: normal, t de Student e F. Média, variância e desvio padrão. Graus de Liberdade. Intervalo de confiança a partir de médias. Comparação de resultados de experimentos em química. Planejamento fatorial completo de dois ( $2^k$ ) e três níveis ( $3^k$ ). Planejamento fatorial em bloco. Planejamento fracionado. Planejamento saturado. Modelagem de experimentos em química por mínimos quadrados. Análise de variância de modelos. Intervalo de confiança para valores estimados. Análise estatística da regressão. Falta de ajuste e erro puro. Correlação e regressão. Metodologia de superfícies de resposta. Bibliografia: 1 BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como Fazer Experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 414 p.; 2 RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos. 2ª Ed. Campinas: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009. 358 p.; 3 BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. Statistics for Experimenters: design, innovation, and discovery. 2<sup>nd</sup> Ed. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2005. 664 p.

### **FQ-266/2021 - Introdução aos Biomateriais e Engenharia de Tecidos/ Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Biomateriais: Definição; Classes dos biomateriais; Biocompatibilidade e bioatividade; Materiais utilizados na área biomédica (Biocerâmicas / vidros bioativos, Metais, Polímeros, Hidrogéis, Compósitos); Biocompatibilização de superfícies. Técnicas de caracterização aplicadas aos biomateriais: Propriedades Mecânicas; Caracterização química; Caracterização biológica (Adsorção de proteínas, Citotoxicidade, Viabilidade celular, Diferenciação celular). Engenharia de tecidos (ET): Introdução à ET; Crescimento de tecidos; Biomateriais e engenharia de tecidos; Obtenção de scaffolds; Biomoléculas - Fatores de crescimento; Biorreatores para cultura de células; Células-tronco aplicadas à engenharia de tecidos; Engenharia de tecidos no sistema ósseo; Engenharia de tecidos da pele; Bioimpressão – Biofabricação. Aspectos Gerais:

Produtos comerciais - Mercado; Considerações econômicas e éticas; Perspectivas na área de Engenharia de Tecidos.

Syllabus:

Biomaterials: General concepts; Classification of biomaterials; Biocompatibility and bioactivity; Materials for biomedical applications (Bioceramics / Bioactive glass, Metals, Polymers, Hydrogels, Composites); Biocompatibility of surfaces. Characterization techniques applied to biomaterials: Mechanical properties; Chemical characterization; Biological characterization (Protein adsorption, Cytotoxicity, Cell viability, Cell differentiation). Tissue Engineering (TE): Introduction to TE; Tissue growth; Biomaterials and tissue engineering; Scaffolds; Biomolecules - Growth Factors; Bioreactors for cell culture; Stem cells applied to tissue engineering; Tissue engineering in the bone system; Skin tissue engineering; Bioprinting. General Aspects: Commercial products; Economic and ethical considerations; Perspectives in the area of tissue engineering. Bibliografia: 1 PULEO, D. A. et al. Biological Interactions on Materials Surfaces. Understanding and Controlling Protein, Cell, and Tissue Responses. Springer, 2009. 2 RATNER, Buddy D. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine. 3 ed. Canada Academic Press, 2013. 3 LANZA, R. et al. Principles of Tissue Engineering. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2007.

#### **FQ-270/2021 – Adsorção sobre Sólidos**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 4-0-0-8. Aspectos termodinâmicos. Adsorção de moléculas orgânicas. Teoria do efeito do campo elétrico na adsorção. Isotermas de adsorção e processo de transporte de massa. Adsorção de oxigênio e formação de óxidos sobre eletrodos. Potencial de carga zero. Propriedades dielétricas e adsorptivas do solvente. Influência da natureza do metal. Adsorção e inibidor de corrosão. Bibliografia: 1 I.N. PUTILOVA; S.A. BALEZIN, V.P. BARANNIK, Metallic corrosion inhibitors, Pergamon Press, New York, 1960; 2 B.B. DAMASKIN, V.E. KAZARINOV, The adsorption of organic molecules in comprehensive treatise of electrochemistry, Vol. I, Ed. J. O'M Bockris, S.U.M. KHAN, Surface electrochemistry, Plenum Press, New York, 1993.

#### **FQ-282/2021 - Corrosão e seu Controle**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: FQ-240. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceituação, Corrosão sob o ponto de vista termodinâmico. Diagramas potencial versus, pH. Corrosão sob o ponto de vista cinético. Polarização. Passivação. Tipos de corrosão. Métodos gerais de proteção contra a corrosão. Bibliografia: 1 SHREIR, L. L., JARMAN, R.A. e BURSTEIN, G.T., Corrosion, 3 ed. Butterworth Heinemann, London, 1994, 2 WEST, J. M., Electrodeposition and corrosion processes, 2 ed., Van Nostrand, London, 1973; 3 JONES, D.A., Principles and prevention of corrosion. 2 ed. Prentice-Hall, 1996.

#### **FQ-283/2021 – Oxidação e Corrosão a Quente e seu Controle**

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-240 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de Oxidação a Quente: Termodinâmica e cinética do processo de oxidação a quente. Corrosão a Quente: Princípios de corrosão a quente; Tipos de corrosão a quente; Técnicas de investigação de corrosão a quente; Controle de oxidação e de corrosão a quente. Bibliografia: 1 KHANNA, A. S., Introduction to high temperature oxidation and corrosion. ASM International, 2002. ISBN: 0-87170-762-4; 2 DE SEQUEIRA, C., High Temperature Corrosion Fundamentals and Engineering. John Wiley & Sons, 2015. ISBN-10: 0470119888, ISBN-13: 9780470119884.

### **FQ-284/2021 – Tópicos de Corrosão**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-282 ou FQ-284 ou disciplina de Corrosão na Graduação. Horas semanais: 3-0-0-6. Discussão dos tópicos de corrosão relacionados com pesquisas desenvolvidas na instituição. Bibliografia: 1 H.H. UHLIG, R. W. Revie, Corrosion and Corrosion Control, John Wiley, New York, 1985. 2 M.G. FONTANA, N.D. GREENE, Corrosion Engineering, New York, McGraw-Hill Book Co, 1967. 3 Revista especializada em corrosão, Corrosion Science, British Corrosion, etc.

### **FQ-290/2021 - Química Quântica I / Quantum Chemistry I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios da Mecânica Quântica (Espectro do átomo de hidrogênio, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, formula de Rydberg, Borh, de Broglie, princípio da Incerteza de Heisenberg). A equação da onda em uma e duas dimensões. A equação de Schrödinger, Postulados e princípios gerais da mecânica quântica, Partícula na caixa, oscilador harmônico, rotor rígido, Átomo de hidrogênio.

Syllabus:

Principles of quantum mechanics (the hydrogen atom spectrum, blackbody radiation, photoelectric effect, Rydberg's formula, Borh, de Broglie, Heisenberg's Uncertainty Principle). The wave equation in one and two dimensions, The Schrödinger equation, Postulates and general principles of quantum mechanics, Particle in the box, harmonic oscillator, rigid rotor, Hydrogen atom. Bibliografia: 1 McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. University Science Books, 2008. 2 HOLLAUER, E. Química Quântica. LTC, Rio de Janeiro, 2008. 3 LEVINE, I. N. Quantum Chemistry. 4a edição, Prentice Hall, 1991.

### **FQ-291/2021 – Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-290 ou FF-201. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos aproximados para solução da equação de Schrödinger: método variacional e teoria de perturbação. Princípio da anti-simetria e a aproximação de Born-Oppenheimer. Orbitais atômicos e moleculares, produto de Hartree e determinante de Slater. Método de Hartree-Fock, métodos do funcional da densidade, método multiconfiguracional Hartree-Fock, método interação de configurações e método Coupled Cluster. Aplicações a sistemas moleculares utilizando códigos computacionais atuais.

Syllabus:

Approximate methods to solve the Schrödinger equation: variational method and perturbation theory. The antisymmetry wave function and the Born-Oppenheimer approximation. Atomic and molecular orbitals, Hartree product and Slater determinant. The Hartree-Fock method, the density functional methods, The multiconfiguration Self-Consistent Field method, The Configuration Interaction method, and Coupled Cluster method. Applications to molecular systems using current computational codes. Bibliografia: 1 McQuarrie, D. A. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books, 2008. 2 Morgon, N. H. e Coutinho, K. Métodos de Química Teórica e Modelagem Molecular. Livraria da Física, 2007. 3 Jensen, F. Introduction to Computational Chemistry. 2nd ed. Willey, 2007.

### **FQ-292/2021 – Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra**

Requisito recomendado: FQ-290, FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introduction to solving the molecular Schrödinger

equation. Separation of electronic and nuclear motion (Born-Oppenheimer approximation). Methods for solving the electronic Schrödinger equation (Hartree-Fock and electron correlation methods). Methods for solving the nuclear Schrödinger equation. 1 dimensional applications of harmonic, Morse, and numerical potentials. Introduction of *ScalIT* as a software package to solve 3 dimensional problems. Applications to obtain rovibrational spectra of diatomic and triatomic molecules. Bibliografia: 1 JOHN ZENG HUI Zhang, Theory and Application of Quantum Molecular Dynamics. World Scientific, 1999. 2 DAVID J. Tannor, Introduction to Quantum Mechanics: A Time-Dependent Perspective. University Science Books, 2007.

### **FQ-295/2021 - Caracterização de Polímeros por Análise Térmica / Characterization of Polymers by Thermal Analysis**

Requisito recomendado: FQ-220, FQ-254, FQ-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à análise térmica; técnicas mais usuais (DSC, TGA, TMA, DMA). Relação estruturada molecular/comportamento térmico. Aplicações diversas: transições de estado, transições de fase, calor específico, coeficientes de expansão térmica, oxidação, decomposição, propriedades termomecânicas, comportamento viscoelástico, relaxações moleculares.

Syllabus:

Introduction to thermal analysis; most popular techniques (DSC, TGA, TMA, DMA). The relationship between molecular structure / thermal behavior. Several applications: state transitions, phase transitions, heat capacity, coefficient of linear thermal expansion, oxidation, decomposition, thermomechanical properties, viscoelastic behavior, molecular relaxations. Bibliografia: 1 TURI, E. A. Thermal characterization of polymeric materials. New York: Academic Press, 1996. 2 WENDLANT, W. W. Thermal analysis. New York: John Wiley & Sons, 1985. 3 CANEVALORO, S. V. Técnicas de Caracterização de Polímeros. São Paulo: Artliber Ed, 2004.

### **FQ-298/2021 – Princípios de Espectroscopia de Absorção e de Luminescência na Região UV/VIS / Principles of Absorption and Luminescence Spectroscopy in the UV/VIS Region**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Processos fotofísicos: absorção, fluorescência, fosforescência, fluorescência atrasada. Transições não-radiativas. Instrumentação para espectroscopia de luminescência. Tempo de vida. Efeito do solvente nos espectros de emissão. O estado Triplete. Transferência de energia. Excímeros e excíplexos. Interações com oxigênio.

Syllabus:

Photophysical processes: absorption, fluorescence, phosphorescence, delayed fluorescence. Non-radiative transitions. Instrumentation for luminescence spectroscopy. Lifetime. Effect of the solvent on the emission spectra. The Triplet state. Energy transfer. Excimer and exciplexes. Interactions with oxygen. Bibliografia: 1 LAKOWICZ, J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy. 2nd edition. New York; Kluwer Academic, 1999. 2 TURRO, N. J. Modern Molecular Photochemistry. Sausalito: University Science Books, 1991. 3 BIRKS, J.B. Photophysics of Aromatic Molecules. New York: John Wiley & Sons, 1970.

### **FQ-299/2021 - Modelagem Reativa de Materiais Energéticos**

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-222. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-03. Introdução aos materiais energéticos. Fundamentos de combustão e mecanismos cinéticos.



Fundamentos de reatores químicos. Simulação cinética da combustão de materiais energéticos. Introdução à dinâmica molecular. Energias, potenciais e campos de força. Ensembles. Simulações ab initio de estabilidade, pirólise e combustão de materiais energéticos em fase gasosa e/ou condensada. Bibliografia: Naminosuke Kubota, Propellants and Explosives: Thermochemical Aspects of Combustion, Wiley, 3a ed. 2015. Andrew R. Leach, Molecular Modeling - Principles and Applications, Pearson Education, 2001. Dominik Marx, Jürg Hutter, Ab Initio Molecular Dynamics: Basic Theory and Advanced Methods, Cambridge Press, 2009.

#### **MB-246/2021 - Sustentabilidade dos Processos de Fabricação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-3. Normativas internacionais. Economia do meio ambiente. Análise dos processos de fabricação e da geração de resíduos. Recursos e sistemas ambientais. Desenvolvimento e sustentabilidade. Causas da degradação ambiental. A produção de bens e serviços e o mecanismo do desenvolvimento limpo. Sistemas de gestão da qualidade ambiental. Responsabilidades das indústrias Auditorias ambientais. Bibliografia: 1 Andrade, B. A.; Tachizawa, T.; Carvalho, A. B. Gestão ambiental - enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável. São Paulo: Makroon Books, 2000. 2 Goleman, D. Inteligência Ecológica - o impacto do que consumimos e as mudanças que podem melhorar o planeta; tradução Ana Beatriz Rodrigues. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 3 Andrade, B. et al. Gestão ambiental. São Paulo: Makron Books, 2000. Trent, E. M., Metal Cutting, Butterworths, 1992.

#### **MB-267/2021 – Inovação e Empreendedorismo em Processos de Engenharia de Produtos de Base Tecnológica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Características empreendedoras. Conceitos e tópicos de desenvolvimento de processos e produtos em ambientes de startups. A teoria do universo tecnológico adjacente. Intraempreendedorismo. Plano de negócios e de marketing enxutos e Business Model Generation (Canvas). Desenvolvimento de protótipo mínimo viável. Análise de Capital Intelectual (capital humano, capital estratégico e capital relacional). Estabelecimento dos requisitos e restrições para desenvolvimento de patentes e de inovação aberta. Desenvolvimento de modelos (sketch, desenvolvimento de mockups, modelos visuais, protótipos alfa, análise do ciclo de vida). Alternativas para captação de recursos para novos empreendimentos. Bibliografia: 1 KUTZ, M., Environmentally conscious mechanical design. Hoboken, N.J.: John Wiley, 2007; 2 OSTERWALDER, A., Inovação Em Modelos de Negócios – Business Model Generation. Editora Alta Books, 2011; 3 ULRICH, K. T., EPPINGER, S. D., Product design and development, 5th edition. McGraw Hill, 2011.

#### **ME-110/2021 - Máquinas de Fluxo I**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6 Equações fundamentais. Transformação de Energia. Semelhança e parâmetros adimensionais característicos. Cavitação. Características. Instabilidade e limite de bombeamento. Bibliografia: 1 C. PFLEIDERER e H. PETERMANN, Máquinas de Fluxo, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro - Brasil, 1979. 2 A. WHITFIELD e N. C. BAINES, Design of Radial Turbomachines, Longman Scientific & Technical, Harlow - UK, 1990. 3 S. L. DIXON, Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, Butterworth-Heinemann; 5 edition, 2005.

### **ME-200/2021 – Termodinâmica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Primeira e segunda leis da Termodinâmica. Potenciais termodinâmicos e critérios de equilíbrio. Relações entre as propriedades termodinâmicas. Equações de Maxwell. Disponibilidade. Terceira Lei da termodinâmica. Introdução à termodinâmica racional. Bibliografia: 1 CALLEN, H. B., Thermodynamics, John Wiley & Sons, New York, 1960; 2 KESTIN, J., A course in thermodynamics, v. I, Hemisphere, Washington, D.C., 1979.

### **ME-201/2021 - Mecânica dos Flúidos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Cinemática do escoamento. Princípios de conservação. Equações de Navier-Stokes, soluções. Escoamento potencial. Equações de camada limite. Equações para convecção natural, forçada e mista. Semelhança. Bibliografia: 1 GOLDSTEIN, S. e BURGERS, J.M., Lectures on fluid mechanics, American Mathematical Society, New York, 1971; 2 BRODKEY, R. S., The phenomena of fluid motions, Addison-Wesley, Reading, 1967.

### **ME-202/2021 - Transferência de Calor / Heat Transfer**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução: modos de transferência de calor, importância das propriedades dos materiais em transferência de calor. Condução de calor: condução de calor uni, bi e tridimensional, condução em regime permanente, condução em regime transiente, resistência térmica de contato, geração interna de calor, aletas. Convecção: camada limite térmica, o coeficiente de transferência de calor, coeficiente de transferência de calor local e geral, isolamento térmico, convecção natural e forçada. Radiação: definição básica, radiação de corpo negro, corpo cinza, troca de calor por radiação entre superfícies, radiação combinada com condução e convecção.

Syllabus:

Introduction: modes of heat transfer, material properties of importance in heat transfer. Conduction: one, bi, and three-dimensional heat conduction, steady state conduction, transient heat transfer, thermal contact resistance, internal heat generation, fins. Convection: thermal boundary layer, the heat transfer coefficient, local and overall heat transfer coefficient, thermal insulation, natural and forced convection. Radiation: Basic definition, blackbody radiation, grey body, radiative heat exchanger between surfaces, radiation combined with conduction and convection. Bibliografia: 1 Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., DeWitt, D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons, USA, 8th ed., 2017. 2 Hahn, D. W., Ozisik, M, N. Heat conduction, Wiley, 3rd ed., 2012. 3 Çengel, Y. A., Ghajar, A. J. Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Education, 5th, 2014.

### **ME-203/2021 – Geração de Entropia e Análise Energética / Entropy Generation and Exergy Analysis**

Requisito recomendado: ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de conceitos básicos de Termodinâmica. Mecanismos de geração de entropia. Exergia, estado de referência, balanço exergético e eficiência exergética. Análise exergética de processos simples. Aplicação a sistemas térmicos. Introdução à análise termoeconômica.

Syllabus:

Review of basic concepts of Thermodynamics. Entropy generation mechanisms. Exergy, reference state, exergy balance and exergy efficiency. Exergy analysis of simple processes. Application to thermal systems. Introduction to thermoeconomic

analysis. Bibliografia: 1 DE OLIVEIRA JUNIOR, S. Exergy: production, cost and renewability. Springer-Verlag London 2013. 2 KOTAS, T. J. The exergy method of thermal plant design. Butterworths, London 1995. 3 BEJAN, A., TSATSARONIS, G., MORAN, M. Thermal design and optimization. John Wiley & Sons Inc., New York, 1996.

### **ME-206/2021 - Convecção**

Requisitos recomendados: ME-202 e ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações gerais para convecção. Adimensionalização das equações e condições de contorno. Modelo aproximado da camada limite. Convecção forçada: escoamento interno e externo. Convecção natural. Bibliografia: 1 ÖZISIK, M. N., Heat transfer - A basic approach, McGraw-Hill Book Company, New York, 1985; 2 INCROPERA, F. P., e DE WITT, D. P., Fundamentals of heat and mass transfer, John Wiley & Sons, New York, 1981; 3 ARPACI, V. S e LARSEN, P. S., Convection heat transfer, Prentice-Hall International, London, 1984.

### **ME-209/2021 - Termodinâmica Aplicada / Applied Thermodynamic**

Requisito recomendado: ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Leis da Termodinâmica. Sistemas de Potência a Vapor. Motores de Combustão Interna: ciclos de Ar-Padrão Otto e Diesel. Sistemas de Potência a Gás: ciclo de Ar-Padrão Brayton. Exergia. Escoamento em bocais e difusores.

Syllabus:

Laws of Thermodynamics. Steam Power Systems. Internal Combustion Engines: Air-Standard Otto and Diesel Cycles. Gas Power System: Air-Standard Brayton Cycle. Exergy. Flow in Nozzles and Diffusers. Bibliografia: 1 Moran, M. J.: Shapiro, H. N. Princípios de Termodinâmica para Engenharia. 4ed. Rio de Janeiro. LTC, 2002. 2 Van Wylen, J.: Sonntag, R. E.: Borgnake, C. Fundamentos da Termodinâmica Clássica. São Paulo: Edgard Blücher, 1995. 3 Çengel, Y. A.: Boles, M. A. Termodinâmica. 5 ed. São Paulo. McGrawHill. 2007.

### **ME-210/2021 – Máquinas de Fluxo II**

Requisito recomendado: ME-110. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estudo unificado das máquinas de fluxo. Compressores. Turbinas. Desempenho das máquinas de fluxo. Bibliografia: 1 S. L. DIXON, Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, Butterworth-Heinemann; 5 edition, 2005. 2 A. B. MacKenzie, Axial Flow Fans and Compressors: Aerodynamic Design and Performance, Ashgate Publishing Lmted, 1997. 3 M. H. VAVRA, Axial Flow Turbines, Von Karman Lecture Series 15, Bruxelas, 1969.

### **ME-211/2021 – Turbomáquinas**

Requisito recomendado: ME-201 e ME-210. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Tópicos especiais em turbomáquinas: compressores, turbinas a gás, turbinas a vapor. Bibliografia: 1 P.P. WALSH e P. FLETCHER, Gas turbine performance, Blackwell Science Ltd., London - UK, 1998; 2 N.A. CUMPSTY, Compressor aerodynamics, Addison Wesley Longman, Harlow - UK, 1998; 3 J.D. MATTINGLY, Elements of gas turbine propulsion, McGraw-Hill, Singapura, 1996.

### **ME-212/2021 - Projeto de Turbomáquinas**

Requisitos recomendados: Não há. Requisito exigido: ME-211. Horas semanais: 3-0-0-6. Projeto e análise de desempenho de turbomáquinas: compressores, turbinas a gás, turbinas a vapor, transmissões hidrodinâmicas. Bibliografia: C. PFLEIDERER e H. PETERMANN, Máquinas de fluxo, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro - Brasil, 1979; N. A. CUMPSTY, Compressor aerodynamics, Addison Wesley Longman,

Harlow - UK, 1998; A. WHITFIELD e N. C. BAINES, Design of radial turbomachines, Longman Scientific & Technical, Harlow - UK, 1990; B. Eck, Frans, Pergamon Press, Oxford – UK, 1975.

### **ME-213/2021 - Fundamentos de Armazenamento Térmico de Energia com Materiais de Mudança de Fase / Fundamentals of Thermal Energy Storage with Phase Change Materials**

Requisito recomendado: ME-200/ME-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-3. Introdução a armazenamento térmico; materiais de mudança de fase (phase change materials, PCM); caracterização de PCM; trocadores de calor com PCM, informações experimentais e comerciais; aplicações de PCM a sistemas de armazenamento de energia híbridos e gestão térmica. Curso de 8 horas.

Syllabus:

Introduction to thermal energy storage; phase change materials (PCM); PCM characterization; PCM heat exchangers; experimental and commercial information; PCM applications for hybrid energy storage systems and thermal management. 8-hour course. Bibliografia: 1 Mehling, H., Cabeza, L.F. Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications, Springer, 2008. 2 Peñalosa, M. C. Avances en determinación de propiedades termofísicas de materiales de cambio de fase y análisis de nuevos materiales PCM-TES de bajo coste. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza ( España ), 2015. 3 Delgado, M. Analysis of microencapsulated phase change material slurries and phase change material emulsions as heat transfer fluid and thermal storage material. PhD Thesis, University of Zaragoza (Spain), 2013.

### **ME-214/2021 - Turbinas a Gás**

Requisito recomendado: ME-114 e ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas Semanais: 3-0-0-6. Configurações de turbinas a gás. Considerações para seleção de turbinas a gás terrestres, marítimas e aeronáuticas. Projeto de turbinas aeronáuticas e considerações estratégicas. Seleção de turbinas a gás aeronáuticas militares. Disponibilidade e confiabilidade. Acompanhamento de desempenho e gerenciamento de riscos. Uso de combustíveis alternativos. Componentes de turbinas a gás. Desempenho dos ciclos termodinâmicos aplicáveis a turbinas a gás. Bibliografia: 1 WALSH., P. P. e FLETCHER, P., Gas Turbine Performance, Blackwell Science, 1998; 2 SARAVANAMUTTOO, H. I. H., ROGERS, G. F. C. e COHEN, H., Gas Turbine Theory, 5a. edição, Prentice Hall, 2001; 3 SINGH, R., Gas Turbine Application, Cranfield University Handout, 2003.

### **ME-215/2021 - Mecânica dos Flúidos em Turbomáquinas**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais; 3-0-0-6. Tensores. Cinemática da Partícula. Leis de Conservação. Escoamentos Irrotacionais. Escoamento Laminar. Aerodinâmica das Turbomáquinas. Escoamento Compressível em turbomáquinas. Bibliografia: 1 KUNDU, P. K. e COHEN, I. M., Fluid Mechanics, 2ª edição, Academic Press, 2002. 2 CURRIE, I. G., Fundamental Mechanics of Fluids, 3ª edição, Marcel Decker, 2002. 3 LAKSHMINARAYANA, B., Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery, John Wiley & Sons, Inc., 1996.

### **ME-220/2021 – Tópicos Avançados de Desempenho de Turbinas à Gás**

Requisito recomendado: ME-210. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Desempenho no ponto do projeto. Desempenho fora do ponto de projeto. Geometria variável. Regime transitório. Princípios dos sistemas de controle de turbinas a gás. Bibliografia: 1 P. P. WALSH e P. FLETCHER, Gas Turbine Performance, Blackwell

Science Ltd., London-UK, 1998. 2 W. W. BATHIE, Fundamentals of Gas Turbine, John Wiley & Sons, Inc.–U.S.A., 1996. 3 H.I.H. SARAVANAMUTTO, G.F.C. ROGERS e H. COHEN, Gas Turbine Theory, Prentice Hall-UK, 2001.

### **ME-221/2021 - Tecnologias Utilizadas em Turbinas a Gás / Technologies Used in Gas Turbines**

Requisito recomendado: ME-211, ME-212, ME-214, ME-220. Requisito exigido: Não há. Carga horária: 3-0-0-3. Fundamentos de termodinâmica, aerodinâmica, mecânica de fluidos, propriedades mecânicas de materiais, materiais e fabricação, transferência de calor, combustão, vibrações e dinâmica de rotação. Princípios de funcionamento e de projeto de turbinas a gás e de seus componentes para uso aeronáutico e de geração de energia. Novas tecnologias, motores híbridos-elétricos, novos ciclos termodinâmicos, redução de ruído, câmaras de combustão de baixa emissão de NOx, resfriamento de pás de turbinas. Aspectos Gerais: Novas tecnologias, Novos Conceitos, Aspectos ambientais.

Syllabus:

Fundamentals of thermodynamics, aerodynamics, fluid mechanics, mechanical properties of materials, materials and fabrication, heat transfer, combustion, vibrations and rotational dynamics. Principles of operation and design of gas turbines and their components for aeronautical and power generation. New technologies, hybrid-electric engines, new thermodynamic cycles, noise reduction, low NOx combustion chambers, turbine blade cooling. General Aspects: New Technologies, New Concepts, Environmental Aspects. Bibliografia: 1 Saravanamuttoo, H.I.H et al. Gas Turbine Theory. Prentice Hall, Person Education, 6th Ed., 2008. 2 Mattingly, J. D. Elements of Gas Turbine Propulsion. McGraw-Hill 1996. 3 Farokhi S. Aircraft Propulsion. Wiley, 2nd, 2014.

### **ME-232/2021 – Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor Computacional**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Descrição matemática dos fenômenos de transporte. Revisão e classificação dos escoamentos. Equações de conservação: massa, momentum e energia. Fundamentos da solução numérica de escoamentos. Conceitos de diferença-finita e volume-finito. Discretização das equações de transporte. Formulações numéricas para aproximação do termo convectivo: "upwind", exata, exponencial, híbrida, lei de potência. Algoritmos iterativos para escoamento incompressíveis. Métodos para escoamento parabólico e com recirculação. Métodos segregados e acoplados. Estabilidade e precisão da solução numérica. Malhas múltiplas e não estruturadas. Solução por blocos do domínio computacional. Sistemas de coordenadas generalizadas. Técnicas de geração de malha computacional. Bibliografia: 1 MINKOWYCS, W.J. et al, Handbook of numerical heat transfer, John Wiley & Sons, New York, 1988. 2 MALISKA, C.R., Transferência de calor e mecânica dos Fluidos computacional - fundamentos e coordenadas Generalizadas, LTC-Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1995.

### **ME-233/2021 - Sistemas de Energia Convencional e Renovável**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Conceitos de Termodinâmica, Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor. Recursos energéticos. Fontes convencionais e renováveis de energia. Energia Convencional: Carvão, Petróleo e Gás Natural. Energia renovável: Hidráulica, Eólica, Solar Térmica, Solar Fotovoltaica, Biomassa, Biocombustível. Hidrogênio e Células a Combustível. Conservação de energia e Cogeração. Noções de custo de Energia. Bibliografia: 1 Artigos selecionados em periódicos internacionais. 2 COSIDINE, D. M., Energy Technology Handbook. New York, NY: McGraw-Hill, 1977. 3 HATNETT, J.

P., Alternative energy sources. London: ICHMT, 1983. 4 VEZIROGLU, T. N., Alternative energy sources. New York, NY: Hemisphere, 1985.

#### **ME-234/2021 - Radiação e Energia Solar**

Requisito recomendado: ME-200, ME-201, ME-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Natureza da radiação. Leis fundamentais. Propriedades radiativas das superfícies. Análise dos processos de transferência de calor por radiação. Fator de forma. Transferência de calor entre superfícies negras e cinzas. Sistemas de conversão de energia: Solar fotovoltaica, Solar térmica, Sistema Linear Fresnel, Cilindro Parabólico, Torre Solar e Disco Parabólico. Noções de simulação de sistemas de energia. Bibliografia: 1 Artigos selecionados em periódicos internacionais. 2 SIEGEL, R. E e HOWELL, J.R., Thermal radiation heat transfer, McGraw-Hill, New York, 1972. 3 SPARROW, E.M. e CESS, R.D., radiation heat transfer, Brooks-Cole, Belmont, 1966. 4 KREIDER, J. F. E KREITH, F., Solar Energy Handbook, McGraw-Hill, 1981.

#### **ME-235/2021 - Métodos Experimentais em Fenômenos de Transporte**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Análise de similaridade. Análise de erros. Circuitos elétricos básicos: voltímetro, circuito tipo ponte, osciloscópio etc. Medidas de pressão, manômetros e transdutores. Medidas de velocidade: tubo de Pitot, anemômetros de fio quente e laser. Medidas de vazão: Venturi, placa de orifício, rotâmetro etc. Medidas de temperatura: termômetro, termopares etc. Medidas de coeficiente de transporte: condutividade térmica, viscosidade, coeficiente de difusão. Técnicas de visualização do escoamento. Aquisição de dados e controle automático de experimentos. Bibliografia: 1 HOLMAN, J.P., Experimental methods for engineers, McGraw-Hill, New York, 1966; 2 GOLDSTEIN, R.J. (ed.), Fluid mechanics measurements, Hemisphere, New York, 1983; 3 DOEBELIN, E.O., Measurement systems - application and design, 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, New York, 1990.

#### **ME-242/2021 - Convecção de Calor: Uma Abordagem Numérica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Fundamentos. Convecção de calor: equações, condições de contorno, ferramentas computacionais. Convecção em escoamento interno e externo. Exemplos de aplicações: trocadores de calor, resfriamento de componentes eletrônicos, difusores, jatos. Bibliografia: INCROPERA, F.P. e DEWITT, D.P., Fundamentos de transferência de calor e de massa, 5 ed, LTC Editora, RJ, 2003; JIJI, L.M., Heat transfer essentials – A textbook, Begell House, New York, 1998; VERSTEEG, H. K. e MALALASEKERA, W., - An introduction to computational fluid dynamics, Prentice Hall, New York, 1995.

#### **ME-256/2021 – Escoamento Turbulento em Meio Limpo e Poroso**

Requisito recomendado: ME-201 e ME-254. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão das equações de transporte da mecânica dos Fluidos e da transferência de calor. Fundamentos da teoria da dupla-decomposição para turbulência em meios porosos. Conceito de flutuação e desvio. Média volumétrica e média temporal. O problema matemático na solução do escoamento turbulento em meio limpo e poroso. Comprimento de mistura de Prandtl. Modelos de zero e de uma equação. Tensões de Reynolds local e Macroscópica. O conceito de viscosidade turbulenta. Equações da energia cinética de turbulência. Lei da parede para variáveis médias e estatísticas. Modelos de baixo número de Reynolds. Modelos de duas equações:  $k$ - $\epsilon$ ,  $K$ - $\ell$ ,  $k$ - $\omega$ . O conceito de turbulência anisotrópica. Modelo algébrico de tensões. Modelos estatísticos de várias equações. Equações de transporte para tensão e fluxo de calor turbulentos. Modelos de tensões de Reynolds. Equações macroscópicas do escoamento. Convecção natural em meio poroso. Escoamento multicomponente e multifásico em

meio poroso. Bibliografia: 1 DE LEMOS, Marcelo J.S., Turbulence in Porous Media: Modeling and Applications. Elsevier, 2006. 368 p.; 2 DE LEMOS, Marcelo J.S., Mathematical Modeling and Applications of turbulent heat and Mass Transfer in Porous Media. In: VAFAI, Kambiz. Handbook of Porous Media. 2. ed. Taylor & Francis, 2005. Cap. 10, p. 402-454. 3 WARSI, Z.U.A., Fluid Dynamics: Theoretical and Computational Approaches 3. ed. Taylor & Francis Group, 2005.

#### **ME-278/2021 - Refrigeração e Ar Condicionado**

Requisito recomendado: ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Psicrometria básica e aplicada. Cartas psicrométricas. Lei da linha reta. Processos psicrométricos e aplicações. Métodos de medição de umidade. Carga térmica e linha de razão de carga. Ciclos de refrigeração por compressão mecânica de vapor. Ciclo de refrigeração de Carnot. Ciclo de refrigeração padrão. Ciclos de refrigeração de múltiplos estágios. Tipos de Fluidos refrigerantes. Tipos de compressores e dispositivos de expansão. Refrigeração por absorção. Sistemas de BrLi-H<sub>2</sub>O. Ciclos de Ar. Ciclo de pressão constante com trocador de calor interno. Sistemas de resfriamento de aeronaves. Bibliografia: STOECKER, W. F., JONES, J. W. Refrigeração e Ar Condicionado. McGraw-Hill, New York, 1985. MC QUISTON, F. C. et al. Heating, Ventilating, and Air Conditioning. Wiley, New York, 2000. GOSNEY, W. B. Principles of Refrigeration. Cambridge University Press, Cambridge, 1982. THRELKELD, J. L. Thermal Environmental Engineering. Prentice-Hall, New Jersey, 1970.

#### **ME-280/2021 - Transferência de Calor em Turbinas à Gás**

Requisito recomendado: ME-201, ME-202, ME-211. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Transferência de calor em turbinas a gás. Impacto de temperatura máxima de ciclo no desempenho do motor. Perdas aerodinâmicas causadas por resfriamento de componentes de turbinas a gás. Camada limite sobre pás de turbinas. Transição para escoamento turbulento em passagens entre pás. Camada limite não estacionária. Métodos de resfriamento de componentes de turbinas a gás. Transferência de calor em discos rotativos. Transferência de calor em câmaras de combustão. Métodos computacionais aplicados a refrigeração de turbinas a gás. Bibliografia: 1 SCHLICHTING, H. (1979). Boundary Layer Theory, 7<sup>a</sup> ed. McGraw Hill. 2 LAKSHMINARAYANA, B. (1995). Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery, Wiley-Interscience. 3 BEJAN, A. (1994). Convection Heat Transfer, 2<sup>a</sup> ed., Wiley-Interscience.

#### **ME-285/2021 - Projeto de Turbinas à Gás**

Requisito recomendado: ME-210, ME-211, ME-220. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-9. Requisitos operacionais. Escolha da tecnologia. Escolha do melhor ciclo. Concepção mecânica. Lay-out do motor. Projetos aerodinâmicos e mecânicos preliminares dos componentes principais: compressor, câmara de combustão, turbina, dutos e bocais, eixos, e outros componentes estruturais. Vibrações transversais e torcionais dos grupos rotativos, das pás, dos discos e dos eixos. Especificação dos acessórios: sistemas de partida, de lubrificação, de combustível e de ignição. Bibliografia: 1 WILSON, D.G., KANITIS, T., Design of High-Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines, Prentice Hall, 1998. 2 NAIXING, C. Aerothermodynamics of Turbomachinery – Analysis and Design, John Wiley & Sons (Asia) Pte, Ltda, 2010. 3 WALSH., P. P. e FLETCHER, P., Gas Turbine Performance, Blackwell Science, 1998.

#### **ME-292/2021 – Métodos Numéricos em Turbinas à Gás**

Requisito recomendado: ME-210, ME-211. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aplicações em turbinas a gás de: equações da álgebra linear;

equações não-lineares de uma variável; métodos gerais para equações não-lineares de uma variável; solução numérica de sistemas lineares e não-lineares de equações; interpolação e diferenças finitas; diferenciação numérica; integração numérica; solução numérica de equações diferenciais ordinárias; solução numérica de equações diferenciais parciais; problemas de autovalores; programação computacional de métodos numéricos; pacotes computacionais. Bibliografia: 1 ANDERSON Jr, J. D., (1995) Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications, McGraw-Hill Series in Aeronautical and Aerospace Engineering; 2 FERZIGER, J. H. e PERIC, M., (2002). Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer. 3 VETTERLING, W. T., TEUKOLSKY, S. A. e FLANNERY, B. P. (1992), Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing, 2ª Ed. W. H. Press, Cambridge University Press.

### **MP-176/2021 - Sistemas de Controle**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-1. Sistemas com realimentação: histórico, conceitos introdutórios, exemplificações e características. Desempenho e estabilidade em regime transitório e em estado estacionário. Introdução ao controle de processos industriais: ações básicas de controle e controladores. Métodos de análise e projeto de sistema de controle: lugar geométrico das raízes e resposta em frequência. Projeto de compensadores no domínio do tempo e no domínio da frequência. Introdução ao projeto de controladores no espaço de estado: realimentação de estado, realimentação com observadores de estado e realimentação de saída. Introdução ao controle por computador. Análise e projeto de sistemas amostrados no plano-z. Noções de análise de sistemas não-lineares. Bibliografia: 1 OGATA, K., Engenharia de controle moderno, Prentice-Hall, São Paulo, 1983; 2 KUO, B.K., Sistemas de controle automático, Prentice-Hall, São Paulo, 1985; 3 FRANKLIN, G.F.; POWELL, J.D. & EMAMINAEINI, A., Feedback Control of dynamic systems, 2. ed., Addison-Wesley, Reading, Ma. USA, 1991.

### **MP-204/2021 - Mecânica dos Materiais Compósitos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução aos materiais compósitos: classificação, anisotropia, homogeneidade. Processos de fabricação de estruturas de materiais compósitos. Comportamento elástico de uma lâmina unidirecional. Comportamento elástico de laminados multidirecionais. Resistência de lâminas unidirecionais. Critérios de falha para lâminas e laminados. Análise termoelástica de laminados. Efeito das tensões residuais térmicas. Métodos de caracterização experimental e teste de materiais compósitos. Resistência de laminados na presença de concentradores de tensão. Juntas mecânicas e juntas coladas. Aplicações de materiais compósitos em estruturas aeronáuticas. Bibliografia: 1 DANIEL, I. M.; ISHAI, O. Engineering mechanics of composite materials. Oxford: University Press, 1994; 2 REIFSNIDER, K. L.; Case, S. W. Damage tolerance and durability of materials systems. New York: John Wiley, 2002; 3 JONES, R. J. Mechanics of composite materials. Taylor & Francis - 2<sup>nd</sup> ed., New York, 1998.

### **MP-205/2021 – Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos**

Requisito recomendado: MP-204. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Introdução aos materiais compósitos: classificação, anisotropia, homogeneidade. Fibras para compósitos de alto desempenho: fitas unidirecionais, tecidos, braiding. Resinas termorrígidas e termoplásticas. Cinética de cura e reologia de resinas termorrígidas. Noções de projeto de estruturas de materiais compósitos. Aplicações de materiais compósitos em estruturas aeronáuticas. Processos de fabricação para materiais compósitos de matriz termorrígida: laminação manual, laminação automática, enrolamento filamentar, pultrusão, técnicas de infusão. Modelagem numérica.



Modelagem de drapeability. Processos de fabricação para materiais compósitos de matriz termoplástica. Moldes metálicos e de compósitos. Corte e montagem. Métodos de inspeção, caracterização experimental e teste de materiais compósitos. Juntas mecânicas e juntas coladas. Reparos. Bibliografia: 1 DANIEL, I. M.; ISHAI, O., Engineering mechanics of composite materials. Oxford: University Press, 1994; 2 STRONG, B., Fundamentals of composite manufacturing: materials, methods and applications. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1989; 3 MORENA, J., Advanced composite mold making. New York: Van Nostrand Co., 1988.

### **MP-206/2021 – Análise e Projeto de Estruturas de Material Compósito**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Classificação, terminologia, noções de resposta macromecânica. Comportamento macromecânico da lâmina: transformação de tensão e deformação, relações constitutivas na lâmina. Rigidez e flexibilidade da lâmina. Constantes de engenharia. Relações tensão x deformação na lâmina; invariantes do material. Resistência da lâmina, critérios de resistência biaxiais. Comportamento micromecânico da lâmina: volume representativo, regra de misturas e abordagens baseadas em elasticidade. Laminados: flexão de placas finas, teoria clássica de laminação, teoria de Mindlin para laminados, laminados especiais, efeitos higrotermoelásticos. Flexão, flambagem e vibrações em placas laminadas. Aeroelasticidade de placas laminadas. Projeto e análise de laminados. Tópicos avançados de projeto e análise de impacto em compósitos. Mecânica da fratura aplicada a compósitos. Noções de otimização de estruturas em compósitos. Bibliografia: JONES, R. M. Mechanics of Composite Materials, 2nd ed., Taylor & Francis, 1999; REDDY J. N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: theory and analysis, 2nd ed. CRC Press, 2004; GURDAL, Z., HAFTKA, R.T., HAJELA, P. Design and Optimization of Laminated Composite Materials, New York, NY: Wiley, 1999.

### **MP-207/2021 – Nonlinear Modal Interactions**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Perturbations methods. Two-to-one Internal resonance. One-to-one Resonance. Three-to-one internal resonance. Combination resonances. Systems with widely space modes. Multiple internal resonance. Nonlinear normal modes. Energy transfer between oscillators. Non-ideal systems. Introduction to fractional dynamics. Applications to engineering science and mechanics. Bibliografia: NAYFEH, A.H., Nonlinear Interactions. John Wiley & Sons, 2000; BLEKMAN, I.I., Vibration Mechanics. Nonlinear Dynamic Effects, General Approach, Applications, World Scientific, 2000; VAKAKIS A.F., GENDELMAN O.V, BERGMAN L.A, MCFARLAND, D.M., KERSCHEN G. and LEE Y.S., Nonlinear Targeted Energy Transfer in Mechanical and Structural Systems. Solid Mechanics and Its Applications. Springer, 2008; PETRAS, I. Fractional-Order Nonlinear Systems Modeling, Analysis and Simulation. Springer, 2010.

### **MP-208/2021 – Filtragem Ótima com Aplicações Aeroespaciais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MPS-43, MOQ-13 ou equivalentes. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de sistemas lineares, variáveis aleatórias e processos estocásticos. Critérios de estimação de parâmetros: máxima verossimilhança, máxima probabilidade a posteriori, mínimos quadrados e mínimo erro quadrático médio. Propriedades de estimadores: viés, covariância, consistência e eficiência. Estimação ótima de sistemas lineares, com entradas Gaussianas: formulações discreta e contínua do filtro de Kalman. Estimação de estados de sistemas não lineares: filtro de Kalman estendido, cubature Kalman filter, unscented Kalman filter, introdução a filtros de

partículas. Estimação de estados de sistemas dinâmicos com restrições no espaço de estados. Aplicações: fusão sensorial para determinação de atitude, navegação e rastreamento. Bibliografia: BAR-SHALOM, Y.; LI, X.R.; KIRUBARAJAN, T., Estimation with Applications to Tracking and Navigation. New York: John Wiley & Sons, 2001; MARKLEY, F. L.; CRASSIDIS, J. L., Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control. Springer, 2014; BROWN, R.G.; HWANG, P.Y.C., Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering. New York: John Wiley & Sons, 1997.

#### **MP-210/2021 - Fundamentos de Mecatrônica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos, proposições e análise de produtos e sistemas mecatrônicos. Componentes mecatrônicos relacionados com a funcionalidade mecânica: mecanismos, acionamentos mecânicos e elétricos, conversores de movimento, atuadores. Componentes mecatrônicos relacionados com o controle algorítmico integrado; sensores, microprocessadores e microcontroladores, circuitos de interfaceamento digital. Introdução à visão por computador. Aplicações mecatrônicas em robótica e na indústria aeronáutica. Noções de técnicas integradas de projeto e manufatura de produtos mecatrônicos. Bibliografia: BRADLEY, D.A. et al, Mechatronics, Chapman & Hall, New York, 1990; HUNT, V.D., Mechatronics: Japan's newest threat, Chapman & Hall, New York, 1988; MIU, D.K. Mechatronics: eletromechanics and contromechanics, Springer-Verlag, Berlin, 1993.

#### **MP-215/2021 - Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Hora semanais: 3-0-0-6. Projeto Serial (visão funcional) versus Projeto Integrado (visão de processos). Times multidisciplinares. Técnicas de Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP): DFM – Projeto para Fabricação (Design for Manufacturing); DFA – Projeto para Montagem (Design for Assembly); DTC – Projeto para Custos (Design to Cost); Projeto Robusto de Taguchi; Desdobramento da Função Qualidade; DFE – Projeto para Meio Ambiente (Design for Environment) e DFAut (Design for Automation). Bibliografia: Huang, G. C., Design for X – Concurrent engineering imperatives, Chapman&Hall, 1996; Back, N., Ogliari, A., Dias, A. Projeto Integrado de Produtos. Ed. Manole, 2008.; Cross, N., Engineering design methods, Wiley, 2001.

#### **MP-217/2021 - Desenvolvimento Enxuto de Produtos (DEP)**

Requisitos recomendado: MP-215 - Desenvolvimento Integrado de Produtos. Requisito exigido: Não há. Horas Semanais: 3-0-0-6. Desenvolvimento integrado de produtos e sistemas. Princípios e conceitos enxutos. Princípios enxutos no desenvolvimento de produtos. Desperdícios no desenvolvimento de produtos. Fases do desenvolvimento enxuto: análise do valor, criação de uma proposta de valor e entrega de valor. Técnicas enxutas: engenharia baseada em conjuntos, processo A3, Gemba, Obeya e Kentou. Bibliografia : MORGAN, J. M.; LIKER J. K. The Toyota product development system. New York: Productivity Press, 2006; MURMAN, E. et ai. Lean Enterprise Value: Insights. New York: Polgrave, 2002. MIT's Lean Aerospace Initiative; WARD, A. C. A. Lean product and process development. Cambridge: The Lean enterprise Institute, 2007.

#### **MP-218/2021 – Introdução à Visão Computacional**

Requisito recomendado: MP-210. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Visão humana. Formação de imagens. Paradigma da visão computacional. Fundamentos de imagens digitais. Processamento de imagens digitais: limiarização, histograma e segmentação. Filtros e transformadas. Visão ativa. Representação de

imagens em múltiplas escalas. Percepção de profundidade. Definição de contornos. Tópicos em reconhecimento de padrões. Bibliografia: GONZALEZ, R.C. e WOODS, R.E. “Processamento de Imagens Digitais”, São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2000; HORN, B.K.P. “Robot vision”. New York: McGraw-Hill, 1986; SHIRAI, Y. “3-D computer Vision”. New York: Springer-Verlag, 1987.

### **MP-223/2021 - Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais**

Requisitos recomendados: MP-291. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Robótica e telerrobótica espacial. Aspectos econômicos de automação espacial: operações automáticas versus operações humanas no espaço. Interação homem versus máquina nas operações telerrobóticas. Problema de atraso de tempo em teleoperações para exploração planetária. Controle supervisor e funções associadas. Autonomia supervisionada em robótica espacial. Dinâmica e controle de atitude de satélites tipo robôs manipuladores para aplicações em ambiente de microgravidade. Os problemas-chaves para aplicações robóticas em ambiente de microgravidade e na superfície de outros corpos celestes. Controle de reação nula para aplicações robóticas em ambiente de microgravidade. Controle supervisor e Telerrobótica em órbita da Terra. Controle supervisor e telerrobótica na exploração planetária. Robôs autônomos e Inteligência Artificial. Classificação de manipuladores segundo suas características construtivas e segundo suas aplicações no espaço. Modelagem matemática de manipuladores robóticos: Cinemática direta e inversa de manipuladores em operações no solo e em ambiente de microgravidade. Representação via parâmetros de Denavit-Hartenberg. Dinâmica de manipuladores: equações do movimento. Abordagem Newton-Euler e de Lagrange. Espaço de Estados. Arquiteturas e componentes de controle de robôs manipuladores: sensores, atuadores e controladores. Geração de trajetórias. Técnicas de controle. PID; LQR; LQG. O uso do MATLAB®/Simulink para manipulação simbólica e simulação computacional da dinâmica de manipuladores robóticos. Bibliografia: Skaar, Steven B. and Ruoff, Carl F, Teleoperation and Robotics in Space, Progress in Astronautics and Aeronautics, vol 161, Richard Seebass, Editor, Craig, John J. Introduction to Robotics Mechanics and Control, 3rd edition, Prentice Hall, 2005. Spong, Mark W., Hutchinson, S., and Vidyasagar, M., Robot Dynamics and Control, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley, 2004. Spong, Mark W. Hutchinson, Seth, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, 1<sup>st</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1989.

### **MP-232/2021 – Sistemas Embarcados Mecatrônicos Certificáveis**

Requisito recomendado: MP-236. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Dependabilidade em sistemas mecatrônicos com hardware e software: confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança (safety). Sistemas de média e alta confiabilidade. Sistemas de ultra-alta confiabilidade. Certificabilidade no ciclo de desenvolvimento de sistemas embarcados. Sistemas tolerantes a falhas. Injeção de falhas (fault injection): por hardware e por software. Caso de aplicação no setor aeronáutico: certificabilidade com relação aos requisitos DO-178B, DO-178C e DO-254. Caso de aplicação no setor espacial: certificabilidade com relação às normas ECSS. Caso de aplicação no setor automotivo: certificabilidade com relação às normas MISRA. Bibliografia: Ericson, Clifton A., "Hazard analysis techniques for system safety", John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2005. Koren, Israel e Krishna, C. Mam, "Fault tolerant systems", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2007. Hilderman, Vance, "Avionics Certification A complete guide to DO-178B (software) and DO-254. (hardware), 2009.

### **MP-234/2021 - Sensores e Transdutores**

Requisito recomendado: MP-271. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Sistemas de medição e aplicações em controle e análise experimental em engenharia

aeroespacial. Classificações de sensores e transdutores. Elementos funcionais de um sistema de medição. Características de desempenho estáticas e dinâmicas de transdutores e sistemas de medições. Processo de calibração estática e análise de incertezas nas medições. Resposta de um instrumento a entradas determinísticas e aleatórias. Introdução a análise espectral e resposta em frequência ideal de um sistema de medição. Sistemas de condicionamento de sinais; amplificação, modulação/demodulação de sinais, e filtragem de ruído. Transdutores de força, pressão, aceleração, deslocamento, velocidade, vazão, temperatura e fluxo de calor. Fundamentos de sensores e transdutores ópticos. Sistemas de aquisição de dados e transmissão de sinais. Circuitos de interfaceamento digital, conversores A/D e D/A. Rede local de sensores. Tendências tecnológicas. Bibliografia: WEBSTER, J.G. (Editor), Measurement, Instrumentation and Sensors, Chapman and Hall/CRC netBase, 1999; BENTLEY, J.P., Principles of Measurement Systems-2<sup>a</sup> edition, John Wiley, New York, 1988; DOEBELIN, E.O., Measurement systems: application and design, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York, 2003.

### **MP-236/2021 - Sistemas Mecatrônicos de Tempo Real**

Requisito recomendado: MP-234. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Caracterização de sistemas mecatrônicos de tempo real: entradas, saídas, sensores e atuadores. Ambiente de tempo real e arquitetura de sistemas de tempo real. Tempo global: medidas e sincronização. Modelagem de sistemas mecatrônicos de tempo real. Entidades e imagens de tempo real. Tolerância a falhas. Comunicação em tempo real. Protocolos de tempo real: Time-Triggered Protocol. Sistemas operacionais de tempo real. Projetos de sistema mecatrônicos de tempo real. Aplicações automotivas e aeroespaciais. Bibliografia: KOPETZ, H., Real-Time Systems – Design Principles for Distributed Embedded Applications, Dordrecht: Kluwer Academic Pub, 338p., 1997; LIU, J.W.S., Real-Time Systems, London: Prentice-Hall International Limited, 610p., 2000; BUTTAZO, G., Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications, London: Springer, 2ed., 444p., 2005.

### **MP-237/2021 - Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Fundamentos em metrologia: definições gerais; unidades de medida e padrões internacionais; princípios básicos; erros de medição; sistemas de medição; calibração de sistemas de medição; resultados de medições diretas; resultados de medições indiretas; propagação de incertezas. Metrologia industrial: controle de qualidade; seleção de sistemas de medição; confiabilidade de processos na indústria. Instrumentos para medição: medidores de deslocamento, projetor de perfil, instrumentos auxiliares, medição de rugosidade, sistemas de medição por coordenadas, medição a laser. Tópicos de projeto: tolerâncias e ajustes; tolerância geométrica; acabamento superficial; GD & T (gerenciamento de tolerâncias e dimensionamento geométrico). Bibliografia: ALBERTAZZI, A., Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. Ed. Manole, 2005; DOEBLIN, E. O., Measurements Systems: Application and Design. McGraw Hill Publishing Co, 2003; DRAKE, P. J., Dimensioning and tolerancing handbook. McGraw Hill Professional, 1999.

### **MP-238/2021 – Metrologia Óptica**

Requisito recomendado: MP-237, FF-249. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Distribuição normal, retangular e triangular, avaliação da incerteza na medição, fatores de influência na incerteza, rastreabilidade; medição por triangulação, por interferência, por difração; ISO/BR 17025, ISO GUM, VIM e SI. Bibliografia: KJELL, J. Gasvik, Optical Metrology, John Wiley and Sons, New

Delhi, 1995, 321 p, ISBN 471954748. “Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement results” <http://physics.nist.gov/Document/tn1297.pdf>, [http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicações/VIM\\_2310.pdf](http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicações/VIM_2310.pdf).

### **MP-239/2021 - Projeto de Análise de Experimentos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução ao projeto de experimentos: estratégia de experimentação, princípios básicos e aplicações típicas, técnicas estatísticas em experimentação, limites de tolerância, teste de hipótese. Comparação simples de experimentos: conceitos estatísticos básicos, inferências na média e na variância, intervalo de confiança. Experimentos de fator simples: análise de variância (ANOVA), análise de modelos fixos, verificação de adequação do modelo, modelo de efeitos aleatórios, escolha do tamanho da amostra, ajuste de curvas de resposta, técnica de regressão, métodos não paramétricos, análise de covariância. Projetos de experimentos: blocos aleatórios, quadrados latinos e fatoriais. Projeto fatorial de dois fatores, fatoriais  $2^k$ , fatorial fracionário de dois níveis, fatorial fracionário de três níveis e níveis mistos. Modelos de ajuste de regressão: modelo de regressão linear, estimativa de parâmetros, intervalo de confiança, previsão de respostas. Introdução ao método de superfícies de respostas, contribuição das técnicas de Taguchi para o projeto de experimentos e engenharia da qualidade. Bibliografia: MONTGOMERY, D. C., Design and analysis of experiments, New York, NY: John Wiley & Sons, 6. ed., 660p., 2004; CALEGARE, A.J.A., Introdução ao delineamento de experimentos, São Paulo: Edgard Blücher, 2. ed., 2140p., 2001; FIOD Neto, M., Taguchi e a melhoria da qualidade: uma revisão crítica, Florianópolis: Editora da UFSC, 92p., 1997.

### **MP-242/2021 - Vibrações Mecânicas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Análise harmônica. Computação numérica dos coeficientes da série de Fourier. Vibração livre de sistemas de um grau de liberdade. Vibração excitada harmonicamente. Resposta de um sistema amortecido sob força harmônica. Sistemas de múltiplos graus de liberdade. Problemas de autovalor. Determinação de frequências naturais e formas modais. Método da Iteração Matricial. Sistemas contínuos. O método dos elementos finitos. Matriz de massa e matriz de rigidez de elementos de viga. Bibliografia: MEIROVITCH, L., Elements of vibration analysis, McGraw-Hill, New York, 1986; EWINS, D.J., Model testing: theory and practice, John Wiley, New York, 1984; RAO, S.S., Mechanical vibrations, Addison-Wesley, Reading, Ma., 1986; INMAN, D.J., Vibration with control, measurement and stability, Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, 1989.

### **MP-244/2021 – Dinâmica de Rotores**

Requisito recomendado: MP-242. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Característica de dinâmicas de rotores: disco, eixos, mancais, e desbalanceamento de massa. Rotor simétrico. Rotor assimétrico. Instabilidade. Rotores amortecidos. Solução das equações de rotores pelo método dos elementos finitos. Resposta no domínio do tempo. Métodos de Newmark. Solução do problema do autovalor para equações de sistemas dinâmicos que incluem a matriz giroscópica. Diagramas de Campbell. Bibliografia: LALANNE, M. e FERRARIS, G., Rotordynamics Prediction in Engineering, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley, 1997. VANCE, J.M., Rotordynamics of Turbomachinery, John Wiley, 1988. ADAMS, M.L. Jr., Rotating Machinery Vibration, Second Edition, CRC Press, 2010.

### **MP-260/2021 - Modelagem e Análise de Sistemas a Eventos Discretos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Introdução e motivação para modelagem. Classificação e caracterização de sistemas em dirigidos a eventos discretos, de variáveis contínuas, e híbridos. Principais técnicas de modelagem. Autômatos finitos: modelo básico, temporizado e para sistemas híbridos. Redes de Petri: redes ordinárias, temporizadas, de alto nível e para sistemas híbridos. Técnicas para construção de modelos. Análise de modelos em redes de Petri por simulação. Propriedades das redes de Petri e análise formal. Aplicações na área de sistemas de produção industriais e sistemas aeronáuticos. Bibliografia: CARDOSO, J.; VALETTE, R., Redes de Petri. Florianópolis: Editora da UFSC, 1997; PETERSON, J. L., Petri net theory and the modelling of systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981; MIYAGI, P. E., Controle programável: fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos. Edgard Blücher, São Paulo, 1996.

### **MP-261/2021 - Engenharia de Fatores Humanos / Human Factors Engineering**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estudo de fatores humanos e suas relações com a confiabilidade de sistemas complexos nas áreas de aviação, industrial e transporte. Princípios gerais de ergonomia e em fatores humanos: capacidades e limitações do ser humano, interação homem-máquina, fatores ambientais, projeto de trabalho e organizacional. Identificação de falhas humanas, análise hierárquica de tarefas - HTA e métodos de prevenção de falhas - SHERPA. Método de confiabilidade cognitiva e análise de erros - CREAM. Avaliação de erros humanos e técnicas de redução - HEART. Engenharia de Resiliência. Método FRAM. Métodos de avaliação de carga mental de trabalho. NASA-TLX e SWAT. Métodos para avaliação de consciência situacional. Utilização de sensores fisiológicos para avaliação de carga de trabalho mental e fadiga. Aplicações no contexto aeronáutico, tais como análise da interface piloto-cockpit, análise da interface controlador de voo-sistema de tráfego aéreo, avaliação do impacto de diferentes graus de autonomia da aeronave, entre outras.

#### **Syllabus:**

Study of human factors and their relationships with the reliability of complex systems in the areas of aviation, industrial, transportation. General principles of ergonomics and human factors: capacities and limitations of the human being, human-machine interaction, environmental factors, work and organizational design. Human Error Identification, Hierarchical Task Analysis - HTA and SHERPA error prevention method. Cognitive Reliability Method and Error Analysis - CREAM. Evaluation of human errors and reduction techniques - HEART. Resilience Engineering. FRAM method. Methods of evaluation of mental workload. NASA-TLX and SWAT. Methods for assessing situational awareness. Use of physiological sensors to assess mental workload and fatigue. Applications in the aeronautical context, such as analysis of the pilot-cockpit interface, analysis of the flight controller-air traffic system interface, evaluation of the impact of different degrees of aircraft autonomy, among others.

Bibliografia: 1 HOLLNAGEL, E. Resilience Engineering Perspectives, Volume 2: Preparation and Restoration. CRC. 2016. 2 HOLLNAGEL, E. FRAM: The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems. Ashgate Publishing, Ltd. 2012. 3 STANTON, A. E. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. 2005.

### **MP-271/2021 - Modelagem e Identificação de Sistemas Dinâmicos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MP-171 ou curso equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Modelagem generalizada de sistemas físicos. Sistemas a parâmetros concentrados e distribuídos. Discretização de modelos de sistemas físicos.

Solução de modelos para excitações deterministas e aleatórias. Simulação digital de sistemas dinâmicos. Métodos teóricos de modelagem de sistemas: métodos variacionais e grafos de ligação. Métodos experimentais de identificação de sistemas: regressão múltipla, métodos de mínimos quadrados e testes de sinais aleatórios. Métodos clássicos de identificação de sistemas: resposta em frequência, deconvolução da resposta impulsiva. Identificação paramétrica e não-paramétrica. Modelagem estocástica de sistemas dinâmicos. Aplicações em sistemas eletrohidráulicos, sistemas eletromecânicos, e sistemas termohidráulicos. Bibliografia: DOEBELIN, E.O., System modeling and response: theoretical and experimental approaches, John Wiley, New York, 1980; WELLSTEAD, P.E., Introduction to physical system modelling, Academic Press, New York, 1979; SINHA, N.K. & KUSZTA, B., Modeling and identification of dynamic systems, Van Nostrand, Reinhold Co., New York, 1983.

### **MP-272/2021 – Controle e Navegação de Multicópteros**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MPS-43 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução: arquitetura do sistema; multicópteros e autopilotos comerciais; aplicações. Cinemática e dinâmica: sistemas de coordenadas; movimento de translação; movimento de rotação; formulação Newton-Euler; formulação Euler-Lagrange; parametrizações de atitude. Forças e torques de propulsão: tricóptero; quadricóptero; hexacóptero; octocóptero. Projeto de leis de controle: controladores de atitude; controladores de posição. Sensores para determinação de atitude e navegação. Estimação de estados: filtro de Kalman; filtro estendido de Kalman. Determinação de atitude: métodos determinísticos; métodos estocásticos. Navegação: sistema não embarcado; sistemas embarcados. Bibliografia: CARRILLO, L.R.G.; LÓPEZ, A.E.D.; LOZANO, R.; PÉCARD, C., Quad Rotorcraft Control – Vision-Based Hovering and Navigation. London: Springer-Verlag, 2013. NONAMI, K; KENDOUL, F.; SUZUKI, S.; WANG, W.; NAKAZAWA, D., Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles. London: Springer-Verlag, 2010. KHALIL, H. K., Nonlinear Systems. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

### **MP-273/2021 - Controle por Modos Deslizantes**

Requisito recomendado: EE-209 ou equivalente. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-9. Introdução: uma formulação simples; estudo numérico. Fundamentação matemática: existência e unicidade de solução de EDOs nos sentidos de Lipschitz e Filippov; estabilidade de sistemas não lineares; estabilidade em tempo finito; ultimately boundedness; exemplos. Modos deslizantes de primeira ordem: sistemas SISO; sistemas MIMO; atenuação ou eliminação de chattering; exemplos. Modos deslizantes integrais e variantes no tempo. Modos deslizantes terminais: convencionais; não singulares; não singulares e rápidos; exemplos. Algoritmo super-twisting. Modos deslizantes de ordens superiores. Esquemas de adaptação do ganho de chaveamento. Observadores por modos deslizantes. Bibliografia: 1 STHELSEL, Y.; EDWARDS, C.; FRIDMAN L.; LEVANT, A. Sliding mode control and observation. New York: Springer. 2014. 2 UTKIN, V.; GULDNER, J.; SHI, J. Sliding Mode Control in Electro-Mechanical Systems. Boca Raton: CRC, 2009. 3 KHALIL, H. K. Nonlinear Systems. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

### **MP-275/2021 - Identificação de Sistemas Dinâmicos**

Requisito recomendado: MP-271. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Métodos clássicos de identificação de sistemas: análise espectral, deconvolução da resposta impulsiva e técnicas de correlação da resposta impulsiva. Métodos de identificação no domínio da frequência: densidade espectral de potência simples e cruzada. Identificação de sistemas no domínio da frequência para sistemas SISO,

SIMO, MISO e MIMO. Métodos de identificação de sistemas no domínio do tempo, seqüenciais e não-seqüenciais. Método dos mínimos quadrados recursivo e generalizados. Identificação de sistemas lineares ARX, ARMAX, e não lineares NARX. Identificação de sistemas não-lineares no domínio do tempo: método da máxima verossimilhança, Gauss-Newton e Levenberg-Marquadt. Modelagem Estocástica, modelos de séries temporais estacionárias e não-estacionárias. Determinação de ordem e estrutura de modelos de séries temporais. Técnicas de excitação ótima de sistemas dinâmicos. Testes de diagnósticos e validação de modelos. Aplicações práticas em sistemas de malha aberta e malha fechada de sistemas de aeroespaciais e ensaios em voo de VANT. Bibliografia: TANGIRALA, ARUN K., Principles of system identification: Theory and Practice. CRC Press, 2015, 858p. BENDAT, J. S.; PIERSOL, A. G. Random data: Analysis and Measurement Procedures. 4 ed. New Jersey: John Wiley & Sons. 2010. 604p. JATEGAONKAR, RAVINDRA V., Flight Vehicle Identification. Progress in Aeronautics and Astronautics; American Institute of Aeronautics & Ast; 2 edition, 2015, 648p.

### **MP- 276/2021 - Controle Avançado de Sistemas**

Requisito recomendado: MPS-22 ou equivalente. Requisito exigido: MP-176 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-4. Conceitos e Revisão de Projeto Clássico de Sistemas de Controle Lineares Escalares. Sistemas Multivariáveis – modelos e propriedades. Estabilidade, Desempenho e Formatação de Malha. Modelos de Incertezas e Robustez de Sistemas de Controle Multivariáveis. Estruturas de Controle e Resultados. Técnicas de Projeto de Sistemas de Controle LTI Multivariáveis: Formatação de Malha, Métodos LQG e  $H_2$ ; A Parametrização de Youla, o Projeto  $H_\infty$  e a  $\infty$ -síntese; Técnicas tipo-Nyquist; Métodos Algorítmicos (projeto por otimização de parâmetros). Bibliografia: SKOGESTAD, S. & POSTLETHWAITE, I. – Multivariable Feedback Control - Analysis and Design. Chichester, England, Wiley, 1996. GU, D.-W.; PETKOV, P. HR.; KONSTANTINOV, M.M. – Robust Control Design With MATLAB. London, Springer-Verlag, 2005. MACIEJOWSKI, J. M. – Multivariable Feedback Design. Wokingham, England, Addison-Wesley, 1989.

### **MP-277/2021 - Modelagem e Simulação de Sistemas de Aeronaves / Modeling and Simulation of Aeronautical Systems**

Requisito recomendado: MP-271. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Introdução a modelagem e simulação computacional de sistemas multifísicos com grafos de ligação (bond-graphs). Princípios de operação e componentes de sistemas mecatrônicos usados em aeronaves: sistemas hidromecânicos, eletromecânicos, eletrohidráulicos e fluido-térmicos. Modelagem e simulação bond-graph de sistemas de aeronaves: trem de pouso, direcionamento de trem de bequilha, frenagem anti-derrapante (ABS), sistemas de comando de voo eletrohidráulicos (EHS), eletrohidrostático (EHA) e eletromecânico (EMA), sistemas de combustíveis. Modelagem de sistemas de aeronaves mais elétricas (MEA). Simulação de sistemas aeronáuticos com aplicativos baseados em portas de energia (20-SIM e AMESIM).

Syllabus:

Introduction to computational modeling and simulation of multiphysical systems with bond graphs. Principles of operation and components of systems used in aircraft: hydromechanical, electromechanical, electrohydraulic and fluid-thermal systems. Bond-graph modeling and simulation of aircraft systems: landing gear, steering, anti-skid braking systems, aircraft flight actuators: electrohydraulic servo-valve (EHS), electrohydrostatic (EHA) and electromechanical (EMA) flight control systems, fuel systems. Modeling of More Electric Aircraft systems (MEA). Simulation of aeronautical systems based on energy ports modeling software (20-SIM and AMESIM).



Bibliografia: 1 MOIR, I., SEABRIDGE, A., Aircraft Systems: Mechanical, electrical and avionics subsystems integration, John Wiley & Sons, New York, 2008. 2 WANG, S., TOMOVIC, M., LIU, H., Comercial Aircraft Hydraulic Systems, Academic Press, Waltham, USA, 2016. 3 MARÉ, J-C, Aerospace Actuators 1: Needs, Reliability and Hydraulic Power Solutions, ISTE Ltda, 2016.

### **MP-278/2021 – Controle Digital**

Requisito recomendado: Não há. Requisito Exigido: MPS-22 e MPS-43 ou equivalentes. Horas semanais: 3-0-1-4. Introdução ao controle por computador. Sistemas amostrados: modelos e propriedades; seleção do período de amostragem; controladores PID digitais; projeto: digitalização de controladores contínuos no tempo; projeto no plano-z; projeto no domínio da frequência; projeto no espaço de estados. Implementação de filtros e controladores digitais. Sistemas dirigidos a eventos discretos. Autômatos e o controle supervisorio de sistemas a eventos discretos. Projeto de sistemas de controle baseado em redes de Petri. Controladores programáveis e linguagens de programação da IEC 61131-3. Conceitos básicos de redes de computadores. Barramentos industriais. Aplicações e exemplos. Bibliografia: ASTROM, K.J. & Wittenmark, B. Computer-Controlled Systems - Theory and Design, 3a Ed., NJ, Prentice-Hall, 1997. HEMERLY, E. M. Controle por Computador de Sistemas Dinâmicos, 2a Ed. SP, Editora Blücher, 2000. PRUDENTE, F. Automação Industrial - PLC: Teoria e Aplicações, Ed. LTC, 2007.

### **MP-280/2021 - Sistemas Hidráulicos de Controle**

Requisito recomendado: MP-176. Requisito exigido: MP-271. Horas semanais: 3-0-1-6. Modelagem matemática de sistemas fluidicos: escoamento em orifícios e bocais de controle. Projeto e análise de elementos de sistemas hidráulicos: bombas e atuadores hidráulicos, servo-válvulas eletrohidráulicas, reguladores de pressão e vazão. Análise dinâmica de sistemas hidráulicos de potência, reguladores de velocidades, servomecanismos hidromecânicos e eletrohidráulicos. Aplicações em sistemas aeroespaciais. Bibliografia: MERRITT, H.E., Hydraulic control systems, John Wiley, New York, 1967; WALTERS, R.B., Hydraulic and electro-hydraulic control systems, Elsevier Applied Science, London, 1991; GREEN, W.L., Aircraft hydraulic systems, John Wiley, New York, 1985.

### **MP-281/2021 – Materiais e Estruturas Inteligentes**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Introdução aos materiais e estruturas inteligentes: fundamentos e definições. Materiais piezelétricos, materiais com memória de forma, polímeros eletroativos, fluídos eletorreológicos e magnetorreológicos. Aplicações de materiais inteligentes ao controle de forma e de movimento. Amortecimento passivo e semiativo utilizando materiais inteligentes. Controle ativo de vibrações utilizando materiais inteligentes. Análise de potência de sistemas inteligentes. Modelagem computacional de estruturas incorporando materiais inteligentes. Aplicações avançadas de materiais inteligentes: geração de energia, monitoramento de integridade estrutural. Bibliografia: LEO, D., Engineering Analysis of Smart Material Systems. John Wiley and Sons, 2007. CHOPRA, I., SIROHI, J. Smart Structures Theory (Cambridge Aerospace Series), Cambridge University Press, 2013. PREUMONT, A. Mechatronics: Dynamics of Electromechanical and Piezoelectric Systems (Solid Mechanics and Its Applications), Springer, 2006.

### **MP-282/2021 - Modelagem Dinâmica e Controle de Multicópteros**

Requisito recomendado: EE-208 ou equivalente. Requisito exigido: MPS-43 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-9. Introdução: modelagem; alocação de controle;

controle de atitude e posição; governador de referência; planejamento de trajetória; planejamento de rota. Cinemática e dinâmica: sistemas de coordenadas; movimento de translação; movimento de rotação; parametrização de atitude; voo ancorado por cabo. Força e torque de controle e alocação de controle: quadricóptero; hexacóptero; octacóptero; quadricóptero com rotores vetoráveis longitudinalmente; quadricóptero com rotores vetoráveis transversalmente. Introdução a controle de voo: controle de atitude; controle de posição; governador de referência. Outros métodos de controle: controle por modos deslizantes; controle preditivo. Bibliografia: SLOTINE, J.J.E; LI, W. Applied Nonlinear Control. New Jersey: Prentice-Hall, 1991. BORELLI, F.; BEMPORAD, A.; MORARI, M. Predictive Control for Linear Hybrid Systems. New York: Cambridge University Press, 2017. NONAMI, K; KENDOUL, F.; SUZUKI, S.; WANG, W.; NAKAZAWA, D. Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles. London: Springer-Verlag, 2010. Artigos diversos.

### **MP-284/2021 - Controle Ativo de Vibrações e Ruído**

Requisito recomendado: MP-271. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução ao controle ativo de vibrações e ruído acústico: princípios, controle e aplicações. Introdução a ondas em estruturas e vibroacústica. Equação de onda e relação de dispersão para ondas em meios elásticos e Fluídos. Intensidade e densidade de energia ondulatória. Modelagem e identificação de sistemas vibroacústicos. Análise modal vibracional e análise modal acústica. Princípios de Young e Huygen de interferência no cancelamento ativo de vibrações e ruído (CAV/R). Sensores e atuadores para controle vibroacústicos ativo. Estratégias de controle para o cancelamento ativo de vibrações e ruído. Controle em malha aberta e malha fechada. Identificação de caminhos de propagação de energia e síntese de filtros ativos para CAV/R. Introdução à síntese de filtros digitais adaptativos. Aplicações do CAV/R na indústria aeronáutica e automobilística. Bibliografia: FULLER, C.R., ELLIOT, S.J., NELSON, P.A., Active control of vibration, Academic Press, London. 1996; NELSON, P.A., ELLIOT, S.J., Active control of sound, Academic Press, London, 1992; SAS, P., Advanced techniques in applied and numerical acoustic: ISAAC8, Katholiek Universiteit Leuven, 1997.

### **MP-288/2021 – Otimização em Engenharia Mecânica**

Requisito recomendado: MAT LAB. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução ao projeto ótimo. Formulação de problemas de otimização: forma canônica. Condições necessárias de ótimo em problemas com e sem restrições. Algoritmos de otimização de busca direcional baseados em derivadas: método dos gradientes conjugados e das direções viáveis. Programação quadrática sequencial. Algoritmos de otimização metaheurísticos: algoritmos genéticos e do recozimento simulado. Superfícies de resposta em otimização, incluindo informação de derivadas. Análise de sensibilidades pelo método adjunto. Introdução à otimização multiobjetivo. Aplicações em problemas de otimização em engenharia mecânica: forma de volume contendor, trens de engrenagens, microestrutura de material composto, topologia de estruturas e outros. Bibliografia: ARORA, J.S. Introduction to optimum design, 3rd. ed., Elsevier, Oxford, 2012. VANDERPLAATS, G.N. Numerical optimization techniques for engineering design, 4th. ed., Vanderplaats Research and Development, Colorado Springs, 2005. HAFTKA, R.T. and GÜRDAL, Z. Elements of structural optimization, 3rd. ed., Kluwer, Dordrecht, 1992.

### **MP-289/2021 – Projeto Ótimo em Manufatura Aditiva / Optimum Design in Additive Manufacturing**

Requisito recomendado: AE-245 e MP-288 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Tecnologias de manufatura aditiva: materiais, etapas de

projeto e produção. Fabricação por fusão de filamento (FFF): materiais e características. Otimização de topologia em compliance (para rigidez). Parametrizações alternativas e multi-material; DMO (discrete material optimization). Projeto para orientação de materiais: soluções para rigidez e seu contexto em resistência. Materiais celulares: configurações clássicas, propriedades equivalentes e critérios de projeto. Problemas de otimização para outros critérios: autovalores estruturais e resistência. Formulações e aplicações em materiais compósitos laminados. Introdução à programação Python em Abaqus.

Syllabus:

Additive manufacturing technologies: materials, design steps and production. Fused filament fabrication (FFF): materials and characteristics. Topology optimization for compliance (or for stiffness). Alternative and multi-material parametrization. DMO (discrete material optimization). Design for material orientations: solutions for stiffness and their context in strength. Cellular materials: classical configurations, equivalent properties and design criteria. Optimization problems for other criteria: structural eigenvalues and strength. Formulations and applications for laminated composites. Introduction to Python programming on Abaqus. Bibliografia: 1 GIBSON, I.; ROSEN, D.W.; STUCKER, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Boston: Springer. 2010. doi:10.1007/978-1-4419-1120-9. 2 BENDSOE, M.P.; SIGMUND, O. Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications. Berlin: Springer-Verlag. 2004. doi:10.1007/978-3-662-05086-6. 3 STEGMANN, J. Analysis and Optimization of Laminated Composite Shell Structures PhD Thesis. Aalborg University, Denmark. Special Report 54. 2005. ISBN 87-89206-94-0.

### **MP-290/2021 - Mecânica de Meios Contínuos / Continuum Mechanics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Álgebra de vetores e tensores. Teorema da decomposição polar. Diferenciação e teoremas integrais. Movimento de um corpo. Gradiente de deformação. Alongamento, deformação e rotação. Descrição material e espacial de campos. Movimentos especiais. Pullback e Pushforward. Teorema do transporte de Reynolds. Balanço de massa. Forças e momentos. Balanço das quantidades de movimento linear e angular. Sistemas de referência e invariância. Métricas de tensão. Taxas objetivas. Princípios termodinâmicos básicos. Mecânica dos fluidos. Mecânica dos sólidos. Noções de interação fluido-estrutura

Syllabus:

Algebra of vectors and tensors. Polar decomposition theorem. Differentiation and integral theorems. Motion of a body. The deformation gradient. Stretch, strain, and rotation. Material and spatial descriptions of fields. Special motions. Pullback and pushforward. Reynolds' transport relation. Balance of mass. Forces and moments. Balance of linear and angular momentum. Frames of reference and invariance. Stress measures. Objective rates. Basic thermodynamic principles. Fluid mechanics. Solid mechanics. Fundamentals of fluid-structure interaction. Bibliografia: 1 GURTIN, M.E.; FRIED, E.; ANAND, L. The mechanics and thermodynamics of continua, New York: Cambridge University Press, 2010. 2 SPENCER, A.J.M. Continuum mechanics, Mineola: Dover Publications, 2004. 3 CHADWICK, P. Continuum mechanics: concise theory and problems, 2 ed. Mineola: Dover Publications, 1999.

### **MP-291/2021 – Dinâmica de Sistemas Mecânicos**

Requisitos recomendados: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Cinemática do ponto e de sistema de pontos. Momento linear e angular para um sistema de partículas. Trabalho e energia. Tipos de restrições; juntas em sistemas multi-

corpos. Introdução aos princípios variacionais. Fundamentos de Dinâmica: equações de movimento de Newton, princípio D'Alembert, equações de Lagrange e Hamilton. Cinemática do corpo rígido, transformação de coordenadas. Coordenadas de orientação: ângulos de Euler, parâmetros de Euler. Energia cinética de corpos rígidos. Dinâmica de corpos rígidos; equação de Euler. Dinâmica de sistemas multi-corpos. Bibliografia: MEIROVITCH, L., Methods of analytical dynamics, McGraw-Hill, Dover, 2004; MEIROVITCH, L., Dynamics and control of structures, John Wiley & Sons, New York, 1990; SHABANA, A.A., Dynamics of multibody systems, John Wiley & Sons, New York, 1989.

### **MP-292/2021 - Modelagem Estocástica e Análise de Confiabilidade em Mecânica Estrutural**

Requisito recomendado: AE-245. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4.

1. Fundamentos da teoria de probabilidades: espaços de probabilidade, variáveis aleatórias; 2. Quantificação de incertezas: Princípio da Máxima Entropia, Método dos Momentos, Estimador de Máxima Verossimilhança; Inferência Bayesiana; 3. Modelagem de variabilidade espacial: campos estocásticos, discretização de campos estocásticos por expansão em séries (expansão de Karhunen-Loève, expansão por séries ortogonais), aplicações a problemas estáticos e dinâmicos; 4. Métodos de propagação de incertezas: Método de Monte Carlo, amostragem por importância, Método de Perturbação, aplicações a problemas estáticos e dinâmicos; 5. Métodos para análise de confiabilidade.: Simulação de Monte Carlo, Método de Confiabilidade de Primeira Ordem (FORM); Método de Confiabilidade de Segunda Ordem (SORM), aplicações a problemas estáticos e dinâmicos; 6. Métodos espectrais: representação espectral de funções de vetores aleatórios, representação por caos polinomial, Elementos Finitos Estocásticos, aplicações a problemas estáticos e dinâmicos. Bibliografia: A. Haldar, S. Mahadevan, Reliability Assessment Using Stochastic Finite Elements. John Wiley & Sons, 2000. R.E. Melchers, Structural Reliability and Predictions. Ellis Horwood/Wiley, 1987. R.G. Ghanem, P.D. Spanos, Stochastic Finite Elements: A Spectral Approach. Dover Publications, Inc. 1991. O. Ditlevsen and H.O. Madsen, Structural Reliability Methods, Monograph, Technical University of Denmark, 2007.

### **MP-294/2021 - Processamento de Sinais Aplicado a Acústica e Vibrações**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Sinais determinísticos em tempo contínuo: série e transformada de Fourier. Sistemas lineares invariantes no tempo: resposta ao impulso, função de resposta em frequência e integral de convolução. Princípios de aquisição de sinais acústicos e vibratórios: amostragem, condicionamento de sinais e janelamento. Processamento de sinais em tempo discreto: transformada de Fourier discreta, convolução linear e circular. Processos estocásticos e sinais aleatórios estacionários: funções de autocorrelação e correlação cruzada, ergodicidade e densidade espectral de potência. Introdução à identificação de sistemas. Análise de sinais e simulação de sistemas acústicos e vibratórios através de ferramentas computacionais. Bibliografia: SHIN, K.; HAMMOND, J. Fundamentals of signal processing for sound and vibration engineers. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. 403p. BRANDT, A. Noise and vibration analysis: signal analysis and experimental procedures. Chichester: John Wiley & Sons, 2011. 438p. BENDAT, J. S.; PIERSOL, A. G. Random data: analysis and measurement procedures. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. 604p.

### **MP-296/2021 – Dinâmica de Sistemas Multicorpos / Dynamics of Multibody Systems**

Requisito recomendado: MP-291 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução a sistemas multicorpos. Cinemática: matrizes de rotação

e suas derivadas no tempo, aceleração, ângulos de Euler, cossenos diretores. Técnicas de análise: coordenadas generalizadas e restrições cinemáticas, trabalho virtual, equações de Lagrange, equações de Euler. Mecânica de corpos deformáveis: teoria da elasticidade, tensão e deformação, equações constitutivas. Métodos de aproximação clássicos: deslocamentos assumidos, coordenadas generalizadas de corpos deformáveis, velocidade e aceleração de pontos materiais, energia cinética, sistemas de equações do movimento. Formulação por elementos finitos: funções de interpolação, sistemas planos e espaciais, análise viscoelástica e termoelástica, não linearidades geométricas, compósitos. Implementação computacional: integração numérica direta, equações dinâmicas nos graus de liberdade, equações dinâmicas com multiplicadores de Lagrange, particionamento, algoritmos.

Syllabus:

Introduction to multibody systems. Kinematics: rotation matrices and their time derivatives, acceleration, Euler angles, direction cosines. Analytical techniques: generalized coordinates and kinematic constraints, virtual work, Lagrange equations, Euler equations. Mechanics of deformable bodies: theory of elasticity, stress and strain, constitutive equations. Classical approximation methods: assumed displacements, generalized coordinates of deformable bodies, velocity and acceleration of material points, kinetic energy, system equations of motion. Finite element formulation: interpolation functions, plane and space systems, viscoelastic and thermoelastic analyses, geometric nonlinearities, composites. Computer implementation: direct numeric integration, dynamic equations in terms of system degrees of freedom, dynamic equations with Lagrange multipliers, partitioning, algorithms. Bibliografia: 1 SHABANA, A. A. Dynamics of multibody systems. 4 ed. Cambridge University Press, 2013. 397 p. 2 NIKRAVESH, P.E. Computer-aided analysis of mechanical systems. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1988. 370 p. 3 RADE, D. A. Cinemática e dinâmica para engenharia. São Paulo: Elsevier, 2017. 592 p.

### **MP-298/2021 - Propagação de Ondas em Estruturas / Wave Propagation in Structures**

Requisito recomendado: MP-242 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Revisão de análise espectral. Análise espectral do movimento ondulatório. Ondas transversais em cordas. Ondas longitudinais em barras. Ondas de flexão em vigas. Ondas bi-dimensionais, flexão em placas. Ondas em meios infinitos e semi-infinitos. Método do elemento espectral. Teorema de Bloch-Floquet para análise de estruturas periódicas. Noções sobre o método WFE (Wave Finite Element).

Review of spectral analysis. Review of spectral analysis of wave motion. Transversal waves in strings. Longitudinal waves in rods. Flexure waves in beams. Two-dimensional waves, flexure in plates. Waves in infinite and semi-infinite media. Spectral element method. Bloch-Floquet theorem for the analysis of periodic structures. Introduction to the WFE (Wave Finite Element) method. Bibliografia: 1 DOYLE, J. F. Wave Propagation in Structures, 2. ed. New York: Springer, 1997, 321 p. 2 GRAFF, K. F. Wave Motion in Elastic Solids, New York: Dover Publications, 1991, 688 p. 3 LEE, U. Spectral Element Method in Structural Dynamics, Singapore: Wiley, 2009, 480 p.

### **MP-300/2021 - Seminário de Tese**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. Seminário oferecido pelos alunos de mestrado e de doutorado sobre temas direta e indiretamente relacionados às teses em andamento. Bibliografia: a critério do professor.

### **MP-425/2021 – Introdução a Processos Estocásticos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-4. Variáveis aleatórias, vetores aleatórios, processos estocásticos. Construção de modelos estocásticos. Princípio da máxima entropia. Método de Monte Carlo: Lei dos grandes números e teorema do limite central. Geração de amostras de variáveis aleatórias. Processos de Markov. Aplicações a problemas de dinâmica estrutural. Bibliografia: SAMPAIO, R., LIMA, R. Q., Modelagem Estocástica e Geração de Amostras de Variáveis e Vetores Aleatórios. Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional, 2012; ÇINLAR, E., Introduction to Stochastic Processes, Dover Publications, 2013.

### **MT-200/2021 - Tecnologia Básica de Vácuo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Gases e escoamento. Bombas. Manômetros e fluxômetros. Materiais para câmara de vácuo. Câmaras de vácuo: sistemas básicos, acessórios e componentes. Dessorção de gases, limpeza e purga, vazamentos. Considerações básicas de projetos. Segurança no uso de vácuo. Analisadores de gases residuais. Sistemas de baixo e médio vácuo. Sistemas de alto vácuo. Bibliografia: HARRIS, N.S., Modern Vacuum practice. Ed. McGraw-Hill, Londres-RU, 1989; O'HANLON, J.F., A users guide to vacuum technology. John Wiley & Sons, New York-USA, 1989; HOFFMANN, D.M., Bawa Singh, John R. Thomas III. Handbook of vacuum science and technology. Academic Press, San Diego-USA, 1997.

### **MT-201/2021 - Fundamentos da Engenharia de Materiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Materiais para Engenharia. Estruturas cristalinas. Defeitos cristalinos em metais. Difusão em metais. Propriedades mecânicas. Mecanismos de deformação e aumento de resistência mecânica. Diagramas de fase e microestrutura. Transformações de fases e tratamento térmicos de metais e ligas metálicas. Materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos e compósitos. Bibliografia: CALLISTER JR, W. D., Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2006, SHACKELFORD, J. F., Ciência dos Materiais. 6. ed. Pearson Education, 2006, OTUBO, J., Introdução à Ciência e Engenharia dos Materiais (apostila), 2008.

### **MT-202/2021 – Engenharia de Superfícies**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-3. Tratamentos termoquímicos de cementação e nitretação; Tratamentos térmicos de superfícies por LASER; Eletrodeposição de metais e ligas; Processos de anodização de metais; Deposição de metais sem corrente; Camadas metálicas e cerâmicas depositadas por aspersão térmica; Deposição física e química a partir da fase vapor; Pulverização Catódica; Implantação Iônica; Obtenção de filmes finos por decomposição de precursores poliméricos e técnicas sol-gel; Processos para deposição de camadas nanoestruturadas e autoarranjadas; Superfícies para catálise, eletrocatalise, fotocatalise e supercapacitores. Bibliografia: AFONSO, J., VÁZQUEZ, Juan J. D. Gonzales, Ciência e Ingeniería de La Superficie de Los Materiales Metálicos, ed. Centro de Investigaciones Metalúrgicas de Madri, 2000; TADEUSZ, B., TADEUSZ, W., Surface Engineering of Metals - Principles, Equipaments, Technologies, CRC Press, 1998; RODNEI, B., Tratamentos superficiais dos Metais, Apostila de curso, rev. 2005.

### **MT-203/2021 - Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology**

Requisito recomendado: MT-200 FF-299. Requisito exigido: MT-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-4. Desenvolvimento de morfologia e estrutura. Substratos e superfícies. Epitaxia. Evaporação térmica. Deposição química de vapor (CVD). Deposição por feixes energéticos. Deposição por descargas luminescentes. Deposição por pulverização catódica (sputtering). Deposição química de vapor assistido à plasma (PECVD). Caracterização de filmes finos. Aplicações de filmes finos.

Morphology and structure development. Substrates and surfaces. Epitaxy. Thermal evaporation. Chemical vapor deposition (CVD). Energy beam deposition. Glow discharge deposition. Sputtering. Plasma enhanced CVD. Thin film characterization. Thin film applications. Bibliografia: 1 SMITH, D. L. Thin Film Deposition: Principles and Practice. Boston: McGraw-Hill Inc., 1995. 2 SESHAN, K. Handbook of Thin Film Deposition: Processes and Technologies. Noerwich: Noyes Publications, 2002. 3 OHRING, M. Materials Science of Thin Films. 2nd. ed. [s.l.] Academic Press, 2001.

### **MT-204/2021 - Integridade de Superfícies / Surface Integrity**

Requisito recomendado: MT-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Definição do conceito de integridade de superfícies; Fundamentos sobre topografia; Fundamentos sobre tensões residuais; Influência no comportamento dinâmico de máquinas; Métodos experimentais de caracterização de superfícies; Avaliação do estado de heterogeneidade da superfície; Análise de difratogramas (LPA); Indução de tensão residual por processos de manufatura de materiais metálicos; Introdução a métodos preditivos do estado de tensões residuais.

Syllabus:

Concept definition of surface integrity; Fundamentals on topography; Fundamentals on residual stresses; Influence on the dynamic behavior of machines; Experimental methods for surface characterization; Assessment of the surface heterogeneity state; Diffractogram analysis (LPA); Residual stress induction through manufacturing processes of metals; Introduction to predictive methods for the manufactured residual stress state. Bibliografia: 1 DAVIM, J.P. Surface Integrity in Machining. London: Springer-Verlag, 2010. 215p. 2 TOTTEN, G.; HOWES, M.; INOUE, T. Handbook of residual stress and steel deformation. Materials Park: ASM, 2002. 499p. 3 HAUKE, V. Structural and Residual Stress Analysis by Nondestructive Methods. Amsterdam: Elsevier; 1997. 640p.

### **MT-209/2021 – Plasticidade**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-102 ou MTP-44. Horas semanais: 3-0-2-8. Sistema generalizado de tensões. Deformação generalizada. Tensor de deformação. Inter-relação entre tensões avaliadas dos ensaios de torção e compressão. Representação pelo diagrama de Mohr. Relações entre tensão e deformação. Comparação dos critérios de escoamento. Equação de equilíbrio e continuidade. Limites inferior e superior de soluções dos problemas de engenharia. Solução pelo método do elemento (“slab”). Determinação do encruamento e instabilidade plástica. Bibliografia: JOHNSON, W. e MELLOR, P.B. e Engineering plasticity, Van Nostrand, London, 1973.

### **MT-210/2021 - Fluência em Metais e Ligas Metálicas**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aspectos relacionados à fluência e à fadiga. Introdução à fluência. Fenomenologia da fluência. Teorias e mecanismos da fluência. Aula experimental de fluência. Parâmetros do ensaio de fluência. Extrapolação para longos períodos. Mecanismos de deformação

na fluência. Bibliografia: Evans, R. W. and Wilshire B. Introduction to Creep, The Institute of Metals, 1993; Evans, R. W. and Wilshire B. Creep of Metals and Alloys, The Institute of Metals, 1985; Penny, R. K. and Marriot, D. L., Design for creep, Chapman & Hall, 2. ed., UK, 1995.

### **MT-211/2021 - Conformação dos Metais Utilizando Elastômeros**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-102 ou MTP-34. Horas semanais: 2-0-1-0. Introdução ao uso de elastômero em engenharia. Propriedades mecânicas dos elastômeros. Conformação de chapas metálicas. Conformação de tubos (junções, dobramento). Conformação de vasos. Extrusão. Estampagem. Corte. Conformação em alta velocidade. Projeto de ferramentas. Outros processos industriais que utilizam elastômero como matriz de conformação. Comparação com os processos convencionais. Bibliografia: H.A. AL-QURESHI, Elastomer: metal forming dies, ITA, 1984; L.A. MOREIRA FILHO, Modelagem teórica e automatização de processo de conformação de junções em tubos metálicos de parede fina, Tese de Doutorado, ITA, 1998; L.A. MOREIRA FILHO, J.C MENEZES, H. A. AL-QURESHI, "Analysis of unconventional tee forming on metal tubes", Journal of Engineering for Industry, 1995.

### **MT-212/2021 – Plasticidade dos Metais Avançada**

Requisito recomendado: MT-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à Plasticidade: fatos experimentais. Ensaio de tração simples e de torção de metais policristalinos e monocristalinos. Deformação cíclica e curvas monotônicas do encruamento. Efeito Bauschinger. Efeito da velocidade de deformação e da temperatura. Anisotropia plástica. Textura. Tensor tensão e tensor deformação. Tensão e deformação equivalentes. Fenomenologia do escoamento plástico. Teoria das discordâncias. Porosidade. Viscoelasticidade e viscoplasticidade. Fluência dos Metais. Superplasticidade. Critérios de limite de escoamento plástico. Função e superfícies de escoamento plástico. Regra da normalidade. Equações constitutivas da plasticidade: relações tensão-deformação plástica e leis do encruamento. Hipóteses do encruamento isotrópico e cinemático. O potencial plástico. O trabalho plástico. Mecânica do Contínuo do Dano: modelo de Lemaitre, modelo de Gurson-Tvegaard-Nedleman. Método do Campo das Linhas de Cisalhamento Máximo (slip-line method). Método do Limite Superior (upper-bound method) de análise da conformação de metais. Ensaio de conformabilidade dos metais. Diagramas de conformabilidade. Instabilidade plástica. Visioplaticidade. Aplicações e estudos de casos: conformação de chapas, extrusão e processo ECAE (equal channel angular extrusion). Plasticidade computacional: solução numérica das equações da plasticidade. Leis de conservação da massa, movimento e energia. Bibliografia: VALBERG, H.S., Applied Metal Forming: including FEM analysis. Ed. Cambridge University Press, London, UK, 2010; HOSFORD, W.F., Fundamentals of Engineering Plasticity, Ed. Cambridge University Press, UK, 2013; KHAN, S. K. e HUANG, S., Continuum Theory of Plasticity, Ed. John Wiley & Sons, 1995.

### **MT-213/2021 – Tópicos em Caracterização de Materiais**

Requisito recomendado: MT-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-3-3. Caracterização Química: métodos analíticos por volumetria e gravimetria; métodos espectrofotométricos: Introdução aos métodos espectrofotométricos; Espectrometria de emissão atômica; Espectrometria de massa atômica; Espectroscopia de Emissão Atômica por Plasma induzido (ICP); Raman; FTIR. Caracterização Física: Análise Térmica Diferencial (DTA); Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC); Termogravimetria (TG); Dilatometria. Caracterização estrutural: Difractometria de raios-X. Caracterização morfológica: Microscopia óptica; Microscopia Eletrônica de



Varredura - MEV; Microscopia eletrônica de Transmissão - MET; Microscopia de Força Atômica (AFM). Bibliografia: SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; STANLEY, R.C. Principles of Instrumental Analysis, Brooks Cole, 2006. HOHNE, G. W. H.; HEMNINGER And FLAMMERSHEIM, H.-J., Differential Scanning-Calorimetry: An Introduction For Practitioners, Springer-Verlag, New York, 1995. CULLITY, B. D.; STOCK, S. R., Elements of x-ray diffraction. 3 ed. New York: Prentice Hall, 2001. 678 p. ISBN 0201610914.

#### **MT-220/2021 - Usinagem com Geometria Definida**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Introdução, precisão dimensional e tecnologia de medição. Fundamentos de usinagem, definições, noções sobre geometria, materiais de ferramenta. Meios lubri-refrigerantes. Usinabilidade/critérios de usinabilidade. Usinabilidade dos diferentes materiais. Determinação das condições econômicas de usinagem. Tópicos de Torneamento, Fresamento e Furação. Bibliografia: KOENIG, F.; WEINGARTNER, W. L.; SCHROETER, R. B. Tecnologia de usinagem com ferramentas de corte de geometria (Apostila). Florianópolis: UFSC, 2002; MACHADO, A. R.; SILVA, M. B. Usinagem dos metais (Apostila). Uberlândia - MG : EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 1994, v.1. 224p.

#### **MT-221/2021 - Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Considerações gerais sobre borrachas, termoplásticos e termorrígidos, aspecto molecular e nomenclatura. Processos de produção e de propriedades dos elastômeros, comportamento reológico, físico-químico e térmico, influência da natureza química sobre suas propriedades, aditivos e suas funções na formulação de elastômeros, aplicações, tipos de vulcanização. Processos de transformação, técnicas de moldagem e de vulcanização, tipos de cargas e noções de reforço, controle e métodos de ensaios. Métodos de tratamento, de ativação e de caracterização de superfície, influência da natureza dos elastômeros no processo de adesão. Bibliografia: MORTON, M. – “Rubber Technology”1973, Van Nostrand Reinhold Ltda, New York. BROWN, R.P.- Physical Testing of Rubbers”1979, Applied Science Publishers Ltda, London, UK. WHELAN, A. and LEE, K.S.–“Developments in Rubber Technology” 1979, Vol. I and III, Applied Science Publishers Ltda, London, UK. EVANS, C.W. – “Developments in Rubber and Rubber composites” 1980, Vol. I and II, Applied Science Publishers Ltda, London, UK. ALLIGER, G. and SJOTHUN, I.J.– “Vulcanization of Elastomers” 1978, Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, New York. IFOCA – “Synthese, Propriétés et Technologie des Elastomeres” 1979, Groupe Français D’Etudes et D’Applications des polymeres, Paris, Fr.

#### **MT-224/2021 – Processos de Fabricação e Propriedades de Ligas Metálicas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-3-2. Visão geral sobre as propriedades mecânicas dos materiais e a influência do processo de fabricação nessas propriedades, em termos dos processos de fundição, conformação a quente, conformação a frio e usinagem. Correlação microestrutura e propriedades e técnicas de caracterização (destrutivas e não destrutivas). Detalhamento de tipo de materiais utilizados na indústria de manufatura, com foco em materiais avançados: aços de alta liga, ligas de titânio e ligas de níquel. Conceitos teóricos e práticos sobre processos mecânicos e equipamentos de conformação, especialmente em termos de usinagem. Execução de atividades práticas de curta duração baseada em simulações de processos em modelos acadêmicos e em casos reais da indústria. Bibliografia: TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K. Metal Cutting, 4o. ed., Butterworth-Heinemann, 2000. SILVA,

A. L. C.; MEI, P. R., Aços e Ligas Especiais, 3ª Ed., Edgard Blucher, 2011. CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G.; Materials Science and Engineering: An Introduction, 8th Edition, 2009.

#### **MT-226/2021 - Adesão em Polímeros/Elastômeros**

Requisito recomendado: MT-225. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Conceituação sobre forças moleculares e intermoleculares. Propriedades de líquidos e sólidos. Superfície e interfaces na adesão. Tensão e Energia superficial: conceituação e medidas. Adsorção em superfícies sólidas. Técnicas de caracterização superficial para adesão. Materiais poliméricos e elastoméricos: características e propriedades. Adesivos e primers: tipos, características, propriedades, controle de qualidade e usos. Funcionalização e tratamento superficial de superfícies poliméricas, elastoméricas e metálicas para colagem estrutural. Colagem estrutural : projeto, avaliação e controle de qualidade. Bibliografia: ADAMSON, A. W. and GAST, A. P. , Physical Chemistry of Surfaces, John Wiley & Sons, Inc., New York – USA, 1997. HARTLAND, S. , Surface and interfacial tension: measurement, theory, and applications, Surfactant Science Series, v. 119 , 2004 ; Marcel Dekker, Inc. New York – USA. POCIUS, A. V. , Adhesion and adhesives technology : an introduction, Carl Hanser Verlag Munchen, 2002.

#### **MT-231/2021 - Metalurgia Física**

Requisito recomendado: MT-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Estrutura dos metais. Propriedades independentes e dependentes da estrutura. Imperfeições cristalinas. Introdução às discordâncias. Difusão em metais e ligas metálicas. Soluções sólidas. Termodinâmica de fases. Mudanças de estados. Nucleação cinética de crescimento. Processos de deformação. Recuperação. Transformações no estado sólido. Bibliografia: REED-HILL, R.E., ABBASCHIAN, R. & ABBASCHIAN, L. Physical Metallurgy Principles, 4. ed., 2009. SMALLMAN, R.E. & BISHOP, R. J. Modern physical metallurgy and materials engineering: Science, process and applications; Butterworth-Heinemann, 6. ed., Oxford, 1999. PORTER, D. A., EASTERLING, K. E., Phase transformations metals and alloys, Van Nostrand Reinhold Co., 1981.

#### **MT-233/2021 - Transformações de Fase em Metais e Ligas Metálicas Sólidas**

Requisito recomendado: MT-201 e MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de conceitos termodinâmicos aplicados a transformações de fases. Diagramas de equilíbrio de fases. Transformações sem difusão. Difusão no estado sólido. Nucleação, crescimento e precipitação. Transformações eutetóides. Transformações ordem-desordem. Recuperação, recristalização e crescimento de grão. Características das transformações perlíticas, martensíticas e bainíticas. Bibliografia: SANTOS, R. G.; Transformações de fases em materiais metálicos, Editora Unicamp, Campinas, 2006. PORTER, D. A., EASTERLING, K. E., Phase transformations metals and alloys, Van Nostrand Reinhold Co., 1981. SHEWMON, P.G., Transformations in metals, McGraw-Hill, New York, 1969.

#### **MT-242/2021 - Solidificação de Metais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-231. Horas Semanais: 3-0-0-6. Técnicas experimentais usadas no estudo da solidificação. Princípios fenomenológicos. Nucleação. Solidificação unidirecional. Crescimento de metais puros. Crescimento de ligas monofásicas. Conceito de superresfriamento constitucional. Rejeição do soluto. Crescimento dentrítico, eutético e peritético. Análise da transmissão de calor em sistema metal-molde e sua aplicação no projeto de lingoteiras. Controle da estrutura de

lingotes; origens de zonas "chill", colunar e equiaxial. Métodos de controle da estrutura. Defeitos da estrutura. Macro e microsegregação. Aplicações na tecnologia industrial: lingotamento e fundição. Bibliografia: CHALMERS, B., Principles of Solidification, John Wiley, New York, 1964; FLEMMINGS, M.C., Solidification processing, McGraw-Hill, New York, 1974; OLMO, A., The solidification of metals, chijin Shokan, Tokyo, 1975.

#### **MT-247/2021 - Processos Não Convencionais de Fabricação**

Requisito recomendado: MTP-45-Processo de Fabricação II ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Definição e conceitos de Manufatura Aditiva (Prototipagem rápida, manufatura rápida, ferramental rápido); Processos e aplicações de manufatura aditiva (SLS, FDM, SLA, Impressora 3D); Projeto e planejamento de processo para fabricação por manufatura aditiva. Fundamentos do processamento de materiais com laser (fundamentos de geração de laser, processos assistidos por laser); Fundamentos de remoção por eletroerosão. Bibliografia: VOLPATO, Neri et al. Prototipagem Rápida: Tecnologias e aplicações. Editora Blucher, São Paulo, 2007, 244p. ISBN 85-212-0388-8. GRIMM, T., User's guide to Rapid Prototyping. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers SME, Rapid Prototyping Associatori of SME. p. 404. 2004. (ISBN 0-87263-697-6). SCHAFF, P., Laser Processing of Materials: Fundamentals, Applications and Developments. 1st Edition., 2010, XIV, 231 p. ISBN: 978-3-642-13280-3.

#### **MT-248/2021 – Manufatura Avançada**

Requisito recomendado: MTP-45, MT-247. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Contextualização sobre o papel estratégico da Manufatura Avançada (MA); Definição e conceitos de Manufatura Avançada e Indústria 4.0; Principais tecnologias habilitadoras para MA: conceitos, definições e processos (manufatura aditivada e híbrida, usinagem de alto desempenho; processos não convencionais); Robótica para MA, conceitos, definições e processos; Máquinas-ferramentas para MA; Sistema de manufatura Digital para MA, plataformas digitais para suporte ao desenvolvimento de produto e para a Manufatura Avançada. Bibliografia: SCHWAB, K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016. ISBN-13: 9781944835002. KLOCK, F. Manufacturing Processes: Volumes 1 a 5. Springer, 2011. ISBN-978-3-540-69512-7. BRECHER, C. Advances in Production Technology. Springer, 2015. ISBN 978-3-319-12303-5.

#### **MT-251/2021 – Físico-Químico de Interface de Compósitos Poliméricos**

Requisito recomendado: MT-226. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Introdução do conceito de interface/interfase. Interface/ Interfase. Introdução a compósitos poliméricos. Mecanismos de adesão (Ligação química, Interdifusão, Atração eletrostática, Reação química, Ligação física, Adesão mecânica). Técnicas de caracterização de superfície (Físico-química, Microscopias, Ensaio mecânicos). Tipos de substratos e matrizes (Cerâmicos, Metálicos, Polímeros). Modificação de superfícies (Definição de estudos de casos). Degradação de interface. Estudo de casos. Bibliografia: DUKE, C.B.; PLUMMER, E.W. - Frontiers in Surface and Interface Science. Elsevier, 2002. MORTENSEN, A. – Concise Encyclopedia of Composite Materials, Elsevier, 2006. CAHN, R.W.; HAASEN, P.; KRAMER, E.J. – Materials Science and Technology, VCH, 1993.

#### **MT-256/2021 – Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução e conceitos básicos de polímeros. Conceitos fundamentais de síntese e

polimerização de polímeros. Classificação e nomenclatura de polímeros. Massa molecular, distribuição de massa molecular e polidispersividade. Medidas de massa molecular. Conformação e estereoregularidade de polímeros. Propriedades de polímeros no estado sólidos. Correlação estrutura/propriedades. Cristalinidade em polímeros. Caracterização física e micro-estrutural. Transições de fase em polímeros. Fatores que determinam propriedades em polímeros. Processos de conformação e manufatura de polímeros termoplásticos e termorrígidos. Propriedades elásticas de polímeros. Viscoelasticidade em polímeros. Propriedades mecânicas e ensaios. Propriedades térmicas de polímeros. Propriedades em fadiga. Introdução à compósitos. Reforços, preformas e arquitetura de reforço. Adesão, interface e tratamento superficial. Micromecânica. Processos de manufatura. Fatores que determinam propriedades em compósitos. Fração em volume e massa e célula unitária. Propriedades térmicas para uso aeroespacial. Macromecânica e rigidez. Propriedades elásticas. Bibliografia: HULL, D.; CLYNE, T.W. An Introduction to Composite Materials – 2<sup>nd</sup> ed. , Cambridge University Press, 1996. YOUNG, R. J.; LOVELL, P. A. Introduction to Polymers – 3<sup>rd</sup> ed. , CRC Press, 2011. WARD, I. M.; SWEENEY, J. S. Mechanical Properties of Solid Polymers – John Wiley & Sons, 2013.

### **MT-257/2021 – Compósitos Termoestruturais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à compósitos. Matrizes cerâmicas e metálicas para compósitos termoestruturais. Reforços cerâmicos e metálicos para compósitos termoestruturais. Preformas e arquitetura de reforço. Adesão, interface e tratamento superficial. Micromecânica. Processos de manufatura. Correlação estrutura/propriedades. Caracterização física e micro-estrutural. Fatores que determinam propriedades em compósitos termoestruturais. Propriedades térmicas para uso aeroespacial. Macromecânica e rigidez. Propriedades elásticas. Propriedades elétricas. Compósitos de matriz cerâmica. Compósitos de matriz carbonosa. Compósitos de matriz metálica. Compósitos termoestruturais em sistemas de energia. Bibliografia: HULL, D.; CLYNE, T.W., An Introduction to Composite Materials – 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 1996. CAHN, R.W., P. HAASEN, P., KRAMER, E. J. Structure and properties of composites – vol. 13, Materials Science and Technology Series, 1990. CHAWLA, K. K. Ceramic Matrix Composites 2<sup>nd</sup> ed. , Kluwer Academic Publishers, 431 p. USA, 2003.

### **MT-271/2021 – Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estrutura e ligação em carbonos. Imperfeições e ordem estrutural. Alotropia, polimorfismo e alotropismo. Matérias-primas e processos para manufatura de materiais carbonosos. Carbonos poliméricos, coques e piches. Mesofases na manufatura de carbonos grafitizáveis. Fibras de Carbono: processamento e propriedades de uso em engenharia. Grafite: processamento e propriedades. Compósitos carbono reforçado com fibras de carbono: processamento e propriedades termo-mecânicas. Compósitos poliméricos reforçados com fibras de carbono: processamento e propriedades. Caracterização micro-estrutural de materiais carbonosos. Propriedades térmicas de Carbonos para uso Aeroespacial. Resistência e Propriedades Elásticas de Carbonos sólidos e compósitos. Propriedades elétricas de Carbonos. Carbonos modificados. Nanomateriais de carbono e seus usos em engenharia. Propriedades superficiais de carbonos. Uso de carbono em sistemas de energia. O carbono sólido como um material de uso em engenharia. Características superficiais de carbono. Porosidade e reatividade. Resistência a oxidação e inibição contra oxidação. Bibliografia: DELHAËS, P., Fibers and Composites – 1<sup>st</sup> ed. , Gordon and Breach Sci Publishers, 2001. SAVAGE, J., Carbon Carbon Composites – 1<sup>st</sup> Ed. , Chapman & Hall, 1993. MARSH, H.,

REINOSO, F. R., Sciences of Carbon Materials, ed., Publicaciones Universidad de Alicante, 2000.

#### **MT-279/2021 - Técnicas Instrumentais em Corrosão Eletroquímica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Reações de oxi-redução. Potencial de eletrodo. Termodinâmica de reações eletroquímicas. Pilhas eletroquímicas. Mecanismos básicos de corrosão. Reações controladas por troca de carga. Reações controladas por transporte de massa. Voltametria linear e cíclica. Voltametria hidrodinâmica. Curvas de Tafel. Impedância Eletroquímica (EIS). Impedância Eletroquímica Localizada (LEIS). Bibliografia: BRETT, S. M. A.; BRETT, A. M. O. Electrochemistry: principles and applications. Oxford: Oxford University Press, 1993. BARD, A. J.; LARRY, R. F. Electrochemical Methods: fundamentals and applications. 2. ed. Nova Iorque: Wiley, 2000. D Pletcher R Greff R Peat L M Peter J Robinson. Instrumental Methods in Electrochemistry 1st Edition, Woodhead Publishing, 2001.

#### **MT-280/2021 - Processamento Termomecânico de Ligas de Alumínio**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Alumínio e suas ligas: Introdução, história e aplicações; Tipos de ligas de alumínio e suas nomenclaturas; Solutos, precipitados e dispersóides. Conformação mecânica e modos de deformação: Introdução à conformação mecânica; Equações constitutivas do comportamento mecânico. Técnicas de caracterização de trabalho a quente: Tração; Torção; Compressão; Ensaio de laminação. Trabalho a quente de ligas de alumínio: Recristalização dinâmica; Evolução microestrutural; Textura; Mecanismos de fratura. Influência dos átomos de soluto e de dispersóides no trabalho a quente de ligas de alumínio: Precipitados dos sistemas Al-Fe, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Mn, efeitos da solidificação rápida. Ligas endurecíveis por precipitação: Dinâmica de precipitação e trabalhabilidade das ligas de alumínio das séries 2000, 6000 e 7000. Fluência e Superplasticidade. Encruamento, recristalização e crescimento de grão em ligas de alumínio. Bibliografia: MCQUEEN, H. J. et al. Hot deformation and processing of aluminum alloys. London, New York: CCR Press, 2011. Padilha, A. F.; Siciliano Jr. F. Encruamento, Recristalização, Crescimento de Grão e Textura. São Paulo, SP: ABM, 2005. Rollett, Anthony et al. Recrystallization and Related Annealing Phenomena. 2 ed. Oxford, OX, Elsevier, 2004.

#### **MT-281/2021 - Materiais Cerâmicos**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: MT-201. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos quânticos: níveis de energia, funções de onda, ligações interatômicas, teoria das bandas eletrônicas. Estruturas cristalinas: regras de empilhamento, regras de Pauling, estruturas dos óxidos cerâmicos, estruturas dos silicatos. Polimorfismo-politipismo, relações termodinâmicas, transformações reconstrutivas e deslocativas. Estruturas vítreas e amorfas: modelos estruturais. Processamento de materiais cerâmicos, técnicas de processamento de cerâmicas especiais. Bibliografia: KINGERY, W.D. et al, Introduction to ceramics, 2. ed., John Wiley & Sons, New York, 1976; VAN VLACK, L.H., Propriedades dos materiais cerâmicos, Edgard Blücher, São Paulo, 1973; ONODA, A.Y. & HENCH, L.L., Ceramic processing before firing, John Wiley & Sons, New York, 1978.

#### **MT-282/2021 - Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados**

Requisito recomendado: MT-281. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-3-1-2. Revisão sobre eletromagnetismo: Campo magnético, Momento magnético, Definições. Magnetização e materiais magnéticos: Indução magnética e magnetização,

Suscetibilidade e permeabilidade, Histereses. Origem atômica do magnetismo: Equação de Schrödinger, Efeito Zeeman, Spin do elétron, Acoplamento Spin-Orbita. Tipos de magnetismo: Diamagnetismo, Paramagnetismo, Ferromagnetismo, Antiferromagnetismo, Ferrimagnetismo. Anisotropia: magneto cristalina, Forma e Induzida. Aplicações: Sensores e atuadores espaciais. Técnicas de caracterização de materiais magnéticos: medidas de permeabilidade na faixa de frequência DC a 40 GHz. Bibliografia: SPALDIN, N. *Magnetic Materials – Fundamentals and Device Applications*, Cambridge University Press, 2003. *Ceramic materials for electronics: Processing, properties and applications*, Relva C. Buchanan, New York, 1991. *A Guide to the characterization of dielectric materials at RF and microwave frequencies*, National Physical Laboratory, Institute of Measurements and Control, 2003.

#### **MT-284/2021 – Caracterização de Materiais Cerâmicos em RF e Micro-ondas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-282. Horas semanais: 1-3-4-2. Definições Básicas. Teoria de Medidas de Micro-ondas e RF. Métodos de Medidas Padrões para Dielétricos. Análise da Permissividade e da Permeabilidade Complexa. Práticas de Medições de Materiais Dielétricos. Instrumentação e Medidas. Discussões de aplicações em sistemas aeronáuticos e espaciais. Bibliografia: CLARKE, B., GREGORY, A., CANNELL, D., PATRICK, M., WYLIE, S., YOUNGS, I. and HILL, G. *A guide to characterizations of dielectric materials at RF and microwave frequencies*, institute of Measurement and Control, 2003, ISBN 0 904457 38 9. SPALDIN, N. *Magnetic Materials-Fundamentals and Device applications*, Cambridge University Press, 2003, ISBN 0 521 81631 9. TABOLT, P., BROSSEAU, C. and KONN, A.M., *Electromagnetics and Magnetic properties of Multicomponent Metal Oxide Heterostructures: Nanometer versus Micrometer-Sized particles*, J. Apply. Phys., vol 93, 9243-9256, 2003, Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

#### **MT-285/2021 - Metalurgia do Pó**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Técnicas de obtenção de pós metálicos; Caracterização de pós (distribuição de tamanhos de partículas, morfologia, estrutura e compressibilidade); Empacotamento de pós (pós com distribuição monomodal e bimodal de partículas esféricas e não esféricas, pós com distribuição contínua de partículas); Deformação e compactação de partículas. Técnicas de conformação. Fundamentos da sinterização no estado sólido; Sinterização de mistura de pós no estado sólido; Sinterização com a presença de fase líquida; Sinterização assistida por pressão. Bibliografia: GERMAN, R.M., *Powder Metallurgy Science*, 2<sup>nd</sup> edition, Metal Powder Industries Federation, 1994. GERMAN, R.M., *Particle Packing Characteristics*, Metal Powder Industries Federation, 1995. GERMAN, R.M., *Sintering Theory and Practice*, John Wiley & Sons, 1996. RAMAKRISHNAN, P., *Powder Metallurgy in Automotive Application*, Science Publishers, 1998.

#### **MT-286/2021 – Processamento de Cerâmicas Magnéticas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-201. Horas semanais: 3-0-2-3. Introdução: Aplicações das cerâmicas magnéticas em sensores; preparação das matérias-primas para o processamento; caracterização de pós cerâmico; processos de moagem e mistura; processos de conformação; sinterização; influência dos parâmetros de processamento e sinterização na microestrutura e nas propriedades magnéticas; novas metodologias de processamento. Bibliografia: GOLDMAN, A. *Modern Ferrite Technology*. New York: Springer, 2006. 458p. VALENZUELA, R. *Magnetic Ceramics*. Cambridge University Press, 1994. 336p. REED, J. S. *Principles of Ceramic Processing*. John Wiley & Sons, 1995.

### **MT-287/2021 - Produção de Componentes Aeronáuticos por Sinterização**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão da teoria clássica de sinterização. Sinterização via fase líquida. Sinterização de pós-cerâmicos e metálicos. Técnicas de sinterização de componentes aeronáuticos cerâmicos e metálicos. Bibliografia: KINGERY, W.D., BOWER, H.K., & UHLMANN, d.r., Introduction to ceramics, John Wiley & Sons, New York, 1976; Artigos de revistas técnicas especializadas, a critério do professor.

### **MT-289/2021 - Processamento Laser de Materiais**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios de óptica e radiação. Tipos de lasers e fundamentos de operação. Parametrização dos lasers. Interações laser-matéria. Aplicações industriais. Tratamentos de superfície. Corte e furação. Soldagem. Aspectos metalúrgicos da soldagem. Prototipagem rápida. Aplicações do laser em fábricas. Aplicações do laser em aeronáutica e espaço. Novos desenvolvimentos. Nanotecnologia e lasers. Gerenciamento da manufatura assistida por laser. Aspectos econômicos do processo. Aquisição de workstations. Consumíveis. Segurança operacional. Bibliografia: ION, J.C., Laser Processing of Engineering Materials: Principles, procedure and industrial application. Elsevier, 2005. 416p. READY, J.F., et al. (eds.) Lia Handbook of Laser Materials Processing. Magnolia Publising, 2001, 715p. PORTER, D.A., EASTERLING, K.E. Phase Transformations in Metals and Alloys. CRC Press, 2a. edição, 2004, 514p.

### **MT-291/2021 - Termodinâmica dos Materiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MT-201 ou disciplina equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Leis da termodinâmica, variáveis termodinâmicas, equilíbrio de sistemas, sistemas unitário, multicomponente, heterogêneos reativos e não-reativos, diagrama de fases. Bibliografia: DEHOFF, R.T., Thermodynamics in materials science, McGraw-Hill Inc, 1993. RAGONE, D.R., Thermodynamics of materials - v.1, Jonh Wiley & Sons, 1995. RAGONE, D.R., Thermodynamics of materials - v.2, Jonh Wiley & Sons, 1995.

### **MT-292/2021 - Materiais com Efeito de Memória de Forma**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Introdução à teoria das transformações martensíticas. Transformações martensíticas: não-termoelástica e termoelástica. Relação entre transformação martensítica e Efeito de Memória de Forma. Efeito de Memória de Forma e pseudoelasticidade. Tipos de Materiais com Efeito de Memória de Forma: ligas a base de cobre, ligas a base de ferro, ligas para altas temperaturas, ligas NiTi, ligas NiTiNb, ligas TiNbZr, NiTiCu, NiTiAg, etc. Processos de fabricação, características e aplicações. Bibliografia: OTSUKA, K. and WAYMAN, C. M., Shape Memory Materials, Cambridge University Press, 1999, ISBN 0 521 663849. LAGOUDAS, D. C. Shape Memory Alloys, Springer, e-ISBN: 978-0-387-47685-8, DOI: 10.1007/978-0-387-47685-8, 2008. OTSUKA, K. & REN, X., Physical Metallurgy of Ti-Ni based Shape Memory Alloy, Progress in Materials Science, 50, 511-678, 2005, Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

### **MT-294/2021 - Tecnologia dos Aços e Ligas Especiais**

Requisito Recomendado: MT-231. Requisito Exigido: MT 201 ou Curso de Engenharia de Materiais ou Metalúrgica. Horas semanais: 3-1-0-6. Sistema Fe-C; Decomposição da Austenita e Curva TTT; Tratamentos Térmicos, Tratamentos Termoquímicos; Influência dos Elementos Químicos nos Aços; Metais e Ligas Especiais. Bibliografia: DA COSTA E SILVA, A. L. e MEI, P. R., Aços e ligas especiais, Editora Edgar

Blücher, 2ª Edição, 2006, ISBN: 85-212-0382-9; KRAUSS, G., Steels: Heat treatment and processing principles, ASM International, 2000, ISBN: 0-87170-370-X.

#### **MT-295/2021 – Compósitos Nano-Estruturados**

Requisito recomendado: FQ-225/FQ-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos e Conceituação sobre Nanotecnologia. Efeitos da nano-escala nas propriedades de compósitos. Materiais Nano-reforçados para compósitos: nanopartículas, nanofibras, nanotubos de carbono. Estrutura e propriedades da estrutura do grafeno. Whiskers de grafite. Teorema de Euler para nano-reforços. Processamento e caracterização de nano-reforços particulados e na forma de fibras. Processamento e morfologia de Fullerenos. Negro-de-fumo: processos de obtenção, caracterização, morfologia, propriedades e aplicações. Processamentos de compósitos com nano-reforços particulados e fibrosos. Funcionalização e adesão de nano-reforços para compósitos multifuncionais. Propriedades mecânicas de compósitos nano-reforçados. Propriedades térmicas de compósitos nano-reforçados. Micromecânica de Compósitos Nano-Estruturados. Características da superfície e interface em Compósitos Nano-Estruturados. Aplicações correntes de compósitos nano-reforçados. Bibliografia: DURAN, N., MATTOSO, L. H. C., MORAIS, P. C., Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. Art Liber, São Paulo, 2006. VENTRA, M.; EVOY, S.; HEFLIN Jr., J. H. INTRODUCTION TO NANOSCALE SCIENCE AND TECHNOLOGY. Springer Inc. New York, 2004. GOGOTSI, Y., Carbon Nanomaterials. CRC Press. Boca Raton. 2006.

#### **MT-296/2021 – Processamento Termomecânico de Metais e Ligas**

Requisito recomendado: MT-201 e MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-1-4. Introdução: Relação entre microestrutura e propriedades mecânicas; Principais processos de conformação termomecânica, forjamento, laminação e trefilação; Novas tecnologias: extrusão em canal angular e processos “near net shape” etc.; Exemplos concretos de processamento termomecânico. Bibliografia: VERLINDEN, B.; DRIVER, J.; SAMAJDAR, I.; DOHERTY, R. D. Thermo-Mechanical Processing of Metallic Materials. Elsevier, ISBN: 978-0-08-044497-0, 2007. DIETER, G. E. Mechanical Metallurgy. London: McGraw-Hill Book Company, ISBN: 0-07-100406-8, 1988. PORTER, D.A.; EASTERLING, K. E. Phase Transformation in Metals and Alloys, 2<sup>nd</sup> edition. Cheltenham, Stanley Thornes Pub., 2001.

#### **MT-297/2021 - Polímeros Especiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Relação estrutura e propriedades de polímeros. Polímeros termofixos (epóxi, resina furfurílica, resina fenólica) e termoplásticos (PEEK, PPS, poliimidas) resistentes a altas temperaturas. Fibras poliméricas de alto desempenho (aramidas, PBO, polietileno de ultra alta massa molar). Polímero líquido cristalino. Polímeros intrinsecamente condutores (polipirrol, polianilina, polifenileno). Polímeros inorgânicos (siliconas). Colóides (látices, géis). Espumas e polímeros celulares. Membranas. Materiais inteligentes e aplicações. Bibliografia: OLABISI, O., Handbook of thermoplastics, New York: Marcel Dekker, 1997. KROSCWITZ, J. I., High performance polyformance and composites, New York: John Wiley & Sons, 1991.

#### **MT-299/2021 - Transformações Martensíticas**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: MT-201 ou Curso de Engenharia de Materiais ou Metalurgia. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução às transformações martensíticas; Aspectos gerais da cristalografia da transformação martensítica;



Classificação das transformações martensíticas; Transformações martensíticas nos aços; Estabilização da austenita; Transformação martensítica e Efeito de Memória de Forma. Bibliografia: NISHIYAMA, Z., Martensitic transformation, Academic Press, New York, 1973. OTSUKA, K. & Wayman, C.M., Shape Memory Materials, Cambridge University Press, Cambridge, 1998. Otubo, J. Desenvolvimento de Ligas Inoxidáveis com Efeito de Memória de Forma – Caracterização e Elaboração, Capítulos 1, 2 e 3, Tese de Doutorado, Unicamp, 1996.

### **TE-210/2021 - Materiais Ablativos / Ablative Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Considerações preliminares sobre materiais ablativos. Histórico de materiais ablativos. Compósitos ablativos. Proteções térmicas para re-entrada atmosférica. Proteções térmicas para sistemas balísticos. Mecanismos e fenômeno de ablação. Radiação e emissividade. Reações associadas em ablação e mudança de fase. Comportamento térmico sob ablação para metais, cerâmicos e polímeros. Requisitos de sistemas ablativos. Matrizes poliméricas rígidas e flexíveis (silicone, EPDM, SBR, NBR, resinas fenólicas) para materiais ablativos. Reforços para materiais ablativos (fibras de carbono, quartzo e aramida). Cortiça em sistemas ablativos, formulação e caracterização. Fabricação de materiais ablativos. Técnicas de caracterização e avaliação (ensaios mecânicos, microscopia eletrônica, análises térmicas, condutividade térmica, propriedades elétricas). Materiais ablativos nano-estruturados (nanotubos, nanofibras, negro de fumo e argilas).

Syllabus:

Preliminary concepts of ablative materials. Historical perspective of ablative materials. Ablative composites. Re-entry thermal protection systems. Ballistic thermal protections. Mechanisms and phenomenon of ablation. Radiation and emissivity. Associated reactions in ablation and phase change. Thermal behaviour of metals, ceramics and polymers under ablation. Requirements of ablative systems. Stiff and resilient polymeric matrices (silicone, EPDM, SBR, NBR, phenolic resins) for ablative materials. Reinforcements for ablative composites (carbon fibers, quartz and polyaramid). Cork in ablative systems, formulation and characterization. Fabrication of ablative materials. Techniques of characterization and evaluation (mechanical tests, microscopy, thermal analysis, thermal conductivity, electrical properties). Nanostructured ablative materials (nanotubes, nanofibers, clay, carbon black). Bibliografia: Dimitrienko, Y. I. Thermomechanics of Composites under High Temperatures. Kluwer Academic Publishers. 359 p. 1999. Dunn, B. D. Materials and Processes for Spacecraft and High Reliability Applications. Springer International Publishing Switzerland. 667. 2016. Prasad, N. E. Wanhill, R.J. H. Aerospace Materials and Materials Technology. v.1 Aerospace Materials. Springer Science. 586 p. 2017.

### **TE-222/2021 – Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. 1 – Introdução à soldagem; 2 – Fundamentos da metalurgia física de soldagem; 3 – Processos de soldagem (convencionais e especiais). 4 – Terminologia e simbologia de soldagem. 5 – Soldagem de ligas metálicas aeroespaciais (ligas ferrosas, ligas de alumínio e ligas de titânio); 6 – Ensaios mecânicos de juntas soldadas; 7 – Técnicas metalográficas para solda; 8 – Normas e qualificação em soldagem; 9 – Laboratório de soldagem a laser.

Syllabus

1 - Introduction to welding; 2 - Fundamentals of welding physical metallurgy; 3 - Welding processes (conventional and special); 4 - Terminology and symbology of

welding; 5 - Welding of aerospace metallic alloys (ferrous alloys, aluminum alloys and titanium alloys); 6 - Mechanical testing of welded joints; 7 - Metallographic techniques for welding; 8 - Standards and qualification in welding; 9 - Laboratory of laser welding. Bibliografia: 1 WAINER, E.; et al. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo: Blucher, 1992. 494p. 2 DULEY, W. W. Laser welding. 1 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1998. 3 MARQUES, P. V.; et al. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005, 362p.

## **6. ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO - PG/EEC**

### **6.1 Objetivos do PG/EEC**

O Programa de Engenharia Eletrônica e Computação PG/EEC tem como objetivo a formação de profissionais nos níveis de mestrado e doutorado, para atuarem em ensino, pesquisa e desenvolvimento, dotando seus alunos com formação acadêmica sólida nas áreas de conhecimento da Eletrônica e Computação. No PG/EEC são estudadas e desenvolvidas técnicas que possam contribuir para o estabelecimento de tecnologias adequadas à realidade brasileira, com ênfase em aplicações no Setor Aeroespacial.

O PG/EEC congrega docentes de duas Divisões do ITA:

- Divisão de Engenharia Eletrônica (IEE); e
- Divisão de Ciência da Computação (IEC).

### **6.2 Áreas de Concentração do PG/EEC**

As atividades de ensino e pesquisa estão divididas em cinco áreas de concentração:

#### **• Dispositivos e Sistemas Eletrônicos - PG/EEC-D**

A área de Dispositivos e Sistemas Eletrônicos concentra as suas atividades em Microeletrônica (circuito integrado analógico, circuito integrado digital, circuito integrado wireless, circuito integrado e sensor de imageamento, integração de circuitos de microeletrônica para um circuito integrado de uso aeronáutico, integração de circuitos de microeletrônica para um circuito integrado de uso biomédico) e Sistemas Embarcados (piloto automático de aeronaves, efeitos de radiação em circuitos microeletrônicos, circuitos analógicos e circuitos digitais, sistemas autônomos aéreos, sinais e sistemas embarcados de imagem e vídeo, análise de dados de imagem e vídeo em sistema embarcado com inteligência artificial, sistemas embarcados de aplicação biomédica, inteligência artificial em dispositivos e sistemas eletrônicos).

#### **• Informática - PG/EEC-I**

Tem como objetivo capacitar o pós-graduando a estabelecer contato com o estado-da-arte em Ciência da Computação, habilitando-o a desenvolver projetos utilizando sistemas de computação. As atividades realizadas pelo PG/EEC-I frequentemente têm característica multidisciplinar, e abrangem pesquisas em Teoria e Matemática Computacional (desenvolvimento de métodos numéricos para modelagem e simulação de sistemas complexos e multifísicos, obtenção de soluções exatas ou aproximadas para problemas de otimização com natureza combinatória, técnicas de paralelização,

otimização e computação de alto desempenho), Sistemas Autônomos e Ciência de Dados (técnicas de análise de dados, aprendizado de máquina e big data, análise de redes complexas e processos de descoberta de conhecimento, estudo do comportamento inteligente e sua realização em máquinas computacionais, aplicações voltadas à robótica e à percepção por máquina), Software e Sistemas de Informação (desenvolvimento de métodos de modelagem de sistemas de software e informação, engenharia de ontologia, sistemas colaborativos, desenvolvimento de métodos e processos para especificação, implementação, verificação e safety de sistemas críticos) e Redes, Segurança Computacional e Defesa Cibernética (métodos e técnicas de análise e projeto de redes e/ou sistemas distribuídos, segurança computacional, defesa cibernética, redes definidas por software, computação em nuvem, cidades inteligentes e internet das coisas).

#### • **Micro-ondas e Optoeletrônica - PG/EEC-M**

Os enfoques desta área são aplicações aeroespaciais em Antenas (antenas de microfita, circuitos passivos e ativos para sistemas de RF e micro-ondas, métodos dos momentos para análise de antenas e circuitos de microfita, análise eletromagnética de antenas conformadas sobre estruturas complexas) e Optoeletrônica (dispositivos para sistemas sensores e instrumentação, fotônica para geração de sinais de micro-ondas e enlaces ópticos, sistemas do tipo laser-ultrassom para ensaios não destrutivos, dispositivos eletro-ópticos e acusto-ópticos para aplicações em telecomunicações e instrumentação óptica).

#### • **Sistemas e Controle - PG/EEC-S**

Esta área abrange dois campos de pesquisa: Controle de Sistemas Aeroespaciais (pesquisa e desenvolvimento de métodos e algoritmos para guiamento, pilotagem e navegação de veículos/plataformas aeroespaciais tais como aviões, foguetes, satélites e helicópteros, tripulados ou não; avaliação, pesquisa e desenvolvimento de contribuições em teoria de controle e em teoria de sistemas com potencial de aplicação em soluções de engenharia de controle para sistemas aeroespaciais) e Controle de Sistemas Industriais e de Bioengenharia (pesquisa e desenvolvimento de técnicas de modelagem, simulação, análise, estimação, otimização e controle, incluindo sua implementação e validação tendo em vista aplicações industriais e de bioengenharia; aplicações de interesse incluem robótica, controle de processos, automação, instrumentação, máquinas elétricas e sistemas biomédicos).

#### • **Telecomunicações - PG/EEC-T**

A área desenvolve atividades de ensino e pesquisa correlatas aos seguintes tópicos: Teoria e Sistemas de Comunicações (aplicações em codificação de fonte e compressão de dados/imagens, codificação de canal, sistemas de comunicação de múltiplo acesso, massive MIMO, modulação/demodulação de sinais, propagação ionosférica, modelos de desvanecimento, estimação de canais, localização com sinais de oportunidade) e Processamento Digital de Sinais e Imagens (teoria e métodos de processamento de sinais, aplicações em sensoriamento remoto, refletometria, formação e processamento de imagens de radar de abertura sintética (SAR), radar de vigilância, arranjos de antenas, sistemas de navegação por satélite (GNSS), sistemas autônomos, localização cooperativa, fusão de sensores e processamento de sinais distribuído em redes/grafos).

## 6.3 Corpo Docente do PG/EEC

### 6.3.1 Corpo Docente Permanente

Adilson Marques da **Cunha**, D.Sc., George Washington Univ., 1987.  
Inteligência Artificial, Engenharia de Software, Sistemas de Informação  
Computadorizados.  
(e-mail: cunha@ita.br)

**Alison** de Oliveira Moraes, D.C., ITA, 2013.  
GNSS, Aviônica, Telemetria Aeroespacial, Geofísica Espacial, Análise da ionosfera  
com ênfase nos efeitos das bolhas de plasma que afetam sinais de rádio.  
(e-mail: alisonaom@iae.cta.br)

**Cairo** Lúcio Nascimento Júnior, Ph.D., UMIST, Inglaterra, 1994.  
Redes Neurais Artificiais e suas Aplicações em Controle, Filtragem Estocástica,  
Robótica, Teoria de Controle e suas Aplicações.  
(e-mail: cairo@ita.br)

Carlos Alberto **Alonso** Sanches, D.C., ITA, 2003.  
Teoria da Computação, Elaboração e Análise de Algoritmos Paralelos.  
(e-mail: alonso@ita.br)

**Carlos** Henrique Costa **Ribeiro**, Ph.D., Imperial College, 1998.  
Robótica Móvel, Aprendizagem e Métodos Adaptativos, Inteligência Artificial,  
Otimização Combinatória.  
(e-mail: carlos@ita.br)

Celso Massaki **Hirata**, Ph.D., Imperial College, 1995.  
Simulação Discreta, Processamento Distribuído, Processamento Paralelo.  
(e-mail: hirata@ita.br)

**Daniel** Chagas do Nascimento, D.C., ITA, 2013.  
Engenharia Elétrica, com ênfase em Teoria Eletromagnética, Micro-ondas, Propagação  
de Ondas, Antenas de microfita, Circuitos Passivos e Ativos.  
(e-mail: danielcn@ita.br)

**Eduardo** Lenz Cesar, D.C., UFSC, 2017.  
Engenharia Elétrica, com ênfase em Controle Aplicado à Eletrônica de Potência.  
(e-mail: edulenz@ita.br)

**Felix** Dieter Antreich, Ph.D., Technische Universitaet Muenchen, 2011  
Engenharia Elétrica, *Satellite Navigation*.  
(e-mail: antreich@ieee.org)

**Gabriela** Werner Gabriel, Ph.D., UNICAMP, 2018.  
Teoria de Controle Aplicada a Sistemas Híbridos e Sistemas Markovianos e suas  
Aplicações em Sistemas Robóticos.  
(e-mail: ggabriel@ita.br)

**Gefeson** Mendes Pacheco, D.C., INPE, 1994.  
Dispositivos Optoeletrônicos, Processamento Óptico, Eletromagnetismo Aplicado.  
(e-mail: gpacheco@ita.br)

Jairo **Panetta** – D.C., Purdue University, 1985.  
Computação científica, Supercomputação, Processamento Paralelo e Processamento de Alto Desempenho.  
(e-mail: jairo.panetta@cptec.inpe.br)

João Luiz Filgueiras **Azevedo**, Ph.D., Stanford, 1988.  
Aerodinâmica Computacional.  
(e-mail: azevedo@ita.br)

**Joaquim** José Barroso de Castro, D.C., INPE, 1988.  
Eletrônica de Micro-ondas em Eletromagnetismo Aplicado.  
(e-mail: barroso@ita.br)

José Maria **Parente** de Oliveira, D.C., ITA, 2003.  
Ontologia, *Big Data*, Ciência de Dados, Dados Conectados.  
(e-mail: parente@ita.br)

Karl Heinz **Kienitz**, Dr. Sc. Techn., Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), 1990.  
Controle Robusto, Controle de Sistemas Aeroespaciais, Aplicações de Teoria de Controle, Conjuntos Nebulosos.  
(e-mail: kienitz@ita.br)

**Leonardo** Ramos Rodrigues, D.C., ITA, 2013  
Monitoramento de Sistemas, Detecção de Falhas, Prognóstico de Falhas.  
(e-mail: leonardolrr@iae.cta.br)

**Lester** de Abreu Faria, D.C., ITA, 2014.  
Eletrônica aplicada, Microeletrônica Analógica e Digital, Circuitos Mistos.  
(e-mail: lester@ita.br)

Luiz Alberto **Vieira Dias**, Ph.D., Technische Universität Berlin, 2008.  
Engenharia de Software.  
(e-mail: vidas@ita.br)

Mangalathayil Ali **Abdu**, D.C., Physical Research Laboratory Gujarat University (PRL), 1966.  
Física solar-terrestre, Geofísica Espacial, Ciências Espaciais e Atmosféricas, Física de Ionosfera e Aeronomia.  
(e-mail: ma.abdu@ita.br)

Marcelo da Silva **Pinho**, D.C., PUC-RIO, 2000  
Sistemas de Telecomunicações, Codificação de Fonte, Compressão de Imagens, *String Matching*, *Universal Source Coding*, *Lempel-Ziv Coding*.  
(e-mail: mpinho@ieee.org)

Marcelo Gomes da Silva **Bruno**, Ph.D, Carnegie Mellon University, 1998.  
Estimação Bayesiana Aplicada a Processamento de Sinais, Filtros de Partículas, Redes Bayesianas, Telecomunicações e Robóticas, Modelos Estatísticos para Processamento de Imagens, Detecção Distribuída, Fusão de Sensores.  
(e-mail: bruno@ita.br)

Marcos Ricardo Omena de Albuquerque **Maximo**, D.C., ITA, 2017.  
Robótica Móvel, Sistemas Autônomos, Inteligência Artificial, Controle.  
(e-mail: mmaximo@ita.br)

**Nei Yoshihiro Soma**, Ph.D., Sheffield Univ., 1992.  
Otimização Combinatória, Teoria da Computação; Autômatas Celulares.  
(e-mail: nysoma@ita.br)

**Osamu Saotome**, Ph.D., Tokyo I. T., 1987.  
Processamento Digital de Sinais, Comunicação Digital.  
(e-mail: osaotome@ita.br)

**Paulo André** Lima de Castro, D.C., USP, 2009.  
Inteligência artificial com ênfase em Sistemas Multiagentes.  
(e-mail: pauloac@ita.br)

Paulo Marcelo **Tasinaffo**, D.C., INPE, 2003.  
Inteligência Artificial, Redes Neurais Artificiais, Sistemas de Controle, Otimização de Sistemas Dinâmicos.  
(e-mail: tasinafo@ita.br)

**Renan** Lima Pereira, D.C., ITA, 2014.  
Controle de Processos, Controle Robusto, LMI, Identificação de Sistemas e Inteligência Artificial.  
(e-mail: renanlimaster@gmail.com)

**Renato** Machado, D.C., UFSC, 2008.  
Comunicações e Processamento Digital de Sinais, Sistemas de Comunicação sem Fio, Processamento de Imagens SAR, Sistemas Cooperativos e Comunicação via Rede Elétrica.  
(e-mail: renatomachado@ieee.org)

Roberto d'**Amore**, D.C., ITA, 1998.  
Arquitetura de Sistemas Digitais Integrados, Circuitos para Controladores Nebulosos e Microeletrônica.  
(e-mail: damore@ita.br)

Roberto **Kawakami** Harrop Galvão, D.C., ITA, 1999.  
Controle Preditivo; Processamento de Sinais, Identificação de Sistemas empregando Wavelets.  
(e-mail: kawakami@ita.br)

**Rubens** Junqueira Magalhães Afonso, D.C., ITA, 2015.  
Controle Preditivo, Planejamento de Trajetórias para Veículos Aéreos Não-Tripulados.  
(e-mail: rubensjm@ita.br)

**Takashi** Yoneyama, Ph.D., Imperial College, Inglaterra, 1983.  
Controle Ótimo, Controle Estocástico, Aplicações de Técnicas de Inteligência Artificial em Controle.  
(e-mail: takashi@ita.br)

Vitor Venceslau **Curtis**, D.C, ITA, 2018.  
Análise e Desenvolvimento de Algoritmos e suas Aplicações.  
(e-mail: curtis@ita.br)

### 6.3.2 Corpo Docente Colaborador

**Duarte** Lopes de Oliveira, D.C., EPUSP 2004.  
Circuitos Assíncronos, Síntese Lógica e Comportamental, Módulos Síncronos e Assíncronos.  
(e-mail: duarte@ita.br)

**Filipe** Alves Neto **Verri**, D.C., USP, 2018.  
Ciência de Dados, Aprendizado de Máquina, Redes Complexas, Sistemas Complexos.  
(e-mail: verri@ita.br)

Ildefonso **Bianchi**, D.C., ITA, 2006.  
Antenas, Rede de Antenas, Circuitos Passivos em Microfita, Micro-ondas.  
(e-mail: ibianchi@ita.br)

**Monica** Mitiko Soares Matsumoto, Ph.D., Universidade da Pensilvânia, 2014.  
Engenharia Biomédica, Processamento de Sinais Biológicos, Processamento de Imagens Médicas, Reconhecimento de Padrões.  
(e-mail: matsumoto@ita.br)

## 6.4 Processo de Admissão no Programa

O PG/EEC tem dois processos seletivos ao ano. O candidato inscreve-se em uma Área de Concentração no período de seleção estabelecido em calendário divulgado pela Divisão de Pós-Graduação. O processo de admissão consiste em análise curricular, avaliação do projeto de pesquisa, disponibilidade de dedicação ao curso e entrevista. A escolha de uma Área de Concentração deve ser precedida de uma análise de cada área e suas linhas de pesquisa, uma vez que um determinado tópico de pesquisa pode ser abordado por várias Áreas de Concentração, de acordo com a ênfase da aplicação. É recomendável que o candidato, em caso de dúvida, contate o Representante da Área de Concentração à qual deseja se vincular. Uma vez aceito, o aluno deve requisitar matrícula na Área de Concentração escolhida, semestralmente (ver item 6.5.1).

## 6.5 Estrutura Curricular do PG/EEC

### 6.5.1 Informações Gerais do PG/EEC

O candidato aceito para uma determinada Área de Concentração deve incluir na matrícula uma proposta detalhada de Plano de Trabalho e Cronograma de Atividades, previamente definidos com um orientador acadêmico ou de tese do Curso. Deve também compor, de comum acordo com o orientador e o Representante da Área, um Programa de Estudos que compreenda um elenco de disciplinas e o tópico de tese. Do elenco de disciplinas devem constar aquelas consideradas obrigatórias para a Área em questão, complementadas por disciplinas eletivas da Área. Além destas podem compor o programa disciplinas de outras áreas de concentração do Curso, de outros Cursos do ITA, e mesmo disciplinas de Cursos de outras Instituições. Os alunos do Curso de Pós-Graduação devem estar cientes de que a aprovação em uma disciplina não lhes garante os créditos automaticamente.

O conjunto de disciplinas e o tema de tese devem ser coerentes e aprovados pelo Representante da Área de Concentração. O Programa de Estudos é complementado por um exame de proficiência em língua inglesa e pela defesa de tese. Informações detalhadas podem ser obtidas no sítio da Pós-graduação.

Nas matrículas semestrais subsequentes, o aluno deve apresentar uma descrição da evolução do seu Plano de Trabalho.

## 6.5.2 Disciplinas do PG/EEC

### 6.5.2.1 Dispositivos e Sistemas Eletrônicos - PG/EEC-D

#### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
EA-500	Tese †	0
EA-253	Projeto em Eletrônica Aplicada *	3
EA-284	Sistemas VLSI *	3

#### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AE-251	Monitoramento de Saúde Estrutural de Aeronaves &&& / Aircraft Structural Health Monitoring	1
EA-125	Sistemas Digitais Programáveis	2
EA-127	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	2
EA-160	Confiabilidade de Sistemas Eletrônicos	2
EA-211	Teoria de Confiabilidade de Sistemas Eletrônicos	3
EA-250	Plataformas Embarcadas &&& / Embedded Platforms &&&	3
EA-251	Plataformas Virtuais e Reconfigurabilidade em Tempo de Execução / Virtual and Run-time Reconfigurable (RTR) Platforms	3
EA-252	Análise de Circuitos Eletrônicos Assistida por Computador	3
EA-254	Microcontroladores e Sistemas Embarcados	3
EA-262	Introdução às Plataformas Embarcadas e Virtuais / Introduction to Embedded and Virtual Platforms	1
EA-263	Projeto Avançado de Sistema para Sistemas Eletrônicos de Tempo Real &&& / Advanced System Design of Real-time Electronic System &&&	2
EA-265	Projeto de Circuitos Integrados MOS / MOS Integrated Circuits Design	3
EA-266	Arquitetura de Computadores	3
EA-268	Processadores de Sinais Digitais	3
EA-269	Dispositivos Lógicos Programáveis para Processamento Intensivo	3
EA-275	Autenticação Biométrica Aplicada à Segurança de Informações	3
EA-276	Projetos de Filtros Ativos e de Filtros Digitais	3
EA-277	Linguagem VHDL: Descrição e Síntese de Circuitos Digitais	3
EA-279	Arquitetura de Computadores II	3



EA-281	Otimização de Sistemas Digitais	3
EA-282	Projeto de Circuitos Assíncronos	3
EA-283	Introdução aos Sistemas VLSI	3
EA-288	Introdução à Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto	3
EA-289	Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
EA-291	Pilotos Automáticos para VANTs	3
EA-292	Elementos de Sistemas de Navegação	3
EA-293	Projetos de Circuitos Integrados MOS em Rádio Frequência / Radio Frequency MOS Integrated Circuits Design	3
EA-296	Imagens Médicas I	3
EA-298	Ferramentas CAD Eletrônico Avançado para Circuitos Integrados Analógicos de Baixa e Alta Frequência	3
EA-306	Seminários em Dispositivos e Sistemas para Segurança Cibernética	1
EA-308	Seminários em Sistemas Embarcados em Dispositivos Eletrônicos Reconfiguráveis	1
EA-600	Estágio Docência ***	3

### 6.5.2.2 Informática - PG/EEC-I

#### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
CT-208	Matemática da Computação **	3
CT-234	Estruturas de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Estrutural *	3
CT-300	Seminário de Tese */**	1
CT-500	Tese †	0

#### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
CC-223	Análise de Humanos com Visão Computacional	3
CC-226	Introdução à Análise de Padrões	3
CC-236	Modelagem de Simulação por Computadores	3
CC-282	Modelos de Computação Concorrente	3
CC-293	Tópicos em Computação Gráfica	3
CC-294	Síntese de Imagens	3
CC-297	Elementos de Mecânica dos Flúidos Computacional <sup>&amp;&amp;&amp;/</sup> Elements of Computational Fluid Mechanics <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
CC-298	Métodos Numéricos em Mecânica dos Flúidos / Numerical Methods in Fluid Mechanics	3
CC-299	Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods	3
CC-403	Estimação, Controle de Atitude e Navegação	1
CE-220	Fundamentos de Engenharia de Software	3
CE-224	Programação Orientada a Objetos	3
CE-227	Tópicos Avançados em Orientação a Objetos	3

CE-229	Teste de Software &&&	3
CE-230	Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software &&&	3
CE-235	Sistemas Embarcados de Tempo Real &&&	3
CE-237	Tópicos Avançados em Teste de Software &&&	3
CE-240	Projeto de Sistemas de Banco de Dados &&&	3
CE-245	Tecnologia da Informação &&&	3
CE-261	Representação de Conhecimento e Inferência	3
CE-262	Tópicos em Web Semântica	3
CE-263	Técnicas de Armazenamento e Análise de Dados Massivos	3
CE-265	Processamento Paralelo	3
CE-267	Especificação e Verificação Formal de Sistemas de Tempo Real	3
CE-279	Dependabilidade de Software	3
CE-281	Segurança Lógica de Software	3
CE-283	Governança de Tecnologia de Informação	3
CE-284	Fundamentos de Segurança Cibernética / Fundamentals of Cybersecurity &&&	3
CE-285	Sistemas de Hiperídia	3
CE-287	Sistemas Colaborativos	3
CE-288	Programação Distribuída	3
CE-289	Internet das Coisas / Internet of Things	3
CE-293	Computação Social Avançada	3
CE-294	Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software	3
CE-297	Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais &&&	3
CE-298	Desenvolvimento de Software em Sistemas Críticos de Segurança Aeronáuticos	3
CE-299	Inteligência Artificial para Segurança Cibernética/Artificial Intelligence for Cybersecurity	3
CM-201	Projeto e Fabricação de Robôs Móveis	3
CM-202	Planejamento e Controle para Robótica Móvel	3
CT-200	Fundamentos de Autômatas e Linguagens Formais	3
CT-201	Lógica para Ciência de Computação	3
CT-204	Projetos de Robótica Móvel	3
CT-213	Inteligência Artificial para Robótica Móvel &&&/ Artificial Intelligence for Mobile Robotics &&&	3
CT-214	Percepção, Linguagem e Mundo	3
CT-215	Fundamentos de Inteligência Artificial/Artificial Intelligence Foundations	3
CT-220	Sistemas Multiagentes	3
CT-221	Redes Neurais com Aprendizagens Clássica e Profunda	3
CT-223	Tópicos em Inteligência Artificial &&&/ Topics in Artificial Intelligence &&&	3
CT-236	Redes Sociais Complexas &&&	3
CT-246	Redes de Computadores	3
CT-436	Tópicos em Redes Sociais Complexas	1
CT-600	Estágio Docência ***	3
PO-203	Programação Inteira	3

PO-213	Econometria Aplicada	3
PO-233	Aprendizagem de Máquina	3
SC-249	Simulação de Drones e Aplicações	3

### 6.5.2.3 Micro-ondas e Optoeletrônica - PG/EEC-M

#### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
EC-212	Teoria Eletromagnética */**	3
EC-301	Seminário de Tese */**	1
EC-500	Tese †	0

#### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
EC-107	Eletromagnetismo I	1
EC-108	Eletromagnetismo II	1
EC-110	Antenas	3
EC-175	Fundamentos de Engenharia Fotônica	2
EC-176	Processamento Óptico de Sinais	2
EC-213	Engenharia de Micro-ondas	3
EC-214	Análise e Medidas de Dispositivos em RF e Micro-ondas	3
EC-220	Fibras Ópticas: Teoria e Aplicações	3
EC-221	Dispositivos Eletro-ópticos e Acusto-ópticos	3
EC-225	Circuitos Integrados Ópticos	3
EC-240	Comunicações Ópticas	3
EC-241	Dispositivos Especiais em Fibra Óptica	3
EC-244	Análise de Guias de Micro-ondas e Óptico pelo Método de Elementos Finitos	3
EC-260	Teoria de Antenas	3
EC-262	Antenas de Microlinha	3
EC-263	Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica	3
EC-266	Dispositivos a Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica	3
EC-273	Ondas Guiadas	3
EC-277	Circuitos Passivos em Microlinha	3
EC-278	Circuitos Ativos em Micro-ondas	3
EC-290	Métodos Matemáticos do Eletromagnetismo	3
EC-600	Estágio Docência	3
EM-210	Redes de Antenas	3

### 6.5.2.4 Sistemas e Controle - PG/EEC – S

#### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
EE-209	Sistemas de Controles Não Lineares * / Nonlinear Control Systems *	3

EE-210	Tópicos em Sistemas de Controle ** / Topics in Systems and Control **	3
EE-301	Seminário e Tese */** / Thesis Seminar */**	1
EE-500	Tese †	0

**b) Disciplinas Eletivas**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
EE-191	Introdução à Engenharia de Sistemas / Introduction to Systems Engineering	2
EE-208	Sistemas de Controles Lineares / Linear Control Systems	3
EE-214	Inteligência Artificial em Controle e Automação / Artificial Intelligence in Control and Automation	3
EE-231	Métodos Numéricos em Controle / Numerical Methods in Control	3
EE-240	Controle Tolerante a Falhas / Fault Tolerant Control	3
EE-253	Controle Ótimo de Sistemas / Optimal Systems Control	3
EE-254	Controle Preditivo / Predictive Control	3
EE-265	Controle Não Linear Adaptativo / Nonlinear Adaptive Control	3
EE-266	Identificação e Filtragem / Identification and Filtering	3
EE-267	Controle Estocástico / Stochastic Control	3
EE-271	Sistemas Multivariáveis Lineares / Linear Multivariable Systems*	3
EE-273	Controladores Lineares Robustos / Linear Robust Controllers	3
EE-294	Sistemas de Pilotagem e Guiamento / Guidance and Control Systems	3
EE-295	Sistemas de Navegação Inercial e Auxiliados por Fusão Sensorial && / Inertial and Sensor Fusion Aided Navigation Systems &&	3
EE-442	Conjuntos Difusos na Modelagem de Sistemas Dinâmicos / Fuzzy Sets in the Modelling of Dynamic Systems	1
EE-600	Estágio Docência ***	3
EE-601	Estágio Pesquisa	3

**6.5.2.5 Telecomunicações - PG/EEC-T**

**a) Disciplinas Obrigatórias**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
ET-300	Seminário em Telecomunicações*/**	1
ET-500	Tese †	0

**b) Disciplinas Eletivas**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
ET-231	Teoria da Informação	3
ET-235	Codificação Digital de Sinais	3
ET-236	Processos Estocásticos	3
ET-237	Processamento de Sinais Aleatórios / Statistical Signal	3

	Processing	
ET-240	Comunicação de Dados em Sistemas Espaciais / Space Communication Systems	3
ET-272	Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications	3
ET-274	Sistemas de Navegação por Satélites	3
ET-284	Processamento de Sinais de Radar/Radar Signal Processing	3
ET-286	Processamento Digital de Sinais	3
ET-290	Comunicações Digitais	3
ET-291	Radar de Abertura Sintética (SAR)	3
ET-292	Clima Espacial e Telecomunicações	3
ET-293	Processamento de Sinais em Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) &&& / GNSS Signal Processing &&&	3
ET-297	Processamento de Sinais em Arranjos de Antenas &&& / Antenna Array Signal Processing &&&	3
ET-299	Codificação de Canal	3
ET-600	Estágio Docência ***	3
TE-206	Projetos de Plataformas Suborbitais / Suborbital Platforms Design	3

- As disciplinas marcadas com \* são obrigatórias para alunos de Mestrado.
- As disciplinas marcadas com \*\* são obrigatórias para alunos de Doutorado.
- A disciplina Estágio Docência, marcada com \*\*\*, é para alunos de Mestrado e Doutorado. Corresponde às atividades complementares de Pós-Graduação, oriundas de estágios qualificados de docência e pesquisa, consideradas para fins de registro e controle acadêmico como disciplinas.
- A disciplina **Tese**, marcada com †, é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado a partir do 3º período.
- As disciplinas marcadas com # # são obrigatórias optativas da área.
- As disciplinas marcadas com & poderão aceitar até 5 alunos de graduação, já aprovados nos 7 primeiros semestres do curso, a critério do professor.
- A disciplina marcada com && exige que os alunos enviem e-mail para o professor após a inscrição.
- As aulas das disciplinas marcadas com &&& poderão ser ministradas em inglês.
- As disciplinas Estágio Pesquisa 1 e 2 com sigla XX-601 e XX-602, respectivamente, foram extintas pela NOREG 2013.
- # **Carga horária semanal** – correspondente a cada disciplina, os quatro números separados por hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, o número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo corresponde a 16 semanas de aula.

## 6.6 EMENTAS - PG/EEC

### **AE-251/2021 - Monitoramento de Saúde Estrutural de Aeronaves / Aircraft Structural Health Monitoring (ANTIGA SIGLA EA-264)**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-4. Parte A: Visão geral dos processos de projeto e aplicação no projeto estrutural de uma aeronave. Trabalho interdisciplinar entre projeto, estresse e manufatura. Modelagem do Monitoramento de Saúde Estrutural (SHM). Análise estrutural global pelos métodos de manual (handbook methods). Análise local com aplicação dos métodos de elementos finitos. Escolha do material estrutural. Diferentes abordagens para o projeto.

Considerações de manufatura antecipadas na fase de projeto, relativas a ferramentas, parâmetros do processo e garantia de qualidade dos componentes.

Parte B: Aeronave de caça equipada com sistema de monitoramento de cargas para rastreamento individual da aeronave com relação a sobrecargas e fadiga na vida útil. Ligações diretas a cada parte limitante da vida e para fusão de dados no sistema de manutenção em terra. Descrição dos sistemas baseado nos parâmetros de voo e de configuração. Dados processados em terra para tomada de decisões. Projeto do sistema para garantir que as partes monitoradas possam ser substituídas e intercambiadas entre diferentes aeronaves. Requisitos instantâneos de consumo de vida pela fadiga: dados dos parâmetros e modelos, cargas e fadiga. Modelos de eventos sintéticos para eventos dinâmicos incompletamente cobertos pelo sistema devido a taxas de amostragem insuficientes.

Syllabus:

Part A: An overall view of the design process for aircraft structural design. Interdisciplinary work between design, stress and manufacturing. SHM modeling work. Global structural analysis by handbook methods. Local detailed FE-analysis. The choice of structural material. Different approaches for the design work. Early manufacturing considerations, in the design phase regarding tooling, process parameters and quality assurance of the components.

Part B: Fighter aircraft equipped with loads monitoring system for individual aircraft tracking regarding overloads and fatigue service life. Direct links to each life limiting structural part and to data fusion in the ground maintenance system. Description of the systems based on flight and configuration parameters. Data processed on ground for decision making. System design to assure the monitored parts be replaced and switched between different aircraft. Instantaneous fatigue life consumption requirements: parameter data and models, loads and fatigue. Synthetic event models for dynamic events not fully covered by the system due to insufficient sampling rates e.g. stores release. Bibliografia: 1 Giurgiutiu, V. Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors. Elsevier, 2nd. Ed., 2014. 2 YUAN, F. G. Editor. Structural Health Monitoring (SHM) in Aerospace Structures. Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering, N. 68. Elsevier, 2016. 3 HO, S.Y. Editor Structural Failure Analysis and Prediction Methods for Aerospace Vehicles and Structures. Bentham Books. Australia, 2010.

### **CC-223/2021 – Análise de Humanos com Visão Computacional**

Requisito recomendado: MAT-27, CCI-22 e MOQ-13 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de fundamentos de processamento de imagens e visão computacional. Separação de fundo da imagem. Segmentação em multidões. Rastreamento com uma ou mais câmeras. Aquisição de mapas de profundidade. Captura de movimento humano e estimação de pose. Detecção e reconhecimento facial. Reconhecimento de expressão facial. Estimação de direção do olhar. Reconhecimento de gestos e padrões de caminhada. Agrupamento de trajetórias e detecção de anomalia. Aplicações. Bibliografia: SHAH, M.; JAIN, R., Motion-based recognition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. JAVED, O.; SHAH, M., Automated multi-camera surveillance. New York: Springer, 2008. POPPE, R., Vision-based human motion analysis: An overview. Computer Vision and Image Understanding, v. 108, n. 1-2, p. 4-18, 2007.

### **CC-226/2021 – Introdução à Análise de Padrões**

Requisito recomendado: CT-215. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Inferência estatística e o problema de classificação. Estimação de parâmetros. Análise de regressão. Análise multivariada. Extração e seleção de atributos. Análise de clusters.

Descrição e sumarização. Análise de relacionamentos. Introdução à visualização. Bibliografia: DUDA, R. O. et al. Pattern Classification, 2<sup>nd</sup> Edition. Wiley-Interscience 2001; THEODORIDIS, S., KOUTROUMBAS, K., Pattern Recognition, 3<sup>rd</sup> Edition. Academic Press, 2006; HAN, J., KAMBER, M., Data Mining Concepts and Techniques. Morgan-Kaufmann, 2000.

### **CC-236/2021 – Modelagem de Simulação por Computadores**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-1. Introdução à simulação, Procedimentos de modelagem, Técnica de três fases, Diagrama de ciclo de atividades, Validação de modelos, Técnica de redução de variância, Projeto e experimentos de simulação, Classificação de softwares para simulação discreta. Simulação utilizando orientação a objetos, Simulação discreta paralela, Inteligência artificial e simulação. Bibliografia: PIDD, M., Computer simulation in management science. 3. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1992; LAW, A. M.; KELTON, W. D., Simulation modelling and analysis. 2. ed. McGraw-Hill, 1992. PIDD, M. Computer modelling for discrete event simulation. Chichester: John-Wiley & Sons, 1989.

### **CC-282/2021 - Modelos de Computação Concorrente**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Linguagem CCS (A Calculus of Communicating Systems): semântica operacional, raciocínio equacional, bisimulação, congruência, lógica de Hennessy-Milner. Pi-calculus. Linguagem CSP (Communicating Sequential Processes): semântica operacional, modelo de falhas. Concorrência verdadeira: redes de Petri, estruturas de evento. Bibliografia: MILNER, R., Communication and concurrency. New York: Prentice Hall, 1989; HOARE, C. A. R., Communicating sequential processes. New York: Prentice Hall, 1985; PETERSON, J. L., Petri net theory and the modeling of systems. New York: Prentice Hall, 1981.

### **CC-293/2021 - Tópicos em Computação Gráfica**

Requisito recomendado: CE-120. Requisito exigido: CES-10. Horas semanais: 3-0-0-1. Tópicos de iluminação - Componentes difusa e especular. Reflexão, refração, absorção, transparência, ray tracing e radiosidade. Dispositivos gráficos, Primitivas gráficas - ponto, reta, polígono. Transformações geométricas em 2-D e 3-D. Coordenadas homogêneas. Preenchimento de polígonos. Segmentos. Janelamento e recorte. Determinação de superfícies ocultas. Sombra. Aliasing e antialiasing. Compressão de imagens. Técnicas de iteração. Bibliografia: FOLEY, J. D. et al., Computer graphics principles and practices - second edition in C. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1995; HARRINGTON, S., Computer graphics: a programming approach. 2. ed. New York: McGraw- Hill, 1987; NEWMAN, W. M.; SPROULL, R. F., Principles of interactive computer graphics. 2. ed. Auckland: McGraw-Hill, 1984.

### **CC-294/2021 - Síntese de Imagens**

Requisito recomendado: CE-120. Requisitos exigidos: CC-293 e CES-10. Horas semanais: 3-0-0-1. Modelagem de primitivos wire frame, superfícies e volumes. Representação de curvas e superfícies livres: Coons, Bezier, B\_Spline, Spline. Modelagem de sólidos: enumeração espacial, decomposição celular, octree, sweep, CSG, B\_REP. Modelo de iluminação com fontes complexas. Textura. Fractais. Síntese de fenômenos naturais. Bibliografia: THALMANN, N. M.; THALMANN, D., Image synthesis theory and practice. Spring-Verlag. Tokyo, 1987; FARIN, G., Curves and surfaces for computer aided geometric design: a practical guide. Boston: Academic

Press, 1988; FOLEY, J. D. et al., Computer graphics principles and practices - second edition in C. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1995.

### **CC-297/2021 - Elementos de Mecânica dos Fluidos Computacional / Elements of Computational Fluid Mechanics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão das formulações e equações governantes fundamentais da Mecânica dos Fluidos. Conceito de diferenças finitas; construção de aproximações espaciais e temporais de diferenças finitas. Estudo de precisão e de estabilidade de métodos numéricos; análise de estabilidade de Fourier. Métodos de relaxação e sua aplicação à solução de problemas de estado estacionário. Métodos tipo ADI e o conceito de fatoração aproximada; bases de dados multidimensionais e fatoração espacial. Esquemas upwind e dissipação artificial. Geração de malhas computacionais, Métodos numéricos aplicados à solução da equação do potencial completo. As equações de Navier-Stokes e as equações de Euler; relações características das equações de Euler. Problemas bem-postos, equações modelo e o estabelecimento correto de condições de contorno.

Review of the fundamental formulations and governing equations in Fluid Mechanics. The concept of finite differences; construction of spatial and temporal approximations in finite differences. Study of accuracy and stability of numerical methods; Fourier stability analysis. Relaxation methods and their application to the solution of steady state problem. ADI methods and the approximate factorization concept; multidimensional databases and space factoring. Upwind schemes and artificial dissipation. Computational mesh generation. Numerical methods applied to the solution of the full potential equation. The Navier-Stokes and the Euler equations; characteristic relations for the Euler equations. Well-posed problems, model equations and appropriate boundary conditions.

Bibliografia: HIRSCH, C., Numerical Computational of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, Springer-Verlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.

### **CC-298/2021 - Métodos Numéricos em Mecânica dos Fluidos / Numerical Methods in Fluid Mechanics**

Requisito recomendado: CC-297. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos numéricos aplicados à solução das equações de Euler e de Navier-Stokes; método de MacCormack e algoritmo implícito de fatoração aproximada de Beam-Warming. Aumento de eficiência para algoritmos implícitos de fatoração aproximada; modelos de dissipação artificial; efeito de condições de contorno; implementação implícita de condições de contorno. Uma introdução ao conceito de separação de vetores de fluxo e aos métodos upwind dentro do contexto de formulações de Euler e Navier-Stokes. Algoritmo de Steger-Warming. Uma introdução ao conceito de volumes finitos; algoritmos de malhas não estruturadas em volumes finitos. Método de Jameson. Detalhes da implementação de termos viscosos no contexto de volumes finitos. Esquemas implícitos atuais e sua implementação. Extensão de algoritmos compressíveis para tratar problemas incompressíveis.

Numerical methods applied to the solution of the Euler and of the Navier-Stokes equations; MacCormack's method and the implicit, approximately factored Beam-Warming scheme. Efficiency augmentation for implicit, approximately factored algorithms; artificial dissipation models; boundary condition effects; implicit implementation of boundary conditions. An introduction to the concepts of flux vector



splitting and upwind schemes for the Euler and Navier-Stokes formulations. Steger-Warming algorithm. Introduction to finite volume methods; unstructured grid, finite volume algorithms. Jameson's method. Details of the implementation of viscous terms in finite volume methods. Current implicit schemes and their implementation. Extension of compressible flow algorithms in order to treat the incompressible limit. Bibliografia: HIRSCH, C., Numerical Computation of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, Springer-Verlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.

### **CC-299/2021 – Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods**

Requisito recomendado: CC-298. Requisito exigido: CC-297. Horas semanais: 3-0-0-6. Leis de conservação e métodos de diferenças clássicos. Problemas bem-postos, equações modelo e o estabelecimento correto de condições de contorno. Definições e propriedades associadas com monotonicidade. Métodos de diferenças *upwind* convencionais e esquemas de separação de vetores de fluxo. Riemann *solvers* ou métodos tipo Godunov de alta ordem. Teoria de esquemas TVD. Teoria de esquemas ENO e WENO. Outros métodos de alta ordem de interesse atual.

Conservation laws and classical finite difference methods. Well-posed problems, model equations and the appropriate establishment of boundary conditions. Definitions and properties related to monotonicity. Conventional upwind methods and flux vector splitting schemes. Riemann solvers or high order Godunov-type methods. Theory of TVD schemes. Theory of ENO and WENO schemes. Other high order methods of current interest. Bibliografia: HIRSCH, C., Numerical Computation of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, Springer-Verlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.

### **CC-403/2021 - Estimação, Controle de Atitude e Navegação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MAT-22, MAT-27, MAT-32, MOQ-13, FIS-14 ou equivalentes. Horas Semanais: 3-0-2-3. Introdução à teoria de estimação e controle envolvida no desenvolvimento e implementação embarcada do sistema de controle de atitude do satélite universitário ITASAT. Introdução à teoria de estimação e controle de sistema para navegação, guiamento, controle de atitude e imageamento de um mini-UAV. Atividades práticas em laboratório de desenvolvimento de mini-UAV. Bibliografia: MAYBECK, P.S., Stochastic models, estimation, and control, Vol.1, Academic Press, 1994. WIESEL, W.E., Spaceflight dynamics, McGraw-Hill, 1992. FARRELI, J.A.; BARTH, M., The Global positioning system and inertial navigation, McGraw-Hill, 1999.

### **CE-220/2021 - Fundamentos de Engenharia de Software**

Requisito recomendado: CES-20. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-1. O processo de desenvolvimento de software: paradigmas de engenharia de software, aspectos técnicos e gerenciais. Metodologia para desenvolvimento de software: análise e projeto estruturado, orientação a objetos, técnicas formais. Ferramentas CASE e ambientes para desenvolvimento de software: aspectos arquiteturais e funcionais, integração com o processo de desenvolvimento de software.

Qualidade, confiabilidade e segurança de software. Bibliografia: PRESSMAN, R. S., Software engineering: a practioner's approach. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1992; YOURDON, E., Análise estruturada moderna, Rio de Janeiro: Campos, 1990; MARTIN, J., Princípios de análise e projeto baseados em objetos. Rio de Janeiro: Campos, 1994.

### **CE-224/2021 - Programação Orientada a Objetos**

Requisito recomendado: CE-225. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-1. Objetos e classes. Hierarquia de classes e mecanismos de herança. Objetos, mensagens e métodos. Polimorfismo e funções virtuais. Classificação de linguagens orientadas a objetos. Estudo de casos. Projeto dirigido pelas responsabilidades. Programação orientada a objetos em C++. Outras linguagens orientadas a objetos: smalltalk, CLOS e TOOL. Bibliografia: WIENER, R. S.; PINSON, L. J., An introduction to object oriented programming and C++. Reading: Addison-Wesley, 1988; BUDD, T., An introduction to object-oriented programming. Reading: Addison-Wesley, 1991; TAKAHASHI, T., Programação orientada a objetos. São Paulo: VII Escola de Computação - IME/USP, 1990.

### **CE-227/2021 - Tópicos Avançados em Orientação a Objetos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: CE-224 ou equivalente. Horas semanais: 2-0-2-3. Revisão de Orientação a Objetos; Tipos Genéricos; Desenvolvimento Orientado a Testes; Refatoração; Técnicas para Desacoplamento; Inversão de Controle; Instrospecção; Reflexão; Proxys Estáticos e Dinâmicos; Geração de Código; Utilização de Metadados; Desenvolvimento de Aplicações Concorrentes; Sincronização de Código; Tratamento de Exceções; Criação de Componentes; Desenvolvimento de Frameworks e Linhas de Produto. Bibliografia: BECK, k., Test-Driven Development by Example. [S.1]: Addison Wesley, 2002. FOWLER, M., Refactoring: Improving the Design of Existing Code. [S.1]: Addison Wesley, 1999. GAMMA, R. et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Boston, MA: Addison-Wesley, 1995.

### **CE-229/2021 - Teste de Software**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-3-4. Processo de teste baseado nos quadrantes ágeis. Técnicas de caixa preta: classes de equivalência, Valor de fronteira, Tabelas de decisão, Pairwise testing, Transição de estado e análise de domínio. Técnicas de caixa branca: Fluxo de controle e Fluxo de dados. Paradigmas de teste: Teste tipo script e Teste exploratório. Planejamento de teste. Teste Ágil. Bibliografia: CRISPIN, L. and GREGORY, J. “More Agile Testing”. Boston, MA: Pearson Education Inc., 2015. COPELAND, L. “A Practitioner’s Guide to Software Testing Design”. Norwood, MA: Artech House Publisher, 2007. CRISPIN, L. and GREGORY, J. “Agile Testing”. Boston, MA: Pearson Education Inc., 2009.

### **CE-230/2021 - Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software**

Requisito recomendado: CE-220. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de conceitos de Engenharia de Software. Qualidade de software: modelos de qualidade de software, garantia de qualidade. Padrões de desenvolvimento de software. Confiabilidade de software: erros de software, confiabilidade e qualidade de software, medidas e modelos de confiabilidade de software. Software crítico: caracterização de software crítico, requisito de qualidade para software crítico. Confiabilidade e segurança de software crítico: metodologias, técnicas e ferramentas. Bibliografia: PFEEGER, S. L., Software engineering: the production of quality software. 2. ed. New York: MacMillan, 1991; SCHULMEYER, G., MCMANUS, J. I., Handbook of software quality assurance. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992; ANDERSON,

C.; DORFMAN, M., Aerospace software engineering: a collection of concepts. Washington: American Institute of Aeronautics, (Progress in Astronautics and Aeronautics; v.136), 1991.

### **CE-235/2021 - Sistemas Embarcados de Tempo Real**

Requisito recomendado: CE-220. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-1-2. Conceitos básicos de sistemas embarcados de tempo real; Utilização de paradigmas e metodologias de engenharia de software, e de Ambientes integrados de ferramentas CASE; Especificação de requisitos; Análise e projeto; Métodos de implementação (loop infinito ISR / background, kernel cooperativo e preemptivo); Conceito de kernel de tempo real (chaveamento de contexto / TCB, ISR, semáforo, criação de tarefas, Inversão e alocação de prioridades, e POSIX); Implementação e testes (Assembly, Malloc, Templates, Linguagem C ou C++, Relocação e Linker); Comunicação com o mundo real (camada de isolamento e simulação do mundo externo); Tolerância a falhas (watchdog, reset, hardware, e Detecção de falhas); Técnicas para projeto de sistemas de tempo real (Adaptação do padrão da linguagem unificada de modelagem - Unified Modeling Language - UML a projetos de sistemas de tempo real); e Desenvolvimento de um projeto piloto como estudo de caso. Bibliografia: LABROSSE, J. J., MicroC / OS-II: The real time kernel. R&D Books, LAWRENCE, K.S., USA, 1999; DOUGLASS, B. P., Real-time UML: Developing efficient objects for embedded systems. Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1997; e BURNS, A., WELLINGS, A., Real-time systems and programming languages, Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1996.

### **CE-237/2021 - Tópicos Avançados em Teste de Software**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: CE-229. Horas semanais: 3-0-0-6. Criação de um ambiente para o apoio ao Teste de Software. Construção do processo de Teste de Software. Automação do Teste. Passos do processo de teste: 1- Organização para o teste. 2 - Desenvolvimento do plano de teste. 3 - Verificação do teste. 4 - Validação do teste. 5 - Análise e registro de resultados de teste. 6 - Aceitação e operacionalização do teste. 7 - Análise de pós-implementação. Teste de sistemas cliente/servidor. Teste baseado em modelos. Teste em Rapid Application Development, RAD. Teste de controles internos. Teste de components of the shelf, COTS and software por contratação, contracted software. Teste de um ambiente multiplataforma. Teste de sistemas de segurança de software. Teste de armazéns de dados, Data Warehouse. Teste de sistemas Web-Based. Uso de métodos ágeis para melhorar o teste de software. Incorporação da agilidade no processo de teste. Quadrantes ágeis de teste. Abordagem de quebra de software, tipo Breaking Software. Bibliografia: BLACK, R. "Advanced Software Testing". Volumes 1 and 2: Guide to the ISTQB Advanced Certification as an Advanced Test Manager. Santa Barbara, CA: Rocky Nook, 2008. CRISPIN, L. and GREGORY, J. "Agile Testing". Boston, MA: Pearson, 2009. PERRY, W.E. "Effective Methods for Software Testing". 3rd. Edition. New York, NY: Wiley, 2006.

### **CE-240/2021 - Projeto de Sistemas de Banco de Dados**

Requisitos recomendado: Não há. Requisito exigido: CES-30 ou equivalente. Horas semanais: 2-1-3-4. Aplicações práticas de conceitos de Engenharia da Informação e de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados. Modelagem, especificação, implementação e teste de um Projeto de Sistema Banco de Dados, envolvendo: estudo de caso, problemas reais e necessidades de mercado; desenvolvimento ágil, iterativo e incremental; arquiteturas tradicionais (SQL) e não tradicionais (NoSQL); e Big Data, utilizando teorias e práticas básicas de manipulação de dados com características de pelo menos 5 Vs (Volume, Variedade, Velocidade, Veracidade e Valor). Bibliografia:

EMC<sup>2</sup> EDUCATION SERVICES “Data Science and Big Data Analytics: Discovering, Analyzing, Visualizing and Presenting Data”. 1<sup>st</sup> Ed. New York, NY: Wiley, 2015. DATE, C. J. "Database Design and Relational Theory". 1<sup>st</sup> Ed. Newton, MA: O’Reilly Media Inc., 2012. KORTH, H. F., SILBERSHATZ, A., and SUDARSHAN, S. “Sistema de Banco de Dados”, 6<sup>a</sup> Ed. São Paulo, SP: Elsevier – Campus, 2012.

#### **CE-245/2021 - Tecnologia da Informação**

Requisito recomendado: CE-240 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-3-4. Aplicações práticas de conceitos de Engenharia da Informação e de Tecnologias da Informação emergentes devido à explosão combinatorial. Fundamentos de Tecnologia da Informação, envolvendo: Teoria de Sistema Empresarial e Subsistemas; Linguagens e Ambientes de Programação Baseados em Nuvem; Novas utilizações de Tecnologias da Informação em organizações; e Tópicos Avançados em Banco de Dados Relacionais (SQL) e não relacionais (NoSQL). Recursos de Informática: Hardware, Software, Firmware, Peopleware e Documentware, utilizando: Estudo de caso, problemas reais e necessidades de mercado; Desenvolvimento ágil, iterativo e incremental; e Desenvolvimento colaborativo a distância. Teorias e práticas básicas de Data Science. Bibliografia: O’BRIEN, A., “Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na Era da Internet” 3<sup>a</sup> Ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2011; O’BRIEN, A. and MARAKAS, G. “Management Information Systems”. 10<sup>th</sup> Ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2010; DAVENPORT, T. “Dados demais: como desenvolver habilidades analíticas para resolver problemas complexos, reduzir riscos e decidir melhor”. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus – ELSEVIER, 2014.

#### **CE-261/2021 – Representação de Conhecimento e Inferência**

Requisito recomendado: CT-215. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. A linguagem da lógica de primeira ordem. Formas de expressar conhecimento. Resolução. Inferência: Cláusulas de horn, Controle procedimental e lógica de descrições. Regras em sistema de produção. Representação orientada a objetos: Frames e grafos conceituais. Descrições estruturadas. Ontologias: Conceituação e descrição formal. Herança. Defaults. Incerteza na representação de conhecimento. Explicação e diagnóstico. Ações. Planejamento. Dilema de expressividade versus tratabilidade. Web semântica. Bibliografia: BRACHMAN, R.J.; LEVESQUE, H.J Knowledge Representation and Reasoning. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2011. RUSSEL, S.; NORVIG, P. Artificial Intelligence – A Modern Approach. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2011. SOWA, J.F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Pacific Grove: Brooks Cole, 2000.

#### **CE-262/2021 – Tópicos em Web Semântica**

Requisito recomendado: CE-261. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Visão geral da web semântica; Linguagens para Web Semântica (XML, RDF, RDFS, OWL, SWRL e SPARQL); papel e desenvolvimento de ontologias; aquisição e representação de conhecimento para a Web Semântica; Inferência com ontologias e regras; Dados ligados (Linked Data); Dados abertos (Open data); Aplicações de Web Semântica. Bibliografia: ANTONIOU, Grigoris; VAN HARMELEN. Frank. A Semantic Web Primer. Cambridge: MIT Press, 2008. DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter, HENDLER, James A. (Eds.). Handbook of Semantic Web Technologies. New York: Springer, 2011. ALLEMANG, Dean; HENDLER, Jim. Semantic Web for the Working Ontologist. Boston: Morgan Kaufmann, 2011.

#### **CE-263/2021 – Técnicas de Armazenamento e Análises de Dados Massivos**

Requisito recomendado: CE-240. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos gerais: Análise de dados, Big data, Ciclo de Vida de Atividade de Análise de

Dados; Estruturas de Armazenamento: Estrutura Relacional (Modelagem Relacional), Estrutura Dimensional (Modelagem Dimensional, Data Warehousing), Armazenamento não estruturado (NoSQL, Key-Value, Document, Column-Family, Graph), Armazenamento distribuído (MapReduce), Ingestão de dados; Técnicas de Análise: Análise Estatística (Métodos lineares, não-lineares e mistos), Análise Avançada de Dados (K-média, regras de associação, regressão linear, regressão logística, redes Bayesianas, árvores de decisão, análise de séries temporais), Análise de Texto (Análise de documentos e redes sociais); Visualização de dados: Infográficos, Dashboard, Técnicas de Disseminação. Bibliografia: RAJARAMAN, A.; LESKOVEC, J.; ULLMAN, J. Mining of Massive Datasets. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 513 p. BERMAN, J. J. Principles of Big Data: Preparing, Sharing, and Analyzing Complex Information. Waltham: Morgan Kaufmann, 2013. 1ª ed. SADALAGE, P. J.; FOWLER, M. NoSQL Distilled: A Brief guide to the Emerging World of Polyglot Persistence. Crawfordsville: Pearson Education, 2013. 164 p.

### **CE-265/2021 – Processamento Paralelo**

Requisito recomendado: CES-25 ou disciplina equivalente. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Histórico da arquitetura de computadores paralelos e de supercomputadores. Taxonomia de Flinn. Arquiteturas atuais: vetorial, múltiplos processadores homogêneos e heterogêneos por pastilha, placas gráficas. Redes de interconexão. Linguagens para expressão de algoritmos paralelos. Extração automática de paralelismo de programas sequenciais. Métricas de desempenho paralelo. Características e modelos de algoritmos paralelos. Algoritmos paralelos clássico, numéricos e não numéricos. Aplicações. Bibliografia: GRAMA, A., KARYPIS, G., KUMAR, V., GUPTA, A.: “Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Parallel Algorithms”, Pearson Education Limited, 2003. QUINN, M.J.: “Parallel Programming in C with MPI and open MP”, McGraw-Hill, 2004. PATTERSON, D.A., HENNESSY, J.L.: “Computer Architecture: A Quantitative Approach”, Fourth Edition, Morgan Kauffmann, 2006.

### **CE-267/2021 -Especificação e Verificação Formal de Sistemas de Tempo Real**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos e propriedades de Sistemas de Tempo Real. Revisão de algoritmos de escalonamento de tarefas. Cálculo de Duração: sintáxe e semântica; especificação e prova de correção; propriedades e subconjuntos de Cálculo de Duração. Automatos temporizados: conceitos, propriedades e verificação formal. Linguagens de Especificação de Modelos Formais. Verificação de Modelos. Aplicações. Bibliografia: BUTTAZZO, G. C., Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997. OLDEROG, E. R.; DIERKS, H., Real-Time Systems: Formal Specification and Verification. Cambridge University Press, 2008. BAIER, C.; KATOEN, J.P., Principles of Model Checking. MIT Press, 2008.

### **CE-279/2021 – Dependabilidade de Software**

Requisitos recomendados: CE-278 ou CE-230. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-2. Conceituação dos elementos de dependabilidade software: Confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade, segurança física e segurança lógica. Identificação e análise de perigos e riscos de sistemas. Identificação e análise de requisitos de confiabilidade e de segurança física para software. Nível de integridade de segurança de software. Técnicas para projeto de software tolerante a falhas e software seguro. Verificação e validação de confiabilidade e segurança física de software. Técnicas de engenharia de confiabilidade de software. Métodos formais

para especificação de software. Técnicas de dependabilidade de software aplicados a sistemas aeroespaciais. Bibliografia: MUSA, J. D., Software reliability engineering. New York: McGraw-Hill, 1998; STOREY, N., Safety critical computer systems, Addison-Wesley, 1996.

### **CE-281/2021 - Segurança Lógica de Software**

Requisito recomendado: CT-234. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceituação de Segurança Lógica de Software. Modelos de Políticas de Segurança. Identificação e análise de requisitos de segurança lógica para software. Técnicas de proteção contra ataques e disponibilidade, confidencialidade, integridade e autenticidade de sistemas. Verificação, validação e auditoria de segurança lógica de software. Padrões para segurança lógica de software. Bibliografia: BISHOP M., Computer security: Art and science, Addison-Wesley, 2002; ROSS, A., Security engineering: A guide to building distributed dependable systems, John Wiley & Sons, 2001; STALLINGS, W., Network and internetworking security Principles and practice. Prentice-Hall. 1995.

### **CE-283/2021 - Governança de Tecnologia de Informação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios de governança de sistemas. Técnicas para definição de metas para governança. Modelos de governança para TI: COBIT, ITIL e CMMI. Introdução à Arquitetura Orientada a Serviços. Modelos de governança para Arquitetura Orientada a Serviços. Estudos de casos para implantação de governança. Bibliografia: WEILL, P., ROSS, J.W., Governança de TI, Tecnologia de Informação. M. Books, São Paulo, 2006. ROSS, J.W., WEILL, P., ROBERTSON, D.C., Enterprise Architecture as Strategy, Harvard Business School Press, Boston, 2006. MARKS, E.A.; BELL, M., Service Oriented Architecture: a planning and implementation guide, Willey, New Jersey, 2006.

### **CE-284/2021 - Fundamentos de Segurança Cibernética / Fundamentals of Cybersecurity**

Requisito recomendado: CES-11. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Segurança de Sistemas: Compilação e Semântica de Execução, Análise de Binários, Ataques do Controle de Fluxo de Programas, Execução de Código Vulnerável, Aleatoriedade de endereçamento de memória, Proteção de Memória com Canários, Programação Orientada a Retornos, Integridade do Controle de Fluxo. Criptografia: Funções de números pseudoaleatórios, Cifradores Simétricos, Funções Hash, Criptografia de Chave Pública; Segurança de Redes: Segurança BGP e DNS, Teoria de Detecção de Ataques de Rede, Sistemas de Prevenção de Intrusão; Segurança Web: Ataques de Injeção, XSS e CSRF; Ataques de Negação de Serviço Distribuído; Segurança em Sistemas Operacionais: Autenticação e Autorização; Segurança em Ambiente de Computação Móvel.

Systems Security: Compilation and Execution Semantics, Binary Analysis, Flow Control Attacks; Vulnerable Code Execution, Randomness of memory addressing, Memory Protection with Canaries, Return Oriented Programming, Flow Control Integrity; Cryptography: Pseudorandom numbers functions; Symmetric Cipher, Hash Functions, Public Key Cryptography; Network Security: BGP and DNS Security, Network Intrusion Detection Theory; Intrusion Prevention Systems; Web security: Injection Attacks, XSS and CSRF; Distributed Denial of Service Attacks; Security in Operating Systems: Authentication and Authorization; Security in Mobile Computing. Bibliografia: 1 Charles P. Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger, Jonathan Margulies. Security in Computing. 5th Edition. Prentice Hall, 2015. 2 Yuri Diogenes, Erdal

Ozkaya. Cybersecurity - Attack and Defense Strategies: Infrastructure security with Red Team and Blue Team tactics. Packt 2018. 3 William Stallings, Lawrie Brown. Computer Security: Principles and Practice. 4th Edition. Pearson, 2017.

### **CE-285/2021 – Sistemas de Hipermissão**

Requisitos recomendados: CE-224 e CE-240. Requisito exigido: CE-120. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas de hipertexto. Tecnologia digital e multimídia. Projeto de sistemas de hipermissão: sistemas de autoria e de apoio. Projeto de aplicação hipermissão: autoria em ponto pequeno e em ponto grande. Padrões em hipermissão. Aplicações na educação e treinamento e na disseminação de informações. Tutores inteligentes e sistemas de hipermissão. Banco de dados multimídia. Bibliografia: SOARES, L. F. G. et al., Fundamentos de sistemas multimídia. Gramado: VIII Escola de Computação, 1992; MARTIN, J., Hiperdocumentos e como criá-los. Rio de Janeiro: Campus, 1992; NIELSEN, J., Hypertext and hypermedia. Boston: Academic Press, 1990.

### **CE-287/2021 – Sistemas Colaborativos**

Requisito recomendado: CE-288. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos e modelos: CSCW, Modelos 3C, taxonomias, groupware. Redes sociais: modelos e métricas. Sistemas de comunicação para colaboração. Interação em sistemas colaborativos. Comunidades virtuais: Modelos, motivação, conflitos, auto-organização, wikis. Conhecimento coletivo. Mobilidade de ubiquidade. Aplicações colaborativas: sistemas de recomendação. Desenvolvimento de software e aprendizagem. Projeto de sistemas colaborativos. Metodologia de pesquisa científica. Bibliografia: PIMENTEL, M.; FUKS H., Sistemas colaborativos, Rio de Janeiro: Elsevier-Campus, 2011. CRABTREE, A., Designing Collaborative Systems: A practical guide to ethnography (Computer Supported Cooperative Work). London. Springer, 2003. ERIK ANDRIESEN, J. H. Working with groupware, London. Springer, 2003.

### **CE-288/2021 - Programação Distribuída**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Linguagens de programação distribuída. Anéis lógicos. Rotulação de tempo e relógios lógicos. Transações em bancos de dados distribuídos. Computações difusas. Detecção de deadlock em sistemas distribuídos. Problemas dos generais bizantinos (algoritmos de consenso). Problema dos filósofos que jantam (algoritmos para evitar inanição). Algoritmos paralelos para redes de estações de trabalho. Algoritmos de multicast confiável. Bibliografia: MULLENDER, S., (ed.) Distributed systems. Addison-Wesley e ACM Press, 1993; RAYNAL, M., Distributed algorithms and protocols. John Wiley, 1988; CERI, S., PELAGATTI, G. Distributed Databases: Principles & Systems. McGraw-Hill, 1985.

### **CE-289/2021 - Internet das Coisas / Internet of Things**

Requisito recomendado: CES-11. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-4. Fundamentos de Internet das Coisas (IoT). Arquiteturas e Protocolos para IoT. Roteamento e Mobilidade. Computação Móvel e Ubiqua. Sensores e Atuadores em IoT. Fusão de Dados de sensores. Computação na Borda e Computação na Nuvem para IoT. Aspectos de Cyber Security, Safety e Privacidade. Desenvolvimento de aplicações de IoT. Aplicações de IoT: Cidades Inteligentes, Indústria, Agricultura e Saúde.

Syllabus:

Internet of Things (IoT) Fundamentals. Architectures and Protocols for IoT. Routing and Mobility. Mobile and Ubiquitous Computing. IoT Sensors and Actuators. Fusion of sensor data. Cloud Computing and Edge Computing for IoT. Security, Safety and Privacy Aspects. IoT application development. IoT applications: Smart Cities, Industry,

Agriculture, and Healthcare. Bibliografia: 1 Rajkumar Buya, Amir Vahid Dastjerdi. Internet of Things - Principles and Paradigms, Elsevier Inc. 2016. 2 Qusay F. Hassan, "Index," in Internet of Things A to Z: Technologies and Applications, IEEE, 2018, pp.doi: 10.1002/9781119456735.index. 3 Liu, K, Li, X. Mobile SmartLife via Sensing, Localization, and Cloud Ecosystems. First Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018.

### **CE-293/2021 - Computação Social Avançada**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Computação Afetiva e Emocional, Principais conceitos. Interfaces sociais, Redes sociais. Interação em espaços públicos e privados. Espaços mediáticos. Ambientes computacionais pervasivos. Arte computacional. Bibliografia: GOFFMAN, E., Behaviour in public Places. Collier mcmillian Publishers, London, 1963. NETO, A.F.; HOHLFELDT, A.; PRADO, J. L. A.; PORTO, S.D., Práticas Mediáticas e espaços Públicos. EDIPUCRS, 2001. ISBN: 85-7430-204-204-x. WINOGRAD, T.; FLORES, F., understanding Computers and Cognition. Addison-Wesley Publishing Company, 1987. ISBN:0-201-11297-3.

### **CE-294/2021 - Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software**

Requisito recomendado: CE-220 (Fundamentos de Engenharia de Software) ou equivalente. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definições. Tipos de requisitos. Níveis de requisitos. Visão geral do processo de Engenharia de Requisitos. Levantamento, análise, documentação, verificação, validação, rastreabilidade e gerência. Linguagens e formas de modelagem de requisitos. Ferramentas para a gestão de requisitos. Reuso de requisitos. Gerência de riscos em Engenharia de Requisitos. Complexidade de requisitos. Engenharia de Requisitos em domínios críticos e sociotécnicos. Engenharia de Requisitos em armazém de dados (data warehouse). Engenharia de requisitos em sistemas em nuvem. Engenharia de requisitos para segurança cibernética. Engenharia de requisitos para Internet das Coisas. Bibliografia: DICK, J., HULL, E., JACKSON, K. Requirements Engineering - Fourth Edition. Springer (2017). PRAKASH, N., PRAKASH, D. Data Warehouse Requirements Engineering: A Decision Based Approach, Springer (2018). LAPLANTE, P.A. Requirements Engineering for Software and Systems. CRC Press, 2017.

### **CE-297/2021 – Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais**

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Principais conceitos de segurança (safety). Visão geral de sistemas computacionais seguros. Detalhamento dos componentes de sistemas computacionais seguros e suas possíveis falhas. Modelo de acidentes (STAMP). Técnicas de análise de safety (STPA, CAST, FTA, FMEA, HAZOP). Safety e Engenharia de Sistemas. Projeto dirigido por safety. Controle de safety durante operações com STAMP. Gerenciamento, organização e cultura de Safety. Estudos de casos (IMA). Bibliografia: LEVESON, N.G., Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. The MIT Press, 2012. DUNN, W. R., Practical Design of Safety-Critical Computer Systems. Reliability Press, 2002. BOZZANO, M; VILLAFIORITA, A., Design and Safety Assessment of Critical Systems. Auerbach Publications, 2011.

### **CE-298/2021 – Desenvolvimento de Software em Sistemas Críticos de Segurança Aeronáuticos**

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Visão Geral de Desenvolvimento de Sistema; Visão Geral da Aeronave e Segurança de Sistema; DO-178C; Processos Integrais; Elaboração e Gestão de Requisitos; Design de



Software; Codificação e Integração; Verificação; Gerenciamento de Configuração; Garantia de Qualidade. Bibliografia: RIERSON, L. Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance, CRC Press, 2013. SPITZER C.; FERREL, U.; FERREL, T. Digital Avionics Handbook, 3rd edition. CRC Press, 2014. TOOLEY, M. Aircraft Digital Electronic and Computer Systems, 2nd edition. Routledge, 2013.

### **CE-299/2021 - Inteligência Artificial para Segurança Cibernética / Artificial Intelligence for Cybersecurity**

Requisitos recomendados: Equivalentes a CES-11 e a CTC-17. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Segurança de Computadores: Fundamentos da Segurança Cibernética; Representação de conhecimento: Introdução a Ontologias, Formato OWL, Modelagem Conceitual de Ciberconhecimento, Representação de Conhecimento da Semântica da Rede; Aprendizado de Máquina: Introdução a Sistemas de Aprendizado, Inteligência Adaptativa, Processamento de Texto e de Linguagem Natural, Segurança em Sistemas de Aprendizado de Máquina; Aplicações: Identificação de Vulnerabilidades de Software Visadas, Detecção de Ataques de Rede, Detecção de Intrusão de Rede, Análise de Aplicativos.

Syllabus:

Computer Security: Fundamental Concepts in Cybersecurity; Knowledge Representation: Introduction to Ontologies, OWL Ontologies, Conceptual Modeling of Cyber-Knowledge, Knowledge Representation of Network Semantics; Machine Learning: Introduction to Machine Learning Systems, Adaptive Intelligence, Text and Natural Language Processing, The Security of Machine Learning Systems; Applications: Targeted Software Vulnerabilities Identification, Network Attack Detection, Network Intrusion Detection, Application Analysis. Bibliografia: 1 Leslie F. Sikos. AI in Cybersecurity. 1st Ed. Springer, 2018. 2 Yuri Diogenes, Erdal Ozkaya. Cybersecurity - Attack and Defense Strategies: Infrastructure Security with Red Team and Blue Team Tactics. Packt, 2018. 3 Du, Wenliang. Computer Security: A Hands-on Approach. 1st Ed. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.

### **CM-201/2021 - Projeto e Fabricação de Robôs Móveis**

Requisito recomendado: CES-11. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 1-0-3-5. Robótica Móvel. Gerenciamento de projetos de Engenharia. Projeto mecatrônico auxiliado por computador. Projeto e fabricação de estrutura mecânica de robô. Projeto e fabricação de placa de circuito impresso. Sistemas embarcados. Sensores e atuadores. Integração de sistemas mecatrônicos. Engenharia de Software. Ferramentas de desenvolvimento de software. Arquitetura de software para agentes inteligentes. Visão Computacional. Planejamento e controle de movimento de robôs móveis. Tomada de decisão autônoma com Inteligência Artificial. Coordenação de time de robôs. Competição de robôs. Bibliografia: RITCHEY, L. W. Right The First Time: A Practical Handbook On High Speed PCB and System Design. Speeding Edge Summer, 2003. SIEGWART, Roland; NOURBAKSH, Illah Reza; SCARAMUZZA, Davide. Introduction to Autonomous Mobile Robots, second edition. Cambridge, MA: The MIT Press, 2011. Kim, J.-H., Kim, D.-H., Kim, Y.-J., Seow, K.T. Soccer Robotics. Springer, 2004.

### **CM-202/2021 - Planejamento e Controle para Robótica Móvel**

Requisito recomendado: CES-11 E (CMC-12 ou EES-10 ou MPS-43 ou MVO-20). Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Planejamento de caminho e de trajetórias. Campos potenciais. Planejamento de caminho baseado em busca discreta. Planejamento de movimento baseado em amostragem. Revisão de controle clássico e moderno. Introdução ao Controle Preditivo. Planejamento de trajetória com controle

preditivo. Modelos de sensores e atuadores. Controle de atuadores. Cinemática e dinâmica de robôs móveis. Controle de robôs diferenciais. Controle de robôs omnidirecionais. Manipuladores robóticos. Controle de robôs com pernas. Controle de robôs humanoides. Bibliografia: SIEGWART, Roland; NOURBAKHS, Illah Reza; SCARAMUZZA, Davide. Introduction to Mobile Robots, second edition, 2011. LAVALLE, S. M. Planning Algorithms. Cambridge University Press, 2006. SICILIANO, B.; SCIAVICCO, L.; VILLANI, L. Robotics: Modelling, Planning and Control. Springer, 2010.

### **CT-200/2021 - Fundamentos de Autômatas e Linguagens Formais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de tópicos de Álgebra. Autômatas finitos e expressões regulares. Propriedades dos conjuntos regulares, análise e síntese de autômatas. Linguagens e gramáticas. Linguagens regulares, livres de contexto, sensíveis ao contexto e tipo-0. Máquinas de Turing e seus modelos restritos. Decidibilidade. Análise sintática e tradução orientada pela sintaxe. Introdução a compiladores. Bibliografia: HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D., Introduction to automata theory - languages and computation. New York: Addison-Wesley, 1979; HARRISON, M. A., Introduction to formal language theory. New York: Addison-Wesley, 1978; DROBOT, V., Formal languages and automata theory. New York: Computer Science Press, 1989.

### **CT-201/2021 - Lógica para Ciência de Computação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à lógica matemática. Fundamentos da Matemática. Paradoxos. Cálculo proposicional: teoria de modelos e teoria de provas. Conseqüências válidas. Consistência e completude. Cálculo de predicados: quantificadores, tabelas de verdade, resultados sobre validade. Teoria de prova do cálculo de predicados. Métodos automáticos de provas no CPL. O princípio de resolução. Grafos de refutação e de extração de respostas. Resultados sobre deducibilidade. Forma prenex. Cálculo de predicados com igualdade e funções. Outras extensões do CP1: teoria de números, teoria de grupos. Incompleteza da teoria de números, teorema de Gödel. Cálculo de predicados de segunda ordem. Incompleteza. Paradoxos revisitados no CP2. Bibliografia: KLEENE, S. C., Mathematical logic. New York: John Wiley & Sons, 1967; HILBERT, J.; ACKERMANN, W., Principles of mathematical logic. New York: Chelsea, 1950; CHURCH, A., Introduction to mathematical logic. Princeton: Princeton University Press, 1956.

### **CT-204/2021 – Projetos de Robótica Móvel**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-4. Robótica Móvel: caracterização e aplicações. Frameworks modernos para desenvolvimento de projetos de Robótica Móvel. Percepção: sensores, processamento e fusão de informação. Atuadores e controle de robôs móveis. Mapeamento e localização. Navegação e Planejamento de trajetórias. Tópicos adicionais: sistemas multi-robô, comunicação, adaptação. Bibliografia: SIEGWART, Roland; NOURBAKHS, Illah Reza; SCARAMUZZA, D., Introduction to Autonomous Mobile Robots, second edition. Cambridge, MA: The MIT Press, 2011; DUDEK, G.; JENKIN, M., Computational Principles of Mobile Robotics, 2nd Edition. Cambridge, UK, 2010; THRUN, S.; BURGARD, W.; FOX, D., Probabilistic Robotics. Cambridge, MA: The MIT Press, 2005.

### **CT-208/2021 - Matemática da Computação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Máquina de Turing. Algoritmos não-determinísticos e a Classe NP. Teorema de Cook.

Reduções Polinomiais de Turing e Karp. Heurísticas: garantia de desempenho. Algoritmos Aproximativos e Algoritmos Probabilísticos. Matemática Discreta: Funções Polinomiais, Aplicações da Teoria dos Números, Coeficientes Binomiais, Funções Geratrizes. Números Especiais: Harmônicos, Stirling, Euleriano e de Fibonacci. Funções Assintóticas. Bibliografia: M.R. GAREY and D.S. JOHNSON, Computers and Intractability: a guide to the theory of NP-completeness, W.H. FREEMAN, and Co., 1979. R.L. GRAHAM, D.E. KNUTH, and O. PATSHNIK, Concrete Mathematics: a foundation for computer science, Addison- Wesley, 1994. D.E. KNUTH, The art of computer programming, Addison-Wesley, 1997. Vol. 1 Fundamental Algorithms.

### **CT-213/2021 - Inteligência Artificial para Robótica Móvel / Artificial Intelligence for Mobile Robotics**

Requisitos Recomendados: CT-234 ou CES-11. Requisito Exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Máquinas de estados finitos. Árvore de comportamentos. Busca informada. Planejamento de ações com busca. Otimização Metaheurística. Métodos de otimização de busca local. Métodos de otimização baseados em população. Estratégias Evolutivas. Problemas de otimização em robótica móvel. Visão Computacional. Aprendizado de máquina clássico e profundo. Aplicações de aprendizado de máquina em robótica móvel. Aprendizado supervisionado. Redes neurais convolucionais para visão computacional. Aprendizado por reforço clássico e profundo. Aprendizado de tarefas robóticas usando aprendizado por reforço.

Finite state machines. Behavior trees. Informed search. Search-based action planning. Metaheuristic Optimization. Local search optimization methods. Population-based optimization methods. Evolution strategies. Optimization problems in mobile robotics. Computer Vision. Machine Learning. Deep Learning. Applications of machine learning in mobile robotics. Supervised learning. Convolutional neural networks for computer vision. Reinforcement learning. Deep reinforcement learning. Learning robotic tasks using reinforcement learning.

Bibliografia: 1 NORVIG, Peter; RUSSELL, Stuart. Artificial Intelligence: A Modern Approach, Third edition. Pearson, 2009. 2 GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron; BACH, Francis. Deep Learning. The MIT Press, 2016. 3 SUTTON, R. S.; BARTO, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction, Second edition. The MIT Press, 2017.

### **CT-214/2021 – Percepção, Linguagem e Mundo**

Requisito Recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Introdução: o mundo a ser conhecido e a ser dado um sentido; o limite como fronteira entre domínios conceituais complementares. A questão geométrica, dos gregos até Riemann e Poincaré; a questão lógica, dos gregos até Frege e Gödel. Os limites da linguagem e o conteúdo do pensamento: Wittgenstein do Tractatus; Wittgenstein do período intermediário; Wittgenstein das Investigações Filosóficas e de Sobre a Certeza; a crítica de Alain Badiou à

'virada linguística'. Os limites da máquina: os teoremas de Gödel e a máquina de Turing; a tese de que a mente não é uma máquina ou, equivalentemente, de que a máquina não pode pensar. O limite da probabilidade: analiticidade, estatística bayesiana e filosofia das ciências. Percepção e seus objetos: dos empiricistas clássicos ao empiricismo contemporâneo; sistemas dinâmicos bifurcação de Hopf e dinâmica neuronal; o modelo de percepção do Labmat e seus impasses. O fim como fronteira e o retorno das questões ontológicas em Heidegger e Badiou. Bibliografia: SMITH, P. An Introduction to Gödel's Theorems. Cambridge Introduction to Philosophy. Cambridge University Press, 2007. HOPPENSTEAD, F.C. & IZHIKEVICH, E.M., Weakly

Connected Neural Networks. Springer, 1997. BREWER, B., Perception & its objects. Oxford University Press, 2011.

### **CT-215/2021 - Fundamentos de Inteligência Artificial / Artificial Intelligence Foundations**

Requisito Recomendado: CT-201 Lógica Aplicada à Ciência da Computação. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-3-6. Visão geral da área. Representação de problemas em espaço de estados. Métodos de busca de soluções. Método minimax, poda alfa-beta e variações. Mecanismos de inferência baseados em lógica de predicados e projeto de sistemas baseados em conhecimento. Planejamento. Aprendizado de máquina: modelos conexionistas, sociais e emergentes. Noções de inferência sob incerteza e redes bayesianas. Aplicações de inteligência artificial.

Overview of the area. Problem representation in state space. Search methods. Minimax, alpha-beta prune, and variations. Inference mechanisms based on predicate logic and design of knowledge-based systems. Planning. Machine learning: connexionist, social, and emerging models. Notions of inference under uncertainty and bayesian networks. Applications of artificial intelligence. Bibliografia: 1 NORVIG, Peter; RUSSELL, Stuart. Artificial Intelligence: A Modern Approach, third edition. Pearson, 2009. 2 LUGER, G., Inteligência Artificial: Estruturas e Estratégias para a Resolução de Problemas Complexos. Porto Alegre: Bookman, 2004. 3 NILSSON, N., Artificial Intelligence: A New Synthesis. San Francisco: Morgan- Kaufmann, 1998.

### **CT-220/2021 – Sistemas Multiagentes**

Requisito recomendado: CT-234 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceituação de agentes autônomos e sistemas multiagentes. Comunicação entre agentes. Linguagens e plataformas de programação multiagentes. Engenharia de software orientada a agentes: metodologias e técnicas de análise e projeto orientado a agentes. Introdução a teoria dos jogos. Aprendizagem distribuída. Interação multiagente: leilões e protocolos de negociação. Lógica modal para sistemas multiagentes. Arquiteturas BDI (Belief-Desire-Intention). Aplicações de sistemas multiagentes: finanças, simulação social e sistemas de defesa entre outras. Bibliografia: WOOLDRIDGE, M., An Introduction to Multiagent Systems. Hoboken-NJ: John Wiley and Sons, 2002. BELLIFEMINE, F., CAIRE, G. and GREENWOOD, D., Developing multi-agent systems with JADE. Hoboken-NJ: John Wiley and Sons, 2007. SHOHAM, Y. and LEYTON-BROWN, K., Multiagent Systems algorithmic, game-theoretic, and logical foundations. New York: Cambridge Press, 2009.

### **CT-221/2021 - Redes Neurais com Aprendizagens Clássica e Profunda**

Requisito recomendado: CT-215 e CT-216. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos de otimização numérica clássicos envolvendo o vetor gradiente e a matriz Hessiana. Aprendizagem supervisionada e não-supervisionada. Projeto e treinamento de árvores de decisão através de aprendizagem supervisionada. Arquiteturas de redes neurais clássicas: Perceptron multicamadas, redes com funções de ativação de base radial, redes de Hopfield e Máquinas de Boltzmann. Definição matemática de um aproximador universal de funções. Modelagem de sistemas dinâmicos utilizando redes neurais. Redes neurais rasas e profundas. Implementação do algoritmo da retro-propagação. Funções de ativação Sigmóides, ReLU (Rectified Linear Unit) e Softmax. As principais arquiteturas de redes neurais profundas: redes de convolução e redes de crenças profundas. Introdução à aprendizagem por reforço profunda. Bibliografia: S. Haykin, Neural networks: a comprehensive foundation. 2nd ed., New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1999. I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville,

Deep learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2017. J. M. Zurada, Introduction to artificial neural system. West Pub. Co., 1992.

### **CT-223/2021 - Tópicos em Inteligência Artificial / Topics in Artificial Intelligence**

Requisito recomendado: CT-215 Fundamentos de Inteligência Artificial. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução a Inteligência Artificial. Resolução de Problemas através de Busca. Aprendizado de máquina: paradigmas supervisionado e não supervisionado. Árvores de decisão, Árvores de regressão e modelo. Random Forests. Raciocínio probabilístico. Modelos gráficos probabilísticos. Nãive Bayes. Redes Bayesianas. Inferência bayesiana, clustering. Aprendizado por conjunto (ensemble). Simulações Multiagentes e Agent Based Modelling. Aplicações de Inteligência Artificial a economia, finanças e simulação baseada em agentes.

Introduction to Artificial Intelligence. Problem-solving by searching. Machine Learning: supervised and unsupervised learning. Decision Trees. Regression and Model Trees. Random Forests. Probabilistic Reasoning. Probabilistic Graphical Models: Nãive Bayes, Bayesian Networks: Bayesian inference, clustering. Ensemble learning. Multiagent simulations and Agent Based Modelling. Applications of AI to economics, finance and agent based simulation. Bibliografia: 1 NORVIG, Peter; RUSSELL, Stuart. Artificial Intelligence: A Modern Approach, third edition. Pearson, 2009. 2 Witten, I., Frank, E. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. 4a. ed. Elsevier. 2017. 3 Shoham, Y. and Leyton-Brown, K. Multiagent Systems algorithmic, game-theoretic, and logical foundations. New York: Cambridge Press. 2009

### **CT-234/2021 - Estruturas de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Estrutural**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Ordem de funções. Recursividade e recorrência. Estruturas básicas de dados: pilhas, filas, listas encadeadas, árvores e grafos. Algoritmos de busca e ordenação. Emparelhamento de padrões. Algoritmos em grafos: ordenação topológica, caminho mínimo, componentes conexas, pontos de articulação, árvores geradoras mínimas. Paradigmas de programação: divisão e conquista, método guloso, programação dinâmica. Algoritmo de Strassen, codificação de Huffman, problema da mochila. Bibliografia: T. H. CORMEN, C. E. LEISERSON and R. L. RIVEST, Introduction to algorithms. MIT Press, 1990; R. SEDGEWICK and K. WAYNE, Algorithms (4 th edition), Addison-Wesley. D. E. KNUTH, The art of computer programming. Addison-Wesley, 1997. Vol. 3: Sorting and searching.

### **CT-236/2021 - Redes Sociais Complexas**

Requisito recomendado: CT-234 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-6. Conceitos básicos de Teoria de Grafos. Redes complexas: evidências, aplicações e teoria básica. Conceitos algébricos para a Teoria de Redes. Matrizes de adjacência. Laplaciano. Redes aleatórias, *small-world* e livres de escala. Métricas para análise de redes sociais. Propriedades globais. Comunidades. Processos epidêmicos. Modelos SIR e SIS. Bibliografia: Vega-Redondo, F. Complex Social Networks. Cambridge Univ. Press 2007. Estrada, E. e Knight, P. A First Course in Network Theory. Oxford Univ. Press, 2015. Wasserman, S. e Faust, K. Social Network Analysis: Methods and Applications, Cambridge Univ. Press 1994.

### **CT-246/2021 – Redes de Computadores**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução a Redes de Computadores. Modelo TCP/IP e a estruturação em camadas com ênfase nas camadas de rede, transporte e aplicação. Principais protocolos de

comunicação: WiFi, IP, TCP, WWW, DNS, Streaming de Áudio e Vídeo, P2P. Arquitetura da Internet, estado atual e padrões de tráfego. SDN (Software Defined Networks): conceituação de abstração de funcionalidade, programação do mecanismo de controle, protocolo OpenFlow, análise de desempenho com SDN. Bibliografia: TANENBAUM, A. S., WETHERALL, D., Redes de Computadores – Editora Campus, 2011, 582 pp. (Quinta Edição). KUROSE, JAMES F., ROSS, K.W., Computer Networking: A Top-Down Approach. Addison-Wesley, 2013, 864 pp (6th Edition). NADEAU, T. D., GRAY, K., SDN: Software Defined Networks. An Authoritative Review of Network Programmability Technologies. O'Reilly Media, 2013. Pages: 384.

#### **CT-300/2021 - Seminário de Tese**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. Habituá-los os alunos de pós-graduação à prática de apresentação e discussão crítica de trabalhos. Apresentação de teses em andamento pelos alunos. Bibliografia: A critério do professor.

#### **CT-436/2021 – Tópicos em Redes Sociais Complexas**

Requisito recomendado: CT-234 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-1-0-2. Conceitos básicos de teoria de grafos. Redes complexas: evidências, aplicações e teoria básica. Redes aleatórias. Redes small-world. Métodos construtivos. Redes livres de escala, Métricas para análise de redes sociais. Processos epidêmicos. Modelos SIR e SIS. Interação. Busca em redes aleatórias e em redes estruturadas. Bibliografia: VEGA-REDONDO, F. Complex Social Networks. Cambridge Univ. Press 2007. WASSERMAN, S. e FAUST, K., Social Network Analysis: Methods and Applications, Cambridge Univ. Press 1994. CARRINGTON, P., SCOTT, J. e WASSERMAN, S. (eds.). Models and Methods in Social Network Analysis. Cambridge univ. Press 2005.

#### **EA-125/2021 - Sistemas Digitais Programáveis**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EEA-21 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-2-4. Organização do computador digital convencional, processador, memória, dispositivos de entrada e saída. Processador: registradores, conjunto de instruções, barramentos para comunicação com memória e interfaces de entrada e saída. Microprocessadores e microcontroladores. Programação de microcontroladores em linguagens Assembly e C. Ambientes Integrados de programação. Estrutura interna do processador: unidade funcional e unidade de controle. Microprogramação Bibliografia: HAZID, Muhammad A., NAIMI, Sarmad, Naimi, Sepehr, The AVR MICROCONTROLLER AND EMBEDDED SYSTEMS USING ASSEMBLY AND C, Prentice Hall, 2010. RUSSEL David J., INTRODUCTION TO EMBEDDED SYSTEMS: USING ANSI C AND THE ARDUINO DEVELOPMENT ENVIRONMENT, Morgan & Claypool Publishers, 2010. WHITE, Donnamaie E., BIT-SLICE DESIGN: CONTROLLERS AND ALUS, Garland Publishing Inc., 2008.

#### **EA-127/2021 – Microcontroladores e Sistemas Embarcados**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EEA-25 ou equivalente. Horas semanais: 2-0-2-4. Conceituação de Sistema Embarcado. Estrutura de um sistema microprocessado: processador, memórias, interfaces com o mundo externo, barramentos. As famílias AVR, MSP430 e MCS51 de microcontroladores. Ambientes integrados de programação. Interfaces seriais e paralelas. Temporizadores, relógios e cão de guarda. Interrupções. Programação concorrente e em tempo real. Redes de microcontroladores e protocolos de comunicação. Sistemas com comunicação sem fio. Bibliografia: BARRET S.F., THORNTON Mitchel, EMBEDDED SYSTEM DESIGN WITH THE ATMEL AVR MICROCONTROLLER, Morgan & Claypool Publishers,

2010. ZELENOVSKY, R., Microcontroladores: Programação e Projeto com a Família 8051, Editora MZ, 2005. Barry, R., Using the Freertos Real Time Kernel a Practical Guide, Richard Barry, 2009.

### **EA-160/2021 - Confiabilidade de Sistemas Eletrônicos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos básicos e definições. Ciclo de vida. Revisões de projetos. Modelagem da confiabilidade. Cálculo da confiabilidade de sistemas simples e complexos. Distribuições de falhas. Gráficos de confiabilidade. Previsão de confiabilidade. Confiabilidade de software. Disponibilidade. Manutenibilidade. Previsão de manutenibilidade. Modelagem de custo. Crescimento da confiabilidade. Testes. Normalização. Análise no espaço de estado: cadeias e processos de Markov. Projeto e otimização em relação à confiabilidade e ao custo. Bibliografia: BILLINTON, R. V. e ALLAN, R. N., Reliability evaluation of engineering systems. Pitman, London, 1983; O'CONNOR, P. D. T. - Practical reliability engineering, 3. ed., John Wiley, New York, 1991. KRISHNAMOORTHY, K. S. - Reliability methods for engineers. ASQC Quality Press, Milwaukee, 1993.

### **EA-211/2021 - Teoria de Confiabilidade de Sistemas Eletrônicos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EA-160 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Falhas e suas manifestações. Modelagem. Técnicas de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade. Confiabilidade de subsistemas funcionais. Confiabilidade de sistemas de médio e grande porte. Frequência de falhas, conceitos associados e aplicação ao cálculo da confiabilidade. Alocação de confiabilidade e de disponibilidade. Custo. Metodologia de projeto para sistemas de alta confiabilidade e de alta disponibilidade. Falha de causa comum. Ensaios: teoria e realização. Aplicação. Confiabilidade de sistemas especiais: tri-estado, discretizados, digitais, distribuídos e não-markovianos. Simulação. Otimização da confiabilidade, disponibilidade e custo. Aplicações. Bibliografia: O'CONNOR, P. D. T. - Practical reliability engineering, 3. ed. John Wiley, New York, 1991; SIEWIOREK, D. P. e SWARZ, R. S. - The theory and practice of reliable system design, Digital Press, Bedford, 1982. TILLMAN, F. A. et al. - Optimization of systems reliability. Marcel Dekker, New York, 1980.

### **EA-250/2021 - Plataformas Embarcadas / Embedded Platforms**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8. Introdução às plataformas embarcadas. Implementação de algoritmos em hardware. Exploração do espaço de design. Síntese de alto nível: gráficos de fluxo de sinal / gráficos de controle e fluxo de dados, programação, alocação e encadeamento de operações. Minimização de registrador e de multiplexador. Otimizando transformações. Pipelining. Implementações de ponto fixo versus ponto flutuante. Projeto serial de bits / dígitos. Síntese de protocolo - O ProGram Compiler. Construção de uma plataforma embarcada: Os núcleos do ARM versus os softcores. Vivado, Quartus. Processador Hardcore e Lógica programável. Plataformas multicore, NSG - NoC System Generator. Integrando um acelerador: HLS, HW/SW Codesign, Instruções embutidas. Aceleradores NoC. Camada de abstração de hardware, Drivers de dispositivo. Aceleradores de hardware de depuração. Depuração em plataformas multicore.

Syllabus:

Introduction to Embedded Platforms: Implementation of algorithms in hardware. Design Space Exploration. High-level synthesis: Signal-Flow Graphs/Control and Data Flow Graphs, Scheduling, Allocation, and Binding of operations. Register and Mux-minimization. Optimizing transformations. Pipelining. Fixed Point vs. Floating Point

implementations. Bit/Digit Serial Design. Protocol Synthesis – The ProGram Compiler. Building Embedded Platforms: ARM cores vs. Softcores. Vivado, Quartus. Hardcore Processor and Programmable Logic, Multi-core platforms, NSG – NoC System Generator. Integrating an accelerator: HLS, HW/SW Codesign, Embedded Instructions, NoC Accelerators/Calc2HW. Hardware Abstraction Layer, Device Drivers. Debugging hardware

accelerators. Debugging in Multicore platforms. Bibliografia: 1 ROTH JR; C. H, KINNEY, L.L.; JOHN, E.B. Fundamentals of Logic design, Enhanced Edition, 7 th Ed., ISBN 1337620351, CENGAGE, Boston, USA., 2019. 2 TARAATE, V. Logic Synthesis and SoC Prototyping: RTL Design using VHDL. ISBN 978-981-15-1313-8, Springer Nature, Singapore, 2020. 3 ATHANAS, P.; PNEVMATIKATOS, D. et all. Embedded System Design with FPGAs. ISBN 978-1461413615, Springer, New York, USA, 2012.

### **EA-251/2021 - Plataformas Virtuais e Reconfigurabilidade em Tempo de Execução / Virtual and Run-time Reconfigurable (RTR) Platforms**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8. Introdução à RTR, parte I. RTR (Real Time Reconfigurability) no Xilinx. ICAP ( Internal Configuration Access Port) versus PCAP. RTR ( Processor Configuration Access Port\_ Real Time Reconfigurable) em Altera/Intel. Introdução à RTR, parte II. RTR ( Real Time Reconfigurability) em NoCs ( Network on Chips) - Calc2HW / HLS Lab. Projetando para ambientes radioativos: SEUs, proteção de memória, TMR (Triple Modular Redundancy), execução do uBlaze Lockstep, Leon 3. IP ( Intelctual Property) de mitigação de evento único (SEM, Single Event Mtigation), Injeção de falhas, SmartFusion FPGAs. Estudo de caso: MIST/SEUD. Plataformas Virtuais: Simics/Imperas/Gem5. System C. ForSyDe System C. Simulando plataformas RTR. Simulando plataformas NoC (Simulação virtual NoC).

Syllabus:

Introduction to RTR (Real Time Reconfigurability) Part I. RTR in Xilinx. ICAP( Internal Configuration Access Port) vs PCAP. RTR in Altera/Intel. Introduction to RTR RTR (Real Time Reconfigurability) Part II. RTR on NoCs ( Network on Chips) - Calc2HW/HLS Lab. Designing for radioactive environments: SEUs, Memory protection, TMR, uBlaze Lockstep execution, Leon 3. Single-Event Mitigation (SEM) IP (Intelctual Property), Fault-Injection, SmartFusion FPGAs. Case Study: MIST/SEUD. Virtual Platforms: Simics/Imperas/Gem5. System C. ForSyDe System C. Simulating RTR platforms. Simulating NoC platforms (NoC virtual simulation). Bibliografia: 1 ROTH JR, C. H, KINNEY, L.L., JOHN,E.B. Fundamentals of Logic design, Enhanced Edition, 7th Ed.,ISBN 1337620351, CENGAGE, Boston, USA., 2019. 2 TARAATE, V. Logic Synthesis and SoC Prototyping: RTL Design using VHDL. ISBN 978-981-15-1313-8, Springer Nature, Singapore, 2020. 3 BATTEZATI, N., STERPONE, L., VIOLANTE, M. Reconfigurable Field Programmable Gate Arrays for Mission-Critical Applications, ISBN 978-1441975942.Springer Science +Business Media,NewYork, 2011.

### **EA-252/2021 - Análise de Circuitos Eletrônicos Assistida por Computador**

Requisito recomendado: Não há. Requisitos exigidos: EEA-45 e EEA-46 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Simulação por Computador, Análise DC, Análise AC, Análise de Transitório; Modelagem dos Dispositivos Semicondutores: Diodo, Transistor Bipolar e Transistor a Efeito de Campo; Topologias Integradas; Espelhos de Corrente, Amplificadores Diferenciais, Referências de Tensão; Amplificadores Operacionais e de Transcondutância; Filtros e Conversores. Bibliografia: CAMENZIND, H. – Designing Analog Chips, BookSurge Publishing,



2005. DIMITRIJEV, S. Understanding Semiconductor Devices, Oxford, 2000. CHUA, L. O. e LIN, P. M. - Computer aided analysis of electronic circuits: algorithms and computational techniques. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1975.

### **EA-253/2021 - Projeto em Eletrônica Aplicada**

Requisitos recomendados: EA-500. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-4-6. Projeto de um sistema eletrônico e demonstração experimental de sua operação. É enfatizada a aplicação de ferramentas computacionais (CAD e CAM) voltadas ao projeto eletrônico. O tema do projeto, definido pelo professor, pode incluir uma das seguintes áreas: circuitos de eletrônica aplicada, sistemas digitais, aplicações de microprocessadores e processadores e processadores digitais de sinais, sistemas VLSI, instrumentação eletrônica e sistemas aviônicos. Bibliografia: Revistas e periódicos especializados em eletrônica aplicada. Manuais de componentes e sistemas eletrônicos. Documentação de sistema computacionais de CAD e CAM voltados a projetos eletrônicos.

### **EA-254/2021 - Microcontroladores e Sistemas Embarcados**

Requisito recomendado: EA-125 e EA-127 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-3. Conceituação de sistema embarcado. Estrutura de um sistema microprocessado: processador, memórias, interfaces com o mundo externo, barramentos. As famílias 68hc11 e 8051 de microcontroladores. Programação em linguagens assembly e C. Interfaces seriais e paralelas. Temporizadores, relógios e cão de guarda. Interrupções. Programação concorrente e em tempo real. Aplicações em sistemas automotivos, aeroespaciais e de instrumentação. Redes de microcontroladores e protocolos de comunicação. Sistemas com comunicação sem fio. Bibliografia: PREDKO, M.; Handbook of microcontrollers. McGraw-Hill, New York, 1998. SIMON, D. E.; An embedded software primer. Addison-Wesley, 1999. SHAW, A. C.; Real-time systems and software. John Wiley & Sons, 2001. N. J., USA, 1990.

### **EA-262/2021 - Introdução às Plataformas Embarcadas e Virtuais / Introduction to Embedded and Virtual Platforms**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1 – 0 – 0 - 2. Introdução às plataformas embarcadas e virtuais. Implementação de algoritmos em hardware. Exploração do espaço de design. Síntese de alto nível: gráficos de fluxo de sinal / gráficos de controle e fluxo de dados, programação, alocação e encadeamento de operações. Minimização de registrador e de multiplexador. Otimização de transformações. Pipelining. Implementações de ponto fixo x ponto flutuante. Projeto serial de bits / dígitos.

Syllabus:

Introduction to Embedded and Virtual platforms. Implementation of algorithms in hardware. Design Space Exploration. High-level synthesis: Signal-Flow Graphs/Control and Data Flow Graphs, Scheduling, Allocation, and Binding of operations. Register and Mux-minimization. Optimizing transformations. Pipelining. Fixed Point vs Floating Point implementations. Bit/Digit Serial Design. Bibliografia: 1 SASS, R., SCHMIDT, A. G.. Embedded Systems Design with Platform FPGAs. Elsevier, 2010. 2 KEMPF, T., ASCHEID, G., LEUPERS, R. Multiprocessor System on Chip: Design Space Exploration. Springer, 2011. 3 NOHL, A. (Ed.), VANSPAUNWEN, N. (Ed). Debugging Embedded Software Using Virtual Platforms. Springer, 2018.

### **EA-263 / 2021 - Projeto Avançado de Sistema para Sistemas Eletrônicos de Tempo Real / Advanced System Design of Real-time Electronic System**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-4. Desafios do Projeto de Sistema. Plataforma de Sistema Embarcado. Classificação: Soft Real-Time e Hard Real-Time. Modelo Clássico de Sistema de Tempo Real. Hardware / Software Co-Design. Modelamento de Sistema. Modelos de Computação (MoCs). MoCs Síncrono e de Fluxo de Dados. Análise Estática dos MoCs. ForSyDe (Formal System Design). Sistemas com Criticalidade Mista. Síntese de Sistemas. Modelo de Plataforma. Restrições do Projeto. Exploração do Espaço de Projeto. Transformação de Projeto.

Syllabus:

System Design Challenges. Embedded Systems Platform. Classification: Soft and Hard Real-Time. Classical Real-Time System Model. Priority-Driven Scheduling. Resource Access Protocols. Real-Time Operating Systems. Hardware/Software Co-Design. System Modeling. Models of Computations (MoCs). Synchronous and Dataflow MoCs. Static Analysis of MoCs. ForSyDe (Formal System Design). Mixed-Criticality Systems. System Synthesis. Platform Model. Design Constraints. Design Space Exploration. Design Transformation. Bibliografia: 1 MEYER-BAESE, U. Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays (Signals and Communication Technology). Springer, 4th. Ed., 2014. 2 COOPER, T. Advanced Mathematics for FPGA and DSP Programmers. Amches, Inc., 2014. 3 WOODS, R., MCALLISTER, J., LIGHTBODY, G. and YI, Y. FPGA-based Implementation of Signal Processing Systems. John Wiley & Sons, 2nd. Ed., 2017.

### **EA-265/2021 – Projetos de Circuitos Integrados MOS / MOS Integrated Circuits Design**

Requisito recomendado: FIS-32, EEA-02, EEA-52. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Teoria de processos litográficos da tecnologia Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) e processos de fabricação. Teoria básica de transistores MOS e simulação elétrica: transistores MOS canais P e N, modos de operação e curvas características. Estratégias de layout: introdução aos editores de layout, regras de projeto, planejamento e roteamento das conexões. Lógicas estática e dinâmica: circuito inversor, margem de ruído, oscilador em anel, potência dinâmica, circuito buffer, características tri-state. Portas lógicas AND, OR, NOR, NAND: características estáticas e dinâmicas. Lógicas CMOS complexas, circuitos: cascode voltage switch logic, differential split-level logic, latch e flip-flop. Lógica sequencial: flip-flop tipos D/JK, implementação e layout. Projetos de circuitos digitais: implementação de unidade lógica aritmética.

Syllabus:

Lithographic process theory of Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) technology and manufacturing processes. Basic theory of MOS transistors and electrical simulation: P and N channel MOS transistors, modes of operation and characteristic curves. Layout strategies: Introduction to layout editors, design rules, planning and routing of connections. Static and dynamic logic: inverter circuit, noise margin, ring oscillator, dynamic power, buffer circuit, tri-state characteristics. Logic gates AND, OR, NOR, NAND: static and dynamic characteristics. Complex CMOS logic, circuits: cascode voltage switch logic, differential split-level logic, latch and flip-flop. Sequential logic: flip flop D/JK types, implementation and layout. Digital circuit designs: implementation of arithmetic logic unit. Bibliografia: 1 SAINT, C.; SAINT, J. IC Layout Basics: A Practical Guide, McGraw-Hill Education, 2001. 2 WESTE, N. H. E. Principles of CMOS VLSI Design: a systems perspective, New York: John Wiley

& Sons, Inc., 1992. 3 SAINT, C.; SAINT, J. IC Mask Design: Essential Layout Techniques, McGraw-Hill Education, 2002.

### **EA-266/2021 - Arquitetura de Computadores**

Requisito recomendado: CE-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos do projeto de computadores. Desempenho e custo. Projeto do conjunto de instruções. Técnicas básicas do projeto de processadores. Técnicas avançadas de pipelines. Projeto hierárquico da memória. Entradas e saídas. Exemplos de projetos reais. Bibliografia: PATTERSON, D. A. e HENNESSY, J. L., Computer architecture: a quantitative approach, 2. ed., Morgan & Kaufmann, San Mateo, 1994. HWANG, K. e BRIGGS, F. A. - Computer architecture and parallel processing, McGraw Hill, New York, 1984.

### **EA-268/2021 - Processadores de Sinais Digitais**

Requisito recomendado: EA-127 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aspectos matemáticos do processamento de sinais e algoritmos: FFT, convolução, sistemas lineares. Complexidades e desempenho de algoritmos. Microcomputadores para processamento de sinais: organização, conjunto de instruções, endereçamento de I/O. Impacto dos VLSI no processamento de sinais: arquiteturas sistólicas, celulares e dispositivos com funções especiais. Configuração de multiprocessadores. Bibliografia: BOWER, B. A.; BROWN, W. R., VLSI systems design for digital signal processing. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982. v.1; HIGGINS, R. J., Digital signal processing in VLSI. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1990.

### **EA-269/2021 – Dispositivos Lógicos Programáveis para Processamento Intensivo**

Requisito recomendado: EET-01 e EET-41. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Aspectos matemáticos do processamento de sinais e algoritmos no domínio temporal e frequência: Filtros Digitais, Filtros Digitais Adaptativos, DFT, FFT, Transformada de Wavelets. Convolução, Autocorrelação, Correlação Cruzada, Funções FRF (Frequency Response Functions), TF (Transfer Functions). Complexidades de algoritmos e desempenho de logicais. DSPs (Digital Signal Processors) e FPGAs (Field Programmable Gate Arrays). Processamento concorrente e processamento paralelo para processamento de sinais: organização, interfaceamento, programação, conjunto de instruções, endereçamento de I/O. Configuração de multiprocessamento. Processamentos do tipo “Big Data and Low Power Processing”. Processamento para determinação de funções de transferência (transfer functions - TF) e de funções de resposta em frequência (frequency response functions - FRF), em aplicações de análise de vibração. Bibliografia: MEYER-BAESE, U. Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays (Signals and Communication Technology). Springer, 4a. Ed., 2014. COOPER, T. Advanced Mathematics for FPGA and DSP Programmers. Amches, Inc., 2014. WOODS, R., MCALLISTER, J., LIGHTBODY, G. e YI, Y.. FPGA-based Implementation of Signal Processing Systems. John Wiley & Sons, 2a. Ed., 2017.

### **EA-275/2021 - Autenticação Biométrica Aplicada à Segurança de Informações**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Conceito envolvendo segurança de informações: políticas de segurança, autenticação, controle de acesso, criptografia e auditoria. Os desafios da autenticação e da identificação de pessoas. Autenticação forte: conceitos, técnicas, dispositivos e biometria. Dispositivos mais usuais (hardware): smartcards, tokens e outros dispositivos. Biometria: características biológicas utilizadas, dispositivos e sistemas eletrônicos voltados à biometria, algoritmos de extração de parâmetros e identificação

biométrica. Autoridades certificadoras e certificados digitais associados à autenticação forte. Integração de técnicas de autenticação a sistemas variados. Apresentação de casos. Aplicações. Bibliografia: PELTIER, T. R., Information security policies, procedures, and standards: Guidelines for Effective information security management. 1. ed., EUA, CRC Press, 2001. SCHNEIER, B., Applied cryptography. 3. ed., EUA. John Wiley & Sons, Inc. 1994; JULIAN, A., Biometrics, Advanced Identity Verification, 1. ed., London, Springer-Verlag, 2000.

#### **EA-276/2021 - Projeto de Filtros Ativos e de Filtros Digitais**

Requisito recomendado: ELE-04 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: consentimento do Professor. Horas semanais: 3-0-1-4. Sistemas lineares invariantes no tempo. Circuitos com elementos ativos. Tipos de filtros ativos: Butterworth, Chebyshev, elípticos, Bessel. Equalizadores, Transformação de frequências. Filtros de primeira e segunda ordem. Topologia de realimentação positiva e negativa. Circuitos Sallen-Key: passa baixa e passa-faixa. O circuito biquard friend. Filtros de capacitor chaveado. A transformada Z. A transformação bilinear. Sistemas digitais lineares invariantes no tempo. Filtros digitais IIR e FIR. Amostragem. Projeto de filtros digitais. Transformada discreta de Fourier e FFT. Processamento de sinais digitais multi-taxas. Efeitos do comprimento finito de registradores no processamento digital de sinais. Projeto de um sistema de processamento de sinais, com filtros ativos e filtros digitais. Bibliografia: DARYANANI, G.: Principles of active networks synthesis and design, John Wiley and Sons, 1976; SCHAUMANN, R.; VALKENBURG, M. E. - Design of analog filters, Oxford University Press, 2001. DE FATTA, D. J.; LUCAS, J. G.; HODGKISS, W. S. - Digital signal processing: A system design approach, John Wiley & Sons, 1998.

#### **EA-277/2021 - Linguagem VHDL: Descrição e Síntese de Circuitos Digitais**

Requisito recomendado: EEA-21 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Histórico da linguagem. Síntese de circuitos: ferramentas e etapas envolvidas. Comandos concorrentes e sequenciais básicos. Atraso interno, sinais, variáveis e atributos. Estratégias para síntese de circuitos síncronos. Componentes e declarações afins.

Subprogramas: procedimentos e funções. Bibliotecas e pacotes. Padrões IEEE-1164 e IEEE-1076.3. Definição de tipos. Descrições para teste, e operações com arquivos. Práticas com programação de dispositivos lógicos programáveis. Bibliografia: D'AMORE, R., VHDL - Descrição e síntese de circuitos digitais. Editora LTC 2005; NAYLOR, D.; JONES, D., VHDL: a logic synthesis spproach, Chapman & Hall, 1997; BHASKER, J., A VHDL Primer, Prentice Hall 1995.

#### **EA-279/2021 - Arquitetura de Computadores II**

Requisito recomendado: EA-266. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Paralelismo em nível de instrução e sua exploração dinâmica. Escalonamento dinâmico. Emissão múltipla. Paralelismo em nível de thread. Paralelismo em nível de instrução com abordagens de software. Emissão múltipla estática e arquitetura VLIW. Mecanismos de especulação de hardware e software. Multiprocessadores e paralelismo em nível de thread. Multiprocessadores de memória compartilhada simétrica e seu desempenho. Multiprocessadores de memória compartilhada distribuída e seu desempenho. Sincronização. Modelos de consistência de memória. Multithreading, exploração do paralelismo a nível de thread em um processador. Multiprocessador embutido. Bibliografia: HENNESSY, J. L. e PATTERSON, D.A., Computer Architecture: A Quantitative Aproach; 3A Edição, Elsevier Science, USA, 2003. JOHNSON, M., Superscalar Microprocessor Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs,

N.J., USA, 1990. Analog Devices - ADSP - BF533 Blackfin Processor Hardware Reference, Analog Devices Inc., Norwood, Mass. USA, 2003.

### **EA-281/2021 - Otimização de Sistemas Digitais**

Requisito recomendado: EEA-21 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Características e modelamento de sistemas digitais síncronos: estrutura, técnicas de particionamento, arquiteturas RTL (do inglês Register Transfer Level) e Linguagens de descrição de hardware. Otimização e síntese da unidade operadora (do inglês data-path): técnicas de alocação de unidades funcionais e registradores e técnicas de escalonamento de estados. Otimização e síntese de máquinas de estado finito síncronas (MEFS): minimização de estados; assinalamento de estados voltado para redução de área e potência; minimização lógica de simples saída, múltiplas saídas e multi-nível; técnicas de eliminação de glitches; decomposição de máquinas MEFS voltada para redução de potência; mapeamento tecnológico. Bibliografia: DE MICHELI, G., Synthesis and optimization of digital circuits, McGraw-Hill International Editions, 1994. VILLA, T., K.A.M, T., BRAYTON, K. R. L., SANGIOVANNI-VICENTELLI, A., synthesis of finite state machines: logic optimization, Kluwer Academic Publishers, 1997. KASTNER, R., KAPLAN, A., SARRAFZADEIT, M., Synthesis techniques and optimization fo reconfigurable systems, Kluwer Academic Publishers 2003.

### **EA-282/2021 - Projeto de Circuitos Assíncronos**

Requisito recomendado: EEA-21 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução: modelos de atraso, modos de operação e classes de circuitos assíncronos. Conceitos: circuitos livres de risco e tipos de risco. Especificações para circuitos (controladores) assíncronos: grafo de transição de sinais, modo-rajada estendido e multi-rajada. Síntese de controladores assíncronos: modo fundamental generalizado e modo entrada-saída. Síntese da unidade de processamento de dados assíncrono. Projeto de interfaces assíncronas. Projeto de circuitos no modo misto: síncrono/assíncrono. Sistemas globalmente assíncrono e localmente síncrono. Noções de projeto de processadores assíncronos. Bibliografia: HAUCK, S., Asynchronous design methodologies: An overview. Proc. of the IEEE, 83 (1): 69-93, 1995; MYERS, C.J.; Asynchronous circuits design, John Wiley & Sons, Inc., 2001; SPARSO, J., FURBERS, S.; Principles of asynchronous circuit design - a system perspective, Kluwer Academic Publishers, 2001.

### **EA-283/2021 - Introdução aos Sistemas VLSI**

Requisito recomendado: EA-252 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Transistor MOS. Princípios de fabricação e regras de projeto. Análise de inversores MOS. Circuitos combinacionais e portas de passagem. Circuitos dinâmicos. Análise de desempenho. Consumo de potências. Registradores e redes lógicas programáveis. Memórias: estrutura, operação e tipos de células. Circuitos de entrada e saída. Técnicas de teste. Bibliografia: KANG, S. M.; LEBLEBICI, Y., CMOS Digital Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2003. WESTE, N; HARRIS, D., CMOS VLSI Design. A circuits and systems perspective, Addison Wesley, 2004. HODGES, D. A.; JACKSON H.G; SALEH, R. A., Analysis and design of digital integrated circuits, McGraw-Hill, 2003.

### **EA-284/2021 - Sistemas VLSI**

Requisito recomendado: EEA-45, EEA-21, ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Histórico da microeletrônica. Operação e modelagem do transistor a efeito de campo. Técnicas de fabricação de circuitos integrados, regras de projeto e diagrama de máscaras. Inversores: análise da operação, projeto, consumo de

potência e análise de desempenho. Circuitos combinacionais e portas de passagem. Estimativa de desempenho: modelo RC e modelo de atraso linear. Circuitos dinâmicos e redes lógicas programáveis. Registradores: estruturas estáticas e dinâmicas. Memórias: estrutura, operação, tipos de células e projeto. Circuitos de entrada e saída. Técnicas de teste. Circuitos lógicos de baixo consumo. Projeto de células por meio de diagrama de máscaras. Bibliografia: KANG, S. M.; LEBLEBICI, Y.; CMOS Digital Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2003. WESTE, N; HARRIS, D.; CMOS VLSI Design. A Circuits and Systems Perspective, Addison Wesley, 2004. HODGES, D. A.; JACKSON H.G; SALEH, R. A.; Analysis and Design of Digital Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2003.

#### **EA-288/2021 - Introdução à Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8. Projeto de circuitos integrados em tecnologias CMOS em escala nano. Visão geral da operação e modelagem do transistor CMOS. Projeto, sincronização e sincronização de circuitos digitais, drivers de entrada e saída e outros tópicos relacionados. Análises aprofundadas de vários circuitos amplificadores analógicos multiuso. Análise de CC e baixa frequência, resposta de frequência e análise de circuitos de alta frequência, feedback e análise de estabilidade. Bibliografia: BAKER, Jakob. CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rd Edition-Wiley-IEEE Press. 2010. WESTE, Neil E., HARRIS, David M. CMOS VLSI Design – A Circuits and Systems Perspective, 4th Edition. Addison Wesley. 2010. SMITH, Sedra. Microelectronic Circuits. 5th Edition. 2005.

#### **EA-289/2021 - Tecnologia ASIC e Metodologia de Projeto**

Requisito recomendado: EA-250 ou EEA-52 ou EA-284 pi equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-8. Interconexão, modelagem e design. Introdução ao design do oscilador, loops de fase bloqueada (PLL) e loops de atraso bloqueado para geração, sincronização e sincronização do relógio no chip. Introdução ao design e fabricação de circuitos VLSI personalizados na tecnologia CMOS submicrométrica, metodologia de design, técnicas de design de chips e layout de chips. Bibliografia: BAKER, Jakob. CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rd Edition-Wiley-IEEE Press. 2010. WESTE, Neil E., HARRIS, David M. CMOS VLSI Design – A Circuits and Systems Perspective, 4th Edition. Addison Wesley. 2010. SMITH, Sedra. Microelectronic Circuits. 5th Edition. Oxford University Press, USA. UK.2015.

#### **EA-291/2021 - Pilotos Automáticos para VANTs**

Requisito recomendado: EE-204 ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Principais blocos componentes de um piloto automático. Pilotos automáticos comerciais. Navegação (sensores e instrumentos; calibração dos sensores; eixos de referências; ângulos de Euler e Quatérnios; filtros). Guiagem (leis de guiagem); Controle (revisão de controle clássico; malhas de controle em pilotos automáticos). Estação de Terra. Estruturas "hardware in the loop" para teste de pilotos automáticos. Bibliografia: NELSON, ROBERT C., Flight Stability and Automatic Control, Editora McGrawHill 1998. FARRELL, J. A., BARTH, M., The Global Positioning System & Inertial Navigation, Editora McGrawHill 1999. VALAVANIS, K. P., Advances in Unmanned Aerial Vehicles: State of the Art and the Road to Autonomy, Springer 2007.

#### **EA-292/2021 – Elementos de Sistemas de Navegação**

Requisito recomendado: EE-204, ou conhecimento equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Características de um sistema de navegação básico.

Sensores: Sensores de navegação inercial; Sensores usados em navegação de baixo custo- girômetros, acelerômetros, sensores de pressão, sensores de ultrassom, GPS. Sistemas de referência. Determinação de atitude de corpo rígido. Equações de navegação. Características de erros dos sensores. Análise de efeitos de erros de sensores. Compensação de erros de sensores. Filtro de Kalman e fusão sensorial. Sensores de imagens. Interfaceamento de sensores usando o Labview. Bibliografia: FARRELL, J. A, BARTH, M., The Global Positioning System & Inertial Navigation, Editora McGrawHill 1999. GREWAL, M. S., Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration, John Wiley & Sons, 2007. BROWN, R.G., Introduction to random signals and applied Kalman filtering : with MATLAB exercises and solutions, John Wiley & Sons, 1997.

### **EA-293/2021 - Projetos de Circuitos Integrados MOS em Rádio Frequência / Radio Frequency MOS Integrated Circuits Design**

Requisito recomendado: FIS-32, EEA-02, EEA-52. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Componentes passivos na tecnologia MOS: resistores planares, capacitores planares, indutores planares, transformadores planares, perdas no substrato e segmentos, parâmetros aplicados ao processo planar de componentes passivos, modelos elétricos de componentes passivos, circuitos passivos casadores de impedância para bandas estreita e larga. Diodo MOS: implementação por transistores MOS. Espelhos de corrente tipo P e N: teoria, simulação elétrica e layout. Referência de tensão Bandgap: teoria, simulação elétrica e layout de circuito referência de tensão. Amplificadores MOS básicos: teoria e modelagem, montagens típicas. Amplificadores de baixo ruído (LNA) com cargas indutivas. Amplificadores diferenciais: alta frequência, par diferencial simétrico, par diferencial single-ended, par diferencial com carga ativa. Circuitos comparadores e Sample-and-Hold.

Syllabus:

Passive components in MOS technology: planar resistors, planar capacitors, planar inductors, planar transformers, substrate and segment losses, parameters applied to the planar process of passive components, electrical models of passive components, narrow and wideband passive matching circuits. MOS diode: implementation by MOS transistors. P and N type current mirrors: theory, electrical simulation and layout. Bandgap voltage reference: theory, electrical simulation and voltage reference circuit layout. Basic MOS amplifiers: theory and modeling, typical assemblies. Low Noise Amplifiers (LNA) with inductive loads. Differential amplifiers: high frequency, symmetrical differential pair, single-ended differential pair, active load differential pair. Comparator and Sample-and-Hold circuits. Bibliografia: 1 RAZAVI, B. RF Microelectronic, Pearson Education, Inc., 2012. 2 GRAY, P. R.; HURST, P. J.; LEWIS, S. H.; MEYER, R. G. Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley & Sons, Inc., 2002. 3 FRANCO, S. Analog Circuit Design: discrete and integrated, McGraw-Hill Education, 2015.

### **EA-296/2021 - Imagens Médicas I**

Requisito recomendado: Álgebra Linear. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Sistemas digitais de Imagens. Imagens de raios-X. Imagens de ultrassonografia. Imagens de tomografia computadorizada de raios-X (CT). Imagens de tomografia por emissão de pósitrons e de fóton-único (PET/SPECT). Imagens de ressonância magnética (MRI). Outras modalidades de imagens médicas. Introdução ao processamento de imagens médicas: filtros, detecção de bordas, contraste, histograma, melhoria de imagens nos domínios do espaço e da frequência, restauração de imagens. Métodos computacionais de processamento de imagens: segmentação, registro, reconhecimento, rastreamento de objetos, e quantificação, DICOM e PACS.

Bibliografia: DOUGHERTY, Geoff. Digital image processing for medical applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard Eugene. Digital Image Processing. 3.ed. Upper Saddle River, Nj Pearson Education, Inc., 2008. RANGAYYAN, Rangaraj M. Biomedical Image Analysis. Boca Raton, FL: Crc Press, 2004. (The Biomedical Engineering Series).

#### **EA-298/2021 - Ferramentas CAD Eletrônico Avançado para Circuitos Integrados Analógicos de Baixa e Alta Frequência**

Requisito recomendado: EA-284 ou equivalente, EA-52 ou Equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Processos de fabricação de transistores MOS. Princípios e técnicas de projeto de circuitos integrados CMOS com foco em metodologia de projeto para circuitos analógicos Ferramenta de simulação para ajustes e adequações do projeto. Uso de ferramenta de edição de layout (confeção dos transistores, DRC, LVS, PADS, extração e geração de arquivo gds). Projeto de um circuito por meio de ferramentas CAD Eletrônico. Criação do esquemático do circuito, simulação do caso típico e simulação da influência da variação de processo de fabricação. Criação do layout do circuito correspondente ao esquemático. Projeto de circuitos integrados em baixas e médias frequências, integridade dos circuitos e tratamento de ruídos. Projeto de circuitos integrados em alta frequência, integridade e tratamento de ruídos. Verificação das regras de projeto da tecnologia por meio do Design Rule Check (DRC). Verificação comparativa entre o layout e o esquemático por meio do Layout vs Schematic (LVS). Extração dos elementos parasitas e Simulação Pós-Layout. Geração do arquivo gds. Bibliografia: BAKER, Jakob. CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 4th Edition. Wiley-IEEE Press. 2019. WESTE, Neil E., HARRIS, David M.. CMOS VLSI Design – A Circuits and Systems Perspective, 4th Edition. Addison Wesley. 2010. Kang, Sung-Mo; Leblebici, Yusuf; Kim, Chul Woo. CMOS Digital Integrated Circuits Analysis & Design. McGraw-Hill Education, 4th Edition. 2014.

#### **EA-306/2021 - Seminários em Dispositivos e Sistemas para Segurança Cibernética**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. Tópicos relevantes em dispositivos e sistemas para segurança cibernética, expostos por especialistas e alunos de pós-graduação que atuam nesta área. Bibliografia: 1 MEYER-BAESE, U. Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays (Signals and Communication Technology). Springer, 4a. Ed., 2014. 2 COOPER, T. Advanced Mathematics for FPGA and DSP Programmers. Amches, Inc., 2014. 3 WOODS, R., MCALLISTER, J., LIGHTBODY, G. and YI, Y. FPGA-based Implementation of Signal Processing Systems. John Wiley & Sons, 2nd. Ed., 2017.

#### **EA-308/2021 - Seminários em Sistemas Embarcados em Dispositivos Eletrônicos Reconfiguráveis**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. Tópicos relevantes em sistemas embarcados em dispositivos eletrônicos reconfiguráveis, expostos por especialistas e alunos de pós-graduação que atuam nesta área. Bibliografia: 1 FPGA Prototyping by VHDL - Examples: Xilinx MicroBlaze MCS SoC Pong P. Chu. 2017. 2 High-Level Synthesis: from Algorithm to Digital Circuit Philippe Coussy and Adam Morawiec. 2008. 3 PLD Based Design with VHDL: RTL Design, Synthesis and Implementation Vaibhav Taraate. 2017.

#### **EC-107/2021 - Eletromagnetismo I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-1. Eletrodinâmica. Representação complexa das grandezas



eletromagnéticas. Equações de Maxwell. Condições de contorno. Teorema de Poynting. Ondas eletromagnéticas planas: propagação em meios dielétricos. Polarização. Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas planas. Propagação em meios bons condutores. Efeito pelicular. Ondas TEM guiadas. Linhas de transmissão de radiofrequência: regime e transitório. Linhas de fita. Transformador de um quarto de onda e casamento com toco simples. Bibliografia: KRAUSS, J. D., CARVER, K. R., Eletromagnetismo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. DINIZ, A. B., FREIRE, G.F.O., Ondas eletromagnéticas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1973. RAMO, S. et al, Fields and waves in communication electronics. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

### **EC-108/2021 - Eletromagnetismo II**

Requisito recomendado: EC-107. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-2. Diagrama de Smith e aplicações: casamento com tocos duplo e triplo. Casamento faixa larga. Modos de transmissão TE e TM. Guias de onda: conceituação de tensão, corrente, impedância e constante de propagação. Guias de ondas retangulares, circulares, coaxiais e dielétricos. Relações energéticas em sistemas de transmissão. Cavidades ressonantes. Elementos de circuitos para sistemas de transmissão. Junções em microondas. Multipólos. Métodos matriciais de representação. Bibliografia: RAMO, S. et al, Fields and waves in communication electronics. 3. ed. New York: John Wiley, 1994. COLLIN, R.E., Foundations for microwave engineering. 2. ed. Singapore: McGraw-Hill, 1992. POZAR, D.M. Microwave engineering. Reading: Addison-Wesley, 1990.

### **EC-110/2021 – Antenas**

Requisito recomendado: EC-212. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Revisão de conceitos básicos do eletromagnetismo. Estudo de irradiadores simples. Características e propriedades elétricas das antenas. Impedância de antenas lineares finas. Teoria das redes lineares. Antenas de abertura. Antenas com refletores. Antenas faixa larga. Antenas receptoras. Projetos e medidas em antenas. Bibliografia: BALANIS, C.A. Antenna theory: analysis and design. 3<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley, 2005. STUTZMAN, W. L.; THIELE, G. A., Antenna theory and design. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley, 1998. COLLIN, R.E., Antennas and radiowave propagation. New York: McGraw-Hill, 1985.

### **EC-175/2021 - Fundamentos de Engenharia Fotônica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EEM-09. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de laser semiconductor: Interação entre radiação e matéria, emissão estimulada, emissão espontânea, absorção e inversão de população. Cavidade Fabry - Perot, modos de oscilação, equações de taxa, curva característica, coerência e representação circuital. Parâmetros típicos de laser semiconductor: eficiência, largura de faixa, potência óptica, corrente de limiar e divergência de feixe. Fotodetectores: princípios de operação, eficiência 124 quântica, sensibilidade, representação circuital e largura de faixa. Fibras ópticas monomodo e multimodo: perfis de índice de refração, modos de propagação, dispersão, atenuação e retardo de grupo. Dispositivos fotônicos: divisores de potência, acopladores direcionais, filtros, moduladores e amplificadores. Projeto de moduladores ópticos à óptica integrada. Enlace de comunicação óptica: enlaces analógicos e digitais. Redes ópticas de comunicações. Medições em sistemas ópticos. Bibliografia: DAVIS, C., New York, NY: Cambridge University Press, 1996; YARIV, A., Optical electronics in modern communications. 5. ed. New York, NY: Oxford University Press, 1997; HOBBS, P. C. D., Building electro - optical systems: making it all Work. New York, NY: John Wiley & Sons, 2000.

**EC-176/2021 - Processamento Óptico de Sinais (Não tem ementa Prof. Gefeson 2/2010)** Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EEM-09. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas ópticos lineares bidimensionais: fundamentos teóricos, convolução, correlação e transformadas de Fourier e de Fresnel bidimensionais. Teoria de difração: formulações de Kirchoff, Rayleigh - Sommerfeld e Fresnel. Difração acusto-óptica: células Bragg isotrópica e anisotrópica. Análise de lentes delgadas: transformada de Fourier espacial e formação de imagem. Moduladores e filtros ópticos espaciais. Analisador de espectro e correlatore acusto-ópticos. Aplicações de processamento óptico de sinais: processamento radar e reconhecimento de padrões. Fundamentos de holografia. Bibliografia: BOONE, B. G., Signal processing using optics: Fundamentals, Devices, Architectures and Applications. New York: Oxford University Press, 1998; BORN, M.; WOLF, E., Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light. 6. ed. New York: Cambridge University Press, 1980; VAN DER LUGGT, A. B., Optical signal processing. New York: John Wiley & Sons, 1993.

#### **EC-212/2021 - Teoria Eletromagnética**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos fundamentais. Ondas eletromagnéticas: propagação, polarização, reflexão e transmissão. Vetores auxiliares. Teoremas e princípios eletromagnéticos. Ondas planas, cilíndricas e esféricas. Radiação e espalhamento. Técnicas variacionais e das perturbações. Bibliografia: HARRINGTON, R. F., Time-harmonic electromagnetic fields. New York: McGraw-Hill, 1961. BALANIS, C. A., Advanced engineering electromagnetics. New York: John Wiley & Sons, 1989. KONG, J. A. Theory of electromagnetic waves. New York: John Wiley & Sons, 1975.

#### **EC-213/2021 – Engenharia de Micro-ondas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Elementos de teoria eletromagnética. Linhas de transmissão e guias de onda. Teoria circuitual para sistemas guiados. Casamento de impedância. Dispositivos passivos em Micro-ondas. Ressonadores eletromagnéticos. Estruturas periódicas e filtros. Válvulas e dispositivos semicondutores. Bibliografia: COLLIN, R.E. Foundations for microwave engineering. 2. ed. Singapore: McGraw-Hill, 1992. RAMO, S. et al. Fields and waves in communication electronics. 3. ed. New York: John Wiley, 1994. POZAR, D.M. Microwave engineering. Reading: Addison- Wesley, 1990.

#### **EC-214/2021 – Análise e Medidas de Dispositivos em RF e Micro-ondas**

Requisito recomendado: EC-212, EC-213, EC-278, ET-282. Requisito exigido: EC-277 ou ET-283. Horas semanais: 3-0-0-6. Apresentação de dispositivos passivos (linhas de transmissão, divisores de potência, acopladores, atenuadores, defasadores, filtros e circuladores) e ativos (amplificadores, osciladores e misturadores) utilizados em RF e micro-ondas. Análise desses dispositivos utilizando simuladores eletromagnéticos de alto desempenho. Técnicas de manuseio dos equipamentos de medidas em RF e micro-ondas (Geradores, medidores de potência, analisadores de redes vetorial, analisadores de espectro). Medidas das principais figuras de mérito de dispositivos passivos e ativos e de sistemas de RF e micro-ondas (transmissor e receptor). Bibliografia: JOEL P. DUNSMORE, Handbook of Microwave Component Measurements: with Advanced VNA Techniques. 2<sup>th</sup> ed., John Wiley, October 22, 2012. DAVID M. P., Microwave Engineering. 4<sup>th</sup> ed, John Wiley, 2011. LAVERGHETTA, T.S., Modern microwave measurements and techniques. Dedham: Artech House, 1988.

### **EC-220/2021 - Fibras Ópticas: Teoria e Aplicações**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Guias ópticos dielétricos. Teoria dos modos. Fibras ópticas monomodo circulares. Aproximação para modos fracamente guiados. Fibras altamente bi-refringentes. Técnicas de emendas. Dispositivos a fibras (acopladores, moduladores, polarizadores). Circuitos ópticos a fibra (interferômetros de Mach-Zehnder e Sagnac) e suas aplicações como sensores. Bibliografia: MARCUSE, D., Theory of dielectric optical guides. New York: Academic Press, 1974. SNYDER, A. W., LOVE, J. D., Optical waveguide theory. London: Chapman & Hall, 1983. OKOSHI, T. Optical fibers. New York: Academic Press, 1982.

### **EC-221/2021 - Dispositivos Eletro-ópticos e Acusto-ópticos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Propagação de ondas eletromagnéticas e elásticas em cristais anisotrópicos. Os efeitos eletro-óptico e acusto-óptico. Moduladores de fase, amplitude e frequência. Defletores ópticos, filtros ópticos e dispositivos biestáveis. Bibliografia: NELSON, D. F., Electric, optic, and acoustic interactions in dielectrics. New York: John Wiley, 1979. YARIV, A., YEH, P., Optical waves in crystals. New York: John Wiley, 1984.

### **EC-225/2021 - Circuitos Integrados Ópticos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Guias ópticos planares e guias ópticos de tipo canal. Modos guiados e modos de radiação. Teoria de modos acoplados. Acopladores direcionais. Moduladores de fase, amplitude e frequência. Filtros ópticos. Circuitos ópticos biestáveis. Amplificadores ópticos. Bibliografia: YARIV, A., Optical electronics, 4. ed. San Francisco: Saunders College Publishing, 1991. NISHIHARA, H., et al, Optical integrated circuits. New York: McGraw-Hill, 1989. YARIV, A., YEH, P., Optical waves in crystals. New York: John Wiley, 1984.

### **EC-240/2021 – Comunicações Ópticas**

Requisito recomendados: EC-212 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Teoria básica de fibras ópticas. Perdas em fibras ópticas, não-linearidades e dispersão. Fontes ópticas e transmissores. Foto-detetores ópticos e receptores. Projeto de sistemas ópticos. Sistemas de comunicação de múltiplos canais. Amplificadores ópticos. Não-linearidades ópticas. Bibliografia: G. AGRAWAL, Fiber-Optic Communication Systems, New York, John Wiley and Sons, 1992. G. KEISER, Optical Fiber Communications, New York, McGraw Hill, 1983. J. M. SENIOR, Optical Fiber Communications, New York, Prentice Hall, 1985. D. J. G. MESTDAGH, Fundamentals of Multiaccess Optical Fiber Networks, Norwood, Artech House, 1995.

### **EC-241/2021 - Dispositivos Especiais em Fibra Óptica**

Requisito recomendado: EC-212 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Interação de ondas eletromagnéticas com a matéria. Óptica de uma única camada. Formulação matricial para estruturas de várias camadas isotrópicas. Estruturas periódicas. Estruturas não-homogêneas. Estruturas de várias camadas anisotrópicas. Grades de Bragg. Fotosensitividade de grades de Bragg. Teoria de grades de Bragg. Filtros passafaixa e grades com chirping. Medidas básicas das características das grades de Bragg. Estruturas do tipo photonic bandgap. Bibliografia: P. YEH, Optical waves in layered media, New York, John Wiley & Sons, 1988. R. KASHYAP,

Fiber Bragg gratings, New York, Academic Press, 1999. W. C. CHEW, Waves and fields in inhomogeneous media, Piscataway, IEEE Press, 1995.

### **EC-244/2021 - Análise de Guias de Micro-ondas e Óptico pelo Método de Elementos Finitos**

Requisitos recomendados: EC-212, AE-245 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Elementos Finitos no Eletromagnetismo. Fundamentos do Método de Elementos finitos (MEF). Formulações para solução das equações de Laplace e Poisson. Formulações escalar e vetorial da equação de Helmholtz para meios não-homogêneos e anisotrópicos. Técnicas para a solução de problemas de domínio aberto. Aplicação do MEF (1D e 2D) na análise modal de guias de Micro-ondas e ópticos integrados. Exemplos de aplicação a fenômenos acoplados: dispositivos eletro-ópticos e termo-ópticos. Bibliografia: J. JIN, Finite element method in electromagnetics, New York, John Wiley & Sons Inc, 1993. M. KOSHIBA, Optical waveguide theory by the finite element method, Tokyo, KTK Scientific Publishers, 1992. J. L. VOLAKIS, A. CHATTERJEE e L. C. KEMPEL, Finite element method for electromagnetics, Piscataway, IEEE Press, 1998.

### **EC-260/2021 – Teoria de Antenas**

Requisito recomendado: EC-110. requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Elementos de teoria eletromagnética. Irradiação de fontes lineares simples. Antenas cilíndricas, de abertura e de microlinha. Redes de antenas. Antenas receptoras. Bibliografia: STUTZMAN, W.L., THIELE, G.A., Antenna theory and design. New York: John Wiley, 1981. BALANIS, C.A., Antenna theory: analysis and design. New York: John Wiley, 1982. COLLIN, R.E., ZUCHER, F.J., Antenna theory. New York: McGraw-Hill, 1969.

### **EC-262/2021 – Antenas de Microlinha**

Requisito recomendado: EC-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. A antena de microlinha e seu mecanismo de irradiação. Análise de estruturas planas: modelos empíricos, semi-empíricos e de onda completa. Antenas moldadas sobre superfícies cilíndricas. Antenas circularmente polarizadas. Redes de antenas. Antenas com substratos complexos. Bibliografia: BHARTIA, P. et al. Millimeter-wave microstrip and printed circuit antennas. Norwood: Artech House, 1991. JAMES, J.R. et al. Microstrip antenna theory and design. Stevenage: Peter Peregrinus, 1981. BAHL, I.J., BHARTIA, P., Microstrip antennas. Dedham: Artech House, 1980.

### **EC-263/2021 - Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de Mecânica quântica: Postulados, Operadores, Função de Onda, Equação de Schroedinger; Elétron em cristais: estruturas cristalinas, bandas de energia, metais, semicondutores e isolantes; Cálculo de estrutura eletrônica: Teoria do Funcional da Densidade; Transporte em semicondutores: massa efetiva, modelo semiclássico, Impurezas em semicondutores: Estatística de Fermi Dirac; Interação da radiação com a matéria: Modelos clássico e quântico, propriedades ópticas de semicondutores; Ligas semicondutoras: engenharia de materiais; Fundamentos de geração de Micro-ondas e de radiação óptica por meio de dispositivos semicondutores: diodo gunn, diodo IMPATT, diodo laser e LED. Bibliografia: A. YARIV, An introduction to theory and applications of Quantum Mechanics, New York: John Wiley & Sons, 1982; N. W. ASHROFT and N. D. MERMIN, Solid State Physics, New York: Saunders College Publishers, 1976; J. SINGH, Electronic and optoelectronic properties of semiconductor structures, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

### **EC-266/2021 - Dispositivos a Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica**

Requisito recomendado: EC-263. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Junção pn, heterojunção semiconductor/semiconductor e heterojunção e heterojunção metal/semiconductor; Diodos: varactor, zener, túnel, pin, gunn e IMPATT; Transistores bipolares, JFET, MESFET e MOSFETs; Dispositivos de Micro-ondas: a barreira Schottky, a transferência de elétrons e em regime de avalanche e tempo de trânsito; Dispositivos optoeletrônicos: LEDs, LASERs semicondutores, Moduladores ópticos semicondutores (Eletoabsorption Modulator), Amplificadores ópticos semicondutores (Semiconductor Optical Amplifier – SOA), fotodetectores e células solares. Bibliografia: SZE, S. M., Physics of semiconductor devices. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1981. Koruy Ishii, T. Pratical Microwave Devices, Academic Press, San Diego, 1990. Rezende, S. M., Materiais e Dispositivos Eletrônicos, Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004, 2ª. Edição.

### **EC-273/2021 - Ondas Guiadas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EC-212 ou consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Funções de Green escalares e diádicas. Ondas transversais eletromagnéticas. Linhas de transmissão: determinação de impedâncias características e constantes de propagação. Guias de ondas metálicos e cavidades ressonantes: propriedades dos modos. Energia, atenuação em guias de ondas e fator de mérito de cavidades. Guias de ondas ópticos. Bibliografia: COLLIN, R.E., Field theory of guided waves. 2. ed. Piscataway: IEEE Press, 1990. MARCUSE, D., Theory of dielectric optical waveguides. New York: Academic Press, 1974. KONG, J. A., Electromagnetic waves theory. New York: John Wiley, 1990.

### **EC-277/2021 – Circuitos Passivos em Microlinha**

Requisito recomendado: EC-212. Requisito exigido: EC-213 ou consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Matrizes em Micro-ondas: Z, Y, S e ABCD. Grafos de fluxo de sinal. Ondas de potência e matriz S generalizada. Análise de quatro-portas com plano de simetria. Microlinha e outras linhas planas: propriedades, fabricação e análise por mapeamento conforme. Abordagem do domínio espectral. Equações práticas para a análise e projeto da microlinha. Descontinuidades. Linhas acopladas: acopladores direcionais e bloqueio DC. Componentes: acopladores híbridos, transformadores de impedância e divisores de potência. Filtros. Componentes passivos em tecnologia de circuitos integrados monolíticos de Micro-ondas. Bibliografia: COLLIN, R.E., Foundations for microwave engineering. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1992. EDWARDS, T.C., Foundations for microstrip circuit design. New York: John Wiley, 1981. ITOH, T., Numerical techniques for microwave and millimeter-wave passive structures. New York: John Wiley, 1989.

### **EC-278/2021 – Circuitos Ativos em Micro-ondas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EC-277 ou consentimento do coordenador. Horas semanais: 3-0-0-6. Parâmetros S aplicados ao projeto de circuitos lineares. Ruído em duas-portas lineares. Características de dispositivos semicondutores: diodo Schottky, FET e transistor bipolar. Técnicas de casamento de impedância. Amplificadores lineares: pequenos sinais e baixo ruído. Análise de circuitos não-lineares: o método do balanceamento harmônico. Amplificadores de potência. Osciladores. Outros circuitos ativos. Exemplos de circuitos integrados monolíticos de Micro-ondas. Bibliografia: VENDELIN, G. D. et al. Microwave circuit design using linear and nonlinear techniques. New York: John Wiley, 1990. MAAS, S. A., Nonlinear microwave circuits. Norwood: Artech House, 1988. GOYAL, R., Monolithic microwave integrated circuits: technology and design, Norwood: Artech House, 1989.

### **EC-290/2021 - Métodos Matemáticos do Eletromagnetismo**

Requisito recomendado: EC-212. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Análise Vetorial. Variáveis complexas. Equações diferenciais, separação de variáveis em coordenadas retangulares, cilíndricas e esféricas. Funções ortogonais, expansão em séries. Equações integrais e Funções de Green. Equação da linha de transmissão. Invariantes e simetrias das Equações de Maxwell. Bibliografia: DUDLEU, D.G., Mathematical Foundations for Electromagnetic Theory, Wiley-IEEE, 1994. BRAUM, C.E., KRITIKOS, H.N., Electromagnetic Symmetry, CRC, 1995. BALANIS, C.A., Advanced Engineering Electromagnetics, Wiley, 1989.

### **EE-191/2021 – Introdução à Engenharia de Sistemas / Introduction to Systems Engineering**

Requisito Recomendado: EES-10 ou equivalente. Requisito Exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Motivadores e características do desenvolvimento de engenharia. Definições: sistemas, requisitos, especificações, engenharia de sistemas e conceitos relacionados. O ciclo de desenvolvimento de engenharia. Análise de sistemas e de requisitos. Avaliação de alternativas de projeto. Tratamento de requisitos com focos específicos: confiabilidade, manutenibilidade, fatores humanos, produção e reciclagem, e custo. Noções de planejamento e controle de projeto. A engenharia de sistemas e sua relação com a invenção e a inovação.

Syllabus:

Motivators and characteristics of engineering development. Definitions: systems, requirements, specifications, systems engineering and related concepts. The engineering development cycle. Systems and requirements analysis. Evaluation of design alternatives. Addressing requirements with specific focus: reliability, maintainability, human factors, production and recycling, and cost. Notions of project planning and control. Systems engineering and its relationship to invention and innovation. Bibliografia: 1 Blanchard, B.S. & Fabrycky, W.J. Systems engineering and analysis, 5 ed., Pearson, 2013. 2 Kossiakoff, A. et al. Systems engineering principles and practice, 2 ed., Wiley-Interscience, 2011. 3 ISO/IEC/IEEE, Systems and software engineering - Life cycle management - Part 4: Systems engineering planning, International Standard ISO/IEC/IEEE 24748-4, 2016.

### **EE-208/2021 – Sistemas de Controles Lineares / Linear Control Systems**

Requisito recomendado: MAT-12, MAT-27, MAT-32 e MAT-46 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0,5-6. Conceituação de sistemas, controle e automação. Modelagem linear de sistemas dinâmicos. Espaço de estados. Solução de equações de estado lineares e invariantes no tempo. Função de transferência. Estabilidade. Especificações de regime e transitório. Lugar geométrico das raízes. Controlador PID. Resposta em frequência e curvas de Bode. Critério de Nyquist. Projeto de controladores no domínio da frequência. Controlabilidade e observabilidade. Alocação de polos empregando realimentação de estado. Regulador linear-quadrático. Observadores de estado. Sistemas discretos. Transformada Z. Estabilidade de sistemas discretos. Amostragem e discretização de sistemas. Projeto de sistemas de controle a tempo discreto.

Conceptualization of systems, control and automation. Linear modeling of dynamic systems. State space. Solution of linear time invariant state equations. Transfer function. Stability. Transient and steady state specifications. Root locus. PID controller. Frequency response and bode plots. Nyquist criterion. Design of controllers in the frequency domain. Controllability and observability. Pole placement using state feedback. Linear quadratic regulator. State observers. Discrete systems. Z transform.

Stability of discrete systems. Sampling and discretization of systems. Design of discrete-time control systems.

Bibliografia: GEROMEL, J. C.; KOROGUI, R. H., Controle linear de sistemas dinâmicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. NISE, N. S., Engenharia de sistemas de controle. 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2017. HEMERLY, E. M., Controle por computador de sistemas dinâmicos. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

### **EE-209/2021 – Sistemas de Controles Não Lineares / Nonlinear Control Systems**

Requisito recomendado: EES-10 e EES-20 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0,5-6. Fenômenos não lineares. Modelagem através da formulação lagrangeana. Linearização empregando expansão em série de Taylor. Análise gráfica de sistemas de ordens um e dois. Linearização harmônica e osciladores. Linearização exata por realimentação de estados. Linearização entrada-saída e dinâmica zero. Estabilidade de ciclos limite. Estabilidade no sentido de Lyapunov. Utilização de desigualdades matriciais lineares para estudo de estabilidade. Controle adaptativo com modelo de referência. Utilização intencional de não linearidades. Controle de caos.

Nonlinear phenomena. Modeling through a Lagrangean formulation. Linearization using Taylor series expansion. Graphical analysis of one and two order systems. Harmonic linearization and oscillators. Exact state feedback linearization. Input-output linearization and zero dynamics. Stability of limit cycles. Stability in the sense of Lyapunov. Use of linear matrix inequalities for stability analysis. Model reference adaptative control. Intentional use of nonlinearities. Control of chaos. Bibliografia: SLOTINE, J. J. E.; LI, W. Applied nonlinear control. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991; CASTRUCCI, P.; CURTI, R., Sistemas não-lineares. São Paulo: Edgard Blücher, 1981; KHALIL, H. K., Nonlinear systems. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

### **EE-210/2021 - Tópicos em Sistemas de Controle / Topics in Systems and Control**

Requisito recomendado: EE-208 e EE-209 ou equivalentes. Requisito exigido: EES-10 e EES-20 ou equivalentes. Horas semanais: 3-0-0-7. Sistemas lineares: Modelagem de sistemas multivariáveis, especificações de desempenho, limites de desempenho, realizações, métodos de síntese de controladores. Sistemas não lineares: Simulação numérica de sistemas não lineares, fenômeno do salto na resposta em frequência, ação assíncrona, controladores empregando modos deslizantes e otimização. Estabilidade: Lema de Barbalat, conjuntos invariantes, backstepping, problema de Lur'e-Postnikov, estabilidade absoluta, critério do círculo e critério de Popov. Sistemas estocásticos: Filtragem, suavização e predição, estimação pontual, identificação paramétrica de sistemas, princípios da separação e equivalência à certeza.

Linear systems: multivariable systems modeling, performance specifications, performance limits, realizations, controller synthesis methods. Nonlinear systems: numerical simulation of nonlinear systems, frequency hopping phenomenon, asynchronous action, controllers using sliding modes and optimization. Stability: Barbalat's lemma, invariant sets, backstepping, Lure-Postnikov problem, absolute stability, circle criterion and Popov criterion. Stochastic systems: filtering, smoothing and prediction, punctual estimation, parametric systems identification, separation principle and certainty equivalence principle. Bibliografia: FALEIROS, A. C.; YONEYAMA, T. Teoria matemática de sistemas. São Paulo: Arte e Ciências, 2002. SKOGESTAD, S.; POSTLETHWAITE, I. Multivariable feedback control: analysis and design. 2. ed. Chichester: Wiley, 2005. SASTRY, S. Nonlinear systems: analysis, stability and control. New York: Springer, 1999.

### **EE-214/2021 - Inteligência Artificial em Controle e Automação / Artificial Intelligence in Control and Automation**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EES-10 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios de lógica. Cálculo sentencial e de predicados. Fundamentos de Prolog. Sistemas especialistas. Métodos de busca min-max e A-estrela. Lógica nebulosa. Aprendizado com diferentes tipos de supervisão. Redes neurais artificiais. Algoritmo backpropagation. Redes de kohonen. Deep learning. Aplicação de técnicas de inteligência artificial em problemas de reconhecimento de padrões e de controle.

Principles of logic. Propositional and predicate calculus. Fundamentals of Prolog. Expert systems. Min-max and A-star search methods. Fuzzy logic. Learning with different types of supervision. Artificial neural networks. Backpropagation algorithm. Kohonen networks. Deep learning. Application of artificial intelligence techniques in pattern recognition and control problems.

Bibliografia: NASCIMENTO Jr., C. L.; YONEYAMA, T., Inteligência artificial em controle e automação. São Paulo: Edgard Blücher, 2000; RUSSEL, S. L.; NORVIG, P. Inteligência Artificial. Tradução de: Artificial Intelligence, 3<sup>rd</sup> edition, Rio de Janeiro, Elsevier, 2013. SHAW, I.; SIMÕES, M. G., Controle e modelagem fuzzy. 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

### **EE-231/2021 - Métodos Numéricos em Controle / Numerical Methods in Control**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de álgebra linear. Erros em computação numérica. Transformações ortogonais. Fatorações de matrizes. Mínimos quadrados e pseudo-inversas. Métodos numéricos para a solução de equações diferenciais. Análise numérica de propriedades de sistemas lineares. Otimização numérica de sistemas de controle. Análise convexa aplicada a sistemas de controle.

Review of linear algebra. Errors in numerical computation. Orthogonal transformations. Matrix factorizations. Least squares and pseudo-inverses. Numerical methods for the solution of differential equations. Numerical analysis of properties of linear systems. Numerical optimization of control systems convex analysis applied to control systems. Bibliografia: DATTA, B. N. Numerical Methods for Linear Control Systems. Academic Press, 2003. NOCEDAL, J. et. al. Numerical Optimization, 2<sup>nd</sup> ed, Springer, 2006. BOYD, S. & VANDENBERGHE, L. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004.

### **EE-240/2021 – Controle Tolerante a Falhas / Fault Tolerant Control**

Requisito recomendado: EE-208 e EE-214 ou equivalentes. Requisito exigido: EES-10 e EES-20 ou equivalentes. Horas semanais: 3-0-0-6. Formulação do problema de controle tolerante a falhas. Abordagens de controle tolerante a falhas. Métodos de detecção de falhas. Detecção de falhas baseada em redundância física e analítica e em técnicas de inteligência artificial. Isolamento de falhas. Diagnóstico de falhas. Noções de controle robusto e controle adaptativo. Estudo de caso. Implementação computacional de detecção, isolamento e controle tolerante a falhas.

Formulation of the fault tolerant control problem. Approaches to fault tolerant control. Methods of fault detection. Fault detection based on physical and analytical redundancy and on artificial intelligence techniques. Fault isolation. Fault diagnosis. Notions of robust control and adaptive control. Case study. Computational implementation of detection, isolation and fault tolerant control.

Bibliografia: ISERMANN, R., Fault-diagnosis systems: an introduction from fault detection to fault tolerance. Berlin: Springer, 2006. BLANKE, M.; KINNAERT, M.; LUNZE, J.; STAROSWIECKI, M. Diagnosis and fault-tolerant control. Berlin:



Springer-Verlag, 2003. PATTON R. J.; FRANK, P. M.; CLARK R. N. (Ed.). Issues of fault diagnosis for dynamic systems. London: Springer, 2000.

### **EE-253/2021 - Controle Ótimo de Sistemas / Optimal Systems Control**

Requisito recomendado: EE-208 ou equivalente. Requisito exigido: EES-20 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Formulação do problema de controle ótimo. Noções de cálculo variacional. Princípio do máximo de Pontryagin. Existência de controle ótimo. Princípio da otimalidade e programação dinâmica. Equação de Hamilton-Jacobi-Bellman. Controle subótimo. Problema linear-quadrático. Otimização e métodos numéricos em controle ótimo.

Formulation of the optimal control problem. Notions of variational calculus. Pontryagin maximum principle. Existence of optimal control. Principle of optimality and dynamic programming. Hamilton-Jacobi-Bellman equation. Suboptimal control. Linear-quadratic problem. Optimization and numerical methods in optimal control.

Bibliografia: KIRK, D. E., Optimal control theory: an introduction. Dover Publications, 2004. LEWIS, F. L.; VRABIE, D.; SYRMOS, V. L., Optimal control, 3ª edição, Wiley, 2012. FLETCHER, R. Practical methods of optimization. 2ª edição, Wiley, 2000.

### **EE-254/2021 – Controle Preditivo / Predictive Control**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EES-10 e EES-20 ou equivalentes. Horas semanais: 3-0-0-6. Elementos básicos de uma formulação de controle preditivo: função de custo, horizontes de predição e de controle, equação de predição, uso de horizonte retrocedente. Obtenção de equações de predição a partir de modelos lineares e invariantes no tempo. Solução do problema de otimização na ausência de restrições. Uso de programação quadrática para tratar restrições sobre variáveis de controle e saída. Formulações de controle preditivo com garantia de factibilidade recursiva e estabilidade. Abordagens para recuperação de factibilidade. Robustez a incertezas de modelo.

Basic elements of a predictive control formulation: cost function, prediction and control horizons, prediction equation, use of receding horizon. Obtaining prediction equations from linear and time invariant models. Solving the optimization problem in the absence of constraints. Use of quadratic programming to handle constraints on control and output variables. Predictive control formulations with guarantee of recursive feasibility and stability. Approaches to feasibility recovery. Robustness to model uncertainties. Bibliografia: 1 CAMACHO, E. F.; BORDONS, C. Model predictive control. 2 ed. London: Springer-Verlag, 2004. 2 MACIEJOWSKI, J. M. Predictive control with constraints. Harlow: Prentice Hall, 2002. 3 ROSSISTER, J. A. Model-based predictive control: A practical approach. Boca Raton: CRC Press, 2003.

### **EE-265/2021 - Controle Não Linear Adaptativo / Nonlinear Adaptive Control**

Requisito recomendado: EE-209, EE-210 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3 - 0 - 0 - 6. Estabilidade de sistemas não lineares. Controle adaptativo utilizando modelo de referência. Controle backstepping. Controle utilizando imersão e invariância. Controladores proporcionais e integrais não lineares. Observadores não lineares. Aplicação de teoria de bifurcação para o projeto de sistemas de controle não lineares.

Stability of nonlinear systems. Adaptive control using reference model. Backstepping control. Control using immersion and invariance. Proportional and integral nonlinear controllers. Nonlinear observers. Application of bifurcation theory to the design of nonlinear control systems. Bibliografia: 1 Astolfi, A.; Karagiannis, D.; Ortega, R. Nonlinear and Adaptive Control with Applications. Springer, 2008. 2 Krstic, M.; Kanellakopoulos, I.; Kokotovic, P. Nonlinear and Adaptive Control Design. John

Wiley and Sons, 1995. 3 Kuznetsov, Y. Elements of Applied Bifurcation Theory. Springer, 2004.

### **EE-266/2021 - Identificação e Filtragem / Identification and Filtering**

Requisito recomendado: ET-236 ou equivalente, EE-210 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de probabilidades e processos estocásticos. Modelagem de sistemas estocásticos. Fundamentos da teoria de estimação. Identificação de sistemas dinâmicos. Teoria de filtragem. Filtro de Kalman. Smoothing e predição. Outras estruturas de filtros.

Review of probabilities and stochastic processes. Modeling stochastic systems. Fundamentals of estimation theory. Identification of dynamic systems. Filtering theory. Kalman filter. Smoothing and prediction. Other filter structures. Bibliografia: 1 Davis, M.H.A.; Vinter, R.B. Stochastic Modelling and Control. Chapman and Hall, 1985. 2 Ljung, L. System Identification: Theory for the User. Prentice-Hall, 1987. 3 Bar-Shalom, Y.; Li, X.-R.; Kirubarajan, T. Estimation with Applications to Tracking and Navigation. John Wiley & Sons, 2001.

### **EE-267/2021 – Controle Estocástico / Stochastic Control**

Requisito recomendado: EE-266, EE-253 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão de probabilidades e processos estocásticos. Funções custo. Programação dinâmica. Princípio da otimalidade. Problema do regulador linear quadrático. Filtro de Kalman. Problema LQG. Princípio da separação. Outros métodos de controle estocástico.

Syllabus:

Review of probabilities and stochastic processes. Cost functions. Dynamic programming. Optimality principle. Linear quadratic regulator problem. Kalman filter. LQG problem. Separation principle. Other methods of stochastic control. Bibliografia: 1 Söderström, T. Discrete-Time Stochastic Systems. Springer, 2002. 2 Bertsekas, D.P.; Shreve, S.E. Stochastic Optimal Control: The Discrete Time Case. Mathematics in Science and Engineering, vol. 139, Springer, 1978. 3 Kumar, P.R. & Varaiya, P. Stochastic Systems: Estimation, Identification, and Adaptive Control. Prentice-Hall, 1986.

### **EE-271/2021 - Sistemas Multivariáveis Lineares / Linear Multivariable Systems**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Descrição de sistemas lineares multivariáveis. Decomposição modal. Propriedades de matrizes polinomiais e racionais. Forma de Smith-McMillan. Realizações mínimas. Polos e zeros de sistemas multivariáveis. Número de condição e matriz de ganho relativo (RGA). Controlabilidade e observabilidade. Redução de ordem. Desempenho e estabilidade nominal. Parametrização de Youla-Kucera. Controle descentralizado. Projeto de sistemas de controle lineares multivariáveis e métodos que usam norma  $H_2$  e  $H_\infty$ . Desigualdades matriciais lineares (LMIs) e seu uso em controle.

Descriptions of multivariable linear systems. Modal decomposition. Properties of polynomial and rational matrices. (Smith-McMillan form etc). Minimal realizations. Poles and zeros of multivariable systems. Condition number and relative gain array (RGA). Controllability and observability. Order reduction. Performance and nominal stability. Youla-Kucera parametrization. Design of multivariable linear control systems and methods using  $H_2$  and  $H_\infty$  norms. Linear matrix inequalities (LMIs) and their use in control. Bibliografia: 1 SKOGESTAD, S.; POSTLETHWAITE, I. Multivariable Feedback Control: Analysis and Design. 2ª edição, Chichester: Wiley, 2005. 2 KAILATH, T. Linear Systems. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1980. 3

ALBERTOS, P. Multivariable Control Systems: An Engineering Approach. 1a edição, Springer, 2004.

### **EE-273/2021 – Controladores Lineares Robustos / Linear Robust Controllers**

Requisito recomendado: EE-271 ou equivalente. Requisito exigido: EE-208 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Estabilidade e desempenho de sistemas multivariáveis. Robustez e modelagem de incertezas. Estabilidade robusta e desempenho robusto. Técnicas de projeto de controladores para sistemas multivariáveis: extensão de técnicas para sistemas SISO, LQG / LTR e suas extensões, métodos que usam a norma  $H_\infty$ . Introdução ao projeto com desigualdades matriciais lineares (LMIs).

Syllabus:

Stability and performance of multivariable systems. Robustness and modeling of uncertainties. Robust stability and robust performance. Controller design techniques for multivariable systems: extensions of techniques for SISO systems, LQG / LTR and its extensions, methods that use the  $H_\infty$  norm. Introduction to the design with linear matrix inequalities (LMIs). Bibliografia: Skogestad, S.; Postlethwaite, I., Multivariable feedback control. 2. ed., Chichester: Wiley, 2005. Cruz; J. J., Controle robusto multivariável. São Paulo: Edusp, 1996. ZHOU, K; DOYLE, J.C.; GLOVER, K. Robust and optimal control. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

### **EE-294/2021 - Sistemas de Pilotagem e Guiamento / Guidance and Control Systems**

Requisito recomendado: EE-208, EE-253 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de guiamento de mísseis táticos. Navegação proporcional e variantes. Malha de guiamento terminal (homing loop). Método do sistema adjunto. Análise de covariância. Distância de passagem. Outras leis de guiamento. Equações de movimento do míssil. Modelagem linear da dinâmica do míssil. Projeto de autopiloto. Acoplamento dinâmico guiamento-pilotagem. Guiamento ótimo linear quadrático: otimização unilateral e abordagem de jogos diferenciais.

Syllabus:

Basics of tactical missile guidance. Proportional navigation and variants. Terminal guiding loop (homing loop). Adjoint system method. Covariance analysis. Missing distance. Other guidance laws. Missile equations of motion. Linear modeling of missile dynamics. Autopilot design. Dynamic guidance-control coupling. Optimum linear quadratic guidance: unilateral optimization and differential game approach. Bibliografia: ZARCHAN, P. Tactical and Strategic Missile Guidance. 5ª edição, AIAA, 2007. SIOURIS, G.M. Missile Guidance and Control Systems Springer, 2004. BEN-ASHER, J.Z. e YAESH, I. Advances in Missile Guidance Theory, AIAA, 1998.

### **EE-295/2021 - Sistemas de Navegação Inercial e Auxiliados por Fusão Sensorial / Inertial and Sensor Fusion Aided Navigation Systems**

Requisito recomendado: EE-208 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas de coordenadas relevantes. Cinemática e determinação de atitude de corpo rígido. Noções de instrumentação inercial. Equações de navegação. Mecanização da navegação em plataforma estabilizada e strap-down. Coning e sculling: algoritmos para determinação de atitude e navegação empregando múltiplas taxas de amostragem. Análise de erros e especificação inicial de sensores. Implementação subótima de filtro de Kalman, análise de covariância, filtro de Kalman estendido. Calibração e alinhamento inicial no solo e em voo. Navegação empregando satélites: Navstar GPS. Fusão de navegação inercial com auxílios de barômetro, GPS, Doppler, imageadores e visão computacional para embarque em VANTs de baixo custo.

Relevant coordinate systems. Kinematics and rigid body attitude determination. Notions of inertial instrumentation. Navigation equations. Mechanization of navigation on stabilized and strap-down platforms. Coning and sculling: algorithms for attitude determination and navigation employing multiple sampling rates. Error analysis and initial specification of sensors. Sub-optimal Kalman filter implementation, covariance analysis, extended Kalman filter. Calibration and initial alignment on ground and in flight. Navigation employing satellites: Navstar GPS. Fusion of inertial navigation with barometer, GPS, Doppler, imagers and computational vision for embedding into low cost UAVs. Bibliografia: FARRELL, J.A.; BARTH, M., The Global Positioning System and inertial navigation. New York: McGraw-Hill, 1999. Material distribuído pelo professor.

#### **EE-301/2021 - Seminário de Tese / Thesis Seminar**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-1. Sistemática de pesquisa e divulgação de resultados de pesquisa em engenharia. Apresentação pelos alunos de mestrado e doutorado das pesquisas em andamento e de assuntos e propostas de dissertação e tese.

Systematics of research and research result dissemination in engineering. Presentation by the master and doctoral students of research in progress and of dissertation and thesis subjects and proposals. Bibliografia: BEER, D.F. Writing and Speaking in the Technology Professions: A Practical Guide, 2ª edição, Wiley-IEEE Press, 2003. ROSENBERG, B. Spring into Technical Writing for Engineers and Scientists, Addison-Wesley Professional, 2005. SILYN-ROBERTS, H. Writing for Science and Engineering: Papers, Presentations and Reports Butterworth-Heinemann, 2002.

#### **EE-442/2021 - Conjuntos Difusos na Modelagem de Sistemas Dinâmicos / Fuzzy Sets in the Modelling of Dynamic Systems**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-6. Modelagem e análise de sistemas dinâmicos. Equações diferenciais e a diferença. Revisão de álgebra linear. Equações de estado lineares em tempo contínuo e discreto. Sistemas lineares com coeficientes constantes. Noções e conceitos de conjuntos difusos. Caracterização e escolha de conjuntos difusos. Operações com conjuntos difusos. Conjuntos difusos na modelagem e análise de sistemas.

Syllabus:

Modeling and analysis of dynamic systems. Differential and difference equations. Linear algebra review. Linear state equations in continuous and discrete time. Linear systems with constant coefficients. Notions and concepts of fuzzy sets. Characterization and choice of fuzzy sets. Operations with fuzzy sets. Fuzzy sets in system modeling and analysis. Bibliografia: 1 LUENBERGER, D.G. Introduction to dynamic systems; theory, models, and applications. Capítulos 1 – 5 e 10. John Wiley, 1979. 2 PEDRYCZ, W. & GOMIDE, F. Fuzzy systems engineering. Capítulos 1 – 5, 10 e 15. Wiley-Interscience/IEEE Press, 2007.

#### **EM-210/2021 – Redes de Antenas**

Requisito recomendado: EC-277, EC-278. Requisito exigido: EC-260. Horas semanais: 3-0-0-6. Redes lineares discretas: uniformes e não uniformes. Redes do tipo end-fire simples: Yagi-Uda e Log-periódica de dipolos. Redes planares e circulares. Redes de antenas de microfita planas e moldadas sobre estruturas cilíndricas e esféricas. Redes com apontamento de feixe. Circuitos de alimentação. Procedimentos de projeto. Bibliografia: BALANIS, C. Antenna theory 3 ed. Hoboken, NJ: Wiley Interscience, 2005; STUTZMAN, W.; THIELE, G., Antenna Theory and Design. 3. ed. Wiley, 2012;

HANSEN, R., Phased array antennas 2. ed.. Hoboken, N.J.: Wiley, 2009; MAILLOUX, R., Phased array antenna handbook 2. ed. Boston: Artech House, 2005.

### **ET-231/2021 - Teoria da Informação**

Requisito recomendado: ET-236. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Medidas de informação. Codificação para fontes discretas. Canais discretos sem memória e sua capacidade. Teorema de codificação do canal ruidoso. Canais sem memória com tempo discreto. Canais de forma de onda. Noções de teoria da razão de distorção. Introdução à teoria de informação de múltiplos usuários. Bibliografia: GALLAGER, R. G., Information theory and reliable communication. New York: John Wiley, 1968. ASH, R. Information theory. New York: Interscience Publishers, 1965. COVER, T. M; THOMAS, J. A., Elements of information theory. New York: John Wiley, 1991.

### **ET-235/2021 - Codificação Digital de Sinais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-0. Representação digital de sinais contínuos. Discretização no tempo: amostragem. Discretização em amplitudes e codificação digital: quantização linear, preditiva (diferencial e delta), não-linear e adaptável. Codificação de sinais por transformadas ortogonais. Codificação digital de voz e vídeo. Bibliografia: JAYANT, N.S. and NOLL, P., Digital coding of waveforms, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984. Artigos Selecionados.

### **ET-236/2021 - Processos Estocásticos**

Requisitos recomendados: ELE-33, ELE-34, ter cursado ou estar cursando ET-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Revisão de probabilidade e variáveis aleatórias. Definição e caracterização estatística de processos aleatórios de tempo contínuo e tempo discreto, estacionariedade em sentido amplo e estrito. Exemplos de processos estocásticos de tempo contínuo e discreto: processos gaussianos, processos de Poisson, processo de Wiener de tempo contínuo, ruído branco, processo de Bernoulli, processo de Wiener de tempo discreto, processos de Markov de tempo discreto com estado discreto e estado contínuo. Estimação de estados em cadeias ocultas de Markov de estado discreto. Continuidade, diferenciabilidade e integrabilidade de processos estocásticos no sentido de mínimos quadrados. Sistemas lineares de tempo contínuo e discreto com entradas estocásticas. Caracterização spectral e modelagem de processos estacionários de tempo contínuo e discreto. Filtros de Wiener de tempo discreto e contínuo, filtros de Wiener para predição e suavização, identificação de modelos autoregressivos. Processos ergódicos e teoremas de ergodicidade. Bibliografia: PAPOULIS, A.; PILLAI, S. U., Probability, random variables and stochastic processes, 4. ed., McGraw Hill, 2002; STARK, H.; WOODS, J. W., Probability and random processes with applications to signal processing. 3. ed., Prentice Hall Inc., 2002. THERRIEN, C. W., Discrete Random Signals and Statistical Signal Processing, Prentice-Hall, 1992.

### **ET-237/2021 - Processamento de Sinais Aleatórios / Statistical Signal Processing**

Requisito recomendado: ET-236 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Estimação bayesiana: conceitos gerais, estimadores MAP e MMSE. Estimadores bayesianos sequenciais: filtro de Kalman e filtro estendido de Kalman, filtros de partículas SIR e Resample-move, filtros de partículas Rao-Blackwellizados e estimação conjunta de estados e parâmetros. Filtro de Kalman na forma de informação. Filtros de Kalman e filtros de partículas distribuídos sobre redes parcialmente conexas: métodos de consenso e métodos de difusão (Adapt-hen-Combine e Random Exchange

diffusion). Estimadores de máxima verossimilhança (ML): definição, propriedades, matriz de informação de Fischer e limite de Cramér-Rao. Estimação ML de parâmetros em vetores média e matrizes de covariância estruturadas em modelos multivariáveis normais. Detecção de sinais: testes Neyman-Pearson, testes de Bayes (binários e M-ários), estatísticas suficientes e aplicações em detecção de sinais conhecidos e detecção de sinais aleatórios em ruído gaussiano. Testes GLRT e detecção de sinais determinísticos com parâmetros desconhecidos em ruído gaussiano. Detecção e rastreamento integrados: conjuntos aleatórios finitos e filtros de Bernoulli.

Syllabus:

Bayesian estimation: general concepts, MAP and MMSE estimators. Sequential Bayesian estimators: the Kalman filter and the extended Kalman filter, SIR and Resample-Move particle filters, Rao-Blackwellized particle filters and joint state and parameter estimation. Kalman filter in information form. Distributed Kalman and particle filtering over partially connected networks: consensus methods, Adapt-then-Combine diffusion, Random Exchange diffusion. Maximum likelihood (ML) estimators: definition, properties, Fisher information matrix and Cramér-Rao lower bound. ML parameter estimation in multivariate Gaussian models with structured mean vectors and covariance matrices. Signal detection: Neyman-Pearson tests, binary and M-ary Bayes tests, sufficient statistics, application to detection of known signals and detection of random signals in Gaussian noise. GLRT tests and detection of deterministic signals with unknown parameters in Gaussian noise. Joint detection and tracking: random finite sets (RFS) and Bernoulli filters. Bibliografia: Moulin, P., Veeravalli V., Statistical Inference for Engineers and Data Scientists, Cambridge University Press, 2020. Candy, J. V., Bayesian Signal Processing: Classical, Modern, and Particle Filtering Methods 2nd ed., Wiley-IEEE Press, 2016. Sayed, A. H., Djuric, P.M., Hlawatsch, F., Distributed Kalman and Particle Filtering, in Cooperative and Graph Signal Processing: Principles and Applications 1st ed., Academic Press, 2018.

### **ET-240/2021 - Comunicação de Dados em Sistemas Espaciais / Space Communication Systems**

Requisito recomendado: ET-235, ET-290. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas espaciais: introdução aos conceitos básicos de foguetes, ciclo de vida, especificação, arquitetura, integração, testes e gerenciamento de missões. Fundamentos de sistemas de bordo para missões espaciais: conceito de cargas úteis, projetos de redes elétricas, sensores, condicionamento, aquisição de dados, protocolos de comunicação (RS, ARINC 429, MIL-STD-1553) de técnicas de codificação, códigos de linha e modulação empregadas em sistemas espaciais. Telemetria e telecomando de missões espaciais: formatação de mensagens, estrutura de quadro de canais, protocolo iNET, multiplexação de dados assíncronos em pacote, decomutação e sistemas de terminação de voo. Projeto de sistemas de solo: filosofia e projeto de estações terrenas, arquitetura, antenas, receptores, cálculos de enlaces, recuperação de relógio, parâmetros de desempenho, erro de bit, gravação, distribuição de dados e interoperabilidade. Conceitos básicos de comunicação via satélite e comunicação em espaço profundo.

Introduction to rocket design, life cycle, specification, architecture, integration, testing and mission management. Fundamentals of onboard system for space missions: concept of payload, electronic design, sensors, conditioning, data acquisition, bus protocols (RS, ARINC 429, MIL-STD-1553), coding techniques, line codes and modulation used in space systems. Telemetry and Telecommand for space missions: message formatting, channel frame structure, iNET protocol, multiplexing of asynchronous data packet, decomutation and flight termination systems. IRIG 106 Standard. Ground segment design: philosophy and design of ground stations, architecture, antennas, receivers, link budget, clock recovery, performance parameters,

bit error, data recording, data distribution and interoperability. Basic concepts of satellite communication and deep space communication. Bibliografia: 1 PISACANE, V. L. Fundamentals of Space Systems. 2 ed. Oxford University Press, 2005. 587 p. 2 SIMON, M. Bandwidth-Efficient Digital Modulation with Application to Deep Space Communications. Wiley, 2003 232 p. 3 ELBERT, B. The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook. 2 ed. Artech House, 2014. 444 p.

### **ET-272/2021 – Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications**

Requisito recomendado: ET-290, ET-274. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos de Navegação Aérea: Categorias de navegação, regras de voo, instâncias e órgãos de controle de tráfego aéreo que atuam na prestação do serviço de navegação aérea, fases do voo, noções sobre os sistemas de bordo que atuam na navegação aérea. Conceitos de: Radar Primário e Secundário de Vigilância. Arquitetura de aviônicos. Sensores; pressão, magnéticos e giroscópios. Noções básicas de rádio propagação. Comunicação de voz e dados da aeronave para suporte a ATC. Navegação via rádio de curto alcance: NDB (Non-Directional Beacon), VOR (VHF Omnidirectional Range), DME (Distance Measurement Equipment), sistema inercial. Sistemas visuais de aproximação: ALS (Approach Landing System), PAPI (Precision Approach Path Indicator). Sistema de pouso por instrumento (ILS – Instrument Landing System). Comunicações via satélite. Telemetria e ensaios em voo (Padrão IRIG-106). Conceitos da navegação por satélites e seu uso na aviação civil. Erros de navegação: PDE (Path Definition Error), FTE (Flight Technical Error), NSE (Navigation Sensor Error), TSE (Total System Error). Tipos de navegação: convencional, RNAV (Area Navigation), RNP (Required Performance Navigation). Conceito PBN (Performance-Based Navigation). Conceitos de acurácia, integridade, disponibilidade e continuidade. Requisitos de desempenho na aviação civil; Sistemas de melhoria de precisão ABAS (Aircraft-Based Augmentation System), GBAS (Ground-Based Augmentation System) e SBAS (Satellite-Based Augmentation System). Noções do Sistema de Gerenciamento de Voo (FMS -Flight Management System).

#### **Syllabus:**

Avionics Architecture. Sensors: pressure, magnetics and gyroscopes. Basic notions of radio propagation. Aircraft voice and data communication to support ATC. Satellite communication. Telemetry and flight tests (IRIG-106 Standard). Concepts of primary and secondary surveillance Radar. Air navigation concepts: categories of navigation, flight rules, air traffic control organs as air navigation service providers, phases of flight, notions on board systems for air navigation. Radio navigation: NDB (Non-Directional Beacon), VOR (VHF Omnidirectional Range), DME (Distance Measurement Equipment), inertial navigation system. Visual approach systems: ALS (Approach Landing System), PAPI (Precision Approach Path Indicator). Instrument Landing System (ILS). Navigation errors: PDE (Path Definition Error), FTE (Flight Technical Error), NSE (Navigation Sensor Error), TSE (Total System Error). Types of navigation: conventional, RNAV (Area Navigation), RNP (Required Performance Navigation). PBN (Performance-Based Navigation) concept. Concepts of accuracy, integrity, availability and continuity. Civil aviation performance requirements. Augmentation Systems: ABAS (Aircraft-Based Augmentation System), GBAS (Ground-Based Augmentation System) and SBAS (Satellite-Based Augmentation System). Notions of Flight Management System (FMS). Bibliografia: 1 Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Ltd, 2008. 2 Binns C., Aircraft Systems: Instruments, Communications, Navigation, and Control, John Wiley & Sons, 2019 3 Haykin, S., Communication systems, 4th. ed., New York: John Willey & Sons, 2001 4 Kayton. M.; Fried, W.R. Avionics Navigation

Systems, 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, 1997. 5 ICAO (International Civil Aviation Organization). Annex 10, to the Convention on International Civil Aviation - Aeronautical Telecommunications, Volume I – Radio Navigation Aids, 6. ed. July, 2006. Amendment 87, November 15th, 2012. 6 ICAO (International Civil Aviation Organization). Doc 9613: Performance-based Navigation (PBN) Manual. 3 Ed. ICAO: Montreal, Canada, 2008. (ISBN 978-92-9249-200-7). 7 ICAO (International Civil Aviation Organization). Doc 9849: Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual. 2 Ed. ICAO: Montreal, Canada, 2013. (ISBN 978-92-9249-200-7).

### **ET-274/2021 - Sistemas de Navegação por Satélites**

Requisito recomendado: ET-171. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Histórico e descrição geral dos princípios básicos de funcionamento dos sistemas modernos de navegação por satélites, GPS (Global Positioning System) e GLONASS (Global Navigation Satellite System). O sistema GPS: estrutura do sinal; receptores e sensores GPS; desempenho e efeitos de erros do sistema; o sistema GPS diferencial. Comparação entre sistemas de navegação. Aplicações terrestres, marítimas e aeroespaciais dos sistemas de navegação por satélites. Bibliografia: PARKINSON, B. W.; SPILKER, J. J. ed. - Global Positioning System: theory and applications, Vol I and II. WASHINGTON, D. C., American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996. LEICK, A., GPS Satellite surveying. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1994; HOFMAN, W., Global Positioning System: theory and practice. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Springer-Verlag, 1994.

### **EET-284/2021 - Processamento de Sinais de Radar / Radar Signal Processing**

Requisito recomendado: ET-286. Requisito exigido: ET-236 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-6. Equação do radar e previsões de alcance. Modelamento estatístico de sinais ecos. Formas de onda e função ambiguidade. Compressão de pulso. Métricas Estatísticas para Processamento de Imagens SAR, Técnicas de detecção de alvos, Estimacão de parâmetros e rejeição de ecos indesejáveis ("clutter" de radar). Detecção de alvos estáticos. Detecção de alvos móveis (MTI e MTD), manutenção da taxa de falso alarme (CFAR). Probabilidade de detecção versus taxa de falso alarme (curva ROC).

Syllabus:

Radar equation and radar range predictions. Statistical modeling of echo signals. Waveforms and ambiguity function. Pulse compression. Statistical Metrics for SAR Image Processing, Target Detection Techniques, Parameter estimation and rejection of undesirable echoes (radar clutter). Detection of static targets. Detection of moving targets (MTI and MTD), maintenance of false alarm rate (CFAR). Probability of detection versus false alarm rate (ROC curve). Bibliografia: 1 SKOLNIK, M.I., Introduction to radar systems, 3. ed., New York: McGraw-Hill, 2008. 784p. 2 DI FRANCO, J.V. & RUBIN, W.L., Radar detection, London: Artech House, 1982. 654 p. 3 MASSEM R. MAHAFZA, Radar Systems, Analysis and Design using Matlab, 3. ed., New York: Chapman and Hall/CRC, 2013. 772 p.

### **ET-286/2021 - Processamento Digital de Sinais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Sinais e sistemas discretos no tempo. Transformada-z. Transformada discreta de Fourier. Filtros digitais de respostas impulsivas infinita e finita: estruturas e técnicas de projeto. Transformada rápida de Fourier (FFT); algoritmos FFT por dizimação no tempo e em frequência. Bibliografia: OPPENHEIM, A. V. & SCHAFER, R. W., Discrete time signal processing. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989. MATLAB – Signal processing toolbox, v. 3. Ob, fev 94 (para Matlab v. 4.2).



### **ET-290/2021 – Comunicações Digitais**

Requisito recomendado: ET-231, ET-236 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Elementos de um sistema de comunicação digital. Representação geométrica de sinais. Equivalência entre banda base e banda passante, modulações digitais em amplitude, fase e frequência. Transmissão em canais Gaussianos: receptor ótimo e desempenho. Transmissão em canais limitados em frequência: interferência intersimbólica, critério de Nyquist. Transmissão em canais com desvanecimento: caracterização, equalização. Noções de sincronismo. Bibliografia: HAYKIN, S., Digital Communication Systems. Hoboken: Wiley, 2014. GOLDSMITH, A., Wireless Communications. Nova York: Cambridge University Press, 2005. PROAKIS, J.; SALEHI, M., Digital Communications, 5 ed. Boston, MA: McGraw-Hill, 2008.

### **ET-291/2021 - Radar de Abertura Sintética (SAR)**

Requisito recomendado: ET-236, ET-284 e ET-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estrutura sistêmica do SAR (Synthetic Aperture Radar) e principais geometrias de imageamento. Compressão de pulso. Modelagem dos dados brutos, técnicas e processadores para síntese de imagem. Sistemas com múltiplos canais de recepção. Detecção de alvos móveis em imagens SAR. Interferometria e interferometria diferencial. Polarimetria: matriz de espalhamento, resposta polarimétrica e parâmetros polarimétricos utilizados para classificação. Modelagem estatística da textura e do speckle. Filtragem do speckle. Segmentação e classificação de imagens SAR. Bibliografia: CUMMING, I. G., WONG, F. H., Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementation, Boston, Artech House, 2005. CURLANDER, J. C.; MCDONOUGH, R. N., Synthetic aperture radar, systems and signal processing. New York: John Wiley & Sons, 1991; SOUMEKH M., Synthetic Aperture Radar Signal Processing with MATLAB Algorithms, New York, John Wiley, 1999.

### **ET-292/2021 - Clima Espacial e Telecomunicações**

Requisito recomendado: ET-274. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sol: estrutura do astro e fenômenos solares de emissão. Magnetosfera terrestre: estrutura, fenomenologia e acoplamento com regiões inferiores da atmosfera terrestre. Ionosfera: estrutura, eletrodinâmica, introdução à física de plasma e movimento de partículas, acoplamento com a atmosfera neutra e a magnetosfera e fenomenologia. Missões geofísicas espaciais, satélites, instrumentação e técnicas de medidas de parâmetros do geoespaço. Estudos do conteúdo eletrônico total e da cintilação ionosférica. Interações do clima espacial com as telecomunicações e o cotidiano tecnológico contemporâneo com ênfase em navegação via satélite e aplicações aeronáuticas. Efeitos do clima espacial em sistemas de melhoria de precisão (GBAS e SBAS) para aproximação e pouso de aeronaves. Bibliografia: KELLEY, M. C. The Earth's ionosphere: plasma physics and electrodynamics. 2. ed. New York: Academic Press, 2009. 572 p. PETROVSKI, I. G.; TSUJII, T. Digital satellite navigation and geophysics. A practical guide with GNSS signal simulator and receiver laboratory. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. DAVIES, K. Ionospheric Radio. [S.l.]: IEE Electromagnetic Waves Series, v. 31, 1990.

### **ET-293/2021 Processamento de Sinais de Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) / GNSS Signal Processing**

Requisito recomendado: ET-290, ET-237, ET-286, ET-274. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Modulação digital; Interplexing de sinais / esquemas de mapeamento; Formatação de sinais para medição de distância; Características de carga

útil de satélites; Arquiteturas de receptores; Propagação e interferência de multipercurso; Conceitos de processamento de sinais para GNSS; Aquisição e detecção de sinais; Tipos de discriminadores de delay locked loop (DLL) e seu desempenho; Tipos de discriminadores de phase locked loop (PLL) e seu desempenho; Filtros de Kalman.

Digital modulation; Signal interplexing/mapping schemes; Signal design for ranging; Satellite payload characteristics; Receiver architectures; Multipath propagation and interference; Signal processing concepts for GNSS; Signal acquisition and detection; Delay locked loop (DLL) discriminator types and their performance; Phase locked loop (PLL) discriminator types and their performance; Kalman Filters. Bibliografia: 1 Misra, P. & Enge, P. (2006), Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Second Edition, Ganga-Jamuna Press. 2 Kaplan, E., Hegarty C. (2006), Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition, Artech House. 3 Harry L. Van Trees, Optimum Array Processing. Detection, Estimation and Modulation Theory, Part IV, Wiley Interscience, 2002.

### **ET-297/2021 - Processamento de Sinais em Arranjos de Antenas / Antenna Array Signal Processing**

Requisito recomendado: ET-290, ET-237, ET-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Arranjos de antenas e aberturas; Medidas de desempenho de arranjo; Algoritmos robustos para formação de feixes (beamforming); Estimativa de direção de chegada (DOA); Determinação da atitude de plataformas com múltiplas antenas; Pré-branqueamento; Projeções ortogonais; Interpolação de arranjos; Processamento de sinais adaptativos no espaço-tempo; Estimativa de parâmetros multidimensionais.

Arrays and apertures; Array performance measures; Robust beamforming algorithms; Direction-of-arrival (DOA) estimation; Attitude determination of multi-antenna platforms; Pre-whitening; Orthogonal projections; Array Interpolation; Space-time adaptive signal processing; Multidimensional parameter estimation. Bibliografia: 1 H. L. Van Trees, Optimum Array Processing. Detection, Estimation and Modulation Theory, Part IV, Wiley Interscience, 2002. 2 S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory, vol. 1, Prentice Hall PTR, 1993. 3 Gilbert Strang. Linear Algebra and its Applications. Harcourt Publishers Ltd., 1988.

### **ET-299/2021 – Codificação de Canal**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: EET-61 ou ET-231 ou equivalente. Horas semanais: 4-0-0-6. Apresentação do problema de transmissão de dados. Modelos de canais; BEC, BSC, AWGN. Códigos de bloco lineares. Códigos Convolucionais: codificação, decodificação, algoritmo de Viterbi, algoritmo BCJR. Códigos Turbo. Grafos de fatores: representação e cálculo de funções densidade de probabilidade, algoritmos de passagem de mensagens. Códigos LDGM e LDPC: análise, projeto de implementação. Bibliografia: RICHARDSON, T.; URBANKE, R. Modern Coding Theory, Cambridge University Press, 2008; COVER, T.; THOAMS, J.A. Elements of Information Theory, 2 ed., Wiley-Interscience, 2006; DECLERCQ, D.; FOSSORIER, M.; BIGLIERI, E. Channel Coding , Academic Press, 2014.

### **ET-300/2021 - Seminário em Telecomunicações**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. Tópicos relevantes em sistemas de telecomunicações, expostos por especialistas da área, ou trabalhos de tese em andamentos, expostos por alunos de pós-graduação. Bibliografia: usar norma ABNT.

### **PO-203/2021 - Programação Inteira**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Modelagem. Estrutura de Otimização Inteira: teoria poliedral, formulações e complexidade, otimalidade, relaxações e limitantes. Problemas bem resolvidos. Unimodularidade total. Algoritmos exatos: enumeração implícita, branch-and-bound, plano de corte (branch-and-cut), relaxação lagrangeana, desigualdades válidas fortes. Aplicações e heurísticas. Bibliografia: GARFINKEL R.S.; NEMHAUSER G.L., Integer Programming, John Wiley & Sons, 1972. CAMPELLO R. E. ; MACULAN N., Algoritmos e Heurísticas: Desenvolvimento e Avaliação de Performance, Eduff, 1994. COOK W.J.; CUNNINGHAM W. H.; PULLEYBLANK W. R.; SCHRIJVER A., Combinatorial Optimization, Wiley, Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization, 1998.

#### **PO-213/2021 - Econometria Aplicada**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Po-210 (ou MOQ-13) Probabilidade e Estatística. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à análise de regressão linear. Regressão linear simples e múltipla: hipóteses do modelo, estimação de parâmetros, propriedades de estimadores. Inferência. ANOVA em regressão linear. Multicolinearidade e seus efeitos. Seleção de variáveis. Modelos Linearizáveis. Modelos polinomiais. Modelos com variáveis qualitativas. Diagnóstico e reparação de problemas. Tópicos adicionais em análise de regressão. Bibliografia: KUTNER, M.; NACHTSHEIM, C.; NETER, J.; LI, W. (2004). Applied Linear Statistical Models, 5 Ed, McGraw-Hill/Irwin. GUJARATI, D. (2004). Basic Econometrics, 4 Ed, McGraw-Hill. PINDYCK, RS.; RUBINFELD, DL. (1998). Econometric Models and Economic Forecasts, 4 Ed, McGraw-Hill/Irwin.

#### **PO-233/2021 - Aprendizado de Máquina**

Requisito recomendado: Algoritmos e Estrutura de Dados, Inteligência Computacional. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Introdução ao aprendizado indutivo. Análise exploratória de dados: estatísticas descritivas e visualização multivariada. Pré-processamentos de dados: limpeza, redução dimensional, transformações. Aprendizado preditivo: k-vizinhos mais próximos, árvores de decisão, modelos Bayesianos, Redes Neurais Artificiais, Máquinas de Vetores de Suporte. Aprendizado descritivo: k-médias, algoritmos hierárquicos. Modelos múltiplos (comitês). Metodologia de avaliação experimental de algoritmos de aprendizado. Introduction to inductive learning. Exploratory data analysis: descriptive statistics and multivariate visualization. Pre-processing of data: cleaning, dimensionality reduction, transformations. Predictive learning: k-nearest neighbors, decision trees, Bayesian models, Artificial Neural Networks, Support Vector Machines. Descriptive learning: k-means, hierarchical algorithms. Ensembles of models. Methodology for experimental evaluation of learning algorithms. Bibliografia: FACELI, K.; LORENA, A.C.; GAMA, J.; CARVALHO, A.C.P.L.F. (2011) Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina. Editora LTC. JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. (2013). An introduction to statistical learning. New York: Springer. ALPAYDIN, E. (2014). Introduction to machine learning. MIT press.

#### **SC-249/2021 - Simulação de Drones e Aplicações**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Aspectos operacionais e regulatórios no uso de drones; Categorias de utilização; Classificação de drones baseado em porte e aplicações; Padronizações e certificações; Simulação multidisciplinar de drones e suas aplicações; Arquitetura de hardware e sistemas; Modelos de mobilidade em veículos aéreos não-tripulados; Modelos de comunicação de rede sem-fio e móvel para drones; Sistemas de controle e piloto

automático; Planejamento de trajetórias; Percepção baseada em dados virtuais de radar e câmera; Modelos de Controle de Espaço Aéreo. Bibliografia: Austin, Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. Wiley, 2010. ISBN: 978-0-470-05819-0. Baichtal, Building Your Own Drones: A Beginners' Guide to Drones, UAVs, and ROVs. Que Publishing, 2016. ISBN: 978-0789755988 Beard & McLain, Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice. Princeton University Press, 2012. ISBN: 978-0691149219.

### **TE-206/2021 – Projetos de Plataformas Suborbitais / Suborbital Platforms Design**

Requisito recomendado: ET-240; ou TE-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas espaciais: o mercado espacial com ênfase no segmento das telecomunicações, introdução aos conceitos básicos de foguetes, propulsão espacial, ciclo de vida, requisitos, especificação, arquitetura, integração, testes e gerenciamento de missões. Conceitos de engenharia de sistemas espaciais. Conceito e projeto de veículos lançadores, sub-orbitais e de cargas úteis. Introdução aos sub-sistemas de bordo para missões espaciais. O ambiente espacial e seus efeitos no projeto eletrônico. Arquitetura de redes elétricas: aviônica embarcada, barramentos de distribuição de energia. Tipos de sensores embarcados em missões espaciais, condicionamento e aquisição de dados em foguetes. Telemetria: formatação de mensagens, multiplexação de dados assíncronos em pacote, decomutação, gravação e distribuição de dados em tempo real. Segurança de voo: uso de transponders, determinação de ponto de impacto e sistemas de terminação de voo. Visão geral e projeto de experimentos para voos sub-orbitais. Recuperação de cargas úteis. Operação de lançamentos e infra-estrutura de centro de lançamentos. Projeto de sistemas de solo: banco de controle, estações terrenas de radar, telemetria e telecomando, distribuição de dados e interoperabilidade.

#### **Syllabus:**

Space systems: the space market with an emphasis on the telecommunications segment, introduction to the basic concepts of rockets, space propulsion, life cycle, requirements, specification, architecture, integration, testing and mission management. Concepts of Space Systems Engineering. Concept and design of launch vehicles, sub-orbitals and payloads. Introduction to on-board subsystems for space missions. The spatial environment and its effects on the electronic project design. Onboard Electronic architecture: avionics, power distribution buses and grounding. Types of onboard sensors used in space missions, conditioning and data acquisition in rockets. Telemetry: formatting messages, multiplexing asynchronous data in packets, decomposing, recording and distributing data in real time. Flight safety: use of transponders, impact point determination and flight termination systems. Overview and design of experiments for sub-orbital flights. Payload Recovery. Launch operation and launch center infrastructure. Ground systems design: control center, radar, telemetry and telecommand ground stations, data distribution and interoperability during launch. Bibliografia: 1 Wertz, J. R., Everett, D. F., & Puschell, J. J. (2011). Space mission engineering: the new SMAD. Microcosm Press. 2 Pisacane, V. L. (Ed.). (2005). Fundamentals of space systems. Johns Hopkins University/Appli. 3 Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (Eds.). (2011). Spacecraft systems engineering. John Wiley & Sons.

## **7. ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA - PG/EIA**

### **7.1 Objetivos do PG/EIA**

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica está voltado para a formação de profissionais em nível de mestrado e doutorado. Para tanto, oferece disciplinas e realiza pesquisas aplicadas visando, principalmente, o desenvolvimento dos setores aeroportuário, de tráfego aéreo e de transporte aéreo.

Os professores do PG/EIA estão vinculados à Divisão de Engenharia Civil.

As atividades de ensino e de pesquisa do Curso estão agrupadas nas seguintes Áreas de Concentração:

- Infraestrutura Aeroportuária - PG/EIA-I; e
- Transporte Aéreo e Aeroportos - PG/EIA-T.

A matrícula do aluno é efetuada em uma das áreas de concentração. Em casos excepcionais, o Conselho de Pós-graduação (CPG) poderá aprovar um programa especial de estudos com disciplinas e tema de tese que não se enquadrem em quaisquer das áreas de concentração do curso, a título de Programa Especial.

## **7.2 Linhas de Pesquisa do PG/EIA**

### **7.2.1 Infraestrutura Aeroportuária - PG/EIA-I**

Nesta área, são desenvolvidas pesquisas aplicadas e de caráter interdisciplinar, cujo objetivo é a busca de maior racionalização dos métodos de planejamento, projeto, construção, avaliação e manutenção dos diversos componentes da infraestrutura viária, visando maximizar a sua vida de serviço e minimizar os custos envolvidos. A área é constituída pelas seguintes Linhas de Pesquisa:

- Engenharia de Pavimentos

Métodos para projeto, avaliação, diagnóstico e manutenção de pavimentos. Materiais de pavimentação. Aperfeiçoamento da base tecnológica de Sistemas de Gerência de Pavimentos.

- Estruturas

Simulação do comportamento de estruturas por métodos numéricos. Otimização de estruturas.

- Geomecânica Computacional

Métodos numéricos para análise de estabilidade, tensões e deformações em problemas geotécnicos e que envolvam interação solo-estrutura. Modelos reológicos e retroanálise de leituras de instrumentação de campo e de laboratório.

- Geossintéticos

Propriedades características e funcionais dos geossintéticos. Especificação. Análises de comportamento e métodos para projetos em aplicações geotécnicas e ambientais.

- Hidrogeotecnia Ambiental

Análise de transporte de poluentes. Estudo de águas subterrâneas. Modernização e simulação de sistemas de proteção em impacto ambiental. Aplicação de radares e satélites.

- Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Infraestrutura e meio ambiente: tecnologia ambiental, análise econômico-ecológica, modelagem dinâmica espacial. Recursos hídricos: águas subterrâneas: modelagem, exploração e tratamento, transporte de sedimentos, modelagem hidrológica

computacional, hidrometeorologia, gestão de recursos hídricos. Infraestrutura sanitária: drenagem urbana, tratamento de água e efluentes, reúso, tratamento e destinação final de resíduos.

- **Tecnologia de Solos Tropicais**

Aperfeiçoamento e uso de ferramentas modernas de análise (sensoriamento remoto, metodologia MCT-M, resiliência, penetração dinâmica e sucção) aplicadas na localização e seleção de jazidas, no dimensionamento e avaliação, no controle tecnológico, na implantação de pavimentos com baixo volume de tráfego e na previsão de credibilidade de solos em obras viárias.

## **7.2.2 Transporte Aéreo e Aeroportos - PG/EIA-T**

Esta área é constituída pelas seguintes Linhas de Pesquisa:

- **Aeroportos**

Planejamento e Projeto de Aeroportos. Avaliação e Dimensionamento da Capacidade de Instalações Aeroportuárias. Análise Operacional de Terminais Aeroportuários. Escolha de Sítio Aeroportuário. Uso e Ocupação dos Solos no Entorno de Aeroportos. Avaliação de Qualidade e Nível de Serviço. Segurança Operacional em Aeroportos. Tópicos correlatos.

- **Transporte Aéreo**

Planejamento e Gestão do Transporte Aéreo. Economia do Transporte Aéreo. Análise de Demanda e de Custos. Regulação e Concorrência de Companhias Aéreas. Externalidades e questões ambientais do transporte aéreo. Pesquisa operacional aplicada a problemas de transporte. Tópicos correlatos.

- **Engenharia de Tráfego Aéreo**

Análise operacional de áreas controladas. Avaliação da capacidade do espaço aéreo no entorno de aeroportos. Análise, projeto e avaliação de sequenciamento de operações em áreas terminais (TMAs). Gerenciamento do Fluxo de Tráfego Aéreo. Tópicos correlatos.

- **Sistemas de Transportes**

Logística de Transportes. Carga aérea e logística do transporte aéreo. Transportes urbano, ferroviário e rodoviário. Planejamento urbano e os sistemas de circulação e transportes. Interfaces do transporte aéreo com outros modos de transporte, multimodalidade, intermodalidade. Tópicos correlatos.

## **7.3 Corpo Docente do PG/EIA**

### **7.3.1 Corpo Docente Permanente**

**Alessandro** Vinicius Marques de Oliveira, Ph. D., Warwick, 2004.  
Economia e Econometria aplicadas ao Transporte Aéreo.  
(e-mail: alessandro@ita.br)

**Anderson** Ribeiro Correia, Ph.D., Calgary, 2004.  
Planejamento e projeto de aeroportos, sistemas logísticos.  
(e-mail: correia@ita.br)

Carlos **Müller**, Ph.D., UC, Berkeley, 1987.  
Planejamento e projeto de aeroportos, simulação.  
(e-mail: muller@ita.br)

**Cláudio Jorge** Pinto Alves, D.C., ITA, 1987.  
Planejamento e projeto de aeroportos.  
(e-mail: claudioj@ita.br)

**Delma** de Mattos Vidal, D.C., ITA, 1987.  
Geossintéticos: aplicações, propriedades e dimensionamento; compactação de solos e comportamento de aterros.  
(e-mail: delma@ita.br)

**Dimas** Betioli Ribeiro, D.C., USP, 2009  
Métodos computacionais aplicados a problemas de geotecnia.  
(e-mail: dimas@ita.br)

**Eduardo** Moraes Arraut, D.C., INPE, 2008.  
Modelagem baseada em agente e sistemas complexos. Gestão hídrica, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Ecologia Aplicada.  
(e-mail: emarraut@ita.br)

**Eliseu** Lucena Neto, Ph.D., University of London, 1992.  
Mecânica das Estruturas.  
(e-mail: eliseu@ita.br)

**Francisco** Alex Correia Monteiro, D.C., ITA, 2017.  
Engenharia Civil, Estruturas de Aço, Análise não linear, Estabilidade do equilíbrio, Método dos Elementos Finitos  
(e-mail: facm@ita.br)

**Giovanna** Miceli Ronzani Borille, D.C., ITA, 2012.  
Transporte aéreo, arquitetura de aeroportos, projeto/planejamento/operações de aeroportos, infraestrutura de aeroportos, simulação, nível de serviço e logística.  
(e-mail: ronzani@ita.br)

**João Claudio** Bassan de Moraes, D.C., UNESP, 2017.  
Engenharia Civil  
(e-mail: jotabassan@gmail.com)

José Antonio **Schiavon**, Dr., Ecole Centrale de Nantes, 2016.  
Geotecnia e subárea de Geossintéticos.  
(e-mail: schiavon@ita.br)

**Marcio** Antonio da Silva Pimentel, D. C., PARIS-EST, 2008.  
Abastecimento de água, Coleta e Tratamento de efluentes e Instalações Prediais  
(e-mail: pimentel@ita.br)

**Maryangela** Geimba de Lima, Ph. D., 2002.

Engenharia Civil, com ênfase em Materiais e Componentes de Construção, atuando principalmente nos seguintes temas: durabilidade, concreto, corrosão, degradação e desempenho, com ênfase principal na ação de fatores ambientais na degradação das construções e estruturas.

(e-mail: magdlima@ita.br)

**Mayara** Condé Rocha Murça, Dra., MIT, 2018.

Engenharia Civil, Infraestrutura de Transportes, Aeroportos, Projeto e Construção.

(e-mail: mayara@ita.br)

**Paulo Scarano** Hemsli, Ph.D., Colorado State University, 2005.

Geotecnia, meio ambiente

(e-mail: paulosh@ita.br)

**Rogéria** de Arantes Gomes Eller, D.C., ITA, 2009.

Economia, com ênfase em Microeconomia, especialmente nos seguintes temas: economia regional e urbana, economia de transportes; aeroportos; externalidades (ruído aeronáutico e emissões).

(e-mail: rogeria@ita.br)

**Sérgio** Gustavo Ferreira Cordeiro, D.C., USP, 2018.

Engenharia de Estruturas e Mecânica dos Sólidos, Método dos Elementos de Contorno, Método dos Elementos Finitos, Análise de fratura e fadiga.

(e-mail: cordeirosf@gmail.com)

**Wilson** Cabral de Sousa Júnior, D.C., UNICAMP, 2003.

Engenharia ambiental, geoprocessamento aplicado, sensoriamento remoto, gestão de recursos hídricos, economia ambiental e economia ecológica, análise econômica de obras de infraestrutura, desenvolvimento econômico e meioambiente.

(e-mail: wilson@ita.br)

### **7.3.2 Corpo Docente Colaborador**

**Íria** Fernandes Vendrame, D.C., EPUSP, 1993.

Hidrologia; sistemas de drenagem.

(e-mail: hiria@ita.br)

**Nadiane** Smaha Kruk, D.C., ITA., 2008.

Modelagem Hidrológica; Hidrometeorologia; Mudanças Climáticas; Drenagem Urbana e Aeroportuária; Disponibilidade Hídrica.

(e-mail: nadiane@ita.br)

**Paulo Ivo** Braga de Queiroz, D.C., ITA, 2002.

Geossintéticos, hidrogeotecnia ambiental

(e-mail: pi@ita.br)

**Regis** Martins Rodrigues, D.C. COPPE, 1991.

Engenharia de pavimentos: projeto e gerência de pavimentos, projeto de restauração, avaliação estrutural por meio de ensaios não destrutivos, modelos de previsão de desempenho mecanístico-empíricos.

(e-mail: regis@ita.br)



## 7.4 Estrutura Curricular do PG/EIA

### 7.4.1 Informações Gerais do PG/EIA

A aceitação do candidato ao programa tem por base a cuidadosa avaliação de currículo, com ênfase no desempenho acadêmico. Os alunos aceitos são candidatos a bolsas de estudos institucionais da CAPES e do CNPq, administradas pelo Curso. Alternativamente, a partir de entendimento prévio do aluno com um docente do curso, poderá ser pleiteada bolsa de estudo junto à FAPESP ou outro órgão. Recomenda-se que os candidatos inscrevam-se o mais cedo possível, preenchendo a Ficha de Inscrição, disponível na homepage do ITA e na secretaria da Divisão de Pós-Graduação. Além deste processo de análise, o aluno passa por uma seleção, com base no GMAT (Graduate Management Admission Test), onde é realizada uma prova e também uma entrevista. O aluno do programa deverá matricular-se, todos os semestres, em Seminários de Tese.

### 7.4.2 Disciplinas do PG/EIA

#### 7.4.2.1 Infraestrutura Aeroportuária - PG/EIA-I

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
IG-300	Seminário de Tese * / **	1
IT-200	Infraestrutura Aeronáutica * / ** / &	3
IG-500	Tese†	0
IG-600	Estágio Docência***	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
IE-210	Mecânica do Dano Concentrado para Análise Estrutural	3
IE-222	Dimensionamento Avançado no Concreto Estrutural	3
IE-223	Análise Não-Linear de Pórticos Planos de Concreto	3
IE-225	Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto	3
IE-227	Sustentabilidade na Construção	3
IE-228	Ciência dos Materiais Aplicada a Materiais de Construção Civil / Materials Science Applied to Building Materials	3
IE-232	Ocupação e Uso do Solo Urbano em Áreas no Entorno de Aeroportos	3
IE-234	Modelagem Computacional em Engenharia	3
IG-206	Geoquímica das Águas no Ambiente	3
IG-207	Transporte de Contaminantes e Remediação de Solos	3
IG-209	Fundamentos de Elasticidade e Plasticidade	3
IG-213	Sistemas de Gerência da Infraestrutura Viária	3
IG-214	Avaliação e Restauração de Pavimentos	3

IG-215	Materiais de Pavimentação	3
IG-222	Instrumentação de Campo e Laboratório	3
IG-225	Projeto Estrutural de Pavimentos	3
IG-240	Geoestatística Aplicada	3
IG-241	Teoria do Fluxo Subterrâneo	3
IG-242	Fenômenos de Transporte em Engenharia Ambiental	3
IG-245	Modelos Constitutivos para Solos	3
IG-249	Geotecnia Ambiental	3
IG-250	Elementos Finitos em Geotecnia	3
IG-260	Aplicação de Geossintéticos a Obras Civis	3
IG-262	Reforço de Solos com Geossintéticos	3
IG-287	Mecânica dos Solos Avançada	3
IG-288	Análise Experimental em Obras de Infraestruturas / Experimental Analysis in Infrastructure Works	3
IH-210	Tópicos em Engenharia Ambiental	3
IH-213	Sistemas de Drenagem	3
IH-216	Dinâmica da Água no Solo	3
IH-218	Escoamento Livre Não-Permanente	3
IH-219	Sensoriamento Remoto – Aplicações em Infraestrutura e Meio Ambiente	3
IH-220	Tratamento de Águas de Abastecimento	3
IH-221	Poluição Atmosférica	3
IH-222	Tratamento de Água para Fins Potáveis e Não Potáveis	3
IH-223	Uso Eficiente de Água em Edificações	3
IH-224	Energia Solar para Edificações	3
IH-225	Simulação Termo-energética em Edificações	3
IH-230	Economia Ambiental e Ecológica / Environmental and Ecological Economics	3
IH-240	Tensores e Princípios Variacionais	3

#### 7.4.2.2 Transporte Aéreo e Aeroportos - PG/EIA-T

##### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
IT-200	Infraestrutura Aeronáutica * / ** / &	3
IT-300	Seminário de Tese */**	1
IT-500	Tese†	0
IT-600	Estágio Docência ***	1

##### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
IT-101	Análise Econômica do Transporte Aéreo	1
IT-110	Economia do Transporte Aéreo I - Fundamentos &	2

IT-203	Aeroportos &	3
IT-204	Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos	3
IT-205	Produção e Custos em Transporte Aéreo &	3
IT-206	Gestão do Tráfego Aéreo	3
IT-207	Pesquisa Operacional Aplicada a Problemas de Transporte Aéreo &	3
IT-208	Sistemas Logísticos de Transporte e Distribuição de Carga	3
IT-209	Uso do Solo e os Sistemas de Circulação e Transportes	3
IT-210	Análise de Sistemas Logísticos &	3
IT-211	Arquitetura de Aeroportos &	3
IT-212	Inovação em Transporte Aéreo &	3
IT-213	Simulação de Monte Carlo Aplicada a Transporte Aéreo &	3
IT-216	Gerenciamento de Tráfego Aéreo &&& / Air Traffic Management &&&	3
IT-220	Economia do Transporte Aéreo II - Métodos	2
IT-232	Ocupação e Uso do Solo Urbano em Áreas no Entorno de Aeroportos	3
IT-250	Economia do Transporte Aéreo III - Projeto	3
IT-251	Econometria Aplicada ao Transporte Aéreo &	2

**Observações para alunos de Mestrado/Doutorado:**

- As disciplinas marcadas com \* são obrigatórias na Área para os alunos de Mestrado em todos os semestres.
- As disciplinas marcadas com \*\* são obrigatórias na Área para os alunos de Doutorado em todos os semestres.
- A disciplina Estágio Docência marcada com \*\*\*, é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado, bolsista CAPES e CNPq.
- A disciplina Tese marcada com † é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado a partir do 3º período.
- As disciplinas marcadas com # # são obrigatórias optativas da área.
- As disciplinas marcadas com & poderão aceitar até 05 alunos de graduação, já aprovados nos 7 primeiros semestres do curso, a critério do professor. Os candidatos de cursos de graduação do ITA devem atentar para a marcação & associada às disciplinas.
- As disciplinas marcadas com &&& indicam que as aulas poderão ser ministradas em inglês.
- Observar que Estágio Docência corresponde às atividades complementares de Pós-Graduação, oriundas de estágios qualificados de docência e pesquisa consideradas para fins de registro e controle acadêmico, como disciplinas.
- As disciplinas Estágio Pesquisa 1 e 2 com sigla XX-601 e XX-602, respectivamente, foram extintas pela NOREG 2013.
- # Carga horária semanal – correspondente a cada disciplina, os quatro números separados por hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, o número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo corresponde a 16 semanas de aula.

**7.5 EMENTAS – PG/EIA**

**IE-210/2021 - Mecânica do Dano Concentrado para Análise Estrutural**

Requisito recomendado: IG-209 Fundamentos de Elasticidade e Plasticidade; Conhecimentos de programação em MATLAB, Maple ou semelhante. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução, Cinemática corrotacional, Pórticos elásticos lineares e não-lineares de Euler-Bernoulli, Análise de pórticos elásticos utilizando sistemas algébricos computacionais, Pórticos elásticos de

Timoshenko, Plasticidade uniaxial, Rotulas plásticas, Plasticidade em pórticos de Euler-Bernoulli, Análise de pórticos elastoplásticos utilizando sistemas algébricos computacionais, Plasticidade em pórticos de Timoshenko, Conceitos fundamentais da mecânica da fratura, Conceitos fundamentais da mecânica do dano contínuo, Mecânica do dano concentrado, Análise de pórticos com dano e fratura utilizando sistemas algébricos computacionais, Modelos de dano para pórticos de Timoshenko, Modelos de dano para elementos de aço com flambagem local, Modelos de fratura por fadiga de baixo ciclo em vigas de aço. Bibliografia: FLÓREZ-LOPEZ, J; MARANTE, M-E; PICÓN, R. Fracture and Damage Mechanics for Structural Engineering Frames: State-of-the-Art Industrial Applications, IGI Global, Hershey, 2015. MARANTE, M. E.; FLÓREZ-LÓPEZ, J. Three-dimensional analysis of reinforced concrete frames based on lumped damage mechanics. International Journal of Solids and Structures, v.40, n.6, p.5109-5123, 2003. CIPOLLINA, A.; LÓPEZ-INJOSA, A.; FLÓREZ-LÓPEZ, J. A simplified damage mechanics approach to nonlinear analysis of frames. Computers & Structures, v.54, n.6, p.1113-1126, 1995.

### **IE-222/2021 – Dimensionamento Avançado no Concreto Estrutural**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Seções transversais sob solicitações normais: segurança, equações constitutivas, critérios de resistência, equação cinemática e equações de equilíbrio. Análise revisitada das seções transversais sob Flexão Oblíqua Composta (FOC) e Flexão Normal Composta (FNC): cálculo de esforços resistentes, cálculo de verificação e dimensionamento da área de armadura. Estado Limite Último de Instabilidade: rigidez das seções transversais e processos de análise. Bibliografia: Mendes Neto, F. Concreto Estrutural Avançado – Análise de Seções Transversais sob Flexão Normal Composta, PINI, São Paulo, 2009; Santos, L. M. Sub-rotinas básicas do dimensionamento de concreto armado. São Paulo: Thot, 1994, v. 1; Fusco, P. B., Estruturas de concreto: solicitações normais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.

### **IE-223/2021 - Análise Não-Linear de Pórticos Planos de Concreto**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Estudo da seção transversal: cálculo dos esforços resistentes; critérios de resistência; verificação da capacidade resistente e dimensionamento. Introdução à análise de pórticos planos de concreto armado sob não-linearidade geométrica e física: teoria estrutural; matriz de transformação; espalhamento; condições de apoio; obtenção dos termos integrais e resolução do sistema de equações. Bibliografia: BATHE, K.J., Finite Element Procedures, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996; SANTOS, L.M. Sub-rotinas Básicas do Dimensionamento de Concreto Armado, Vol 1, THOT, São Paulo, 1994; MENDES NETO, F., Concreto Estrutural Avançado – Análise de Seções Transversais sob Flexão Normal Composta, PINI, São Paulo, 2009.

### **IE-225/2021 - Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definições. Normalizações e recomendações existentes: ABNT, ASTM, CIB, RILEM, Eurocode. Parâmetros ambientais. Caracterização do meio-ambiente. Agressividade do meio: ataque químico, físico e físico-químico. Métodos de ensaio para avaliação de durabilidade do concreto: laboratório e in situ. Inspeção e Diagnóstico. Critérios de desempenho. Modelos de previsão de vida útil: convencionais e envolvendo parâmetros ambientais. Inspeção de obras especiais: obras-de-arte, estádios e outras. Recuperação e reforço estrutural: processos de dimensionamento e execução. Bibliografia: MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M., Concrete: Microstructure, Properties and Materials. New York, McGraw-Hill, 3a ed. 2006, 645p. BICZÓK, D.I., Corrosión y protección del hormigón. Bilbao: Urmo S.A. de Ediciones, 1981. DURACRETE. Models for

environmental actions on concrete structures. The European Union - Brite EuRam III, Mar. 1999. 273p.

### **IE-227/2021 - Sustentabilidade na Construção**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Conceitos relacionados: sustentabilidade, ciclo de vida, vida útil e durabilidade. Normatização e legislação nacional e internacional relativa ao tema. Energia e economia de energia na construção – eficiência energética. Materiais e a Sustentabilidade. Construções sustentáveis e técnicas de sustentabilidade. Processos de degradação e a relação com a sustentabilidade. Gestão de resíduos na Construção Civil. Avaliação Pós-Ocupação e a relação com a sustentabilidade. Certificação ambiental. BIM como ferramenta visando inserção de conceitos de sustentabilidade. Retrofit e as questões de sustentabilidade. Estudos de caso – terminais aeroportuários e projetos certificados. Bibliografia: TORGAL, F. P. et al. Nearly zero energy building refurbishment – a multidisciplinary approach. Springer-Verlag London, 2013, 658p. MAGRINI, A. Building refurbishment for energy performance – a global approach. Springer International Publishing Switzerland, 2014, 252p. YAO, R. Design and management of sustainable built environments. Springer-Verlag London, 2013, 432p.

### **IE-228/2021 – Ciência dos Materiais Aplicada a Materiais de Construção Civil / Materials Science Applied to Building Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Ciência dos Materiais: Estrutura e ligações atômicas, estrutura dos sólidos, imperfeições dos sólidos, termodinâmica, diagramas de fases, microestrutura dos metais, microestrutura das cerâmicas, propriedades físicas, propriedades mecânicas, falha dos materiais, propriedades térmicas, superfícies e interfaces. Concreto: microestrutura dos aglomerantes inorgânicos, agregados, aditivos e adições. Microestrutura, propriedades e tipos de concreto. Aço: microestrutura, propriedades e tipos de aço.

Syllabus:

Materials Science: Atomic structure and interatomic bonds, structure of solids, imperfections in solids, thermodynamics, phase diagrams, microstructure of metals, microstructure of ceramics, physical properties, mechanical properties, materials failure, thermal properties, surfaces and interfaces. Concrete: microstructure of inorganic binders, aggregates, additives and additions. Microstructure, properties and types of concrete. Steel: microstructure, properties and types of steel. Bibliografia: 1 CALLISTER JR, W. D.; RETHWISCH, D. G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley, 9ª ed., 2014. 2 ISAIA, G. C. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais, IBRACON, 2ª ed., vol. 1 e 2, 2010. 3 DAMONE, P.; ILLSTON, J. Construction materials: their nature and behavior, Spon Press, 4ª ed., 2010.

### **IE-232/2021 - Ocupação e Uso do Solo Urbano em Áreas no Entorno de Aeroportos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estudo da ocupação e do uso do solo em áreas no entorno de aeroportos. Os impactos da aplicação da legislação de controle do uso e da ocupação do solo – Plano Diretor urbano; Lei de Zoneamento municipal; Código de Obras e Licenciamento Ambiental. A nova Legislação Federal – RBAC 161 e suas instruções normativas para o zoneamento de ruído e as restrições para a ocupação e o uso dos solos decorrentes. A expansão urbana como consequência do uso e da ocupação inapropriados das áreas próximas aos aeroportos, instrumentos de sua fiscalização e planejamento. Uso de

sistemas de informação Geográfica para verificação de sobreposições de áreas de usos conflitantes. Bibliografia: Fang, Y., Shandas, V., & Arriaga Cordero, E. (2014). Spatial Thinking in Planning Practice: An Introduction to GIS. Portland State University Library. Kasarda, J. D., & Lindsay, G. (2011). Aerotropolis: the way we'll live next. Macmillan. RBAC 161 – Planos de Zoneamento de Ruídos de Aeródromos – PZR.

### **IE-234/2021 - Modelagem Computacional em Engenharia**

Requisito recomendado: FF-212. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações diferenciais: problema de valor inicial, problema de valor de contorno. Equações diferenciais parciais: diferenças finitas, volumes finitos. Método de resíduos ponderados: colocação, mínimos quadrados, Petrov-Galerkin, Galerkin. Problema de programação matemática: otimização linear, otimização não linear. Sistemas não lineares: algoritmo de Newton-Raphson padrão/modificado, restrição de comprimento de arco. Ajuste de curvas: método de mínimos quadrados linear, método de mínimos quadrados não linear. Redes neurais artificiais. Algoritmos genéticos: geração de números aleatórios, conceitos genéticos de otimização. Método de Monte Carlo. Bibliografia : KINCAID, D.; CHENEY, W. Numerical analysis: mathematics of scientific computing. Brooks Cole, 2001. CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. Numerical methods for engineers: with software and programming applications. McGraw-Hill, 2002. KNUTH, D. E. The art of computer programming: seminumerical algorithms. Addison-Wesley, 1997. 2 v.

### **IG-206/2021 - Geoquímica das Águas no Ambiente**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Ciclo hidrológico. Expressões de concentração. Unidades. Composição de diferentes amostras. Termodinâmica do equilíbrio. Atividade e fugacidade. Equilíbrio ácido-base. Gases. Carbonatos e controle do pH. Dissolução e precipitação. Complexação. Óxido-redução. Condições redox em águas naturais. Especificação de metais. Troca iônica e adsorção. Cinética química. Modelagem com software (Visual MINTEQA2, outros). Bibliografia: DREVER, J. I., The Geochemistry of Natural Waters: Surface and Groundwater Environments, Prentice Hall, 3ª edição, 1997. MERKEL, B. J., PLANER-FRIEDRICH, B., Geoquímica de Águas Subterrâneas: Um Guia Prático de Modelagem de Sistemas Aquáticos Naturais e Contaminados, Editora da Unicamp, 2012. APPELO, C. A. J., POSTMA, D., Geochemistry, Groundwater and Pollution, CRC Press, 2ª edição, 2005.

### **IG-207/2021 - Transporte de Contaminantes e Remediação de Solos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos básicos de transporte: Fluxo, Adveção, Dispersão, Retenção, reações e Mudança de fase. Conceitos avançados de transporte: Meios não saturados, Contaminantes imiscíveis, Meios heterogêneos. Investigação de áreas contaminadas: Procedimentos, Caracterização de fluxos, Amostragem, Análise química. Análise de risco: Normas brasileiras e internacionais. Noções de gerenciamento de áreas contaminadas. Objetivos e seleção de técnicas para remediação de áreas contaminadas. Tecnologias de tratamento da água. Técnicas de contenção. Extração de vapor e "air sparging". Métodos térmicos. Barreiras reativas. Atenuação natural monitorada. Bioremediação. Outras tecnologias. Bibliografia: ZHENG, C. e BENNETT, G.D. (2002). Applied Contaminant Transport Modeling. 2ª Edição, Wiley Inter Science, Nova York, EUA. SUTHERSAN, S.S. (1999). Remediation Engineering Design Concepts. CRC Lewis Publishers, Nova York, EUA. BEDIENT. P. B., RIFAI. H. S. e NEWELL. C. J. (1999), Ground Water Contamination - Transport and Remediation - 2ª edição. Prince-Hall; Upper Saddle River.

### **IG-209/2021 - Fundamentos de Elasticidade e Plasticidade**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Meio contínuo. O conceito de tensão. Estado de tensão num ponto. Equações de equilíbrio. O conceito de deformação. Estado de deformação num ponto. Relações deformação-deslocamento. Equações constitutivas. Simetrias do material. Teoria linear da elasticidade. Superfícies de escoamento. Lei de endurecimento. Lei de escoamento. Equações constitutivas incrementais. Critérios de carregamento. Teoria incremental da plasticidade. Análise limite. Bibliografia: SLAUGHTER, W. S. The linearized theory of elasticity, Birkhäuser, Boston, 2002. BONET, J.; WOOD, R. D. Nonlinear continuum mechanics for finite element analysis, Cambridge University Press, Cambridge, 1997. CHEN, W. F.; HAN, D. J. Plasticity for structural engineers, Springer-Verlag, New York, 1988.

### **IG-213/2021 – Sistemas de Gerência de Infraestrutura Viária**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos gerais da engenharia de sistemas. Estrutura de um sistema de gerência de pavimentos. Funções dos subsistemas componentes. Operação de sistemas em nível de rede e em nível de projeto. Sistemas de gerência existentes. Modelos de previsão de desempenho e de custos operacionais. Análises econômicas e de conseqüências de estratégias de investimentos. O Modelo HDM-III do Banco Mundial. Implementação e desenvolvimento de sistemas de gerência de pavimentos e pontes. Montagem de sistemas reais (rodoviários e aeroportuários) e execução de simulações para auxílio à tomada de decisões. Utilização prática do modelo HDM-III em redes rodoviárias e de critérios de priorização em sistemas aeroportuários. Bibliografia: HASS, R. & HUDSON, W. R., Pavement management systems, McGrawHill, New York, 1978. RODRIGUES, R. M., Engenharia de pavimentos, Apostila de curso, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1999. The World Bank, The highway design and maintenance standards model, vol. 1-2, Washington, D.C., 1987. SHAHIN, M.Y., Pavement management for airports, roads and parking lots, Chapman and Hall, New York, 1994.

### **IG-214/2021 – Avaliação e Restauração de Pavimentos**

Requisito recomendado: IG-225. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-6. Objetivos de um projeto de restauração. Desempenho dos pavimentos e decisão acerca do momento de se restaurar. Técnicas para restauração de pavimentos asfálticos e de concreto cimento e seus efeitos, imediatos e ao longo do tempo. Avaliação estrutural por meio de ensaios destrutivos e por meio de ensaios não-destrutivos. Avaliação do estado de superfície. Determinação das unidades de análise. Elaboração do diagnóstico do pavimento. Detecção de locais estruturalmente problemáticos e decisão entre reparos e correção de drenagem profunda. Previsão de desempenho futuro do pavimento restaurado, em termos funcionais e estruturais. Execução de projetos reais, rodoviários e aeroportuários. Método ACN/PCN da ICAO e procedimentos para a avaliação do PCN. Bibliografia: RODRIGUES, R. M., Engenharia de pavimentos, Apostila de Curso, ITA, 2012. AASHTO. The AASHTO guide for design of pavement structures, Washington, DC, 1993. ULLIDTZ, P., Pavement analysis. Elsevier, Amsterdam, 1987.

### **IG-215/2021 – Materiais de Pavimentação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: IG-224. Horas semanais: 3-0-0-6. Projeto racional de misturas asfálticas. Propriedades mecânicas e físicas, durabilidade e detalhes construtivos de: solos estabilizados quimicamente, misturas asfálticas, materiais reciclados, misturas com asfalto-polímero e asfalto borracha. Materiais cimentados (concreto de cimento Portland, concreto rolado, BGTC).

Bibliografia: Rodrigues, R. M. – Projeto e gerência de pavimentos. Apostila de curso, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1996. Coletânea de artigos técnicos, normas, relatórios de pesquisas e teses.

#### **IG-222/2021 - Instrumentação de Campo e Laboratório**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: IG-211. Horas semanais: 3-0-1-7. Medidas de deslocamento. Medidas de carga. Medidas de pressão total. Instrumentação de campo: prospecção, medidas de parâmetros de comportamento mecânico e hidráulico. Instrumentos para estudo de movimentos de terreno. Instrumentos especiais. Planejamento e interpretação da instrumentação. Bibliografia: HANNA, T. H., Field instrumentation in geotechnical engineering. Trans. Tech., New York, 1985; DUNNICLIFF, J.; GREEN, G. E., Geotechnical instrumentation for monitoring field performance. John Wiley, New York, 1988.

#### **IG-225/2021 - Projeto Estrutural de Pavimentos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos gerais. Componentes de uma estrutura de pavimento. Mecanismos de deterioração e desempenho dos pavimentos. Princípios da mecânica dos pavimentos. Comportamento mecânico dos materiais de pavimentação. Modelos de previsão de desempenho. Fatores a serem considerados no projeto. Dimensionamento estrutural de pavimentos: aeroportuários, rodoviários, urbanos e portuários (asfáltico e de concreto cimento). Especificações de materiais. Projeto racional de misturas asfálticas e de materiais cimentados. Análise econômica de diversas alternativas. Método ACN/PCN da ICAO. Bibliografia: RODRIGUES, R. M., Engenharia de pavimentos. Apostila do curso, ITA, 2013. Federal Aviation Administration. Airport pavement design and evaluation, Advisory Circular-AC 150/5320-6D/6E, Washington, DC, 1978-2013. ULLIDTZ, P., Pavement analysis. First Edition, Elsevier, Amsterdam, 1987. AASHTO. The AASHTO guide for design of pavement structures. Washington, D.C., 1986.

#### **IG-240/2021 – Geoestatística Aplicada**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos básicos de estatística e análise de decisões; teoria da probabilidade e funções randômicas; variáveis regionalizadas; o variograma; variogramas experimentais; análise estrutural; dispersão como função do tamanho da amostra; teoria e aspectos práticos da krigagem; estimativas de variáveis extensivas; aplicações e estudos de caso. Bibliografia: ARMSTRONG, M. (1998) Basic Linear Geostatistics. Springer – Verlag, Heidelberg. BENJAMIN, J. R. e CORNELL, C. A. (1970) Probability, Statistics and decision for civil engineers. McGraw- Hill, New York. DAGAN, G. (1989) Flow and Transport in Porous Formations. Springer – Verlag, Berlin.

#### **IG-241/2021 – Teoria do Fluxo Subterrâneo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-2. Ciclo hidrológico, o tensor de permeabilidade, a equação de Laplace, funções potencial e de fluxo, métodos clássicos para cálculo de fluxo, aquíferos confinados e não confinados, fluxo permanente, fluxo transiente, ensaios de rebaixamento, fluxo regional, erosão interna e sufusão, adensamento e armazenamento, fluxo não saturado e fluxo multifásico, formulação de fluxo total equivalente, heterogeneidade e fluxo preferencial, fluxo em barragens, métodos numéricos para fluxo subterrâneo. Bibliografia: BEAR, J. (1972) Dynamics of Fluids in Porous Media, Dover, New York. Fetter (2001) Applied Hydrogeology – 4<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River;



HELMIG, R. (1997). Multiphase Flow and Transport Processes in the Subsurface – A Contribution to the Modeling of Hydrosystems, Springer-Verlag, Berlin.

#### **IG-242/2021 – Fenômenos de Transporte em Engenharia Ambiental**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Viscosidade e mecanismos de transporte de momento. Balanço de momento e regimes laminares. Escoamentos bi e tridimensionais. Distribuição de velocidades em escoamentos turbulentos. Equação de Navier-Stokes. Condutividade térmica e transporte de energia. Balanço de energia em cascas e distribuição de temperatura em fluxo laminar. Distribuição de temperatura em escoamentos turbulentos. Transporte de energia por radiação. Difusividade e transporte de massa. Distribuição de concentrações em regimes laminares. Distribuição de concentrações em regimes turbulentos. Transporte reativo e fenômenos de transporte acoplados. Aplicações de fenômenos de transporte em engenharia ambiental: o transporte advectivo-dispersivo-reativo em meios porosos; a equação de Streeter e Phelps de autodepuração de rios; dispersão de poluentes lançados por chaminés. Bibliografia: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N., Fenômenos de transporte. 2ª ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico, 2004. DEEN, W. D., Analysis of Transport Phenomena. New York: Oxford University Press, 1998. KIELY, G., Environmental Engineering. Boston: McGraw-Hill, 1998.

#### **IG-245/2021 - Modelos Constitutivos para Solos**

Requisito recomendado: IG-209. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Elasticidade Isotrópica e anisotrópica em solos. Plasticidade e escoamento em solos. O cam-clay original e o modificado. Estados críticos e resistência ao cisalhamento. Tensões e dilatância, Propriedades de índice e correlações. Trajetórias de tensões em ensaios. Algumas aplicações de modelos elastoplásticos. Modelos constitutivos para solos granulares. Modelos para cargas cíclicas. Bibliografia: WOOD, D. M., Soil behaviour and critical state soil mechanics. Cambridge: Cambridge University Press, 1990; VARDOULAKIS, I.; SULEM, J. Bifurcation analysis in geomechanics. London: Blackie Academic & Professional, 1995; PANDE, G. N.; ZIENKIEWICZ, O. C., Soil mechanics – Transient and cyclic loads. Chichester: John Wiley & Sons, 1982.

#### **IG-249/2021 – Geotecnia Ambiental**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Impacto de obras geotécnicas e mitigação. Obras geotécnicas para proteção ambiental em: controle de erosão superficial e profunda, disposição e contenção de resíduos e rejeitos sólidos e líquidos (urbanos, industriais e de mineração). Proteção e estabilização de solos. Introdução ao transporte de contaminantes, avaliação de áreas contaminadas e princípios de remediação. Bibliografia: KOERNER, R.M., Designing with geosynthetics, V. I e II, 2012. LAGREGA, BUCKINGHAM E EVANS, Hazardous waste management, McGraw-Hill, 2001. LAMBE, W. B. E WITMAN, Soil Mechanics-SI, John Wiley & sons, New York, 1979. PYLARCZYK, Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering. Balkema, 2000.

#### **IG-250/2021 – Elementos Finitos em Geotecnia**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Divisão do domínio em elementos finitos: aproximações de geometria, comportamento básico de elementos e escolha do tipo de elemento. Funções de interpolação: interpolação linear e não linear, coordenadas locais e globais. Formulação do problema elástico: formulação variacional, elasticidade linear 1D, 2D e 3D. Integração numérica: quadratura Gaussiana e quadratura de Hammer. Estados planos:

de tensão, de deformação, e simetria radial. Problemas complementares: percolação, transferência de calor e torção, adensamento primário e secundário. Bibliografia: BATHE, K. J. Finite Element Procedures. 2. ed. Watertown, MA: Prentice Hall, 2014. FISH, J.; BELYTSCHKO, T. A First Course in Finite Elements. John Wiley and Sons: England, 2007. ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L. The Finite Element Method. Vol. 3, London: McGraw-Hill, 1977.

#### **IG-260/2021 - Aplicação de Geossintéticos a Obras Civas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Composição, fabricação e propriedades físicas dos geossintéticos. Funções e mecanismos. Durabilidade. Propriedades, ensaios e métodos de dimensionamento para funções de separação, filtração, drenagem, impermeabilização, estabilização, reforço e recuperação de pavimentos e controle de erosão. Bibliografia: KOERNER, R. M., Designing with geosynthetics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1986. Rollin, A. L. e Rico, J. M., Geomembranes – identification and performance testing E & FN Spon, London, 1990.

#### **IG-262/2021 - Reforço de Solos com Geossintéticos**

Requisito recomendado: GEO-42. Requisito exigido: IG-260. Horas semanais: 3-0-0-6. Reforços planos e lineares. Comportamento mecânico e durabilidade. Fatores de redução dos geossintéticos aplicados na função de reforço. Mecanismos. Dimensionamento de estruturas de solos reforçados, aterros sobre solos moles, reforço de fundações, reforço de base de pavimentos e proteção de dutos. Bibliografia: KOERNER, R. M., Designing with geosynthetics. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998; JEWELL, R. A., Soil reinforcement with geotextiles. London: Ciria, 1996.

#### **IG-287/2021 - Mecânica dos Solos Avançada**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estrutura dos solos. Comportamento tensão-deformação dos solos. Solos parcialmente saturados. Comportamento dos solos compactados: fatores de influência, compactação de campos versus compactação de laboratório. Anisotropia dos solos. Comportamento de Aterros. Bibliografia: Factors Influencing compaction tests results, Highway Research Board, Bulletin 319, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1962; FREDLUND, D. G.; RAHARDJO, H., Soil mechanics for unsaturated soils. John Wiley & Sons, New York, 1993; International Conference on Compaction, Paris, França, 1980; MITCHEL, D. M., Fundamentals of soil Behaviour. John Wiley & Sons, New York, 1976.

#### **IG-288/2021 – Análise Experimental em Obras de Infraestrutura / Experimental Analysis in Infrastructure Works**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceituação e descrição dos ensaios realizados na área de Infraestrutura para obtenção de parâmetros de controle de qualidade. Caracterização de solos e agregados e as possíveis interferências dos aspectos encontrados no desempenho das obras de infraestrutura. Técnicas de investigação e caracterização geotécnica do subsolo para uso em projetos de infraestrutura, com destaque na execução e interpretação dos resultados. Ensaios específicos para determinação de parâmetros de projeto e de verificação de desempenho de obras geotécnicas, com ênfase em instrumentação e análise de resultados. Caracterização de ligantes e aglomerantes e as possíveis interferências dos aspectos encontrados no desempenho de pavimentos. Caracterização de misturas asfálticas e de concreto para obras de pavimentação. Análise dos ensaios de gerência e avaliação estrutural do pavimento.

### Syllabus:

Conceptualization and description of tests performed in Infrastructure for quality control. Characterization of soils and aggregates, and the possible influence of aspects found in the performance of infrastructure works. Investigation techniques and geotechnical characterization of the subsoil for the design of infrastructure works, with emphasis on the procedure and interpretation of results. Specific tests for determining design parameters and evaluating the performance of geotechnical works, with an emphasis on instrumentation and analysis of results. Characterization of binders. Evaluation of the likely interferences on the pavement performance. Characterization of asphalt and concrete mixtures for paving works. Test analysis for management and structural evaluation of pavements. Bibliografia: 1 DUNNICLIFF, J. Geotechnical instrumentation for monitoring field performance. John Wiley & Sons, 1993. 2 BALBO, J. T. Pavimentos de Concreto. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 3 BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

### **IG-300/2021 - Seminário de Tese**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. Tópicos relevantes em transporte aéreo e aeroportos, expostos por especialistas da área, ou trabalhos de tese em andamento, expostos por alunos de pós-graduação. Bibliografia: a critério do professor.

### **IH-210/2021 – Tópicos em Engenharia Ambiental**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Meio ambiente e desenvolvimento: histórico e paradigmas. A engenharia e a sustentabilidade. Tópicos em ecologia: integralidade ecossistêmica, ciclos biogeoquímicos, fluxos de energia, homeostasia. Impactos antrópicos e fatores de mitigação, recuperação e compensação. Avaliação de impactos ambientais. Economia Ambiental e Economia Ecológica, análise econômica-ambiental de empreendimentos de infraestrutura. Estudos de caso e resolução de problemas. Seminários: “Infraestrutura e Meio Ambiente”. Bibliografia: Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L.; Mierzwa, J. C.; Barros, M. T. L.; Spencer, M.; Porto, M.; Nucci, N.; Juliano, N.; Eiger, S. Introdução à Engenharia Ambiental, 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. Sousa Junior, W. C.; Waichman, A.; Sinisgalli, P. A. A.; Angelis, C. F.; Romeiro, A. (eds) Rio Purus: águas, território e sociedade na Amazônia Sul-Occidental. Goiânia: LibriMundi, 2012. Bateman, I. J.; Lovett, A. A.; Brainard, J. S. Applied environmental economics. Cambridge: University Press, 2003.

### **IH-213/2021 – Sistemas de Drenagem**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Bases pluviométricas para o projeto de estruturas hidráulicas de águas pluviais. Avaliação das bacias hidrográficas contribuintes. Modelos matemáticos de dimensionamento dos elementos constituintes de micro e macrodrenagem. Modelos de simulação numérica de escoamento à superfície em galerias e canais. Hidráulica dos meios porosos. Princípios do fluxo de água subterrânea: escalas regional e local. Mapas potenciométricos e redes de fluxo. Modelagem matemática do fluxo de água subterrânea. Dimensionamento do sistema de drenagem subterrânea. Sistemas de rebaixamento do lençol d'água. Bibliografia: CEDERGREEN, H. R., Drenagem de pavimentos de rodovias e aeródromos. Rio de Janeiro: IPR-LTC, 1978; CEDERGREEN, H. R., Seepage, drainage and flow wets. New York: John Wiley & Sons, 1977; VELLOSO, P. P. C. ,Teoria e prática de rebaixamento do lençol d'água. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1988.

### **IH-216/2021 - Dinâmica da Água no Solo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: HID31 – Fenômenos de transporte ou similar. Horas semanais: 3-0-0-6. Tensão superficial, retenção e cálculo de armazenamento da água no solo, propriedades das fases dos solos não saturados. Potenciais de água no solo, transformações de Legendre, potenciais termodinâmicos e medidas dos potenciais da água no solo. Movimento da água no solo: generalização da equação de Darcy; equação de Darcy-Buckingham; equações de Onsager e da difusividade da solução no solo. Infiltração da água no solo e balanço hídrico. Bibliografia: ADAM, N. K., *The physics and chemistry of surfaces*. Oxford: University Press, 1981; LIBARDI, L. L., *Dinâmica da água no solo*. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2005; FREDLUND, D. G.; RAHARDJO, H., *Soil mechanics for unsaturated soils*. New York: John Wiley & Sons, 1993.

### **IH-218/2021 – Escoamento Livre Não-Permanente**

Requisitos recomendado: HID-32 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações Hidrodinâmicas e da Continuidade. Modelos de Armazenamento. Onda Cinemática. Método Muskingum. Modelo de difusão. Modelo Hidrodinâmico. Método das Características. Método das Diferenças Finitas. Bibliografia: PORTO, R. M. *Hidráulica Básica*. 4ª ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.. ROBERSON, J. A.; CASSIDY, J. J.; CHAUDHRY, M. H. *Hydraulic Engineering*. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 653 p. TUCCI, C. E. M. *Modelos Hidrológicos*. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 678 p.

### **IH-219/2021 - Sensoriamento Remoto - Aplicações em Infraestrutura e Meio Ambiente**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto: energia eletromagnética, espectro eletromagnético, grandezas radiométricas, Leis de Planck, Steffan-Boltzmann, Wien e Kirchhoff. Sistemas sensores: características e aplicações de sistemas de sensoriamento remoto ótico (LANDSAT, CBERS, SPOT, MODIS, NOAA, QUICKBIRD, RAPIDEYE), radar e lidar. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto: conceituação de pixel, resoluções espacial, temporal, espectral e radiometria, correção atmosférica, teoria de cores, realce, georreferenciamento e registro, comportamento espectral de alvos, elementos de interpretação de imagens, navegação em imagens, álgebra de imagens, segmentação e classificação. Aplicações práticas de sensoriamento remoto em recursos naturais, serviços ecossistêmicos e ambiente construído. Bibliografia: Jensen, J. R. (2013). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall. Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chimpan, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 7th Edition. Matter, P. M. & Koch M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 4th Edition, New York, NY: John Wiley & Sons, 2011.

### **IH-220/2021 - Tratamento de Águas de Abastecimento**

Requisito recomendado: HID-32 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-7. Qualidade da Água. Padrão de Potabilidade. Estudos de Tratabilidade. Processos e Operações Unitárias empregados no Tratamento de Água. Tecnologia de Tratamento em Ciclo Completo. Tratamento e Disposição Final do Lodo de ETA. Projeto de ETA em Ciclo Completo. Bibliografia: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Water quality and treatment – A handbook of community water supplies*. McGraw-Hill, Inc., 5<sup>th</sup> ed. USA, 1999. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B., *Métodos e técnicas de tratamento de água*. 2. ed. v. 1-2 Rima: 2005. DI

BERNARDO, L.; LYDIA, P.S.P., Seleção de tecnologias de tratamento de água. 2v. LDB: São Carlos, 2008.

### **IH-221/2021 - Poluição Atmosférica**

Requisito recomendado: IH-210. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de poluição do ar. Poluentes atmosféricos e fontes de poluição. Efeitos na saúde e no ambiente. Transporte, dispersão e deposição seca e úmida de poluentes. Monitoramento da qualidade do ar. Padrões de qualidade do ar. Inventários de emissões atmosféricas. Gestão da qualidade do ar. Estudos de caso e resolução de problemas. Bibliografia: COOPER, C.D.; ALLEY, F.C., Air pollution control: a design approach. 4<sup>th</sup> Edition. Long Grove: Waveland Press, 2011. SALBY, M. Fundamentals of atmospheric physics. San Diego, CA: Academic Press, 1996. TURCO, R. Earth under siege: From air pollution to global change. 2<sup>nd</sup> Edition. Oxford: Oxford University Press, 2002.

### **IH-222/2021 – Tratamento de Água para Fins Potáveis e Não Potáveis**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Qualidade da Água. Padrão de Potabilidade e Parâmetros de qualidade para fins não potáveis. Estudos de Tratabilidade. Definição da demanda de água para fins potáveis e não potáveis. Dimensionamento de reservatório de água não potável. Sistema de aproveitamento de água pluvial. Processos empregados no Tratamento de Água. Bibliografia: DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2. ed. v. 1-2, São Carlos: RIMA, 1565p, 2005; DI BERNARDO, L.; LYDA, P.S.P. Seleção de tecnologias de tratamento de água. 2v. LDB: São Carlos, 2008; EDZWALD, J.K. (ed.) Water quality & treatment – A handbook on drinking water. American Water Works Association and McGraw-Hill, Inc., 6th ed. USA, 1233p, 2011.

### **IH-223/2021 – Uso Eficiente de Água em Edificações**

Requisito recomendado: IH-210, IE-227. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-7. Panorama geral sobre sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgoto sanitário. Tratamento de água (tecnologia de tratamento em filtração direta: coagulação, floculação, filtração, desinfecção e estabilização final). Processos aeróbios e anaeróbios de tratamento. Dimensionamento de instalações prediais de águas pluviais. Definição da demanda de água para fins não potáveis. Dimensionamento de reservatório de água não potável. Sistemas de aproveitamento de água pluvial. Sistemas de reuso de águas cinzas. Gestão de perdas em sistemas de água. Bibliografia: SOUSA JUNIOR, W. C.; RIBEIRO, E. N. (Eds). Uso eficiente de água em aeroportos. São Carlos: Rima, 2011. P. 3-14. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. I. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed, New York, 2003. UNEP. Rainwater harvesting and utilisation. An environmentally sound approach for sustainable urban water management-an introductory guide for decision-makers. UNEP-DTIE-IETC, Sumida City Government/, Tokyo, 2002.

### **IH-224/2021 – Energia Solar para Edificações**

Requisito recomendado: IH-210, IE-227. Requisito recomendado: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Contexto da energia solar no mundo e no Brasil. Fundamentos da radiação solar. Radiação solar como carga térmica de edificações. Sistemas de aproveitamento solar para aquecimento. Dimensionamento de sistemas solares de aquecimento. Sistemas de geração fotovoltaica. Controle de carga e inversores nos sistemas fotovoltaicos. Sistemas de armazenamento de energia. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Aplicações de tecnologias de energia solar em edificações.

Bibliografia: GTES–CEPEL–CRESESB. Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar, GTES, 1ª edição, 1999, 204 p. KUEHN, T. H.; RAMSEY, J. W.; THRELKELD, J. L. Thermal Environmental Engineering. 3rd ed. Upper Saddle River, Prentice-Hall, 1998. Messenger, R. A. & Ventre, J. Photovoltaic Systems Engineering. Washington D. C.: CRC Press, 3rd. Edition, 2010.

### **IH-225/2021 - Simulação Termo-energética em Edificações**

Requisito recomendado: Termodinâmica (ME-200 ou equivalente); Fenômenos de transporte em engenharia ambiental (IG-242 ou equivalente). Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fenômenos de transporte de calor e massa em edificações. Absorção de energia solar. Transferência de calor por convecção. Radiação de onda longa. Fontes internas de calor e umidade. Fluxo interno de ar. Superfícies externas e clima. Transferência de calor para o solo. Transferência de calor em fechamentos opacos. Transferência de calor em fechamentos transparentes. Infiltração de ar e ventilação natural. Ar condicionado. Bibliografia: BEAUSOLEIL-MORRISON, I. Fundamentals of Building Performance Simulation. New York: Routledge, 2021.

KUEHN, T. H.; RAMSEY, J. W.; THRELKELD, J. L. Thermal Environmental Engineering. 3ª edição. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1998. UNDERWOOD, C. P.; YIK, F. W. H. Modelling Methods for Energy in Buildings. Oxford:Blackwell Science Ltd, 2004.

### **IH-230/2021 – Economia Ambiental e Ecológica / Environmental and Ecological Economics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos e princípios das economias Ambiental e Ecológica; interação: ambiente, sociedade e economia; economia e sustentabilidade: indicadores de desenvolvimento, teoria do crescimento econômico, teoria do decrescimento, contabilidade ambiental nacional; economia sob mudanças globais e desastres naturais; serviços ambientais e ecossistêmicos: definições, avaliação integrada dos SE, soluções baseadas na natureza; tópicos em economia ambiental: alocação eficiente, equilíbrio, falhas de mercado; valoração ambiental: abordagens, métodos, Pagamento por Serviços Ambientais e Ecossistêmicos (PSA/E). Estudos e análises de casos em Economia Ambiental e Ecológica.

Syllabus:

Fundamentals and principles of Environmental and Ecological Economics; Interaction: environment, society and economics; economics and sustainability: development indicators, theory of economic growth, theory of degrowth, national environmental accounting; economics under global change and natural disasters; environmental and ecosystem services: definitions, integrated assessment of ES, nature based solutions; topics in environmental economics: efficient allocation, balance, market failures; environmental valuation: approaches, methods, Payment for Environmental and Ecosystem Services (PES). Case studies and analysis in Environmental and Ecological Economics. Bibliografia: 1 DALY, H. E. & FARLEY, J. (2004) Ecological economics: principles and applications. Island Press. 2 GEORGESCU-ROEGEN, N. (2012) O decrescimento. Entropia, ecologia e economia. São Paulo, Editora Senac, 258 pg. 3 THOMAS, J. M. & Callan, S. J. (2010) Economia Ambiental. Fundamentos, Políticas e Aplicações. São Paulo. Cengage Learning. 556 pg.

### **IH-240/2021 – Tensores e Princípios Variacionais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. A convenção de somatório de Einstein. Álgebra linear para tensores. Tensores

generalizados. Testes do caráter tensorial. O tensor métrico. A Derivada de um tensor. Tensores na geometria euclidiana e na Mecânica Clássica. A natureza geral de problemas de extremos. Valor estacionário de funções. A segunda variação. Valor estacionário versus valor extremo. Condições auxiliares. O método dos multiplicadores de Lagrange. Bibliografia: LOVELOCK, D.; RUND, D., Tensors, differential forms and variational principles. New York: Dover Publications, Inc., 1989; KAY, D. C., Tensor calculus. New York: McGraw-Hill, 1988. (Schaum's Outline Series); LANCZOS, C., The variational principles of mechanics. Toronto: University of Press, 1952.

### **IT-101/2021 – Análise Econômica do Transporte Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-2.

O Setor Aéreo no Brasil: histórico das políticas públicas e corporativas. A experiência internacional da desregulação do mercado de transporte aéreo. Marco regulatório e instituições do transporte aéreo. Tópicos de Economia do Transporte Aéreo: demanda, custos e estrutura de mercado Modelos de negócio do tipo Hub-and-Spoke, Low Cost e híbrido; convergência de modelos de negócio. Precificação de empresas aéreas e sistemas de Yield Management. Overbooking e No-show. Aeroportos: governança corporativa, privatizações, regulação, regime de slots. Análise da literatura de regulação e estrutura de mercado em transporte aéreo. Bibliografia: 1 HOLLOWAY, S. Straight and level: practical airline economics. Aldershot: Ashgate, 2008. 2 LEE, Darin. Advances in Airline Economics, Vol. 1 - Competition Policy and Antitrust. Bingley: Emerald Group Publishing, 2006. 3 OLIVEIRA, A. V. M. Transporte aéreo: economia e políticas públicas. São Paulo: Pezco, 2009.

### **IT-110/2021 - Economia do Transporte Aéreo I - Fundamentos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-

4. Análise evolutiva das instituições e da regulação econômica do setor de transporte aéreo. Concorrência em mercados de transporte aéreo. Demanda por viagens aéreas. Custos operacionais e oferta de transportadoras. Revenue management. Operações e gestão de qualidade de companhias aéreas. Fusões e alianças no transporte aéreo. Aspectos financeiros da operação. Economia de aeroportos. Desenvolvimento e sustentabilidade em transporte aéreo. Bibliografia: 1 HOLLOWAY, S. Straight and level: practical airline economics. Aldershot: Ashgate, 2008. 2 HANLON, P. Global airlines - competition in a transnational industry. 3ª edição. Amsterdam: Elsevier - Butterworth Heinemann, 2007. 3 DOGANIS, R. (2010). Flying off course: airline economics and marketing. London: Routledge.

### **IT-200/2021 – Infraestrutura Aeronáutica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-

5. Sistema de aviação civil nacional e internacional: histórico e tendências. Aeronaves: componentes operacionais e sua relação com o aeroporto: tipos e tendências. Técnicas e procedimentos de pouso e decolagem. Comprimento e orientação de pistas. Planos de zona de proteção e ao ruído. Configurações aeroportuárias. Limitações de sítios e requisitos para implantação de um sítio aeroportuário. Impactos causados pelo aeroporto. Aeroportos sustentáveis. Avaliação de capacidade. Bibliografia: HORONJEFF, R. et alii, Planning and design of airports. 5<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill, 2010, ASHFORD, N.; WRIGHT, P., Airport Engineering. 4th ed, Wiley, 2011, ANAC, Projeto de aeródromos. RBAC 154, 2009.

### **IT-203/2021 - Aeroportos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Planejamento aeroportuário: planos diretores. Geometria do lado aéreo: pistas e pátios. Sinalização. Geometria do lado terra. Terminal de passageiros: conceitos, fluxos, dimensionamento e capacidade. Esquemas funcionais. Heliportos. Segurança e facilitação. Avaliação de um projeto aeroportuário. Bibliografia: HORONJEFF, R. et alii, Planning and design of airports. 5<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill, 2010, ASHFORD, N.; WRIGHT, P., Airport Engineering. 4th ed, Wiley, 2011, ICAO, Aerodromes. Anexo 14, 7th ed, Montreal, 2016.

#### **IT-204/2021 - Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Análise de terminais aeroportuários sob o ponto de vista operacional. Conceituação de capacidade do aeroporto associada a níveis de serviço. Modelos para análise de fluxo de veículos, passageiros, bagagens e aeronaves ao longo dos componentes do aeroporto. Objetivos e abrangência do gerenciamento de aeroportos. O aeroporto como empresa. Análise econômica dos aeroportos: custos; receitas; despesas; lucro; análise de custo a longos prazos. A importância das receitas comerciais. Formas de gestão: estatal e privada. A autoridade aeroportuária e sua ação monopolística. O papel da agência reguladora. Indicadores de produtividade. Bibliografia: ASHFORD, N.; MOORE, C. A., Airport finance. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992; ASHFORD, N. et al, Airport Operations, McGraw-Hill, Inc., 2<sup>nd</sup> ed., New York, 1997; John Wiley & Sons, J. R., Airport administration and management, Eno, 1986.

#### **IT-205/2021 - Produção e Custos em Transporte Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Teoria da Produção: produção no curto e no longo prazos. Produto Marginal e Produto Médio. Funções de produção. Função Cobb-Douglas aplicada ao transporte aéreo. Rendimentos de Escala. Teoria de custos: custos no curto e longo prazos. Custo marginal e custo médio. Introdução aos custos em transporte aéreo: o aeroporto e as companhias aéreas. Custos explícitos e custos implícitos. Custos ambientais. Regulação técnica e influência sobre os custos. Influência do câmbio. Gestão estratégica de custos em transporte aéreo: ferramentas de gestão de custos. Bibliografia: DOGANIS, R., The Airline Business in the 21st Century. London: Routledge, 1<sup>st</sup> Edition, 2001. SILVEIRA, J.A., Transporte Aéreo Regular no Brasil: Análise Econômica e Função de Custo. Dissertação de Mestrado, 235 p., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro 2003. VARIAN, H. R., Microeconomia: Princípios Básicos. 7a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

#### **IT-206/2021 - Gestão do Tráfego Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. O espaço aéreo brasileiro. Organismos de normatização e desenvolvimento: DECEA; ICEA. Conceitos fundamentais de tráfego aéreo: altimetria; separação vertical e horizontal. Instrumentos básicos de bordo. Auxílio à Navegação Aérea: VOR; DME; VOR/DME; ADF; ILS/MLS; Radars Secundários: modos A/C e S; Sistemas Omega e Loran-C. Comunicação-Navegação-Vigilância/Gerenciamento do Tráfego Aéreo - CNS/ATM. Técnicas para aumento de capacidade do espaço aéreo em rota e nas áreas terminais: navegação de área (RNAV); navegação com performance específica (RNP). Estudo da economicidade decorrente do emprego de rotas mais diretas. Custos de auxílios de precisão versus economia operacional esperada. Avaliação de riscos de colisão. Emprego de ferramentas computacionais de simulação para otimização de capacidade de segmentos do espaço aéreo. Bibliografia: Comando da Aeronáutica, ICA 100-12 - Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo, 2006. ICAO, Manual sobre la performance de navegación requerida (RNP) 2a ed., 1999. SIQUEIRA, C. A.,



Navegação Aérea Segundo o Conceito CNS/ATM: custos e benefícios - Tese de Mestrado, ITA. 2005. GALLOTI Jr., V. P., The Future Air Navigation System (FANS), Ashgate, Brookfield USA, 1998.

#### **IT-207/2021 - Pesquisa Operacional Aplicada a Problemas de Transporte Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Programação linear: forma padrão e formas alternativas; algoritmo Simplex; análise de sensibilidade. Problemas do transporte, do transbordo e da designação: formulação de modelos matemáticos; métodos específicos de solução. Programação linear probabilística. Grafos e redes de transporte: definições e conceitos básicos; problema do caminho mais curto; problema do fluxo máximo. Aplicações a problemas de transporte aéreo. Processo de planejamento no transporte aéreo. Tabelas de horário; planejamento, alocação e rotação da frota de aeronaves. Planejamento e rotação de tripulações. Planejamento e operação de pátios de aeronaves em aeroportos. Gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo. Bibliografia: HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J., Introduction to operation research. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2000; WELLS, A. T., Air transportation: a management perspective. 3. ed. Belmont, CA : Wadsworth Publ., 1994.

#### **IT-208/2021 – Sistemas Logísticos de Transporte e Distribuição de Carga**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à Logística. Planejamento logístico. Processamento de pedidos e sistemas de informação. Fundamentos de transportes. Modelos para roteirização e programação de veículos de distribuição. Métodos quantitativos para gestão de estoques. Modelos para localização de centros de distribuição e instalações aeroportuárias. Planejamento da rede logística. Carga aérea e terminais de cargas em aeroportos. Aeroportos-Indústria. Bibliografia: STEVENSON, W. J., Operations management. 7<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, New York, 2002. BALLOU, R., Business logistics management. 5<sup>th</sup> Ed., Prentice Hall, 2003; DAGANZO, C. F., Logistics systems analysis. 3<sup>a</sup>. Ed., Springer, 1999.

#### **IT-209/2021 – Uso do Solo e os Sistemas de Circulação e Transportes**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Estudo das relações sócio espaciais entre os sistemas de circulação e transportes e o uso e a ocupação dos solos. Análise dos níveis de impactos decorrentes da circulação e do transporte na configuração da distribuição e da concentração espacial dos espaços de assentamento humanos. Critérios e elementos de análise e aferição das dinâmicas espaciais relacionadas aos sistemas de circulação e transporte e o uso do solo. Parâmetros para diretrizes relacionadas aos sistemas urbanos e os sistemas de circulação e transportes. Bibliografia: APPLEYARD, D., Livable Streets, Editora Taylor & Francis, USA, 1982. MARSHALL, S., Land Use And Transport Planning. European Perspectives On Integrated Policies. Editora ELSEVIER SCIENCE, UK, 2007. REIS FILHO, N. G., Notas sobre Urbanização Dispersa e Novas Formas de Tecido Urbano. Editora Via das Artes, São Paulo, Brasil, 2007.

#### **IT-210/2021 – Análise de Sistemas Logísticos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos, ferramentas e metodologias de apoio à tarefa de gerenciar sistemas logísticos. Aplicações para a avaliação de desempenho de sistemas logísticos. Introdução e conceituação da modelagem por simulação computacional. Aplicação de simulação em sistemas de transporte, cadeias de suprimentos e linhas de produção. Produtividade, eficiência e *benchmarking* de serviços logísticos. Aplicações à logística do setor aéreo. Bibliografia: Taylor III, B. W. Introduction to Managment Science.

Prentice Hall, 9th Ed., 2007. Novaes, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação. Editora Campus, 2ª. Ed., 2004. Altiok, K. e Melamed, B. Simulation Modeling and Analysis With Arena, 1st. Ed., Elsevier, 2007.

### **IT-211/2021 – Arquitetura de Aeroportos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Integração entre arquitetura e engenharia em projetos de aeroportos. Análise de aeroportos brasileiros e estrangeiros, seus projetos arquitetônicos e concepções de design. Relação entre categorias de aeroportos e planejamento construtivo. Partido arquitetônico, zoneamento de atividades e o refinamento de projetos. Flexibilidade, compartilhamento e modularização. Interiores de terminais de passageiros: alocação de espaços, layout dos componentes operacionais e secundários. Nível de serviço, indicadores, recomendações e os métodos de análise. Perfil e necessidades dos usuários. Orientação, sinalização, circulação de passageiros e fluxo de bagagens. Sustentabilidade e bioclimatismo no planejamento e projeto de aeroportos. Entorno de aeroportos: meio-fio, acesso, conexões terrestres e intermodais. Aeroportos inteligentes e projetos do futuro: diversificação de atividades, tendências e novas tecnologias. Bibliografia: DE NEUFVILLE, R. e ODONI, A., Airport Systems: Planning, Design and Management, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2013; GRAHAM, A., Managing Airports: An International Perspective. 4th Edition, Routledge, 2013. IATA. Airport Development Reference Manual. 9th Edition, 2004.

### **IT-212/2021 – Inovação em Transporte Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Conceito de inovação. Taxonomias e tipologias de inovação. Dimensões do processo de inovação. Diferenças entre tecnologia e produto/serviço/processo. Inovação aberta. Planejamento e gestão do processo de inovação. Inovações em Transporte Aéreo. Inovações Aeroportuárias. Inovações em Companhias Aéreas. Inovações na Indústria Aeronáutica. Políticas de Inovação em Transporte Aéreo. Bibliografia: CHESBROUGH, H. W., Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology. Boston: Harvard Business School Press, 2006; DODGSON, M., GANN, D., SALTER, A., The management of technological innovation: strategy and practice. Oxford University Press Inc., New York, 2008; UTTERBACK, J. M., Mastering the dynamics of innovation. Harvard Business School Press, Boston, 1996. Artigos Selecionados.

### **IT-213/2021 – Simulação de Monte Carlo Aplicada a Transporte Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução ao processo de simulação computacional. A Linguagem de programação R. Geração de números aleatórios. Modelagem dos dados de entrada com auxílio do R. Introdução a simulação de Monte Carlo. Geração de variáveis aleatórias. Simulação de distribuições de probabilidade com o R. Elaboração do modelo conceitual. Elaboração do modelo computacional. Verificação e validação dos modelos. Dimensionando aquecimento e replicações. Análise estatística dos resultados de uma simulação. Técnicas de Redução de Variância. Simulação de problemas em Transporte Aéreo. Bibliografia: ROBERT, Christian; CASELLA, George. Introducing Monte Carlo Methods with R. Springer Science & Business Media, 2009. WU, Cheng-Lung; CAVES, Robert E. Modelling and simulation of aircraft turnaround operations at airports. Transportation Planning and Technology, v. 27, n. 1, p. 25-46, 2004. IRVINE, Daniel; BUDD, Lucy CS; PITFIELD, David E. A Monte-Carlo approach to estimating the effects of selected airport capacity options in London. Journal of Air Transport Management, v. 42, p. 1-9, 2015.

### **IT-216/2021 - Gerenciamento de Tráfego Aéreo / Air Traffic Management**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Introdução ao gerenciamento de tráfego aéreo. Estrutura de controle e organização do espaço aéreo. Regulamentação, organizações e stakeholders. Sistemas de comunicação, navegação e vigilância. Sistemas de informação e automação. Procedimentos operacionais. Processos de tomada de decisão. Gerenciamento do espaço aéreo. Controle de tráfego aéreo. Gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo. Impactos ambientais e estratégias de mitigação. Meteorologia e seus impactos operacionais. Capacidade: caracterização e estimação. Dados do sistema de gerenciamento de tráfego aéreo. Métodos, modelos e ferramentas para análise e controle de operações em aeroportos e no espaço aéreo. Otimização do fluxo de tráfego. Métricas de performance. O futuro dos sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo: novas tecnologias e conceitos operacionais.

Introduction to air traffic management. Airspace control structure and organization. Regulation, organizations and stakeholders. Communication, Navigation and Surveillance systems. Information and automation systems. Operational procedures. Decision-making processes. Airspace management. Air traffic control. Air traffic flow management. Environmental impacts and mitigation strategies. Weather impacts. Capacity: characterization and estimation. Air traffic management system data. Methods, models and tools for analysis and control of airport and airspace operations. Optimization of air traffic flows. Performance metrics. The future of air traffic management systems: new technologies and operational concepts. Bibliografia: 1 NOLAN, M. Fundamentals of air traffic control. 5. ed. Clifton Park, NY: Delmar Cengage Learning, 2010. 2 BELOBABA, P.; ODoni, A.; Barnhart, C. The global airline industry. 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015. 3 DURAND, N.; GIANAZZA, D.; GOTTELAND, J.-B.; ALLIOT, J.-M. Metaheuristics for air traffic management. 1. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2016.

### **IT-220/2021 - Economia do Transporte Aéreo II - Métodos**

Requisito recomendado: IT-101. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-6. Análise e interpretação de modelos econométricos aplicados a dados de companhias aéreas e aeroportos. Modelos conceituais e relações entre variáveis; formulação de hipóteses. Análise da estrutura e do processo gerador de dados; especificação de modelos; variáveis dummy. Estimação de modelos de regressão linear múltipla e inferência estatística pós-estimação; análises de sensibilidade. Estudo de fatores não observáveis; viés de variável omitida. Problemas com regressores endógenos e identificação com uso de estimadores de variáveis instrumentais. Modelos de painel de dados: efeitos fixos e efeitos aleatórios; estacionariedade e cointegração em dados de painel. Modelos de escolha discreta de passageiros e problemas de variável dependente limitada: Probit, Logit, Tobit. Problemas de seleção da amostra e estimador Heckit. Avaliação de impactos de políticas públicas; estimador de diferenças-em-diferenças. Método bootstrap de ajuste de erros padrões de estimativas. Bibliografia: 1 WOOLDRIDGE, J. Introductory econometrics: a modern approach. 5ª edição. Mason: South-Western/Cengage Learning, 2013. 2 WOOLDRIDGE, J. Econometric analysis of cross section and panel data. 2ª edição. London: The MIT press, 2010. 3 CAMERON, A.; TRIVEDI, P. Microeconometrics using Stata. College Station: Stata Press, 2010.

### **IT-232/2021 – Ocupação e Uso do Solo Urbano em Áreas no Entorno de Aeroportos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estudo da ocupação e do uso do solo em áreas no entorno de aeroportos. Os impactos da aplicação da legislação de controle do uso e da ocupação do solo – Plano Diretor urbano; Lei de Zoneamento municipal; Código de Obras e Licenciamento Ambiental. A Nova Legislação Federal – RBAC 161 e suas instruções normativas para o zoneamento de ruído e as restrições para a ocupação e o uso dos solos decorrentes. A expansão urbana como consequência do uso e da ocupação inapropriados das áreas próximas aos aeroportos, instrumentos de sua fiscalização e planejamento. Uso de Sistemas de Informação Geográfica para verificação de sobreposições de áreas de usos conflitantes. Bibliografia: FANG, Y., SHANDAS, V., & ARRIAGA CORDERO, E. (2014), *Spatial Thinking in Planning Practice: An Introduction to GIS*. Portland State University Library; KASARDA, J. D., & LINDSAY, G. (2011), *Aerotropolis: the way we'll live next*. Macmillan. RBAC 161 - Planos de Zoneamento de Ruído de aeródromos – PZR.

#### **IT-250/2021 - Economia do Transporte Aéreo III - Projeto**

Requisito recomendado: IT-110. Requisito exigido: IT-220. Horas semanais: 3-0-0-8. Projeto de pesquisa em microeconometria do transporte aéreo: Modelagem conceitual de problemas econômicos do transporte aéreo. Coleta de estatísticas e evidências empíricas. Formulação de hipóteses. Estrutura de dados do transporte aéreo. Modelagem empírica e especificação de modelos econométricos aplicados. Estimação de modelos com bases de dados setoriais. Análise e interpretação de resultados. Checagem sistemática de robustez. Bibliografia: 1 LEE, D. *Advances in Airline Economics, Vol. 1 - Competition Policy and Antitrust*. Bingley: Emerald Group Publishing, 2006. 2 PEOPLES, J. *Advances in Airline Economics, Vol. 3 - Pricing Behaviour and Non-price Characteristics in the Airline Industry*. Bingley: Emerald Group Publishing, 2012. 3 BITZAN, J.; PEOPLES, J.; WILSON, W. *Advances in Airline Economics, Vol. 5 - Airline Efficiency*. Emerald Group Publishing Limited, 2016.

#### **IT-251/2021 - Econometria Aplicada ao Transporte Aéreo**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: IT-250. Horas semanais: 2-0-0-4. Especificação de modelos econométricos com uso de bases de dados do transporte aéreo brasileiro. Estudo sistemático das limitações dos modelos: seleção amostral, identificação fraca com uso de muitas variáveis instrumentais, sensibilidade a alterações na especificação, estimador e variáveis de controle, quebra de hipóteses. Estudo da consistência e contribuição de modelos conceituais e resultados das estimações com a literatura. Projeto de modelagem. Bibliografia: 1 WOOLDRIDGE, J. *Introductory econometrics: a modern approach*. 5ª edição. Mason: South-Western/Cengage Learning, 2013. 2 WOOLDRIDGE, J. *Econometric analysis of cross section and panel data*. 2ª edição. London: The MIT press, 2010. 3 CAMERON, A.; TRIVEDI, P. *Microeconometrics using Stata*. College Station: Stata Press, 2010.

#### **IT-300/2021 - Seminário de Tese**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. Tópicos relevantes em transporte aéreo e aeroportos, expostos por especialistas da área, ou trabalhos de tese em andamento, expostos por alunos de pós-graduação. Bibliografia: a critério do professor.

## **8. FÍSICA - PG/FIS**

## 8.1 Objetivos do PG/FIS

O Programa de Pós-Graduação em Física é fruto da união dos esforços da Divisão de Ciências Fundamentais do ITA-IEF, com uma participação maior dos docentes do Departamento de Física do ITA-IEFF e de alguns pesquisadores do Instituto de Estudos Avançados -IEAv, para a formação de profissionais em Mestrado e Doutorado, de interesse direto ou indireto para o Setor Aeroespacial.

As atividades de pesquisa do curso estão agrupadas nas seguintes Áreas de Concentração:

Física Atômica e Molecular - PG/FIS-A;

Física Nuclear - PG/FIS-N;

Física de Plasmas - PG/FIS-P; e

Sistemas Complexos e Dinâmica Não Linear – PG/FIS-C

A matrícula é efetuada numa determinada Área de Concentração. Os objetivos específicos do Curso são expressos pelas suas linhas de pesquisa.

## 8.2 Linhas de Pesquisa do PG/FIS

As linhas de Pesquisa são relacionadas a seguir por Área de concentração. Alguns tópicos dessas linhas podem ser pertinentes a mais de uma área, pois são abordadas de acordo com a ênfase da aplicação.

### 8.2.1 Física de Plasmas – PG/FIS-P

São realizados estudos de plasmas quentes e frios aplicados à fusão termonuclear controlada e tecnologias de plasmas voltadas para o desenvolvimento de dispositivos e reatores para tratamento de materiais e deposição de filmes finos. Aplicações incluem nanotecnologia, tratamento de materiais (microeletrônica, mecânica, aeroespacial, energia, odontologia e medicina), sensores baseados em filmes finos, geradores de ozônio (medicina e meio ambiente) e combustão assistida por plasma.

- Alteração superficial de polímeros por meio de plasmas

Utilizar diversos tipos de descargas elétricas (rádio-frequência, microondas e barreira dielétrica) e pós-descargas para alterar propriedades de adesão de borrachas de uso aeroespacial.

- Caos e Dinâmica não linear

Aplicações: fusão termonuclear controlada e processos de dínamo não linear;

Aplicações da Teoria do Caos em dispositivos para obtenção de fusão termonuclear controlada;

Investigação das instabilidades de plasmas confinados magneticamente. Controle do transporte do plasma por perturbações magnéticas.

Equações diferenciais não lineares.

- Caracterização de filmes nano-estruturados a base de carbono.

Estudar morfologia, lubrificidade, aderência e dureza, bem como caracterização da estrutura química, energia de superfície e inércia química de filmes de finos nanoestruturados a base de carbono com e sem incorporação de nanopartículas

metálicas, semi-metálicas e nanotubos de carbono, crescendo sobre substratos de aço com baixo teor de carbono, de aço inox liga de titânio, inconel, silício e óxidos. Substratos comuns na indústria aeroespacial e microeletrônica em geral.

- **Caracterização de materiais obtidos por tecnologia de plasma**  
Estudar características elétricas, mecânicas, superficiais, ópticas e térmicas de materiais de interesse obtidos ou modificados por técnicas assistidas a plasmas. Os materiais em estudo são de interesse a vários setores industriais, tais como aeronáutica, espacial, mecânica, micro e nanoeletrônica.
- **Controle de Oscilações em plasmas**  
Investigar a turbulência e as instabilidades de plasmas confinados magnéticamente. Controlar oscilações do plasma por perturbações magnéticas ou ondas eletromagnéticas.
- **Desenvolvimento de sensores baseados em filmes finos**  
Desenvolver metodologias para obtenção de filmes finos com características adequadas para confecção de sensores de pressão, acelerômetros e diodos Stockky.
- **Desenvolvimento e estudo de reatores a vácuo para produção de plasmas frios**  
Desenvolver e caracterizar reatores a plasma para aplicação em processamento de materiais. Trabalha-se com reatores que operam com diferentes tipos de fontes de tensão, destacando: cc, rf e microondas;  
Desenvolver fontes de plasmas para geração de jatos, na forma de feixe de plasmas ou feixe de partículas carregadas extraídas de plasmas.
- **Desenvolvimento e estudo de reatores para produção de plasmas em pressão subatmosférica**  
Desenvolver reatores obtidos por microdescargas;  
Desenvolver reatores de barreira dielétrica para produção de ozônio;  
Desenvolver processos de tratamento de superfície de materiais;  
Desenvolver processos de tratamento de fibras sintéticas termicamente estabilizadas;  
Desenvolver reatores para produção de ozônio para aplicação na lavagem de roupas hospitalares;  
Desenvolver reatores para produção de ozônio para aplicação no tratamento de água potável e de esgotos.
- **Estudo da combustão assistida a plasma**  
Reduzir a produção de NOx no processo de combustão;  
Melhorar a estabilidade da combustão.
- **Estudo do plasma solar e plasma ionosférico**  
Estudo de sua interação com campos elétricos e magnéticos, variação temporal e consequências na baixa atmosfera da Terra.
- **Estudo e aplicações de plasmas térmicos**  
Desenvolver processos a plasma térmico para tratamento de resíduos sólidos e resíduos de petróleo com geração de energia elétrica;  
Ablação de materiais termoestruturais utilizados como escudo de proteção térmica;  
Desenvolver e caracterizar jatos de plasma para simulação de ambiente de reentrada atmosférica para aplicação aeroespacial.
- **Gaseificação assistida por plasma**

Desenvolver tecnologia alternativa à existente na gaseificação de biomassa, carvão e resíduos orgânicos para produção de gás de síntese.

- Instrumentação e controle de câmaras de vácuo e reatores a plasma  
Desenvolver instrumentação necessária para automatizar processos que empreguem técnicas assistidas a plasma.
- Modelagem e simulação numérica em plasmas frios  
Simulação de descargas elétricas para aplicação em processamento de materiais a plasma.
- Síntese e modificação de materiais por meio de plasmas frios  
Desenvolver processos a plasma que possibilitem a obtenção de:  
Materiais dielétricos para aplicação em micro e nanotecnologia, tais como SiC, AlN, DLC e TiO<sub>2</sub>;  
Materiais semicondutores para aplicação em micro e nano tecnologia, tais como filmes de DLC nitrogenados e fluorados;  
Biomateriais a base de recobrimento com filmes de DLC.  
Desenvolver processos de incorporação de nanopartículas de prata em filmes de carbono tipo diamante para aplicação aeroespacial.
- Tratamento de água por tecnologia de ozônio
- Tribologia em micro e nano escala  
Estudar problemas de lubrificação e desgaste de recobrimentos de filmes a base de carbono, depositados via plasma sobre, aço inox, aço de baixo carbono e silício em atmosfera ambiente, em vácuo, em água salobra e em água destilada. Estudar lubrificação híbrida envolvendo recobrimentos a base de carbono nanoestruturado em meio de água salobra, em meio de biocombustíveis e avaliar as perdas por no atrito e desgaste em pares com e sem recobrimentos entre os pares em contato.
- Utilização de plasmas frios e térmicos em nanotecnologia  
Produção de nanotubos de carbono por técnicas assistidas por plasma - Produzir nanopartículas por técnicas assistidas por plasma.

### **8.2.2 Física Atômica e Molecular - PG/FIS-A**

A pesquisa na área de Física Atômica e Molecular abrange: sistemas poliatômicos: propriedades de moléculas, estrutura eletrônica e geometria, espalhamento por elétrons, pósitrons e positrônio, condensação atômica. Desenvolvimento de Lasers. Gases ionizados: diagnósticos elétricos e espectroscopia, simulação de espectros e de plasmas frios. Ensino de Física: desenvolvimento de material didático.

- Moléculas e Aglomerados Moleculares  
Estrutura eletrônica de moléculas e aglomerados moleculares,  
Estudo da espectroscopia e da ligação química de moléculas,  
Estudo teórico de propriedades fotocatalíticas de óxidos semicondutores, e  
Termocinética de combustão de materiais energéticos.
- Matéria Condensada  
Estudo de Materiais Bidimensionais e suas Heteroestruturas,

Propriedades Estruturais, Eletrônicas, Termodinâmicas e Magnéticas de Ligas de Semicondutores, tanto bidimensionais quanto tridimensionais,  
Estudo Teórico de Ligas de Perovskitas para aplicações em células solares,  
Isolantes topológicos,  
Método LDA-1/2 para previsão correta do gap de semicondutores, e  
Simulação de Materiais para previsão de suas propriedades com aplicações na optoeletrônica, computação quânticas, construção civil, etc.

- Ensino de Física  
Desenvolvimento de materiais didáticos.

### **8.2.3 Física Nuclear – PG/FIS-N**

As atividades de pesquisa na área de Física Nuclear compreendem: Estrutura Nuclear e Hadrônica, Modelos relativísticos. Fenomenologia de partículas. Teoria Quântica de Campos, Cosmologia, Astrofísica e Gravitação. Reações Nucleares e Espalhamento Geral.

- Estrutura Nuclear e Hadrônica  
Modelos relativísticos para o núcleo e hádrons.  
Fenomenologia de partículas.  
Emparelhamento, correlações núcleon-núcleon, e excitações coletivas em núcleos finitos incluindo deformação e matéria nuclear.  
Núcleos exóticos, estrutura de poucos corpos.
- Reações Nucleares e Espalhamento Geral  
Espalhamento múltiplo  
Formação e decaimento do núcleo composto.  
Reações de fragmentação do projétil.  
Excitação Coulombiana.  
Reações nucleares entre núcleos, íon pesados e núcleos exóticos.  
Dados nucleares de poucos corpos
- Teoria Quântica de Campos, Astrofísica, Cosmologia e Gravitação  
Interações eletrofracas.  
Fenômenos de transição de fase.  
Renormalização em mecânica quântica.  
Astrofísica Nuclear.  
Astroquímica e astrobiologia.  
Modelos Cosmológicos.  
Detecção e geração de ondas gravitacionais.

### **8.2.4 - Dinâmica Não-Linear e Sistemas Complexos - PG/FIS-C**

O grupo de dinâmica não linear do ITA desenvolve pesquisas teóricas nas áreas de plasmas de fusão; fluidos e plasmas espaciais e astrofísicos; dinâmica orbital e mecânica celeste. Esta área compreende a modelagem, simulação e análise de sistemas complexos encontrados na natureza e em laboratório. Os sistemas dinâmicos, em geral modelados por equações diferenciais ordinárias e parciais, são estudados visando uma descrição detalhada de seu caos, com o objetivo de compreender, prever e controlar sistemas naturais e de engenharia.

- Caos em Plasmas de Fusão



Simulação Numérica em plasmas frios; Caos e Dinâmica não Linear aplicado a tokamaks;

Estudo de Tokamaks de Baixa Razão de Aspecto

Descargas Elétricas

Caos em sistemas dinâmicos não dissipativos, aplicado a tokamaks

Simulação Numérica em Plasmas Frios

- Caos em Astronáutica e Mecânica Celeste

Cálculo de Trajetórias Espaciais

Dinâmica de muitos corpos no Sistema Solar

Estruturas invariantes hiperbólicas e suas variedades

Captura e escape de trajetórias no Sistema Solar

Dinâmica não-linear e caos em sistemas Hamiltonianos e dissipativos, em particular, sistemas de plasmas.

- Caos e Turbulência em Fluidos e Plasmas Espaciais e Astrofísicos

Turbulência em discos de acreção

Convecção Rayleigh-Bénard

Dínamo solar

Ondas não-lineares

Simulações 1D, 2D e 3D

Mistura caótica

Estruturas coerentes lagrangeanas

Auto-organização e formação de padrões.

## 8.3 Corpo Docente do PG/FIS

### 8.3.1 Corpo Docente Permanente

André Jorge Carvalho Chaves, Dr., Universidade do Minho, 2018.

Física da Matéria Condensada, estruturas Eletrônicas e Propriedades Elétricas de Superfícies.

(e-mail: [andrejck@ita.br](mailto:andrejck@ita.br))

**Argemiro** Soares da Silva Sobrinho, Genie Physique, École Polytechnique de Montreal, Canadá, 1999.

Processamento de Materiais a Plasma

(e-mail: [argemiro@ita.br](mailto:argemiro@ita.br))

**Brett** Vern Carlson, Ph.D., Wisconsin, 1981.

Estrutura Nuclear e Reações Nucleares.

(e-mail: [brett@ita.br](mailto:brett@ita.br))

**Érico** Luiz Rempel, D.C., INPE, 2003.

Ondas em Plasmas, Caos, Dinâmica Não-Linear.

(e-mail: [rempel@ita.br](mailto:rempel@ita.br))

**Francisco** Bolivar Correto Machado, D.C., USP, 1989.

Cálculos de Estrutura Eletrônica Molecular.

(e-mail: [fmachado@ita.br](mailto:fmachado@ita.br))

**Homero** Santiago Maciel, Ph.D., Oxford, 1985.  
Descargas Eléctricas. Aplicações Tecnológicas de Plasmas Frios.  
(e-mail: homero@ita.br)

Ivan Guilhon Mitoso Rocha, D.C., ITA, 2017.  
Física, Física da Matéria Condensada.  
(e-mail: guilhon@ita.br)

**Jayr** de Amorim Filho, Dr. en Sc., Paris, 1994.  
Descargas Eléctricas.  
(e-mail: jayr@ita.br)

**Lara** Kuhl Teles, D.C., USP, 2001.  
Teoria de Semicondutores e Spintrônica.  
(e-mail: ikteles@ita.br)

Luiz Fernando de Araujo **Ferrão**, D.C., 2012.  
Física atômica e molecular e físico-química, com ênfase em Estrutura Eletrônica de Átomos e Moléculas.  
(e-mail: ferrao@ita.br)

Manuel Máximo Bastos **Malheiro** de Oliveira, D.C., USP, 1991.  
Estrutura Nuclear e Hadrônica, Astrofísica  
(e-mail: malheiro@ita.br)

**Marcelo Marques**, D.C., USP, 2005.  
Semicondutores em Micro-ondas e Optoeletrônica; Materiais; Dispositivos Fotônicos  
(e-mail: mmarques@ita.br)

Mariana Dutra da Rosa Lourenço, Ph.D., ITA, 2013.  
Física Nuclear Teórica.  
(e-mail: marianad@ita.br)

**Marisa** Roberto, D.C., ITA, 1992.  
Simulação Numérica em Plasmas Frios; Caos e Fenômenos de Transporte em tokamaks.  
(e-mail: marisar@ita.br)

**Odilon** Lourenço da Silva Filho, D.C., UFF, 2011  
Física Nuclear Teórica, Fenomenologia nuclear, modelos hadrônicos relativísticos e não-relativísticos, modelos efetivos da QCD, termodinâmica das transições de fase aplicada à hadrons e quarks, decaimentos mesônicos.  
(e-mail: odilon.ita@gmail.com)

**Pedro Henrique** Ribeiro da Silva Moraes, D. C., INPE, 2015.  
Astrofísica, cosmologia, gravitação, ondas gravitacionais e suas fontes e teoria de campos.  
(e-mail: moraes.phrs@gmail.com)

Pedro José Pompéia, Ph.D., ITA, 2012.  
Física das Partículas Elementares e Campos.  
(e-mail: pompeia@ita.br)

Rene Felipe Keidel Spada, Ph.D., ITA, 2015.  
Física, com ênfase em Física Atômica e Molecular.

(e-mail: rfkspada@ita.br)

**Rodrigo** Sávio Pessoa, D.C, ITA, 2009.  
Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada e Física de Plasmas  
(e-mail: rodrigospessoa@gmail.com)

**Tobias** Frederico, D.C., USP, 1984.  
Estrutura Nuclear; Reações Nucleares; Física de Hádrons.  
(e-mail: tobias@ita.br)

**Wayne** Leonardo de Paula, D.C., ITA, 2010.  
Física Nuclear, Física de Partículas  
(e-mail: wayne@ita.br)

### 8.3.2 Corpo Docente Colaborador

**José Silvério** Edmundo Germano, D.C., 1992.  
Física Atômica e Molecular com ênfase em modelamento teórico de processos de colisão e interações de átomos e moléculas.  
(e-mail: silverio@ita.br)

## 8.4 Estrutura Curricular do PG/FIS

### 8.4.1 Informações Gerais do PG/FIS

A aceitação dos candidatos ao Mestrado e ao Doutorado é baseada em exame de currículo, histórico escolar e entrevista.

O candidato aceito para uma determinada Área de Concentração deve cumprir o requisito mínimo de créditos em disciplinas obrigatórias e optativas. Auxiliado pelo Coordenador de Área, o aluno deve procurar um orientador de tese e elaborar com este um Plano de Trabalho, descrevendo todas as etapas para o cumprimento de seu Programa de Estudos. O referido plano deve ser apresentado ao Coordenador de Área num prazo máximo de 6 meses da matrícula do aluno no Curso.

### 8.4.2 Disciplinas do Programa PG/FIS

#### 8.4.2.1 Física de Plasmas - PG/FIS-P

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-201	Mecânica Quântica I * / **	3
FF-202	Mecânica Quântica II ** / &&&	3
FF-204	Eletrodinâmica I * / &&&	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I * / &&&	3
FF-320	Seminário de Tese * / **	1
FF-500	Tese †	0
FF-600	Estágio Docência ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I **	3

##### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
AB-121	Mecânica Orbital	3
FF-200	Métodos Matemáticos da Física &&&	3
FF-203	Mecânica Estatística &&&	3
FF-205	Métodos Computacionais da Mecânica Quântica	3
FF-206	Nanomateriais e Nanotecnologia	3
FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-210	Física Nuclear I	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-229	Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy	3
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia &&&	3
FF-233	Aplicações de Diagramas de Feynman	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I &&&	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-243	Análise de Superfície Utilizando Microscopia de Força Atômica	3
FF-246	Espectroscopia Molecular	3
FF-247	Fundamentos de Óptica Não Linear	3
FF-248	Teorias de Calibre Não-Abeliana / Non-Abelian Gauge Theory &&&	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-254	Astroquímica	3
FF-255	Álgebra Geométrica na Física / Geometric Algebra in Physics	3
FF-258	Inrodução à Nanotecnologia	3
FF-261	Física dos Plasmas I	3
FF-266	Física de Plasma Térmico	3
FF-271	Equilíbrio e Caos em Plasmas Confinados Magneticamente	3
FF-279	Física Espacial / Space Physics	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-289	Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics	3
FF-292	Quarks e Hádrons	3
FF-294	Métodos Aplicados à Teoria do Funcional de Densidade	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I &&&	3
FF-297	Teoria do Funcional da Densidade II	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial &&&	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas &&&	3
FF-601	Estágio Pesquisa 1	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II	3
FM-225	Tópicos Especiais em Dinâmica Não-Linear	3
FM-226	Plasmas em Astrofísica	3
FM-235	Dinâmica de Missões Espaciais Modernas	3
FQ-222	Cinética Química / Chemical Kinetics	3
FQ-223	Dinâmica Química	3
FQ-290	Química Quântica I &&& / Quantum Chemistry I &&&	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular	3

	Quantum Chemistry Methods	
FQ-292	Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra	3
FQ-297	Introdução ao COLUMBUS Um programa de estrutura eletrônica com multireferências	1
MT-201	Fundamentos de Engenharia dos Materiais	3
MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos &&& / Thin Film Science and Technology &&&	3
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos &&&/ Lasers I - Physical Principles &&&	3

#### 8.4.2.2 – Física Atômica e Molecular - PG/FIS-A

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-201	Mecânica Quântica I * / **	3
FF-202	Mecânica Quântica II ** / &&&	3
FF-204	Eletrodinâmica I * / &&&	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I * / &&&	3
FF-320	Seminário de Tese * / **	1
FF-500	Tese †	0
FF-600	Estágio Docência ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I **	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-200	Métodos Matemáticos da Física &&&	3
FF-203	Mecânica Estatística	3
FF-205	Métodos Computacionais da Mecânica Quântica	3
FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-210	Física Nuclear I	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-229	Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy	3
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia	3
FF-233	Aplicações de Diagramas de Feynman	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I &&&	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-243	Análise de Superfície Utilizando Microscopia de Força Atômica	3
FF-246	Espectroscopia Molecular	3
FF-247	Fundamentos de Óptica Não Linear	3
FF-248	Teorias de Calibre Não-Abeliana / Non-Abelian Gauge Theory &&&	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-254	Astroquímica	3
FF-255	Álgebra Geométrica na Física / Geometric Algebra in Physics	3

FF-258	Introdução à Nanotecnologia	3
FF-261	Física de Plasmas I	3
FF-266	Física de Plasma Térmico	3
FF-271	Equilíbrio e Caos em Plasmas Confinados Magneticamente	3
FF-279	Física Espacial / Space Physics	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-289	Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics	3
FF-292	Quarks e Hádrons	3
FF-294	Métodos Aplicados à Teoria do Funcional de Densidade	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I	3
FF-297	Teoria do Funcional da Densidade II	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas	3
FF-601	Estágio Pesquisa 1	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos	3
FM-225	Tópicos Especiais em Dinâmica Não-Linear	3
FM-226	Plasmas em Astrofísica	3
FM-235	Dinâmica de Missões Espaciais Modernas	3
FQ-222	Cinética Química / Chemical Kinetics	3
FQ-223	Dinâmica Química	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods	3
FQ-292	Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra	3
MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology	3
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos &&&/ Lasers I - Physical Principles &&&	3

#### 8.4.2.3 - Física Nuclear - PG/FIS-N

##### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
FF-201	Mecânica Quântica I * / **	3
FF-202	Mecânica Quântica II ** / &&&	3
FF-204	Eletrodinâmica I * / &&&	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I * / &&&	3
FF-320	Seminário de Tese * / **	1
FF-500	Tese †	0
FF-600	Estágio Docência ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I **	3

##### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
--------------	---------------	-----------------------

FF-200	Métodos Matemáticos da Física <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FF-203	Mecânica Estatística	3
FF-205	Métodos Computacionais da Mecânica Quântica	3
FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-210	Física Nuclear I	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-229	Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy	3
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia	3
FF-233	Aplicações de Diagramas de Feynman	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-243	Análise de Superfície Utilizando Microscopia de Força Atômica	3
FF-246	Espectroscopia Molecular	3
FF-247	Fundamentos de Óptica Não Linear	3
FF-248	Teorias de Calibre Não-Abeliana / Non-Abelian Gauge Theory <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-254	Astroquímica	3
FF-255	Álgebra Geométrica na Física / Geometric Algebra in Physics	3
FF-258	Inrodução à Nanotecnologia	3
FF-261	Física de Plasmas I	3
FF-266	Física de Plasma Térmico	3
FF-271	Equilíbrio e Caos em Plasmas Confinados Magneticamente	3
FF-279	Física Espacial / Space Physics	3
FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-289	Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics	3
FF-292	Quarks e Hádrons	3
FF-294	Métodos Aplicados à Teoria do Funcional de Densidade	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I	3
FF-297	Teoria do Funcional da Densidade II	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas	3
FF-601	Estágio Pesquisa 1	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II	3
FM-225	Tópicos Especiais em Dinâmica Não-Linear	3
FM-226	Plasmas em Astrofísica	3
FM-235	Dinâmica de Missões Espaciais Modernas	3
FQ-222	Cinética Química / Chemical Kinetics	3
FQ-223	Dinâmica Química	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods	3
FQ-292	Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra	3

MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology	3
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos &&&/ Lasers I - Physical Principles &&&	3

#### 8.4.2.4 – Física Dinâmica Não Linear e Sistemas Complexos – FIS-C

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-201	Mecânica Quântica I * / **	3
FF-202	Mecânica Quântica II ** / &&&	3
FF-204	Eletrodinâmica I * / &&&	3
FF-264	Descargas Elétricas e Plasmas I * / &&&	3
FF-320	Seminário de Tese * / **	1
FF-500	Tese †	0
FF-600	Estágio Docência ***	3
FM-223	Dinâmica Não-Linear e Caos I **	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
FF-200	Métodos Matemáticos da Física &&&	3
FF-203	Mecânica Estatística	3
FF-205	Métodos Computacionais da Mecânica Quântica	3
FF-207	Mecânica Analítica	3
FF-210	Física Nuclear I	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-229	Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy	3
FF-230	Introdução à Teoria da Relatividade Geral	3
FF-231	Tópicos de Cosmologia	3
FF-233	Aplicações de Diagramas de Feynman	3
FF-235	Teoria Quântica de Campos I &&&	3
FF-236	Teoria Quântica de Campos II	3
FF-243	Análise de Superfície Utilizando Microscopia de Força Atômica	3
FF-246	Espectroscopia Molecular	3
FF-247	Fundamentos de Óptica Não Linear	3
FF-248	Teorias de Calibre Não-Abeliana / Non-Abelian Gauge Theory &&&	3
FF-253	Introdução à Mecânica Quântica	3
FF-254	Astroquímica	3
FF-255	Álgebra Geométrica na Física / Geometric Algebra in Physics	3
FF-258	Introdução à Nanotecnologia	3
FF-261	Física de Plasmas I	3
FF-266	Física de Plasma Térmico	3
FF-271	Equilíbrio e Caos em Plasmas Confinados Magneticamente	3
FF-279	Física Espacial / Space Physics	3



FF-281	Física do Estado Sólido I	3
FF-287	Física de Semicondutores	3
FF-289	Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics	3
FF-292	Quarks e Hádrons	3
FF-294	Métodos Aplicados à Teoria do Funcional de Densidade	3
FF-296	Teoria do Funcional da Densidade I	3
FF-297	Teoria do Funcional da Densidade II	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial	3
FF-299	Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas	3
FF-601	Estágio Pesquisa 1	3
FM-224	Dinâmica Não-Linear e Caos II **	3
FM-225	Tópicos Especiais em Dinâmica Não-Linear	3
FM-226	Plasmas em Astrofísica	3
FM-235	Dinâmica de Missões Espaciais Modernas	3
FQ-222	Cinética Química / Chemical Kinetics	3
FQ-223	Dinâmica Química	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods	3
FQ-292	Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra	3
MT-203	Ciência e Tecnologia de Filmes Finos/ Thin Film Science and Technology	3
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos &&&/ Lasers I - Physical Principles &&&	3

- As disciplinas marcadas com \* são obrigatórias na área para alunos de Mestrado.
- As disciplinas marcadas com \*\* são obrigatórias na área para alunos de Doutorado.
- As disciplinas Estágio Docência marcadas com \*\*\*, são para alunos de Mestrado (não obrigatório) e Doutorado (obrigatórios dois semestres para bolsistas da Capes).
- A disciplina **Tese** marcada com † , é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado em todos os semestres, a partir do 3º período.
- Observar Estágio Docência corresponde às atividades complementares de Pós-Graduação, oriundas de estágios qualificados de docência e pesquisa consideradas para fins de registro e controle acadêmico, como disciplinas.
- Aluno Especial @
- # **Carga horária semanal** – correspondente a cada disciplina, os quatro números separados por hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, o número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo corresponde a 16 semanas de aula.

## 8.5 EMENTAS – PG/FIS

### AB-211/2021 - Mecânica Orbital

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais:3-0-0-5  
 Movimentos próprios da Terra: translacao, rotacao, precessao e nutacao. Problemas de dois corpos: formulacao, integrais primeiras, equacao da trajetoria, descricao das orbitas. Elementos orbitais: determinacao a partir dos vetores posicao e velocidade, e vice-versa. Manobras orbitais basicas: transferencia de Hohmann, manobras de mudanca de plano de orbita, rendez-vous e reentrada. Perturbacoes. Arrasto aerodinamico e decaimento orbital. Variacao dos elementos orbitais. Trajetorias

interplanetarias. Trajetórias de veículos lançadores de satélites. Bibliografia: Wiesel, W.E., *Spaceflight Dynamics*, 3rd ed., Beavercreek, OH, Aphelion Press, 2010. 2 Chobotov, V.A. (Ed.), *Orbital Mechanics*, 3rd ed., Reston, VA, AIAA, 2002. 3 Bate, R.R., Mueller, D.D. & White, J.E., *Fundamentals of Astrodynamics*, Dover, New York, 1971.

### **FF-200/2021 - Métodos Matemáticos da Física**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Séries infinitas. Séries assintóticas. Funções de variáveis complexas. Série de Laurent. Cálculo de resíduos. Equações diferenciais lineares de segunda ordem. Solução por separação de variáveis. Solução por série. Segunda solução. Equação não-homogênea de Green. Teoria de Sturm-Liouville. Operadores hermitianos. Função gama. Série de Sterling. Funções de Bessel. Série de Fourier-Bessel. Polinômios de Legendre. Séries. Polinômios de Legendre associados. Harmônicos esféricos. Funções de Legendre do segundo tipo. Séries de Fourier. Forma complexa das séries de Fourier. Bibliografia: ARFKEN, G., *Mathematical methods for physicists*. 2a ed., New York, 1970; BUTKOV, E., *Física matemática*, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1978.

### **FF-201/2021 - Mecânica Quântica I**

Requisito recomendado: FF-207. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Experimento de Stern-Gerlach. Kets, bras e operadores. Bases de kets e representações matriciais. Medidas, observáveis, e relações de incerteza. Mudanças de base. Posição, momento e translação. Funções de onda no espaço de posição e de momento. Evolução temporal e a equação de Schrödinger. Representação de Schrödinger, de Heisenberg e de Interação. Oscilador Harmônico simples. Equação de onda de Schrödinger. Soluções elementares da equação de onda de Schrödinger. Propagadores e integrais de caminho de Feynman. Rotações e relações de comutação de operadores de momento angular. Sistema de spin 1/2 e rotações finitas. SO(3), SU(2), e rotações de Euler. Operadores densidade e "ensembles" puros e misturados. Autovalores e auto-estados de momento angular. Momento angular orbital. Equação de Schrödinger para potenciais centrais. Adição de momento angular. Operadores tensoriais. Transformações, simetrias, leis de conservação, e degenerescências. Simetrias discretas, paridade e inversão temporal. Bibliografia: *Modern Quantum Mechanics*, J.J. Sakurai e Jim Napolitano, 2ª edição, Addison-Presley, Publishing co, 2013. *Quantum Mechanics*, E. Merzbacher, John Wiley & Sons, inc., 3rd edition, 1998. *Quantum Mechanics, Concepts and Applications*, N. Zettili, John Wiley & Sons, inc., 2nd edition, 2011. *Mecânica Quântica*, A. F. R. de Toledo Piza, Edusp, 2002.

### **FF-202/2021 - Mecânica Quântica II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-201. Horas semanais: 4-0-0-8. Teoria de perturbação independente do tempo: o caso não degenerado. Teoria de perturbação independente do tempo: o caso degenerado. Hidrogenóides: estrutura fina e efeito Zeeman. Métodos Variacionais. Teoria de perturbação dependente do tempo. Aplicações para interações com os Campos Clássicos de Radiação. Deslocamento de energia e largura de decaimento. Espalhamento como uma perturbação dependente do tempo. A amplitude de espalhamento. A Aproximação de Born. Deslocamento de fase e ondas parciais. Espalhamento de baixa energia e estados ligados. Espalhamento Ressonante. Considerações de simetria em espalhamento. Teoria formal do espalhamento, matrizes T e S. Simetria de permutação. Postulado de simetrização. Estados de muitas partículas primeira e segunda quantização. Quantização do campo eletromagnético. Interação da matéria com a radiação. Espalhamento Thomson, radiação de freiamento e transições radiativas. Bibliografia: *Modern Quantum Mechanics*, J.J. Sakurai e Jim Napolitano, 2ª edição, Addison-Presley, Publishing co,

2013. Quantum Mechanics, E. Merzbacher, John Wiley & Sons, inc., 3<sup>rd</sup> edition, 1998. Quantum Mechanics, Concepts and Applications, N. Zettili, John Wiley & Sons, inc., 2<sup>nd</sup> edition, 2011. Mecânica Quântica, A. F. R. de Toledo Piza, Edusp, 2002.

#### **FF-203/2021 – Mecânica Estatística**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Princípios básicos. Espaços de fase. Conjunto estatístico e distribuição estatística. Distribuição de Maxwell-Boltzmann. Teorema de Liouville. Conjunto microcanônico e canônico. Tempo de relaxação. Sistemas quânticos. Entropia e temperatura estatísticas. Termodinâmica macroscópica. Conjunto grancanônico. Teoria geral dos “ensembles”. Médias e flutuações. Sistemas ideais de spins. Gás ideal quase-clássico. Teoremas de virial e da equipartição. Paramagnetismo, paraelasticidade e paraelasticidade. Spin e estatística. Gases ideais quânticos: Fermi-Dirac, Bose-Einstein. Paragás. Condensação de Bose-Einstein. Bibliografia: REIF, F., Fundamentals of statistical and thermal physics. McGraw-Hill, New York, 1965; HUANG, K., Statistical mechanics. John Wiley & Sons, New York, 1966.

#### **FF-204/2021 - Eletrodinâmica I**

Requisito recomendado: FF-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Introdução à Eletrostática: Lei de Coulomb, Lei de Gauss, Equações de Poisson e Laplace, Potencial Elétrico. Energia Potencial Eletrostática. Teorema de Green. Métodos das Imagens. Solução das equações de Poisson e Laplace pelo método da separação de variáveis. Multipolos. Dielétricos. Magnetostática. Equações de Maxwell. Leis de conservação. Bibliografia: FRENKEL, J., Princípios de Eletrodinâmica Clássica. Edusp, 1996. JACKSON, J. D., Classical Electrodynamics. 2<sup>a</sup> ed., John Wiley, New York, 1975; PANOFSKY, W. K. H.; PHILLIPS, M., Classical Electricity and Magnetism. 2<sup>a</sup> ed., Addison-Wesley, Reading, 1962.

#### **FF-205/2021 - Métodos Computacionais da Mecânica Quântica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos numéricos para estudo da equação de Schrödinger independente do tempo em uma dimensão. Equação de Schrödinger dependente do tempo em uma dimensão. Estados estacionários para um potencial unidimensional. Aproximação de Born para o espalhamento quântico. Equação de Hartree-Fock para sistemas atômicos. Quantização de Born-Sommerfeld de estados ligados em potencial central. Bibliografia: KOONIN, S. E., Computational Physics. Addison-Wesley, New York, 1985; MERZBACHER, E., Quantum mechanics. John Wiley & Sons, New York, 1970; LEDERMANN, W., Handbook of applicable mathematics. Vol. III, John Wiley & Sons, New York, 1981.

#### **FF-207/2021 - Mecânica Analítica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Princípio variacional, formalismo lagrangiano e hamiltoniano. Propriedades de simetria, invariantes integrais, variáveis de ângulo e ação. Transformações canônicas. Parênteses de Poisson. Transformações canônicas infinitesimais e propriedades de simetria. Teoria de Hamilton-Jacobi. Teoria de perturbação canônica. Integrabilidade. Ressonâncias não-lineares e caos. Diagrama de fluxo. Mapa de Poincaré. Teorema de Kan e emaranhados homoclínicos. Mapas conservativos. Bibliografia: A. M. OZÓRIO DE ALMEIDA, "Hamiltonian systems: Chaos and quantization", Cambridge University Press, 1988; GOLDSTEIN, H., Classical mechanics. Addison - Wesley, Reading, 1959; LANDAU, L.; e LIFSHITZ, E., Mecânica, Mir, Moscou, 1978.

#### **FF-210/2021 – Física Nuclear I**

Requisito recomendado: FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Constituição do núcleo atômico. Propriedades dos núcleos: momento angular nuclear, momento magnético nuclear, momento de quadrupolo elétrico. Possíveis tipos de forças nucleares. Espalhamento. Sistema de dois corpos: o dêuteron. Espalhamento entre n-p. Raio nuclear: núcleos isóbaros, espalhamento de elétrons, espalhamento de nêutrons. Radioatividade: desintegração alfa e desintegração beta. Estabilidade nuclear. Interação da radiação com a matéria: Efeitos Compton e fotoelétrico, formação de pares. Modelos nucleares: modelos de partículas independentes, modelo coletivo, modelo unificado. Bibliografia: ROY, R.R. e NIGAM, B.P., Nuclear physics: theory and experiment, John Wiley & Sons, New York, 1967; PRESTON, M.A., Physics of the nucleus, McGraw-Hill, New York, 1965; MARMIER, P. e SHELDON, E., Physics of nuclei and particles, Vol. I, Academic Press, New York, 1969.

### **FF-212/2021 – Métodos Computacionais de Física**

Requisito recomendado: Curso equivalente a FF-200 . Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Linguagens de programação - Fortran, C, C++, Mathematica e outros. Introdução a programação numérica - comandos básicos de atribuição, de entrada e saída, de condição e de repetição; variáveis escalares, listas e vetores; subrotinas, funções e módulos/estruturas. Aplicações numéricas básicas em física - integração; raízes, máximos e mínimos; álgebra linear, autovalores e autovetores; derivadas e equações diferenciais ordinárias; métodos Monte Carlo para simulação de sistemas físicos. Bibliografia: PRESS, W. H., TEUKOLSKY, S. A., VETTERLING, W. T., FLANNERY, B. P., Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, 2007, disponível em <http://www.nr.com/oldverswitcher.html>. DAVIES, R., REA, A. and TSAPTSINOS, D., Introduction to Fortran 90, [http://dipastro.pd.astro.it/cosmo/Informatica/NuoviFile/f90\\_belfast.pdf](http://dipastro.pd.astro.it/cosmo/Informatica/NuoviFile/f90_belfast.pdf). SOULIÉ, J., The C++ Tutorial, <http://www.cplusplus.com/files/tutorial.pdf>.

### **FF-229/2021 - Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy**

Requisito recomendado: FF-225, FF-201 e FF-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução. Absorção e Emissão de Luz. Larguras e Perfis de Linhas Espectrais. Instrumentação e Fonte de Luz em Espectroscopia. Fundamentos de Lasers. Espectroscopia por Fluorescência e por Absorção Limitada por Doppler Usando Lasers. Espectroscopia de Alta Resolução (Sub-Doppler). Espectroscopia a lasers com Resolução Temporal. Espectroscopia a Laser de Processos de Colisão. O Limite de Resolução. Aplicações da Espectroscopia a Laser.

Syllabus:

Absorption and light emission. Widths and profiles of spectral lines. Spectroscopy instrumentation and light sources. Laser fundamentals. Fluorescence and Doppler limited absorption spectroscopy using lasers. High resolution spectroscopy (sub Doppler). Laser spectroscopy with temporal resolution. Laser spectroscopy of collision processes. The resolution limits. Applications of laser spectroscopy. Bibliografia: DEMTRÖDER, Wolfgang. Laser Spectroscopy - Basic Concepts and Instrumentation, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. CORNEY, Alan. Atomic and Laser Spectroscopy, Clarendon Press, 1977. SVELTO, Orazio. Principles of Lasers, New York & London: Plenum Press, 1986.

### **FF-230/2021 – Introdução à Teoria da Relatividade Geral**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de cálculo tensorial. Equações diferenciais de Einstein do campo gravitacional. Métrica de Schwarzschild. Colapso gravitacional. Verificações

astronômicas da teoria da relatividade geral. Modelos cosmológicos estáticos. Bibliografia: McVITTIE, G. C. - General Relativity and cosmology. London, Chapman & Hall, 1965; Weinberg, S. - Gravitation and cosmology: Principles and applications of the general theory of relativity. New York, John Wiley & Sons, 1972.

### **FF-231/2021 – Tópicos de Cosmologia**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-230. Horas semanais: 3-0-0-6. Modelos cosmológicos evolucionários de Friedman e Lemaitre. Métrica de Robertson Walker. Dados Observacionais. Lei de Hubble. Contagem de rádio fontes. Teoria de Gamow da bola de fogo primordial. A detecção da radiação cósmica de Micro-ondas. Verificação da velocidade da terra em relação ao referencial cósmico do Micro-ondas. A relação de Whitrom-Randall e modelos evolucionários especiais. A realização do princípio de Mach e o tempo cósmico. Limite à cosmologia clássica. Bibliografia: TOLMAN, R. – Relativity, thermodynamics and cosmology. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1935; MCVITTIE, G. – General relativity and cosmology. London, Chapman & Hall, 1954; WEINBERG, S. – Gravitation and cosmology. New York, John Wiley, 1972.

### **FF-233/2021 - Aplicações de Diagramas de Feynman**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-201. Horas semanais: 4-0-0-8. Formalismo lagrangiano. Sistema quântico não relativístico, propagador, interação de contato e renormalização. Sistemas relativísticos. Equação de Klein-Gordon, propagador, equação de Bethe-Salpeter, interação de contato, renormalização e sistemas de 2 e 3 corpos. Equação de Dirac, propagador. Acoplamento de bóson e de férmion com o campo eletromagnético. Exemplos, espalhamento elétron-elétron, elétron-núcleon, elétron-fóton, potencial núcleon-núcleon de troca de um pión. O pión, lagrangiana quiral em baixa ordem, simetria quiral, teorema de Goldstone e quarks constituintes. Aplicação: raio do pión, decaimento fraco e eletromagnético. Bibliografia: Relativistic Quantum Mechanics, J. D. BJORKEN e S. D. DRELL, 1964; Quantum field theory, C. ITZYKSON, e J.B. ZUBER, 1980.

### **FF-235/2021 - Teoria Quântica de Campos I**

Requisito recomendado: FF-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. O grupo de Lorentz. Formalismo lagrangiano para campos clássicos. Quantização canônica do campo escalar complexo. Quantização do campo de Dirac. Quantização do campo eletromagnético. Campos em interação. Matriz S. Fórmulas de redução. Teoria de perturbações. Cálculo de alguns processos de espalhamento na Eletrodinâmica Quântica. Bibliografia: PESKIN. M.E. and SCHROEDER. D.V. An Introduction to Quantum field theory. Westview Press. 1995; ITZYKSON C.; ZUBER J. B., Quantum field theory. New York: McGraw-Hill, 1980; MANDL, L.; RYDERL. H. Quantum field theory, 2<sup>nd</sup> Edition. Cambridge: University Press, 1996.

### **FF-236/2021 - Teoria Quântica de Campos II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-235. Horas semanais: 4-0-0-8. Integrais de trajetória. Teoria de perturbações. Regras de Feynman. Teorias de gauge não abelianas. Renormalização. O grupo de renormalização. Identidades de Ward e anomalias. O potencial efetivo e a quebra espontânea de simetria. Bibliografia: Quantum field theory C. ITZYKSON e J. B. ZUBER, 1980; Quantum field theory, F. MANDL e G. SHAW, 1984; Quantum field theory L. H. RYDER, 1984.

### **FF-243/2021 – Análise de Superfície Utilizando Microscopia de Força Atômica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Microscopia de Varredura por Sonda (SPM - Scanning Probe Microscopy). Microscopia de Corrente de Tunelamento (STM): princípio de funcionamento e aplicações. Microscopia de Força Atômica (AFM): princípio de funcionamento, modos de operação e aplicações. Microscopia de Força Lateral. Microscopia de Força Magnética. Outras modalidades. Sondas de varredura: formato, escolha e resolução. Scanner: princípio de funcionamento, não linearidades (histerese, arrastamento, envelhecimento). Artefatos e interpretação de imagens. Recursos de software do SPM 9500J3 do ITA para aquisição e tratamento de imagem. Recursos de software do SPM 9500J3 do ITA para análise de imagens. Recursos de software do SPM 9500J3 do ITA para análise de partículas. Bibliografia: E.MEYER, H-J, HUG, R. BENNEWITZ, "Scanning Probe Microscopy: The lab on a tip", Springer-Verlag (2003). SERGEI N., MAGONOV, MYUNG-HWAN WHANGBO; "Surface Analysis with STM and AFM". Experimental and Theoretical Aspects of image Analysis" Weinheim,(1996). BHUSHAN, B. (ed.), "Springer Handbook of Nanotechnology", Springer-Verlag (2004).

#### **FF-246/2021 - Espectroscopia Molecular**

Requisitos recomendados: FF-201 e FF-207. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Resumo dos elementos de estrutura atômica. Introdução ao tratamento teórico de sistemas moleculares. Energias vibracionais de uma molécula diatômica. Energias rotacionais de moléculas lineares. Absorção e emissão de radiação. Espectros rotacionais. Vibrações de moléculas poliatômicas. Espectros de rotação-vibração. Simetria molecular e teoria de grupos. Cálculo de frequências vibracionais e coordenadas normais de moléculas poliatômicas. Espectro eletrônico de moléculas. Bibliografia: BARROW, G. M., Molecular spectroscopy, McGraw-Hill, New York, 1962; HERZBERG, G., Molecular spectra and molecular structure, D. Van Nostrand, New York, 1954. WILSON Jr., E. B., DECIUS, J. C.; CROSS, P. C., Molecular vibrations - Dover Publications, Inc., New York, 1955.

#### **FF-247/2021 – Fundamentos de Óptica Não Linear**

Requisito recomendado: FF-225. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Susceptibilidade óptica não-linear: teoria clássica e quântica. Geração de harmônicos. Casamento de fases. Retificação óptica. Mistura de frequências. Amplificador/Oscilador paramétrico. Índice de refração dependente da intensidade óptica. Automodulação de fase. Autofocalização de feixe. Sólitons ópticos. Absorção de multi-fótons. Efeito Kerr. Efeito Pockels. Efeito Raman. Efeito Brillouin. Saturação da absorção. Biestabilidade óptica. Bibliografia: BOYD, R. W. Nonlinear Optics. 3ª ed. Academic Press, 2008. POWERS, P. E. Fundamentals of Nonlinear Optics. CRC Press, 2011.

#### **FF-248/2021 – Teorias de Calibre Não-Abeliana / Non-Abelian Gauge Theory**

Requisito recomendado: FF-236. Requisito exigido: FF-235. Horas semanais: 4-0-0-8. Grupos de Lie. Invariância de calibre não-Abeliana. Loop de Wilson. Teoria de Yang-Mills. Lagrangiana de Fadeev-Popov. Simetria BRST. Polarização do vácuo. Renormalização a 1-loop. Liberdade Assintótica. Formalismo espinor-helicidade. Amplitude de espalhamento de glúons. Fórmula de recursão BCFW. Quebra espontânea de simetria. Mecanismo de Higgs.

Syllabus:

Lie Group. Non-Abelian gauge invariance. Wilson Loop. The Yang Mills theory. The Fadeev-Popov Lagrangian. BRST Symmetry. Vacuum polarization. One-loop

Renormalization. Asymptotic freedom. Spinor-helicity formalism. Gluon scattering amplitudes. BCFW recursion formula. Spontaneous Symmetry breaking. The Higgs mechanism. Bibliografia: 1 SCHWARTZ, M. D., Quantum Field Theory and the Standard Model, Cambridge: University Press, 2014. 2 PESKIN, M. E.; SCHRODER, D. V., Westview Press, 1995. 3 RYDER, L. H., Quantum field theory. Cambridge: University Press, 1996.

### **FF-253/2021 – Introdução à Mecânica Quântica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Bases Experimentais da Física Quântica. Princípio da Incerteza. Equação de Schrödinger para Potenciais Unidimensionais. Formalismo da Mecânica Quântica. Notação de Dirac. Estado, Projetores, Operadores e Medição. Oscilador Harmônico Quântico, Operadores de Criação e Aniquilação. Mecânica Quântica em Três Dimensões. Momento Angular. Átomo de Hidrogênio. Spin. Partículas idênticas. Aplicações Modernas da Física Quântica. Bibliografia: D. J. Griffiths, Mecânica Quântica, 2 edição, Pearson (2011). Nouredine Zettili, Quantum Mechanics: Concepts and applications, 2nd Edition, Wiley (2009).

### **FF-254/2021 – Astroquímica**

Requisito recomendado: FQ-290 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Evolução química do universo: Big bang, nucleossíntese primordial, nucleossíntese estelar. Evolução estelar e a formação de moléculas. Poeira interestelar e gelos astrofísicos. Observações IR e Rádio. Química do Meio interestelar (disco proto estelares, nuvens moleculares, etc.): Química de meteoritos, cometas e atmosferas planetárias/lunares. Química pré-biótica. Fotoquímica e Radioquímica. Taxas de reações. Modelos de evolução química. Astroquímica experimental. Processamento de gelos astrofísicos. Técnicas espectroscópicas/analíticas empregadas na astroquímica experimental (FTIR, TOF-MS, PDMS, PSID, TPD, GC-MS, RMN). Bibliografia: SHAW, A. M., Astrochemistry – from Astronomy to Astrobiology, John Wiley & Sons, Ltd., England, 2006; KWOK, S., Organic Matter in the Universe, Wiley, 2012; TIELENS, A. G. G. M., The Physics and Chemistry of interstellar Medium, Cambridge, 2005; Pilling S., Andrade D.P.P. (2012) Employing Soft X-rays in Experimental Astrochemistry. In: InTech Open Access Publisher. (Org.). X-ray Spectroscopy. Rijeka, Croatia: InTech Open Access Publisher, p. 185-218.

### **FF-255/2021 - Álgebra Geométrica na Física / Geometric Algebra in Physics**

Requisito recomendado: FF-201 Mecânica Quântica I. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Espaços vetoriais. Produtos vetoriais. Álgebra geométrica em duas e três dimensões. Mecânica clássica - princípios elementares, movimento do corpo rígido. Fundamentos da álgebra geométrica. Relatividade e espaço-tempo-observadores, trajetórias e bases, o grupo de Lorentz, dinâmica de espaço-tempo. Cálculo geométrico – a derivada vetorial, coordenadas curvilíneas, integração direcionada. Eletrodinâmica clássica – as equações de Maxwell, leis integrais e de conservação, ondas eletromagnéticas. Teoria quântica e espinores – spin quântico não-relativístico, a equação de Dirac, potenciais centrais, espalhamento.

Syllabus:

Vector spaces. Vector products. Geometric algebra in two and three dimensions. Classical mechanics –elementary principles, rigid-body motion. Foundations of geometric algebra. Relativity and spacetime –observers, trajectories and frames, the Lorentz group, spacetime dynamics. Geometric calculus – the vector derivative, curvilinear coordinates, directed integration. Classical electrodynamics – Maxwell's equations, integral and conservation laws, electromagnetic waves. Quantum theory and

spinors – non-relativistic quantum spin, the Dirac equation, central potentials, scattering theory. Bibliografia: 1 DORAN, C.; LASENBY, A. Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge, 2003. 591p. 2 HESTENES, D. Space-Time Algebra. 2. ed. Heidelberg: Birkhäuser, 2015. 122p. 3 HESTENES, D.; SOBCZYK, G. Clifford Algebra to Geometric Calculus. Dordrecht: Reidel, 1987. 332p.

### **FF-258/2021 – Introdução à Nanotecnologia**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-253 Física Moderna e a Mecânica Quântica ou Mecânica Quântica ou equivalente. Horas semanais: 4-0-0-6. Introdução: definições e interesses da nanotecnologia. Técnicas de fabricação de micro e nanoestruturas: microlitografia, deposição de filmes finos, remoção de filmes finos e substratos, feixe de elétrons, epitaxia, sondas de varredura. Técnicas de síntese de nanocompostos: plasmas, métodos químicos, métodos térmicos, métodos a laser. Propriedades de nanopartículas: nanoaglomerados de metais, nanopartículas semicondutores, nanoaglomerados de moléculas e gases raros. Nanoestruturas de carbono: moléculas de carbono, aglomerados de carbono, nanotubos de carbono. Aplicações de nanomateriais em diferentes domínios: nanomecânica e nanotribologia, aeroespacial, nanoeletrônica, nanofotônica, nanobiotecnologia e nanobiofotônica. Bibliografia: Kelsall, R., Hamley, I., Georgehegan, M., Nanoscale Science and Technology, John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England, 2005. Poole Jr, C. P., Owens, F. J., Introduction to Nanotechnology, John Wiley & Sons, Ltd, New Jersey, USA, 2003. Bhushan, B. (Ed.), Springer Handbook of Nanotechnology, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2004.

### **FF-261/2021 - Física de Plasmas I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Conceitos fundamentais em plasmas. Movimento de partículas carregadas na presença de campos elétrico e magnético. Elementos de teoria cinética de plasmas, equações de Boltzmann e de Vlasov. Variáveis macroscópicas. Propriedades cinéticas do estado de equilíbrio. Equações macroscópicas de transporte, modelos de plasma morno. Plasma como um fluido condutor, aproximação MHD. Condutividade e difusão em plasmas. Fenômenos básicos em plasmas. Aplicações MHD. Efeito de estricção, instabilidades. Bibliografia: BITTENCOURT, J. A., Fundamentals of plasma physics. Oxford: Pergamon Press, 1988; CHEN, F. F., Introduction to plasma physics. Plenum US, 1984.

### **FF-264/2021 - Descargas Elétricas e Plasmas I**

Requisito recomendado: FF-204 ou FF-261. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Elementos da teoria cinética de gases, técnicas de vácuo para descargas elétricas a baixa pressão, movimento de elétrons e íons em campos elétricos e magnéticos, sistema de descarga elétrica e geração de gás ionizado, ionização e deionização em descargas elétricas, partículas e processos colisionais em gases ionizados. Seções de choque, frequências de colisão, taxas de reação, mobilidade, difusão livre e difusão ambipolar. Teoria de Townsend, avalanche de elétrons, mecanismos da ruptura elétrica de gases, curva de Paschen. Categorias de descargas elétricas. Descarga escura, luminescente normal, arco. A coluna positiva e suas propriedades de plasma. Equações de conservação de massa e momentum para a coluna positiva. Teoria de Schottky para a coluna positiva. Bainhas eletrostáticas e dinâmica de partículas carregadas em bainha catódica e anódica. Elementos de descarga corona, descarga a rádio-frequência e descarga micro-ondas. Propriedades de plasma frio gerado na coluna positiva. Interação do plasma com uma superfície sólida, descrição da bainha de plasma. Técnica de diagnóstico do plasma através de Sonda de Langmuir.



Bibliografia: NASSER, E., Fundamentals of gaseous ionization and plasma electronics. New York: John Wiley & Sons, 1970; CHAPMAN, B., Glow Discharge Processes. New York: John Wiley & Sons, 1980; FRIDMAN, A., KENNEDY, L.A., Plasma Physics and Engineering, Taylor & Francis, New York, 2004.

#### **FF-266/2021 - Física de Plasma Térmico**

Requisito recomendado: FF-264. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-4. Introdução ao plasma térmico. Descarga em gás do tipo Arco elétrico (criação da descarga, estrutura e propriedades). Os esquemas principais das tochas de plasma (As tochas com arco estabilizado pelas paredes, por vórtice de gás e por campo magnético). Estabilidade do sistema “fonte de potência - arco elétrico”. Os processos físicos (elétricos e aerodinâmicos) em tochas de plasma. Os métodos teóricos do estudo da descarga elétrica: (equações do plasma do arco elétrico; 1D aproximação; modelo do canal; método de aproximação; influência da radiação às características do arco; interação com fluxo do gás; com próprio campo magnético; com vórtice do gás). Teoria de similaridade - Interação entre o arco elétrico e os eletrodos. Os cálculos da tocha (cálculo energético, gasodinâmico, térmico e magnético). Bibliografia: BOULOS, M. I.; FAUCHAIS, P.; PFENDER, E. Thermal plasmas: Fundamentals and Applications, J. Plenum Press, New York (1994); O. P. SOLOLENKO, ZHUKOV, M. F. Thermal Plasma and New Material Technology, vol.1, Investigation and Design of Thermal Plasma Generators, Cambridge Interscience, Cambridge, 1994; ZHUKOV M. F., KOROTEEV A. S., URIUKOV B. A “Applied dynamics of thermal plasma, Nauka, Novosibirsk, 1975.

#### **FF-271/2021 – Equilíbrio e Caos em Plasmas Confinados Magneticamente**

Requisito recomendado: FF-261 Física dos Plasmas I. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equilíbrio Magnetohidrodinâmico em plasmas confinados magneticamente. Equilíbrio em sistemas toroidais. Equação de Grad-Shafranov. Variáveis de fluxo. Transformada Rotacional. Exemplos de solução da Equação de Grad-Shafranov. Formulação de Hamilton dos campos magnéticos em tokamaks e sua caracterização como um sistema dinâmico. Sistemas caóticos. Mapas de Poincarè. Exemplos de mapas lineares, não lineares unidimensionais e bidimensionais, e de mapas caóticos em plasmas. Expoente de Lyapunov. Trajetórias caóticas. Pontos fixos e bifurcações. Caos em tokamaks gerados por perturbações magnéticas ressonantes. Bibliografia: J.P.FREIDBERG, Ideal Magnetohydrodynamics. Plenum Press, 1987. G.M. ZASLAVSKI and R.Z. SAGDEEV, Weak Chaos and Quasi-Regular Patterns. 1991. A.J. LICHTENBERG and M.A. LIEBERMAN. Regular and Chaotic Dynamics, 2<sup>nd</sup> ed.1992.

#### **FF-279/2021 - Física Espacial / Space Physics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Física de plasmas: introdução, equações de Maxwell, equação da continuidade e hidrodinâmica, movimento das partículas e invariantes adiabáticas. Física solar: estrutura estelar e atmosfera solar, explosões, manchas solares e ciclo solar. Vento solar e meio interplanetário, correntes rápidas e buracos coronais. Geomagnetismo e magnetosfera: dipolo magnético, coordenadas geomagnéticas, perturbações e tempestades geomagnéticas, índices de atividade geomagnética, plasmasfera e onda de choque, correntes e convecção magnetosférica. Atmosfera neutra e ionizada: distribuição da temperatura, processos físicos e químicos, dinâmica das camadas atmosféricas, ventos e marés atmosféricas, ionosfera, características e nomenclatura, química ionosférica e modelo de Chapman. Ionosfera e dínamo atmosférico, condutividade, correntes e campos elétricos ionosféricos, perturbações e tempestades

ionosféricas, fenômenos em regiões equatoriais e de baixas latitudes. Instrumentação: dados óticos e de rádio, sonda de Langmuir, ionossonda, sistema GNSS, fotômetro e espalhamento incoerente.

#### Syllabus

Plasma physics: introduction, Maxwell's equations, continuity equation and hydrodynamics, particle motion and adiabatic invariants. Solar physics: star structure and solar atmosphere, explosions, sunspots and solar cycle. Solar wind and interplanetary medium, fast currents and coronal holes. Geomagnetism and magnetosphere: magnetic dipole, geomagnetic coordinates, geomagnetic disturbances and storms, geomagnetic activity indices, plasmasphere and shock wave, magnetospheric currents and convection. Neutral and ionized atmosphere: temperature distribution, physical and chemical processes, dynamics of atmospheric layers, winds and tides, ionosphere, characteristics and nomenclature, ionospheric chemistry and Chapman model. Ionosphere and atmospheric dynamo, conductivity, ionospheric currents and electric fields, ionospheric disturbances and storms, phenomena in equatorial and low latitude regions. Instrumentation: optical and radio data, Langmuir probe, ion probe, GNSS system, photometer and incoherent scattering. Bibliografia: Tascione, T.F. Introduction to the Space Environment, Malabar, Orbit Book Company Inc., 1988. Kirchhoff, V.W.J.H. Introdução à Geofísica Espacial. São Paulo, Edusp, 1991. Bittencourt, J.A., Fundamentals of plasma physics, Oxford: Pergamon Press, 1988.

#### **FF-281/2021 - Física do Estado Sólido I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FF-201 ou FF-253. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução ao estudo das redes cristalinas; tipos de redes de difração de raios x. Dinâmica da rede cristalina. Fónons. Propriedades térmicas. Problema eletrônico dos sólidos. Teoria da condutividade elétrica e teoria de faixas. Semicondutores, ionização térmica das impurezas. Propriedades elétricas e magnéticas dos sólidos. Bibliografia: KITELL, C., Introduction to solid physics. 5th Ed. New York, John Wiley & Sons, 1979; ASHCROFT N. W. and MERMIN N. D. – Solid State Physics, Saunders College Philadelphia, 1976; ZIMAN J.M. - Principles of the Theory of Solids, Cambridge University Press, 2<sup>a</sup> ed. 1972.

#### **FF-287/2021 – Física de Semicondutores**

Requisito recomendado: FF-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Ligações Químicas: ligações covalentes, iônicas, mistas, de van der Waals. Cristais: estrutura cristalina, rede de Bravais, rede recíproca. Propriedades Mecânicas: vibrações da rede, elasticidade. Estrutura de Bandas: elétrons na presença de um potencial periódico, estrutura de bandas de semicondutores, massa efetiva, efeitos de tensão na estrutura de bandas, dependência com a temperatura do gap de energia. Defeitos: defeitos pontuais, energia de formação, deslocamentos, defeitos estendidos. Ligas Semicondutoras: estatística de ligas e diagramas de fase – modelos analíticos, expansão em clusters, método Monte Carlo, análise de estabilidade. Heteroestruturas. Propriedades ópticas: função dielétrica, reflexão e difração, espectros de absorção, interação elétron-fóton, transições banda - banda. Nanoestruturas: Grafeno e Materiais Bidimensionais. Bibliografia: The Physics of Semiconductors – Marius Grundmann – 2nd Edition – Springer (2010). Fundamentals of Semiconductors – Peter Yu e Manuel Cardona – 4<sup>th</sup> Edition Springer (2010). Electronic and Optoelectronic Properties of semiconductor Structures – J. Singh. 1<sup>st</sup> Edition – Cambridge University Press (2003).

#### **FF-289/2021 – Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics**

Requisito recomendado: FIS-32 e FIS-46. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Natureza e propriedades da luz: ondas eletromagnéticas, o fóton, dualidade partícula-onda. Óptica Geométrica: Princípio de Fermat, traçado de raios, matrizes ABCD, componentes e sistemas ópticos. Óptica Física: Princípio de Huygens, interferência, polarização, teoria escalar de difração, limites de Fraunhofer e de Fresnel, e óptica de Fourier. Propagação da luz no espaço livre, em meios dielétricos, e em guias de ondas. Interferometria: Interferência, coerência da luz, interferômetros, e cavidades ressonantes. Interação radiação-matéria I: absorção, emissão espontânea, emissão estimulada, e lasers. Interação radiação-matéria II: espalhamentos elástico e não-elásticos, espalhamento não-lineares, espalhamentos estimulados. Interação radiação-matéria III: interação dos fótons com metais, dielétricos, semicondutores e nanomateriais. Introdução a tópicos avançados em Fotônica. Aplicações tecnológicas da Fotônica.

#### Syllabus

Nature and properties of light: electromagnetic waves, the photon, particle-wave duality. Geometric Optics: Fermat Principle, ray tracing, ABCD matrices, optical components and systems. Physical Optics: Huygens Principle, interference, polarization, scalar diffraction theory, Fraunhofer and Fresnel limits, and Fourier Optics. Light propagation in free space, dielectric media, and waveguides. Interferometry: Interference, light coherence, interferometers, and resonant cavities. Radiation-matter interaction I: absorption, spontaneous emission, stimulated emission, and lasers. Radiation-matter interaction II: elastic and non-elastic scattering, nonlinear scattering, stimulated scattering. Radiation-matter interaction III: interaction of photons with metals, dielectrics, semiconductors and nanomaterials. Introduction to advanced topics in Photonics. Technological applications of photonics. Bibliografia: E. Hecht. Optics. Pearson, 5th Ed., 2016. C. Roychoudhuri. Fundamentals of Photonics. SPIE Press, 2008. B.E.A. Saleh, M.C. Teich. Fundamentals of Photonics, 2nd Ed.. Wiley, 2007.

#### **FF-292/2021 – Quarks e Hádrons**

Requisito recomendado: FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-4. Propriedades dos Hádrons: números quânticos, isospin e estranheza. Representações irredutíveis dos grupos SU(2) e SU(3). Fundamentos de Física Nuclear. Matéria Nuclear. Equação de Dirac. Modelos relativísticos para o núcleo. Simetrias contínuas e discretas. Teorema de Noether. Simetria quiral, bósons de Goldstone: o pión. Introdução à QCD: quarks e glúons. Modelos à quarks. Modelo de “sacola” do MIT. Modelos quirais: Nambu-Jona-Lasinio e Cromodielétrico. O Plasma de Quarks e Glúons. Transições de fase hádron-QGP. A fase super-condutora de cor da QCD. Aplicações a estrelas compactas. Bibliografia: HALZEN, F. and MARTIN, A. D., Quarks and Leptons, John Wiley & Sons, 1ª ed., 1984; BHADURI, R. K., Models of the nucleon, Addison-Wesley, 1ª ed., 1988; WALECKA, J. D., Theoretical and Subnuclear Physics, Oxford University Press, 1ª ed., 1995.

#### **FF-294/2021 - Métodos Aplicados à Teoria do Funcional de Densidade**

Requisito recomendado: FF-281. Requisito exigido: FF-201. Horas semanais: 3-0-0-6. Teoria do funcional de densidade: teoremas de Hohenberg e Kohn, equação de Kohn e Sham, interpretação dos autovalores de Kohn e Sham. Aproximações locais para o termo de troca-correlação: a aproximação da densidade local e a aproximação generalizada do gradiente. Teorema de Janak. O estado de transição de Slater. Teoria de muitos corpos: segunda quantização, método diagramático de Feynman, método da função de Green. Métodos para correção do gap de energia: método GW (single particle Green function G and the screened Coulomb interaction W) e método LDA-1/2 (aproximação da densidade local -1/2). Bibliografia: PARR, R. G., Density-functional

theory of atoms and molecules - Oxford: University Press - 1989. FETTER, A. L.; WALECKA, J. D., Quantum theory of many-particle systems - Dover Publication - Mineola, New York - 2003. FERREIRA, L. G.; MARQUES, M. e TELES, L. K., Approximation to density functional theory for the calculation of band gaps of semiconductors. Physical Review B, v.78, p.125116-1 - 125116-9, 2008.

### **FF-296/2021 – Teoria do Funcional da Densidade I**

Requisito recomendado: FF-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à teoria do funcional da densidade (DFT – density functional theory). Funcionais. O problema de um elétron. Dois elétrons. Muitos elétrons. DFT: teoria de Thomas-Fermi, o teorema de Hohenberg-Kohn e o problema de um elétron. Equações de Kohn-Sham. A aproximação da densidade local (LDA – local density approximation). Spin. Propriedades no cenário DFT-LDA: energia total, densidade eletrônica, energia de ionização e afinidade eletrônica, geometria, ligações fracas, gap. Condições exatas. Escala. Conexão adiabática. Descontinuidades. Buraco de troca e correlação. Bibliografia: PARR, R. G.; Yang, W., Density-functional theory of atoms and molecules. New York: Oxford, 1989. VIANNA, J. D. M.; FAZZIO, A.; CANUTO, S., Teoria Quântica de Moléculas e Sólidos. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

### **FF-297/2021 – Teoria do Funcional da Densidade II**

Requisito recomendado: FF-296 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Teoria do funcional da densidade (DFT-density functional theory): o teorema de Hohenberg-Kohn, equações de Kohn-Sham. A aproximação da densidade local (LDA – local density approximation). Gradientes. A aproximação do gradiente generalizado. Funcionais hídridos. Funcionais orbitais. Método LDA-1/2. Dependência com o tempo. Teoria do funcional da densidade dependente do tempo. Resposta linear. Função de Green. Método GW. Equação de Bethe-Salpeter. Bibliografia: PARR, R. G.; Yang, W. Density-functional theory of atoms and molecules. New York: Oxford, 1989. ULLRICH, C. A. Time dependent density-functional theory: concepts and applications. New York: Oxford, 2012. FERREIRA, L. G.; MARQUES, M.; TELES, L. K. Approximation to density functional theory for the calculation of band gaps of semiconductors. Physical Review B, v. 78, p. 125116. 2008.

### **FF-298/2021 - Instrumentação em Física Espacial**

Requisito recomendado: FF-279 Física Espacial. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-8. Física de plasmas: introdução, equações de Maxwell, equação da continuidade e hidrodinâmica, movimento das partículas carregadas e invariantes adiabáticos. Metrologia, métodos e princípios físicos de medidas. Instrumentação em ciência espacial visando aquisição de dados, fabricação e controle de instrumentos. Medidas de campos elétrico e magnético, densidade, ondas ELF, raios-X e raios cósmicos na atmosfera, temperatura e velocidade. Estudo de radiações ionizantes: teoria, observação e transporte de radiação cósmica, modelamento e análise de dados. Instrumentação de plasmas espaciais: contadores Geiger, cintiladores e detectores de gases, fotômetros, ionossondas, magnetômetros, radar de LASER, receptores de GPS, receptores de VLF, riômetro, cargas úteis a bordo de foguetes (fotômetros, experimentos de plasma ionosférico, sonda capacitiva em alta frequência, sonda dupla de campo elétrico, sondas de Langmuir e sonda de temperatura eletrônica). Bibliografia: Balbinot, A., Brusamarello, V.J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. Vols. I e II, Editora LTC, segunda edição 2011. Moore, J.H., Davis, C.C., Coplan, M.A. Coplan, Greer, S.C. Building Scientific Apparatus. Cambridge University Press, fourth edition,

2009. Tascione, T.F. Introduction to the Space Environment, Chapter 1 and 9: Radio Wave Propagation in the Ionosphere, Krieger Pub. Co., Malabar – FL, 2010.

#### **FF-299/2021 - Laboratório de Descargas Elétricas e Plasmas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 0-4-0-4. Sistema experimental de descargas elétricas. Avalanche de elétrons e ruptura de gás. Curvas de Pashen. Características de uma descarga luminescente. Descarga a catodo quente. Sondas de Langmuir simples e dupla. Diagnóstico da coluna positiva, verificação da teoria de Schotky. Técnica de Laframboise. Descarga a catodo ôco. Efeito do campo magnético sobre as características de descargas elétricas. Diagnósticos de plasmas por espectroscopia de emissão. Parâmetros de transporte em plasma. Sonda emissiva. Determinação da função de distribuição de energia de elétrons. Analisadores eletrostáticos de energia de íons. Efeitos de rádiofreqüência sobre sondas. Deposição de filme fino por pulverização catódica. Bibliografia: MACIEL, H. S., Laboratório de descargas elétricas, ITA, São José dos Campos, 1993; RAIZER, Y. P., Gas Discharges, Physics, 1a ed., New York, 1991.

#### **FF-320/2021 - Seminário de Tese**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-0-2. Seminários apresentados pelos alunos de mestrado e de doutorado sobre temas direta e inderetamente relacionados às teses em desenvolvimento, assim como apresentados por especialistas visitantes sobre temas atuais de interesse geral. Bibliografia: a critério do professor.

#### **FM-223/2021 – Dinâmica Não-Linear e Caos I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-4. Conceitos, definições e caracterizações fundamentais em dinâmica não-linear. Exemplos de comportamento não-linear e observação de caos em ciência e engenharia. Técnicas de espaço de fase e seção de Poincaré. Pontos fixos. Órbitas periódicas. Análise de estabilidade linear. Estabilidade local e global. Bifurcações. Transição para o caos. Atratores periódicos, caóticos e bacias de atração. Universalidade. Fractais. Caos em mapas e equações diferenciais. Propriedades de sistemas caóticos. Métodos quantitativos de caracterização. Bibliografia: ALLIGOOD, K.T., SAUER, T.D. e YORKE, J.A. – Chaos: an Introduction to Dynamical Systems, Springer-Verlag, New York, 1997; DEVANEY, R.L. - An Introduction to Chaotic Dynamical Systems., Westview-Perseus, Cambridge, 2003; NAYFEH, A.H., BALACHANDRAN B.; Applied nonlinear Dynamics: computational, and experimental methods, Wiley & Sons, New York, 1995.

#### **FM-224/2021 – Dinâmica Não-Linear e Caos II**

Requisito recomendado: FM-223. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Osciladores Não-Lineares. Métodos de Caracterização de Sistemas Caóticos. Cálculo de expoente de Lyapunov. Caracterização de atratores quasi-periódicos e caóticos. Fractais e medidas de dimensão. Multi-estabilidade e bacias de atração. Detecção numérica de órbitas periódicas instáveis e variedades estáveis e instáveis. Técnicas de Imersão e Análise Não-Linear de Séries Temporais. Caos em sistemas Hamiltonianos e Teoria KAM. Conjuntos Caóticos Não-Atrativos. Multifractais. Controle de Caos. Bibliografia: OTT, E. – Chaos in Dynamical Systems, Cambridge University Press, New York, 1993; TABOR, M., Chaos and Integrability in Nonlinear Dynamics: An Introduction, John Wiley & Sons, New York, 1989; HILBORN, R.C.- Chaos and Nonlinear Dynamics: An Introduction for Scientists and Engineers, New York, 1994. PARKER, T. S.; CHUA, L. O. Practical Numerical Algorithms for Chaotic Sstems, Springer-Verlag, New York, 1989.

### **FM-225/2021 - Tópicos Especiais em Dinâmica Não-Linear**

Requisitos recomendados: FM-223. Requisito exigido: Não Há. Horas Semanais: 3-0-0-6. Tópicos avançados da teoria e aplicação de caos, complexidade, turbulência e sistemas não lineares, baseando-se em modelos de equações diferenciais parciais. Ondas não lineares, sólitons, ondas de choque, vórtices. Instabilidades. Interações onda-onda não lineares. Caos espaço temporal. Turbulência intermitente. Fenômenos multi-escalares. Cascata de energia. Estruturas coerentes. Sincronização de fase. Incoerência e ruídos gaussianos e não gaussianos. Previsibilidade em sistemas extensos. Controle e anti-controle de caos e turbulência. Equação Kuramoto-Sivashinsky. Equação de Onda Longa Generalizada. Equação Schrodinger Não Linear. Equação Ginzburg-Landau. Equações de Magnetohidrodinâmica. Bibliografias: T. Bohr, M. J. Jensen, G. Paladin, A. Vulpiani, Dynamical Systems Approach to Turbulence, Cambridge University Press, 1998; U. Frisch, turbulence: The Legacy of A. N. Kolmogorov, Cambridge University Press, 1996; P. Holmes, J. L. Lumley, G. Berkooz, Turbulence, Coherent Structures, Dynamical Systems and Symmetry, Cambridge University Press, 1998.

### **FM-226/2021 – Plasmas em Astrofísica**

Requisito recomendado: MAT-22. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-4. Congelamento do campo magnético. Força magnética. Equações MHD. Teorema do Virial completo. Ondas e Instabilidades. Instabilidade de Parker-Rayleigh-Taylor. Ondas de choque e Aceleração de Partículas. Relações de Rankine-Hugoniot. Liberação de energia magnética. Reconexão magnética. Origem dos campos magnéticos. Tipos de dínamo. Efeito Hall. Aplicações astrofísicas: campos magnéticos cosmológicos, "estrelas magnéticas", formação de estrelas, discos de acreção, origem dos campos magnéticos cosmológicos. Bibliografia: Jackson, J.D., Classical Electrodynamics, New York: Wiley, 1975. Goedbloed, J.P & Poedts S. Principles of Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press, 2014. Biskamp, D., MHD turbulence, Cambridge University Press, 2003.

### **FM-235/2021 - Dinâmica de Missões Espaciais Modernas**

Requisito Recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-4. Dinâmica Geral de N corpos. Movimento de dois corpos. Manobras orbitais tradicionais. Análise de Missões Interplanetárias. Conceito de Esfera de Influência. Manobras assistidas por gravidade (swing-by) e o caso da Missão Voyager. Projeto de Missões Espaciais no Contexto do Problema Restrito de Três Corpos: modelo matemático, conjuntos invariantes associados e aplicações. Existência de órbitas trânsito por variedades invariantes. Órbitas homoclínicas e heteroclínicas. Abordagem de dois sistemas acoplados de três corpos. Análise da Missão Gênesis. Transferências Terra-Lua. Projeto de trajetórias com itinerários prescritos no Sistema Solar. Projeto de trajetórias pelas Luas de Júpiter. Bibliografia: ROY, A.E., Orbital Motion. 4ª ed., New York: Taylor and Francis, 2005; KOON, W.S.; LO, M.W.; MARSDEN, J.E.; ROSS, S.D., Dynamical Systems, the Three-Body Problem, and Space Mission Design. New York, Springer-Verlag, 2011; SZEBEHELY, V., Theory of Orbits: The Restricted Problem of Three Bodies. New York: Academic Press, 1967.

### **FQ-222/2021 - Cinética Química / Chemical Kinetics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Tratamento empírico das velocidades de reações homogêneas. Métodos experimentais e tratamento dos dados. Os processos elementares: a teoria cinética dos gases e a teoria do estado de transição. Comparação da teoria com resultados experimentais: discussão

de algumas reações cujo mecanismo já foi investigado. Reações mais complexas: catálise homogênea e reações em cadeia. Introdução à cinética das reações heterogêneas.

Syllabus:

Empirical treatment of homogeneous reaction rates. Experimental methods and data processing. The elementary processes: the kinetic theory of gases and the transition state theory. Comparison of theory with experimental results: discussion of some reactions whose mechanisms have already been investigated. More complex reactions: homogeneous catalysis and chain reactions. Introduction to the kinetics of heterogeneous reactions. Bibliografia: 1 FROST, A. A.; PERSON, R. G. Kinetic and mechanics - a study of homogenous chemical reactions. New York: John Wiley & Sons, 1953. 2 MOELWYN-HUGHES, E.A. The chemical statistics and kinetics of solutions. New York: Academic Press, 1971.

### **FQ-223/2021 - Dinâmica Química**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-222. Horas semanais: 4-0-0-7. Princípios básicos de cinética: leis de velocidade, ordem e molecularidade das reações, equação de Arrhenius e energia de ativação. Superfícies de energia potencial: superfícies obtidas através de métodos semi-empíricos e ab initio. Teoria estatísticas das velocidades de reação: teoria do estado de transição, teoria variacional do estado de transição e teoria RRKM. Dinâmica molecular: teoria cinética das colisões, métodos da dinâmica clássica e quântica das colisões. Espectroscopia de estado de transição. Bibliografia: STEINFELD, J.I. et al., Chemical Kinetics and Dynamics, Prentice, Hall, New Jersey, 1989. LAIDLER, K. J., Chemical Kinetics, Harper Collins Publishers, New York, 1987. SMITH, I.W.M., Kinetics and Dynamics of Elementary, Gas Reactions, Butterworth, London 1980.

### **FQ-290/2021 - Química Quântica I / Quantum Chemistry I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios da Mecânica Quântica (Espectro do átomo de hidrogênio, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, formula de Rydberg, Borh, de Broglie, princípio da Incerteza de Heisenberg). A equação da onda em uma e duas dimensões. A equação de Schrödinger, Postulados e princípios gerais da mecânica quântica, Partícula na caixa, oscilador harmônico, rotor rígido, Átomo de hidrogênio.

Syllabus:

Principles of quantum mechanics (the hydrogen atom spectrum, blackbody radiation, photoelectric effect, Rydberg's formula, Borh, de Broglie, Heisenberg's Uncertainty Principle). The wave equation in one and two dimensions, The Schrödinger equation, Postulates and general principles of quantum mechanics, Particle in the box, harmonic oscillator, rigid rotor, Hydrogen atom. Bibliografia: 1 McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. University Science Books, 2008. 2 HOLLAUER, E. Química Quântica. LTC, Rio de Janeiro, 2008. 3 LEVINE, I. N. Quantum Chemistry. 4a edição, Prentice Hall, 1991.

### **FQ-291/2021 – Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-290 ou FF-201. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos aproximados para solução da equação de Schrödinger: método variacional e teoria de perturbação. Princípio da anti-simetria e a aproximação de Born-Oppenheimer. Orbitais atômicos e moleculares, produto de Hartree e determinante de Slater. Método de Hartree-Fock, métodos do funcional da densidade, método multiconfiguracional Hartree-Fock, método interação de configurações e

método Coupled Cluster. Aplicações a sistemas moleculares utilizando códigos computacionais atuais.

Syllabus:

Approximate methods to solve the Schrödinger equation: variational method and perturbation theory. The antisymmetry wave function and the Born-Oppenheimer approximation. Atomic and molecular orbitals, Hartree product and Slater determinant. The Hartree-Fock method, the density functional methods, The multiconfiguration Self-Consistent Field method, The Configuration Interaction method, and Coupled Cluster method. Applications to molecular systems using current computational codes. Bibliografia: 1 McQuarrie, D. A. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books, 2008. 2 Morgon, N. H. e Coutinho, K. Métodos de Química Teórica e Modelagem Molecular. Livraria da Física, 2007. 3 Jensen, F. Introduction to Computational Chemistry. 2nd ed. Willey, 2007.

### **FQ-292/2021 – Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra**

Requisito recomendado: FQ-290, FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introduction to solving the molecular Schrödinger equation. Separation of electronic and nuclear motion (Born-Oppenheimer approximation). Methods for solving the electronic Schrödinger equation (Hartree-Fock and electron correlation methods). Methods for solving the nuclear Schrödinger equation. 1 dimensional applications of harmonic, Morse, and numerical potentials. Introduction of ScalIT as a software package to solve 3 dimensional problems. Applications to obtain rovibrational spectra of diatomic and triatomic molecules. Bibliografia: JOHN ZENG HUI ZHANG, Theory and Application of Quantum Molecular Dynamics. World Scientific, 1999. DAVID J. TANNOR, Introduction to Quantum Mechanics: A Time-Dependent Perspective. University Science Books, 2007.

### **FQ-297/2021 - Introdução ao COLUMBUS Um Programa de Estrutura Eletrônica com Multireferências**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 6-0-0-4. Introdução aos conceitos da teoria de multireferências e sua aplicação a vários campos da química e da física molecular. Cálculo de superfícies de energia potencial eletrônica do estado fundamental e estados excitados. Cálculos de interseções cônicas. Introdução à dinâmica ab initio.. Introdução ao pacote computacional open-source COLUMBUS, que fornece procedimentos eficientes para a computação de gradientes analíticos e vetores de acoplamento não-adiabáticos no nível do método interação de configuração com múltiplas referências (MRCI). Trabalhos de aplicação prática no COLUMBUS sobre os temas de estados excitados de polienos, caráter biradicalóide dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), densidade de elétrons desemparelhados, e separação de energia singleto / tripleto. Bibliografia: COLUMBUS homepage: [218](https://www.univie.ac.at/columbus/H. Lischka, D. Nachtigalová, A. J. A. Aquino, P. G. Szalay, F. Plasser, F. B. C. Machado, M. Barbatti, Multireference Approaches for Excited States of Molecules. Chem. Rev., 118, 7293 (2018). H. Lischka, R. Shepard, T. Müller, P. G. Szalay, R. M. Pitzer, A. J. A. Aquino, M. M. A. do Nascimento, M. Barbatti, L. T. Belcher, J.-P. Blaudeau, I. Borges, S. R. Brozell, E. A. Carter, A. Das, G. Gidofalvi, L. González, W. L. Hase, G. Kedziora, M. Kertesz, F. Kossoski, F. B. C. Machado, S. Matsika, S. A. do Monte, D. Nachtigallová, R. Nieman, M. Opiel, C. A. Parish, F. Plasser, R. F. K. Spada, E. A. Stahlberg, E. Ventura, D. R. Yarkony, Z. Zhang, The generality of the GUGA MRCI approach in COLUMBUS for treating complex quantum chemistry. J. Chem. Phys., 152, 134110 (2020).</a></p></div><div data-bbox=)



### **MT-201/2021 - Fundamentos da Engenharia dos Materiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Materiais para Engenharia. Estruturas cristalinas. Defeitos cristalinos em metais. Difusão em metais. Propriedades mecânicas. Mecanismos de deformação e aumento de resistência mecânica. Diagramas de fase e microestrutura. Transformações de fases e tratamento térmicos de metais e ligas metálicas. Materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos e compósitos. Bibliografia: CALLISTER JR, W. D., Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 2006, SHACKELFORD, J. F., Ciência dos Materiais. 6. ed. Pearson Education, 2006, OTUBO, J., Introdução à Ciência e Engenharia dos Materiais (apostila), 2008.

### **MT-203/2021 - Ciência e Tecnologia de Filmes Finos / Thin Film Science and Technology**

Requisito recomendado: MT-200 FF-299. Requisito exigido: MT-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-4. Desenvolvimento de morfologia e estrutura. Substratos e superfícies. Epitaxia. Evaporação térmica. Deposição química de vapor (CVD). Deposição por feixes energéticos. Deposição por descargas luminescentes. Deposição por pulverização catódica (sputtering). Deposição química de vapor assistido à plasma (PECVD). Caracterização de filmes finos. Aplicações de filmes finos.

Morphology and structure development. Substrates and surfaces. Epitaxy. Thermal evaporation. Chemical vapor deposition (CVD). Energy beam deposition. Glow discharge deposition. Sputtering. Plasma enhanced CVD. Thin film characterization. Thin film applications. Bibliografia: 1 SMITH, D. L. Thin Film Deposition: Principles and Practice. Boston: McGraw-Hill Inc., 1995. 2 SESHAN, K. Handbook of Thin Film Deposition: Processes and Technologies. Noerwich: Noyes Publications, 2002. 3 OHRING, M. Materials Science of Thin Films. 2nd. ed. [s.l.] Academic Press, 2001.

### **TE-225/2021 – Lasers I – Princípios Físicos / LASERS I - PHYSICAL PRINCIPLES**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos introdutórios: emissão espontânea, emissão estimulada e absorção; a idéia de laser. Interação da radiação com a matéria: radiação de corpo negro; absorção e emissão estimulada; emissão espontânea; decaimento não-radiativo; mecanismos de alargamento de linha; saturação. Processos de excitação: excitação óptica; excitação por descarga elétrica; métodos não-convencionais de excitação. Cavidades ópticas: introdução; cavidade plano-paralela; cavidade confocal; cavidade esférica geral; cavidades estáveis e instáveis. Operação laser contínua e pulsada: equações de taxa. Tipos de lasers. Propriedades de um feixe de laser.

Syllabus:

Introductory concepts: spontaneous emission, stimulated emission and absorption; the laser idea. Interaction of radiation with matter: black body radiation; absorption and stimulated emission; spontaneous emission; nonradiative decay; line broadening mechanisms; saturation. Pumping processes: optical pumping; electric discharge pumping; unconventional methods of pumping. Optical resonators: introduction; plane-parallel resonator; confocal resonator; general spherical resonator; stable and unstable resonators. Continuous and pulsed operation: rate equations. Laser types. Properties of lasers beams. Bibliografia: 1 SVELTO. O., Principles of lasers. 5 ed. New York: Springer US, 2010. 2 SIEGMAN, A. E., Lasers. Mill Valley: University Science Books, 1986.

## **9. CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS ESPACIAIS – PG/CTE**

## **9.1 Objetivos do PG/CTE**

O Curso de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais tem por objetivo formar pesquisadores com base sólida, familiarizados com projetos e atividades multi e interdisciplinares, aptos para encarar novos desafios, com capacitação para atuar em, e dirigir projetos e atividades acadêmicas e do meio produtivo, voltados para o setor aeroespacial.

O programa tem contribuições do ITA, do IAE e do IEAv em termos de docentes e recursos laboratoriais, mas processos de oferta de vagas e matrícula são coordenados pelo ITA e todos os procedimentos acadêmicos e/ou administrativos adotados são aqueles previstos nas Normas Reguladoras deste Instituto.

Podem se inscrever no programa alunos graduados nas Áreas de Ciências Exatas e da Terra, de Engenharias, e de áreas relacionadas com Gestão e Inovação para o setor espacial.

As disciplinas de cunho teórico são ministradas em sua maioria nas instalações do ITA e, excepcionalmente, em salas de aula disponibilizadas pelos outros Institutos. As aulas de cunho experimental são ministradas nos laboratórios e em salas nos Institutos onde os laboratórios encontram-se instalados.

## **9.2 Linhas de Pesquisa do PG/CTE**

O PG/CTE apresenta seis áreas de concentração: Física e Matemática Aplicadas, Química dos Materiais, Propulsão Espacial e Hipersônica, Sensores e Atuadores Espaciais, Sistemas Espaciais, Ensaio e Lançamentos e Gestão Tecnológica. O quadro a seguir apresenta o detalhamento das respectivas linhas de pesquisa associadas a cada área:

### **9.2.1 Sistemas Espaciais, Ensaio e Lançamentos – PG/CTE-E**

- Integração, Ensaio e Lançamentos
- Tecnologias de Materiais para o Setor Espacial
- Meteorologia aeroespacial
- Engenharia de Sistemas
- Estruturas e Aeroelasticidade
- Computação Aplicada
- Aerodinâmica
- Confiabilidade e Certificação

### **9.2.2 Física e Matemática Aplicadas – PG/CTE –F**

- Plasmas e Aplicações
- Lasers e Aplicações
- Matemática Aplicada e Modelagem Computacional
- Efeitos da radiação ionizante

### **9.2.3 Gestão Tecnológica - PG/CTE-G**

- Métodos Quantitativos de Apoio à Decisão
- Análise Operacional e Engenharia Logística
- Gestão em Engenharia e Tecnologia
- Teoria e Desenvolvimento de Sistemas Complexo

#### **9.2.4 Propulsão Espacial e Hipersônica – PG/CTE-P**

- Aerodinâmica e Hipersônica
- Adição de Energia por Radiação Eletromagnética
- Propulsão Hipersônica
- Propulsão Nuclear

#### **9.2.5 Química dos Materiais – PG/CTE-Q**

- Síntese, caracterização e avaliação de materiais e nanomateriais
- Eletroquímica e Corrosão
- Materiais Energéticos
- Química Computacional

#### **9.2.6 Sensores e Atuadores Espaciais – PG/CTE-S**

- Materiais avançados para sensores e metamateriais
- Micro- e Nano-dispositivos
- Dispositivos e Sistemas Avançados para Aplicações Aeroespaciais

### **9.3 Corpo Docente do PG/CTE**

#### **9.3.1 Corpo Docente Permanente**

**Alison** de Oliveira Moraes, D.C., ITA, 2013.

Navegação Via Satélite, Instrumentação e telemetria para sistemas aeroespaciais, Investigação e análise de desempenho e falhas relacionadas a sistemas/projetos aeroespaciais.

(e-mail: alison.moraes@gmail.com)

**Alvaro** José Damião, D.C., UNICAMP, 2002.

Física, com ênfase em Óptica, IEAv/DCTA

(e-mail: alvdamiao@terra.com.br)

**Ana Cristina** Avelar, D.C., UNICAMP, 2001.

Métodos experimentais em túneis de vento, IAE/DCTA

(e-mail: anacristina.avelar@gmail.com)

**Angelo** Passaro, D.C., USP, 1998.

Sensores e Atuadores Espaciais, IEAv/DCTA

(e-mail: passaro@ita.br)

Antonio Carlos da Cunha **Migliano**, D.C., USP, 1996.

Materiais Magnéticos, Teoria Eletromagnética, Micro-ondas, Propagação de Ondas, Compatibilidade Eletromagnética (EMC/EMI), IEAv/DCTA  
(e-mail: migliano@ieav.cta.br )

Antonio Jorge **Abdalla**, D.C, UNESP, 1996.  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais e Processos para Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial, IEAv/DCTA  
(e-mail: abdalla@ieav.cta.br )

**Carlos** d'Andrade Souto, D.C., UNICAMP, 2005  
Engenharia Mecânica e Aeroespacial, com ênfase em Mecânica Computacional, IAE/DCTA  
(e-mail: soutocds@fab.mil.br)

**Claudio** Antonio Federico, D.C., USP, 2011.  
Física, com ênfase em Instrumentação para medida de dose de radiação ionizante, IEAv/DCTA  
(e-mail: claudiofederico@ieav.cta.br)

**Cristina** Moniz Araujo Lopes – D.C., UNICAMP, 2003.  
Materiais aeroespaciais, compósitos híbridos, compósitos estruturais, fibras poliméricas, polímeros condutores, reciclagem, blindagem, blindagem balística, blindagem eletromagnética, IAE/DCTA.  
(e-mail: cristinacmal@fab.mil.br)

**Deborah** Dibbern Brunelli, Ph.D., UNICAMP, 1997.  
Química, com ênfase em Química de Sistemas Poliméricos, ITA/DCTA  
(e-mail: deborah@ita.br )

**Dermeval** Carinhana Junior, D.C., UNICAMP, 2006.  
Diagnóstico de plasmas, hipersônica e aerotermodinâmica, IEAv/DCTA  
(e-mail: dcarinhana@ieav.cta.br)

**Elizabete** Yoshie Kawachi, D.C, UNICAMP, 2002.  
Química, com ênfase em Materiais e Sistemas coloidais, ITA/DCTA.  
(e-mail: bete@ita.br)

**Elizabeth** da Costa Mattos, D.C., 2007.  
Engenharia Química, com ênfase em Processos Orgânicos e Materiais Energéticos, IAE/DCTA  
(e-mail: beth1.mattos@gmail.com)

**Emerson** Sarmiento Gonçalves, D.C, ITA, 2007.  
Engenharia Química , com ênfase em Físico-Química, IAE/DCTA  
(e-mail: emersonesg@fab.mil.br)

Fernando Teixeira Mendes **Abrahão**, D.C., USP, 2005.  
Meta-Heurística; programação da manutenção; Ant Colony Optimization.  
(e-mail: abrahao@ita.br)

**Francisco** Bolivar Correto Machado, D.C.,USP, 1990.  
Química, com ênfase em Reatividade; Dinâmica Química; Reações em Superfícies;

Espectroscopia; Química Computacional.  
(e-mail: fmachado@ita.br)

**Francisco** Cristóvão Lourenço de Melo, D.C. IPEN/USP, 1994.  
materiais para aplicação aeroespacial, IAE/DCTA  
(e-mail: francisco.frapi@gmail.com)

**Getulio** de Vasconcelos, D.C, INPE, 2004.  
Física, com ênfase em Instrumentação Específica de Uso Geral em Física, IEAv/DCTA  
(e-mail: getuliovas@gmail.com)

**Guilherme** Borges Ribeiro, D.C., 2015.  
Engenharia Mecânica e Nuclear, com ênfase em Engenharia Térmica, atuando em escoamento e transferência de calor em equipamentos e ciclos de refrigeração, termo-hidráulica de reatores nucleares, ciclos térmicos para propulsão nuclear e análise de segurança de reatores nucleares rápidos e térmicos.  
(e-mail: gbribeiro@ieav.cta.br)

**Gustavo** Soares Vieira, Ph.D., CETEC, 2000.  
Física, com ênfase em Semicodutores, IEAv/DCTA  
(e-mail: gvieira@ieav.cta.br )

Humberto Araújo Machado, D.C., UFRJ, 1998  
Engenharia Mecânica, com ênfase em ciências térmicas, atuando principalmente nos seguintes temas: métodos numéricos, aerotermodinâmica e convecção interna.  
(e-mail: humbertoham@fab.mil.br)

**Inácio** Malmonge Martin, Ph.D., UNICAMP, 1985.  
Geociências, com ênfase em Geofísica, Aeronomia e Geomagnetismo  
(e-mail: martin@ita.br)

**Israel** da Silveira Rêgo - DSc., Kyushu University, 2007.  
Aerotermodinâmica e Hipersônica. É pesquisador do Instituto de Estudos Avançados da Força Aérea Brasileira, onde pesquisa e desenvolve sistemas hipersônicos tais como tubo de choque, túnel de vento hipersônico, motor aeronáutico hipersônico (scramjet) e sistemas de propulsão com energia direcionada.  
(e-mail: israel.rego@ieav.cta.br)

João Luiz Filgueiras de **Azevedo**, D.C., Stanford University, 1988.  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Aerodinâmica e Aeroelasticidade, IAE/DCTA.  
(e-mail: joaoluiz.azevedo@gmail.com)

João Marcos Salvi **Sakamoto**, D.C., ITA, 2012.  
Sensores ópticos, sensores em fibras ópticas, lasers, interferometria óptica e ultrassom a laser.  
(e-mail: sakamoto@ieav.cta.br)

Jonas Jakutis Neto, D.C., Macquarie University, MACQUARIE, Austrália, 2012.  
Engenharia Elétrica, com ênfase em Materiais e Componentes Semicondutores, assim como em óptica e lasers, ênfase em Lasers de Estado Sólido.  
(e-mail: [jakutis@ieav.cta.br](mailto:jakutis@ieav.cta.br))

**Jorge** Carlos Narciso Dutra, D.C., UNICAMP, 2006.

Engenharia Química e de materiais, com ênfase em Polímeros, ITA/DCTA  
(e-mail: jorge@ita.br)

José Atílio **Fritz** Fidel Rocco, D.C., ITA, 2004  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais Energéticos, ITA/DCTA  
(e-mail: friz@ita.br)

Koshun **Iha**, D.C., USP, 1984.  
Propelentes Sólidos; Líquidos e Híbridos; Pirotecnia; Explosivos; Adsorção.  
(e-mail: koshun@ita.br)

**Lamartine** Nogueira Frutuoso Guimarães, D.C., The University Of Tennessee, 1992.  
Engenharia Nuclear, com ênfase em Simulação Dinâmica de Sistemas e Processos,  
IEAv/DCTA  
(e-mail: guimarae@ieav.cta.br)

**Ligia** Maria Soto Urbina, D. C., University Of Tennessee Knoxville, U.T.K., Estados Unidos. 1991.  
Economia, Gestão da Inovação, Capacitação Tecnológica e Avaliação de Impactos de Capacitação em Projetos e Programas.  
(e-mail: ligiaurbina11@gmail.com)

Luciana De Simone Cividanes Coppio, Ph.D., ITA, 2017.  
Engenharia Aeronáutica e Mecânica, com ênfase em Materiais Compósitos.  
(e-mail: lucianac@ita.br)

Luiz Claudio **Pardini**, D.C., University Of Bath, 1994.  
Materiais e Processos de Fabricação e Ciência e Tecnologia Espacial, IAE/DCTA.  
(e-mail: pardini.dcta@gmail.com)  
Luiz Fernando de Araujo **Ferrão**, Doutorado, ITA, 2012.  
Físico-química, Química Quântica, Materiais Energéticos, ITA/DCTA.  
(e-mail: ferrao@ita.br)

Marcos Antonio **Ruggieri** Franco, D.C., USP, 1999.  
Engenharia Elétrica, com ênfase em Teoria Eletromagnética, Fibras Ópticas, Sensores Ópticos a Fibra, Fibra Óptica Microestruturada, Óptica Integrada, Propagação de Ondas, Micro-ondas e Método dos Elementos Finitos, IEAv  
(e-mail: marcos@ieav.cta.br)

**Maria Luísa Collucci** da Costa Reis – D.C., Universidade Estadual de Campinas, 2000. Engenharia Aeroespacial, com ênfase em calibração de instrumentos e em Aerodinâmica de Aeronaves Espaciais, atuando principalmente seguintes temas: análise de incerteza em medições e confiabilidade metrológica em ensaios em túneis de vento.  
(e-mail: marialuisacollucci@gmail.com)

Mauricio Ribeiro **Baldan**, D.C., 1997.  
Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Materiais e Processos para Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial, INPE.  
(e-mail: mauricio.baldan@inpe.br)

**Mauricio** Tizziani Pazianotto, Ph.D., ITA, 2016.

Dosimetria em aeronáutica, ao transporte da radiação cósmica e partículas secundárias na atmosfera, à modelagem de sistemas de detecção de nêutrons de altas energias e à avaliação de dados nucleares com aplicação em terapias com feixes de íons e medicina nuclear.

(e-mail: mtp@ita.br)

**Milton** Sergio Fernandes de Lima, Ph.D., Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL, 2001.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Metalurgia Física, atuando principalmente nos seguintes temas: soldagem, soldagem a laser, tratamentos de superfície, nanotecnologia e inovação tecnológica, IEAv/DCTA

(e-mail:milton@ieav.cta.br)

Mischel **Carmen** Neyra Belderrain, D.C., ITA, 1998.

Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional, atuando principalmente nos seguintes temas: Métodos de estruturação de problemas (PSM), Métodos de apoio à decisão multicritério e Multimetodologia.

(e-mail: carmen@ita.br)

**Odair** Lelis Gonzalez, D. C., USP, 1998.

Ciência e Tecnologia Aeroespacial, atuando principalmente nos seguintes temas: efeitos da radiação cósmica em componentes eletrônicos e fotônicos de uso aeroespacial, dosimetria da radiação cósmica, radioproteção, medidas de radioatividade ambiental, aceleradores de partículas e fontes de nêutrons.

(e-mail: odairl@ieav.cta.br)

**Olympio** Lucchini Coutinho – D.C., ITA, 2011.

Micro-ondas e optoeletrônica. É oficial da Força Aérea Brasileira, onde já atuou em atividades de operação e manutenção de estações de telecomunicações, sistemas radar e sistemas de auxílio à navegação aérea, bem como em funções de chefia técnica.

(e-mail: olympio@ita.br)

**Orlando** Roberto Neto, Ph.D., University of Minnesota, 1997.

Química, com ênfase em Físico-Química, IEAv/DCTA.

(e-mail: orlando@ieav.cta.br)

Paulo Gilberto de Paula **Toro**, D.C, Rensselaer Polytechnic Institute, 1998.

Propulsão Espacial e Hipersônica, IEAv/DCTA

(e-mail: toro11pt@gmail.com)

**Rita** de Cassia Lazzarini Dutra, D.C, UFRJ, 1997.

Química, com ênfase em caracterização de polímeros por FT-IR, IAE/DCTA.

(e-mail: ritalazzarini@yahoo.com.br)

Roberto **Gil** Annes da Silva, D.Sc., ITA, 2004.

Aerodinâmica não estacionária, Aeroelasticidade, Dinâmica do voo.

(e-mail: gil@ita.br)

**Rodrigo** Arnaldo Scarpel, D.c., ITA, 2006.

Business Analytics, atuando principalmente na extração de conhecimento de bases de dados, na criação de modelos de previsão e em otimização para as áreas de Marketing, Operações e Finanças.

(e-mail: rodrigo@ita.br)

**Rodrigo Cassineli Palharini**, Ph.D., University of Strathclyde, 2014.  
Engenharia Aeroespacial/Aeronáutica, com ênfase em análise numérica, atuando principalmente nos seguintes temas: aerotermodinâmica, dinâmica de gases rarefeitos, aerodinâmica hipersônica, reentrada atmosférica, transferência de calor, e sistemas de proteção térmica.  
(e-mail: rophys@gmail.com)

Rogério **Pirk**, D.C, ITA, 2003.  
Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos, IAE  
(e-mail: rogerio.pirk@iae.cta.br)

**Silvana Navarro Cassu**, Ph.D., PUC-CAMPINAS, 2001.  
Química, com ênfase em caracterização de polímeros por análise térmica, IAE/DCTA.  
(e-mail: silvanasnc@iae.cta.br)

**Vilson Rosa de Almeida**, D.C., Cornell University, 2004.  
Fotônica e de Engenharia Elétrica, com ênfase em Óptica Integrada, Teoria Eletromagnética e Propagação de Ondas.  
(e-mail: vilson@ieav.cta.br)

### 9.3.2 Corpo Docente Colaborador

Carlos Henrique Netto **Lahoz**, D. C., POLI-USP, 2009.  
Ciências da Computação, com ênfase em Engenharia de Software.  
(e-mail: carloslahoz@gmail.com)

Francisco Carlos Parquet **Bizarria** – Ph.D. Universidade Estadual de Campinas, 2007  
Engenharia Elétrica, com ênfase em Automação. Atuando principalmente nos seguintes temas: Distribuição de Energia, Esquemas de Aterramento, Sistemas de Potência.  
(e-mail: fcpbiz@gmail.com)

**Gilberto Fernando Fisch** – D.C., INP, 1995.  
Geociências, com ênfase em Meteorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Amazonia, camada limite planetária, clima, floresta e pastagem, radiossondagem, micrometeorologia, ciclo da água.  
(e-mail: gfisch@uol.com.br)

Henrique Costa **Marques**, D.C., ITA, 2012.  
Comando e Controle  
(e-mail: hmarques@ita.br)

**Ijar Milagre da Fonseca**, D.C., ITA, 1998  
Mecatrônica, Projetos e pesquisas com foco em problemas de dinâmica e controle de espaçonaves e robótica espacial.  
(e-mail: ijar@uol.com.br)

**Israel da Silveira Rêgo** - DSc., Kyushu University, 2007.  
Aerotermodinâmica e Hipersônica. É pesquisador do Instituto de Estudos Avançados da Força Aérea Brasileira, onde pesquisa e desenvolve sistemas hipersônicos tais como tubo de choque, túnel de vento hipersônico, motor aeronáutico hipersônico (scramjet) e sistemas de propulsão com energia direcionada.  
(e-mail: israel.rego@ieav.cta.br)



Luis Eduardo Vergueiro **Loures** da Costa, D. C., Westfälische Technische Hochschule Aachen, WTH- AACHEN, Alemanha. 1996.

Engenharia Aeroespacial, Sistemas Aeroespaciais, Especialidade: Foguetes.

Setores de atividade: Aeronáutica e Espaço.

(e-mail: loures@ita.br)

**Thiago** Costa Ferreira Gomes, D. C., UNICAMP, 2013

Química, com ênfase em Físico-Química, Química Teórica, Espectroscopia e Química Computacional.

(e-mail: thiago@ita.br)

**Tiago** Cavalcanti Rolim, D.C., University of Texas at Arlington, EUA, 2013.

Engenharia Aeroespacial, atuando principalmente nos seguintes temas: hipersônica, propulsão supersônica, tubos e túneis de choque, e aerodinâmica.

(e-mail: tiagorolim@ieav.cta.br)

## 9.4 Estrutura Curricular do PG/CTE

### 9.4.1 Informações Gerais do PG/CTE

O Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais (PG/CTE) foi aprovado, nos níveis de mestrado e doutorado, na **131ª Reunião CTC/ES da CAPES, ocorrida de 21 a 25 de novembro de 2011**, e iniciou suas atividades no primeiro semestre de 2012. O PG/CTE é um programa por Associação Parcial de IES (CAPES), fruto da parceria de três instituições de Ensino e Pesquisa do Comando da Aeronáutica:

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA - IES principal

Instituto de Estudos Avançados - IEAv

Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE

O PG/CTE é vinculado ao ITA, mas seu quadro docente é reforçado pela participação de pesquisadores do IEAv e do IAE que disponibilizam também laboratórios e instalações de apoio (bibliotecas, salas para estudantes, salas de aula, recursos de informática) para o desenvolvimento dos trabalhos de Mestrado e Doutorado.

A estrutura administrativa do Programa fica concentrada no ITA, no entanto, o IEAv e o IAE, através de suas Coordenadorias de Pós-graduação, coordenam localmente as atividades de PG.

### 9.4.2 Disciplinas do Programa PG/CTE

#### 9.4.2.1 Sistemas Espaciais, Ensaios e Lançamentos – PG/CTE-E

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
TE-500	Tese †	0
TE-600	Estágio Docência ***	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AA-208	Dinâmica dos Gases <sup>&amp;</sup>	3

AA-209	Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico	3
AA-220	Aerodinâmica Não Estacionária	3
AA-234	Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave &	3
AB-269	Manobras Orbitais de Rendezvous e Docking/Berthing	3
AE-250	Aeroelasticidade II	3
AP-270	Engenharia de Manutenção I &	3
CC-297	Elementos de Mecânica dos Fluidos Computacional & / Elements of Computational Fluid Mechanics &	3
CC-298	Métodos Numéricos em Mecânica dos Fluidos / Numerical Methods in Fluid Mechanics	3
CC-299	Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods	3
CE-294	Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software	3
ET-240	Comunicação de Dados em Sistemas Espaciais / Space Communication Systems	3
ET-272	Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications	3
ET-292	Clima Espacial e Telecomunicações	3
FQ-295	Caracterização de Polímeros por Análise Térmica	3
MP-223	Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais &	3
MT-256	Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos	3
MT-271	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	3
MT-295	Compósitos Nano-Estruturados &	3
MT-297	Polímeros Especiais	3
TE-201	Análise Térmica de Veículos Espaciais e Sub-orbitais / Thermal Analysis of Space and Sub-orbital Vehicles	3
TE-202	Projeto de Sistemas Espaciais &&&/ Space Systems Design &&&	3
TE-203	Meteorologia Aeroespacial / Aerospace Meteorology	3
TE-205	Métodos Computacionais em Vibrações e Acústica I & / Computational Methods in Vibration and Acoustics &	3
TE-206	Projetos de Plataformas Suborbitais / Suborbital Platforms Design	3
TE-207	Elementos de Distribuição Elétrica Aplicados em Sistemas Espaciais / Elements of Electrical Power Distribution Applied in Space Systems	3
TE-208	Simulação Direta de Escoamento Rarefeito	3
TE-210	Materiais Ablativos / Ablative Materials	3
TE-212	Métodos Experimentais de Visualização de Escoamento &	3
TE-213	Aerodinâmica Experimental / Experimental Aerodynamics	3
TE-214	Análise Estatística de Dados e Avaliação de Incerteza em Ensaio Aerodinâmicos & / Statistical Data Analysis and Uncertainty Evaluation in Aerodynamic Tests &	3
TE-215	Segurança de Sistemas Aeroespaciais & / Aerospace System Safety &	3
TE-216	Garantia de Produto de Software Espacial / Space Software Product Assurance	3
TE-217	Introdução a Engenharia de Sistemas Aeroespaciais / Introduction to Aerospace System Engineering	3
TE-219	Engenharia Simultânea	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica &	3

**9.4.2.2 Física e Matemática Aplicadas – PG/CTE –F****a) Disciplinas Obrigatórias**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
TE-500	Tese †	0
TF-600	Estágio Docência ***	3

**b) Disciplina Eletiva**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
FF-204	Eletrodinâmica I &&&	3
FF-212	Métodos Computacionais de Física	3
FF-257	Caracterização de Filmes Finos por Difração de Raio X e por Espectroscopia por Retroespalhamento Rutherford	3
FF-261	Física de Plasmas I	3
FF-274	Física das Radiações / Physics of Radiation	3
FF-279	Física Espacial / Space Physics	3
FF-289	Introdução a Fotônica / Introduction to Photonics	3
FF-298	Instrumentação em Física Espacial	3
MT-288	Processamento de Materiais a Plasma	3
MT-289	Processamento Laser de Materiais	3
MT-298	Processamento Laser de Materiais II / Laser Materials Processing II	3
TE-221	Óptica de Fourier Computacional	3
TE-222	Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials	3
TE-223	Processamento Laser de Materiais / Lasers Materials Processing	3
TE-224	Óptica Aplicada ao Processamento Laser / Optics Applied to Laser Processing	3
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos &&&/ Lasers I - Physical Principles &&&	3
TE-226	Segurança no Trabalho com Laser&	1
TE-228	Metrologia Óptica / Optical Metrology	3
TE-229	Espectroscopia a Laserv &&&/ Laser Spectroscopy &&&	3
TE-230	Seleção de Materiais de Uso Aeroespacial	3
TE-231	Dosimetria e Radioproteção Aplicada a Ciências Aeroespaciais / Dosimetry and Radioprotection applied to Aerospace Sciences	3
TE-232	Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeroespaciais / Effects of Ionizing Radiation on Aerospace Systems	3
TE-233	Tratamentos Térmicos e Termoquímicos de Superfícies Metálicas / Thermal and Thermochemical Treatments for Metallic Surfaces	3
TE-234	Física de Nêutrons no Ambiente Aeroespacial / Neutron Physics in the Aerospace Environment	3
TE-235	Monitoração da Radiação Ionizante do Ambiente / Ionization Radiation Monitoring in the Environment	3

TE-236	Técnicas Experimentais de Detecção e Dosimetria de Radiação Ionizante / Experimental Techniques for Detection and Dosimetry of Ionizing Radiation	3
TE-239	Monte Carlo Simulation for Ionizing Radiation Transport	2
TE-250	Fundamentos de Espectroscopia	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica	1
TE-282	Meta-Heurísticas &&& / Metaheuristics &&&	3
	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters I – Básico &&& / Numerical Methods and Applications in Clusters I – Basics &&&	3
TE-294	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters II – Prática / Numerical Methods and Applications in Clusters II - Practice	3
TE-296		
TE-300	Seminário de Tese / Thesis Seminar	1

#### 9.4.2.3 Gestão Tecnológica – PG/CTE-G

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
TE-500	Tese †	0
TG-600	Estágio Docência ***	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
AP-270	Engenharia de Manutenção I	3
MB-210	Probabilidade e Estatística	3
MB-238	Gestão Estratégica de Tecnologia e da Inovação	3
MB-249	Logística no Desenvolvimento de Sistemas Complexos &&&	3
MB-263	Elaboração e Implementação do Planejamento Estratégico	3
MP-215	Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)	3
PO-201	Introdução a Pesquisa Operacional	3
PO-210	Probabilidade e Estatística	3
PO-211	Métodos de Estruturação de Problemas	3
PO-212	Análise de Decisão	3
PO-220	Gerência de Operações e Logística	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica	3
TE-261	Análise de Riscos Tecnológicos	3
TE-262	Prospecção Tecnológica e Inteligência Competitiva	3
TE-263	Introdução à Tecnologia da Informação para a Manutenção de Sistemas Aeroespaciais Complexos – eMaintenance &&&	3
TE-264	Métodos Quantitativos em Análise de Riscos	3
TE-265	Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos	2
	Tópicos em Realidade Aumentada para Experimentos em	2
TE-266	Fatores Humanos / Topics in Augmented Reality for Experiments in Human Factors	
TE-267	Fundamento de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança	3
TE-280	Análise de Risco Laboratorial	2
TE-282	Meta-heurística &&&	3

**9.4.2.4 Propulsão Espacial e Hipersônica – PG/CTE-P****a) Disciplinas Obrigatórias**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
TE-500	Tese †	0
TP-600	Estágio Docência ***	3

**b) Disciplinas Eletivas**

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
AA-210	Aerodinâmica Fundamental	3
CC-297	Elementos de Mecânica dos Fluidos Computacional / Elements of Computational Fluid Mechanics	3
FQ-252	Fundamentos da Ciência dos Polímeros / Fundamentals of Polymer Science	3
FQ-254	Estrutura e Propriedade de Polímeros / Structures and Properties of Polymers	3
FQ-260	Introdução à Química de Materiais / Introduction to Materials Chemistry	3
FQ-262	Planejamento de Experimentos Aplicado à Química dos Materiais	3
FQ-270	Adsorção sobre Sólidos	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods	3
FQ-295	Caracterização de Polímeros por Análise Térmica / Characterization of Polymers by Thermal Analysis	3
MT-226	Adesão em Polímeros/Elastômeros	3
TE-241	Hipersônica Fundamental / Fundamentals of Hypersonic	3
TE-242	Aerodinâmica Fundamental & / Fundamentals of Aerodynamics &	3
TE-243	Propulsão Hipersônica Aspirada I & / Hypersonic Airbreathing Propulsion I &	3
TE-244	Aerodinâmica Hipersônica &/ Hypersonic Aerodynamics &	3
TE-245	Propulsão Hipersônica Aspirada II & / Hypersonic Airbreathing Propulsion II &	3
TE-246	Hipersônica Experimental &&&/ Experimental Hypersonics &&&	3
TE-247	Dinâmica Química / Chemical Dynamics	3
TE-248	Técnicas de Diagnóstico em Escoamento Reativo I	3
TE-249	Introdução ao Método dos Volumes Finitos & / Introduction to the Finite Volume Method &	3
TE-250	Fundamentos de Espectroscopia	3
TE-252	Sistemas Nucleares & / Nuclear Systems &	3
TE-253	Geração de Potência Nuclear no Espaço & / Space Nuclear Power Generation &	3
TE-254	Sistemas de Conversão de Energia Nuclear & / Nuclear Energy Conversion Systems &	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica &	3

TE-282	Meta-heurística &&&	3
	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters I – Básico	3
TE-294	&&&/ Numerical Methods and Applications in Clusters I – Basics &&&	
	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters II – Prática /	3
TE-296	Numerical Methods and Applications in Clusters II - Practice	
TE-300	Seminário de Tese / Thesis Seminar	1

#### 9.4.2.5 Química dos Materiais – PG/CTE-Q

##### a) Disciplinas Obrigatórias

Sigla	Título	Crédito Máximo
TE-500	Tese †	0
TQ-600	Estágio Docência ***	3

##### b) Disciplinas Eletivas

Sigla	Título	Crédito Máximo
FQ-201	Materiais Energéticos	3
FQ-202	Engenharia Aplicada a Armamento e Munições Aéreas	3
FQ-220	Termodinâmica Química &&& / Chemical Thermodynamics &&&	3
FQ-222	Cinética Química / Chemical Kinetics	3
FQ-224	Identificação de Materiais por FT-IR / Identification of Materials by FT-IR	3
	Termoquímica e Combustão de Materiais Energéticos &&& /	3
FQ-230	Thermochemistry and Combustion of Energetic Materials &&&	
	Conceitos de Química Orgânica, Aplicados a Materiais Energéticos / Concepts of Organic Chemistry, Applied to Energetic Materials	3
FQ-232		
FQ-233	Química de Materiais Energéticos / Chemistry of Energetic Materials	3
FQ-240	Eletroquímica Clássica	3
FQ-242	Cinética Eletroquímica &&&	3
FQ-243	Espectroscopia de Impedância Eletroquímica / Electrochemical Impedance Spectroscopy	3
FQ-245	Ciência e Tecnologia de Baterias / Batteries Science and Technology	3
FQ-246	Sistemas Eletroquímicos de Conversão de Energia	3
	Tópicos em Células de Deionização Capacitiva para	3
FQ-247	Armazenamento de Energia / Capacitive Deionization Cell Topics for Energy Storage Systems	
FQ-251	Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos	3
FQ-252	Fundamentos da Ciência dos Polímeros / Fundamentals of Polymer Science	3
FQ-254	Estruturas e Propriedades de Polímeros / Structures and Properties of Polymers	3
FQ-257	Tópicos em Degradação de Polímeros	3
FQ-259	Nanotecnologia do Carbono	3

FQ-260	Introdução à Química de Materiais / Introduction to Materials Chemistry <sup>&amp;</sup>	3
FQ-261	Físico-Química de Sistemas Auto-Organizados / Physico-Chemistry of Self-assembled Systems	3
FQ-262	Planejamento de Experimentos Aplicado à Química dos Materiais	3
FQ-264	Introdução a Métodos de Síntese e de Caracterização de Materiais / Introduction to Synthesis and Characterization Methods of Materials	3
FQ-266	Introdução aos Biomateriais e Engenharia de Tecidos / Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering	3
FQ-270	Adsorção sobre Sólidos	3
FQ-282	Corrosão e seu Controle	3
FQ-283	Oxidação e Corrosão a Quente e seu Controle	3
FQ-284	Tópicos de Corrosão	3
FQ-286	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	3
FQ-290	Química Quântica I / Quantum Chemistry I <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FQ-291	Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FQ-292	Quantum Molecular Dynamics-Applications of Rovibration Spectra	3
FQ-293	Introdução à Simulação por Dinâmica Molecular <sup>&amp;&amp;&amp;</sup> / Introduction to Molecular Dynamics Simulation <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FQ-294	Introdução à Estrutura Eletrônica <sup>&amp;&amp;&amp;</sup> / Introduction to Electronic Structure <sup>&amp;&amp;&amp;</sup>	3
FQ-295	Caracterização de Polímeros por Análise Térmica / Characterization of Polymers by Thermal Analysis	3
FQ-296	Estados Excitados - Modelagem e Caracterização / Excited States - Modelling and Characterization	1
FQ-297	Introdução ao COLUMBUS Um Programa de Estrutura Eletrônica com Multireferências	1
FQ-298	Princípios de Espectroscopia de Absorção e de Luminescência na Região UV/VIS / Principles of Absorption and Luminescence Spectroscopy in the UV/VIS Region	3
MT-221	Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros	3
MT-226	Adesão em Polímeros/Elastômeros	3
MT-256	Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos	3
MT-257	Compósitos Termoestruturais	3
MT-271	Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais	3
MT-295	Compósitos Nano-Estruturados <sup>&amp;</sup>	3
TE-210	Materiais Ablativos / Ablative Materials	3
TE-247	Dinâmica Química / Chemical Dynamics	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica <sup>&amp;</sup>	3
TE-280	Análise de Segurança e Riscos em Laboratórios	2
TE-282	Meta-Heurísticas / Metaheuristics	3
TE-283	Processamento de Cerâmicas Magnéticas / Ceramic Material Processing	3
TE-284	Caracterização de Materiais Cerâmicos em Micro-ondas e Terahertz / Characterization of Ceramic Materials in Microwave and Terahertz	3
TE-285	Sensores para Aplicações Espaciais I / Sensors for Space	3

	Application I	
TE-286	Sensores II / Sensors II	3
TE-289	Dispositivos e Sensores Fotônicos Integrados / Integrated Photonic Devices and Sensors	3
TE-290	Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados / Advanced Magnetic Ceramics	3
TE-296	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters II – Prática / Numerical Methods and Applications in Clusters II - Practice	3
TE-300	Seminário de Tese / Thesis Seminar	1
TE-601	Estágio Pesquisa	3

#### 9.4.2.6 Sensores e Atuadores Espaciais – PG/ CTE-S

##### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
TE-500	Tese †	1
TS-600	Estágio Docência ***	3

##### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
EC-215	Compatibilidade Eletromagnética	3
FF-261	Física de Plasmas I	3
FF-274	Física das Radiações / Physics of Radiation	3
FF-289	Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics	3
TE-221	Óptica de Fourier Computacional	3
TE-225	Lasers I – Princípios Físicos / Lasers I - Physical Principles &&&	3
TE-254	Sistemas de Conversão de Energia Nuclear / Nuclear Energy Conversion Systems	3
TE-260	Metodologia da Pesquisa Científica	3
TE-281	Modelagem Numérica Aplicada à Nanofotônica / Numerical Modeling Applied to Nanophotonics	3
TE-282	Meta-Heurística / Metaheuristics &&&&	3
TE-283	Processamento de Cerâmicas Magnéticas / Ceramic Material Processing &	3
TE-284	Caracterização de Materiais Cerâmicos em Micro-ondas e Terahertz / Characterization of Ceramic Materials in Microwave and Terahertz	3
TE-285	Sensores para Aplicações Espaciais I / Sensors for Space Application I &	3
TE-286	Sensores II / Sensors II &	3
TE-287	Física de Dispositivos Semicondutores / Physics of Semiconductor Devices	3
TE-288	Física de Dispositivos Semicondutores II / Physics of Semiconductor Devices II	3
TE-289	Dispositivos e Sensores Fotônicos Integrados / Integrated Photonic Devices and Sensors	3
TE-290	Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados / Advanced Magnetic Ceramics	3



TE-294	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters I – Básico / Numerical Methods and Applications in Clusters I – Basics &&&	3
TE-296	Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters II - Prática / Numerical Methods and Applications in Clusters II - Practice	3
TE-297	Técnicas de Modulação e Detecção Óptica Técnicas de Modulação e Detecção Óptica / Optic Modulation and Detection Techniques&/&&&	3
TE-300	Seminário de Tese / Thesis Seminar	1

- As disciplinas marcadas com \* são obrigatórias na área para alunos de Mestrado.
- As disciplinas marcadas com \*\* são obrigatórias na área para alunos de Doutorado.
- As disciplinas Estágio Docência marcadas com \*\*\*, são obrigatórias para alunos de Mestrado e Doutorado.
- A disciplina **Tese** marcada com † , é obrigatória para os alunos de Mestrado e Doutorado a partir do 3º período.
- As disciplinas marcadas com # # são obrigatórias optativas da área.
- Aluno Especial @
- As disciplinas marcadas com & poderão aceitar até 05 alunos de graduação, já aprovados nos 7 primeiros semestres do curso, a critério do professor.
- A disciplina marcada com && exige que os alunos enviem email para o professor quando da inscrição.
- A disciplina marcada com &&& indica que as aulas poderão ser ministradas em inglês.
- Observar Estágio Docência corresponde às atividades complementares de Pós-Graduação, oriundas de estágios qualificados de docência e pesquisa consideradas para fins de registro e controle acadêmico, como disciplinas.
- As disciplinas Estágio Pesquisa 1 e 2 com sigla XX-601 e XX-602, respectivamente, foram extintas pela NOREG 2013.
- # **Carga horária semanal** – correspondente a cada disciplina, os quatro números separados por hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, o número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina. Cada período letivo corresponde a 16 semanas de aula.

## 9.5 EMENTAS - PG/CTE

### AA-208/2021 – Dinâmica dos Gases

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não Há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções preliminares: velocidade do som, estado de estagnação local. Ondas de choque e de expansão. Ondas de choque em movimento uniforme. Escoamento em dutos de área variável. Escoamentos de Fanno e Rayleigh. Equações diferenciais elípticas, parabólicas e hiperbólicas: classificação canônica e diferenças físicas. Estudo de ondas em geometria unidimensional. Tubo de choque. Equação potencial. Teoria das pequenas perturbações. Corpos de revolução: teoria dos corpos esbeltos. Noções de características. Bibliografia: SHAPIRO, A.H., The dynamics and thermodynamics of compressible fluid flow, Vol. 1 e 2, The Ronald Press, New York, 1953. ANDERSON Jr, J.D. Fundamentals of aerodynamics. McGraw-Hill, 3a ed., USA, 2001; ANDERSON Jr, J.D. ,Modern Compressible Flow: With Historical Perspective, McGraw-Hill, 3a ed., USA, 2002.

### **AA-209/2021 – Aerodinâmica da Asa e Fuselagem no Regime Subsônico**

Requisito recomendado: ME-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções introdutórias. Escoamento potencial incompressível: solução geral. Fontes, dipolos e vórtices potenciais. Superposição de escoamentos básicos. Circulação e sustentação: teorema de Kutta-Joukowski. Soluções exatas por meio de variáveis complexas. Problema do aerofólio: condição de Kutta. Escoamento em torno do aerofólio bidimensional fino: problemas de espessura e sustentação. Efeitos de vorticidade: lei de Biot-Savart. Teoria da asa finita. Escoamento em torno de corpos de revolução. Efeitos de viscosidade e compressibilidade. Bibliografia: Karamcheti, K., Principles of ideal-fluid aerodynamics, Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1980; Katz, J. e Plotkin, A., Low-speed aerodynamics, 2a. Ed., Cambridge University Press, 2001. Schlichting, H. e Truckenbrodt, E., Aerodynamics of the airplane, McGraw-Hill International Book Company, New York, 1979.

### **AA-210 /2021 - Aerotermodinâmica Fundamental**

Requisito recomendado: AA-112. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aspectos gerais do ambiente aerotermodinâmico de veículos aeroespaciais em velocidade supersônica. Princípios de conservação (massa, quantidade de movimento, energia) aplicados em escoamento supersônico. Mecanismos de transporte de energia (Transferência de calor por condução, convecção e radiação) aplicados em escoamento supersônico. Modelo da atmosfera terrestre. Transferência de calor convectivo (aquecimento aerotermodinâmico) na região de estagnação de corpos rombudos (cilíndricos e esféricos) e em placa plana. Teoria de Newton. Transferência de calor convectivo considerando camada limite laminar e turbulento. Bibliografia: ANDERSON JR., J.D., Hypersonic and high temperature gas dynamics. 2th edition, Washington, DC: AIAA, 2006. 811 p. (AIAA education series). BERTIN, J.J., Hypersonic aerothermodynamics. Washington, DC: AIAA, 1994. 608 p. (AIAA education series). HANKEY, W.L., Re-entry aerodynamics. Washington, DC: AIAA, 1988. 144 p. (AIAA education series).

### **AA-220/2021 - Aerodinâmica Não Estacionária**

Requisito recomendado: AA-122. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Equações básicas. Escoamento irrotacional. Teorema de Kelvin. Equação de Bernoulli. Conceito de pequenas perturbações. Potenciais de velocidade e de aceleração. Propriedades do escoamento incompressível sem circulação. Perfil oscilante, solução de Theodorsen. Movimentos arbitrários. Asas em movimentos harmônicos nos regimes subsônico e supersônico. Obtenção de soluções numéricas. Bibliografia: LAMB, H., Hydrodynamics, 6<sup>th</sup> Ed., Dover Publications, 1993; BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, Addison-Wesley, Reading, 1955; DOWELL, E.H. et al., A modern course in aeroelasticity, 4<sup>a</sup>. Ed., Sijthoff & Noordhoff, 2004.

### **AA-234/2021 – Aerodinâmica Aplicada a Projeto de Aeronave**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Projeto de perfis. Projeto de Hiper-sustentadores e controle de camada limite. Projeto em planta de asa. Configurações aerodinâmicas: asa voadora, asa alongada, canard, três superfícies, winglet e novos conceitos. Interferência aerodinâmica entre partes da aeronave. Efeitos no desempenho devido à integração aeronave-sistema propulsivo. Corretivos: vortilons, barbatanas dorsais e ventrais, geradores de vórtice, stablets, provocadores de estol e fences. Componentes do arrasto e sua importância no desempenho de aeronaves. Elaboração de polar de arrasto: metodologias, interface com desempenho e polares obtidas de voo. Derivadas dinâmica de estabilidade. Aspectos adicionais relevantes no projeto: drag rise, drag creep, buffeting subsônico e transônico, características de estol, arrasto de trem de pouso, esteira de vórtice da asa, efeito solo e

excrescências. Efeito de número de Reynolds. Túnel de vento: tipos, instrumentação, planejamento de ensaios e correções para condição de voo. Ferramentas computacionais e semi-empíricas para cálculo aerodinâmico. Banco de dados aerodinâmico. Bibliografia: OBERT, E. Aerodynamic design of Transport Aircraft, IOS Press, Delft, 2009; ROSKAM, J., Airplane design, parts I, II, VI, DARcorporation, Lawrence, 1997; TORENBEEK, E., Synthesis of Subsonic Airplane Design, Kluwer Academic Pub, Delft, 1982.

#### **AB-269/2021 - Manobras Orbitais de “Rendezvous and Docking/Berthing**

Requisito recomendado: AB-104 e AB-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Contextualização das operações de Rendezvous and Docking/Berthing (RDV/B) na exploração do espaço. Conceitos fundamentais associados às operações orbitais de RDV/B. Fases das missões espaciais de RDV/B. Aplicações de RVD/B. Sistemas de referência e fundamentos da Dinâmica Orbital. Modelagem matemática da Dinâmica de RVD/B. Aproximação segura e prevenção de colisão nas operações de RDV/B. Recomendações de estratégia para abordagem da espaçonave alvo em órbita. RVD/B Autônomo (missões não tripuladas). Subsistemas embarcados de controle de RDV/B. Sensores para operações de RDV/B. Sistemas de acoplamento entre a espaçonave e o alvo nas operações de RDV/B. Análise dinâmica e controle em operações de RDV/B. Bibliografia: 1 Fehse, W., Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft, Cambridge University Press, 2003. 2 Bong, W., Space Vehicles Dynamics and Control, 2nd Ed., AIAA Education Series, Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 2008. 3 Arantes Jr., G., Rendezvous with a Non-cooperating Target, PhD Thesis, Bremen University, Sept 2011. 4 Seito, N. Modelagem e Simulação de Rendezvous and Docking/Berthing, Tese de Doutorado, INPE/DMC, 2015.

#### **AE-250/2021 - Aeroelasticidade II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: AE-249. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos discretos do cálculo aeroelástico. Resposta dinâmica à rajada discreta. Resposta dinâmica à turbulência atmosférica contínua. Aeroelasticidade de placas e cascas. Método de elemento finitos aplicado à aerolasticidade. Bibliografia: BISPLINGHOFF, R.L. et al., Aeroelasticity, Addison-Wesley, Reading, 1955; DOWELL, E., Aeroelasticity of plates and shells, Sijthoff & Noordhoff, Groningen, 1976; BISMARCK-NASR, M.N., Finite elements in applied mechanics, Abaeté, São Paulo, 1993.

#### **AP-270/2021 – Engenharia de Manutenção I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Definição de Aeronavegabilidade. Regulamentação Aeronáutica. A Origem da Manutenção. Definição e Classificação de Falhas; Taxa de Falhas, Confiabilidade, Manutenibilidade e Safety Analysis; Desenvolvimento do Programa de Manutenção. CRM e ALI. Origens da Manutenção. Os Maintenance Steering Groups. Reliability Centered Maintenance e Plano de Manutenção; Manuais e Documentação técnica de manutenção; A organização de manutenção, regulamentação aplicável e o manual de Manutenção do operador; Responsabilidade pela manutenção, registros de manutenção e recursos para manutenção; Planejamento e controle de atividades de manutenção. Diagonal de manutenção; Ensaios não-destrutivos; Modificações e reparos em aeronaves. Regulamentação aplicável. Manual de Reparos Estruturais. AC 43-13 -1B e -2B; Peso, balanceamento e triangulação de aeronaves; O pessoal de manutenção. Gerenciamento, engenharia e técnicos de manutenção. Qualificação e Certificação de Pessoal; Fatores Humanos e Segurança em manutenção; Peças e componentes.

Dimensionamento de estoques. Gerenciamento de qualidade do material. Documentação requerida. Bibliografia: 1 KINNISON, Harry A., Aviation Maintenance Management, Ed. Mc Graw Hill, 2004. 2 JEPPESEN & CO., Aircraft Inspection and Maintenance Records, Jeppesen Co. 2003. 3 KROES, Michael J., Aircraft Basic Science, 7th ed., Ed. Glencoe, 1993. 4 KROES, Michael J., Aircraft Maintenance and Repair, 6th Ed., Ed. Glencoe. 5 AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC, RBAC/RBHA: 23, 25, 39, 43, 65, 91, 121, 135, 145.

### **CC-297/2021 - Elementos de Mecânica dos Fluidos Computacional / Elements of Computational Fluid Mechanics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Revisão das formulações e equações governantes fundamentais da Mecânica dos Fluidos. Conceito de diferenças finitas; construção de aproximações espaciais e temporais de diferenças finitas. Estudo de precisão e de estabilidade de métodos numéricos; análise de estabilidade de Fourier. Métodos de relaxação e sua aplicação à solução de problemas de estado estacionário. Métodos tipo ADI e o conceito de fatoração aproximada; bases de dados multidimensionais e fatoração espacial. Esquemas upwind e dissipação artificial. Geração de malhas computacionais, Métodos numéricos aplicados à solução da equação do potencial completo. As equações de Navier-Stokes e as equações de Euler; relações características das equações de Euler. Problemas bem-postos, equações modelo e o estabelecimento correto de condições de contorno.

Review of the fundamental formulations and governing equations in Fluid Mechanics. The concept of finite differences; construction of spatial and temporal approximations in finite differences. Study of accuracy and stability of numerical methods; Fourier stability analysis. Relaxation methods and their application to the solution of steady state problem. ADI methods and the approximate factorization concept; multidimensional databases and space factoring. Upwind schemes and artificial dissipation. Computational mesh generation. Numerical methods applied to the solution of the full potential equation. The Navier-Stokes and the Euler equations; characteristic relations for the Euler equations. Well-posed problems, model equations and appropriate boundary conditions.

Bibliografia: HIRSCH, C., Numerical Computational of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, Springer-Verlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.

### **CC-298/2021 - Métodos Numéricos em Mecânica dos Fluidos / Numerical Methods in Fluid Mechanics**

Requisito recomendado: CC-297. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos numéricos aplicados à solução das equações de Euler e de Navier-Stokes; método de MacCormack e algoritmo implícito de fatoração aproximada de Beam-Warming. Aumento de eficiência para algoritmos implícitos de fatoração aproximada; modelos de dissipação artificial; efeito de condições de contorno; implementação implícita de condições de contorno. Uma introdução ao conceito de separação de vetores de fluxo e aos métodos upwind dentro do contexto de formulações de Euler e Navier-Stokes. Algoritmo de Steger-Warming. Uma introdução ao conceito de volumes finitos; algoritmos de malhas não estruturadas em volumes finitos. Método de Jameson. Detalhes da implementação de termos viscosos no contexto de volumes finitos. Esquemas implícitos atuais e sua implementação. Extensão de algoritmos compressíveis para tratar problemas incompressíveis.

Numerical methods applied to the solution of the Euler and of the Navier-Stokes equations; MacCormack's method and the implicit, approximately factored Beam-Warming scheme. Efficiency augmentation for implicit, approximately factored algorithms; artificial dissipation models; boundary condition effects; implicit implementation of boundary conditions. An introduction to the concepts of flux vector splitting and upwind schemes for the Euler and Navier-Stokes formulations. Steger-Warming algorithm. Introduction to finite volume methods; unstructured grid, finite volume algorithms. Jameson's method. Details of the implementation of viscous terms in finite volume methods. Current implicit schemes and their implementation. Extension of compressible flow algorithms in order to treat the incompressible limit. Bibliografia: HIRSCH, C., Numerical Computation of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, Springer-Verlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.

### **CC-299/2021 – Métodos Numéricos de Alta Ordem / High Order Numerical Methods**

Requisito recomendado: CC-298. Requisito exigido: CC-297. Horas semanais: 3-0-0-6. Leis de conservação e métodos de diferenças clássicos. Problemas bem-postos, equações modelo e o estabelecimento correto de condições de contorno. Definições e propriedades associadas com monotonicidade. Métodos de diferenças *upwind* convencionais e esquemas de separação de vetores de fluxo. Riemann *solvers* ou métodos tipo Godunov de alta ordem. Teoria de esquemas TVD. Teoria de esquemas ENO e WENO. Outros métodos de alta ordem de interesse atual.

Conservation laws and classical finite difference methods. Well-posed problems, model equations and the appropriate establishment of boundary conditions. Definitions and properties related to monotonicity. Conventional upwind methods and flux vector splitting schemes. Riemann solvers or high order Godunov-type methods. Theory of TVD schemes. Theory of ENO and WENO schemes. Other high order methods of current interest. Bibliografia: HIRSCH, C., Numerical Computation of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, Springer-Verlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.

### **CE-294/2021 - Engenharia de Requisitos de Sistemas Complexos com Software**

Requisito recomendado: CE-220 (Fundamentos de Engenharia de Software) ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definições. Tipos de requisitos. Níveis de requisitos. Visão geral do processo de Engenharia de Requisitos. Levantamento, análise, documentação, verificação, validação, rastreabilidade e gerência. Linguagens e formas de modelagem de requisitos. Ferramentas para a gestão de requisitos. Reuso de requisitos. Gerência de riscos em Engenharia de Requisitos. Complexidade de requisitos. Engenharia de Requisitos em domínios críticos e sociotécnicos. Engenharia de Requisitos em armazém de dados (data warehouse). Engenharia de requisitos em sistemas em nuvem. Engenharia de requisitos para segurança cibernética. Engenharia de requisitos para Internet das Coisas. Bibliografia: DICK, J., HULL, E., JACKSON, K. Requirements Engineering - Fourth Edition. Springer (2017). PRAKASH, N., PRAKASH, D. Data Warehouse Requirements

Engineering: A Decision Based Approach, Springer (2018). LAPLANTE, P.A. Requirements Engineering for Software and Systems. CRC Press, 2017.

### **EC-215 /2021 - Compatibilidade Eletromagnética**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-6. Introdução ao controle da interferência eletromagnética. Aterramento. Terminologia. Métodos de controle e de prevenção de EMI. Tópicos especiais de blindagens. Ensaios de EMI/EMC. Análise de EMI/EMC em sistemas aeronáuticos e espaciais. Bibliografia: CLAYTON R. PAUL. Introduction to Electromagnetic Compatibility. New York: John Wiley & Sons, 1992. 763p.; OTT, HENRY W. Noise reduction techniques in electronic systems. New York: John Wiley, 1976. 180p.; KEISER, BENHARD E. EMI in aerospace systems. New York: John Wiley & Sons, 2001. 210 p.

### **ET-240/2021 - Comunicação de Dados em Sistemas Espaciais / Space Communication Systems**

Requisito recomendado: ET-235, ET-290. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas espaciais: introdução aos conceitos básicos de foguetes, ciclo de vida, especificação, arquitetura, integração, testes e gerenciamento de missões. Fundamentos de sistemas de bordo para missões espaciais: conceito de cargas úteis, projetos de redes elétricas, sensores, condicionamento, aquisição de dados, protocolos de comunicação (RS, ARINC 429, MIL-STD-1553) de técnicas de codificação, códigos de linha e modulação empregadas em sistemas espaciais. Telemetria e telecomando de missões espaciais: formatação de mensagens, estrutura de quadro de canais, protocolo iNET, multiplexação de dados assíncronos em pacote, decomutação e sistemas de terminação de voo. Projeto de sistemas de solo: filosofia e projeto de estações terrenas, arquitetura, antenas, receptores, cálculos de enlaces, recuperação de relógio, parâmetros de desempenho, erro de bit, gravação, distribuição de dados e interoperabilidade. Conceitos básicos de comunicação via satélite e comunicação em espaço profundo.

Introduction to rocket design, life cycle, specification, architecture, integration, testing and mission management. Fundamentals of onboard system for space missions: concept of payload, electronic design, sensors, conditioning, data acquisition, bus protocols (RS, ARINC 429, MIL-STD-1553), coding techniques, line codes and modulation used in space systems. Telemetry and Telecommand for space missions: message formatting, channel frame structure, iNET protocol, multiplexing of asynchronous data packet, decomutation and flight termination systems. IRIG 106 Standard. Ground segment design: philosophy and design of ground stations, architecture, antennas, receivers, link budget, clock recovery, performance parameters, bit error, data recording, data distribution and interoperability. Basic concepts of satellite communication and deep space communication. Bibliografia: 1 PISACANE, V. L. Fundamentals of Space Systems. 2 ed. Oxford University Press, 2005. 587 p. 2 SIMON, M. Bandwidth-Efficient Digital Modulation with Application to Deep Space Communications. Wiley, 2003 232 p. 3 ELBERT, B. The Satellite Communication Ground Segment and Earth Station Handbook. 2 ed. Artech House, 2014. 444 p.

### **ET-272/2021 – Comunicações Aeronáuticas / Aeronautical Communications**

Requisito recomendado: ET-290, ET-274. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos de Navegação Aérea: Categorias de navegação, regras de voo, instâncias e órgãos de controle de tráfego aéreo que atuam na prestação do serviço de navegação aérea, fases do voo, noções sobre os sistemas de bordo que atuam na navegação aérea. Conceitos de: Radar Primário e Secundário de Vigilância. Arquitetura

de aviônicos. Sensores; pressão, magnéticos e giroscópios. Noções básicas de rádio propagação. Comunicação de voz e dados da aeronave para suporte a ATC. Navegação via rádio de curto alcance: NDB (Non-Directional Beacon), VOR (VHF Omnidirectional Range), DME (Distance Measurement Equipment), sistema inercial. Sistemas visuais de aproximação: ALS (Approach Landing System), PAPI (Precision Approach Path Indicator). Sistema de pouso por instrumento (ILS – Instrument Landing System). Comunicações via satélite. Telemetria e ensaios em voo (Padrão IRIG-106). Conceitos da navegação por satélites e seu uso na aviação civil. Erros de navegação: PDE (Path Definition Error), FTE (Flight Technical Error), NSE (Navigation Sensor Error), TSE (Total System Error). Tipos de navegação: convencional, RNAV (Area Navigation), RNP (Required Performance Navigation). Conceito PBN (Performance-Based Navigation). Conceitos de acurácia, integridade, disponibilidade e continuidade. Requisitos de desempenho na aviação civil; Sistemas de melhoria de precisão ABAS (Aircraft-Based Augmentation System), GBAS (Ground-Based Augmentation System) e SBAS (Satellite-Based Augmentation System). Noções do Sistema de Gerenciamento de Voo (FMS -Flight Management System).

Syllabus:

Avionics Architecture. Sensors: pressure, magnetics and gyroscopes. Basic notions of radio propagation. Aircraft voice and data communication to support ATC. Satellite communication. Telemetry and flight tests (IRIG-106 Standard). Concepts of primary and secondary surveillance Radar. Air navigation concepts: categories of navigation, flight rules, air traffic control organs as air navigation service providers, phases of flight, notions on board systems for air navigation. Radio navigation: NDB (Non-Directional Beacon), VOR (VHF Omnidirectional Range), DME (Distance Measurement Equipment), inertial navigation system. Visual approach systems: ALS (Approach Landing System), PAPI (Precision Approach Path Indicator). Instrument Landing System (ILS). Navigation errors: PDE (Path Definition Error), FTE (Flight Technical Error), NSE (Navigation Sensor Error), TSE (Total System Error). Types of navigation: conventional, RNAV (Area Navigation), RNP (Required Performance Navigation). PBN (Performance-Based Navigation) concept. Concepts of accuracy, integrity, availability and continuity. Civil aviation performance requirements. Augmentation Systems: ABAS (Aircraft-Based Augmentation System), GBAS (Ground-Based Augmentation System) and SBAS (Satellite-Based Augmentation System). Notions of Flight Management System (FMS). Bibliografia: 1 Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Ltd, 2008. 2 Binns C., Aircraft Systems: Instruments, Communications, Navigation, and Control, John Wiley & Sons, 2019 3 Haykin, S., Communication systems, 4th. ed., New York: John Willey & Sons, 2001 4 Kayton. M.; Fried, W.R. Avionics Navigation Systems, 2nd ed., New York: John Willey & Sons, 1997. 5 ICAO (International Civil Aviation Organization). Annex 10, to the Convention on International Civil Aviation - Aeronautical Telecommunications, Volume I – Radio Navigation Aids, 6. ed. July, 2006. Ammendment 87, November 15th, 2012. 6 ICAO (International Civil Aviation Organization). Doc 9613: Performance-based Navigation (PBN) Manual. 3 Ed. ICAO: Montreal, Canada, 2008. (ISBN 978-92-9249-200-7). 7 ICAO (International Civil Aviation Organization). Doc 9849: Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual. 2 Ed. ICAO: Montreal, Canada, 2013. (ISBN 978-92-9249-200-7).

### **ET-292/2021 - Clima Espacial e Telecomunicações**

Requisito recomendado: ET-274. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sol: estrutura do astro e fenômenos solares de emissão. Magnetosfera terrestre: estrutura, fenomenologia e acoplamento com regiões inferiores da atmosfera terrestre.

Ionosfera: estrutura, eletrodinâmica, introdução à física de plasma e movimento de partículas, acoplamento com a atmosfera neutra e a magnetosfera e fenomenologia. Missões geofísicas espaciais, satélites, instrumentação e técnicas de medidas de parâmetros do geoespaço. Estudos do conteúdo eletrônico total e da cintilação ionosférica. Interações do clima espacial com as telecomunicações e o cotidiano tecnológico contemporâneo com ênfase em navegação via satélite e aplicações aeronáuticas. Efeitos do clima espacial em sistemas de melhoria de precisão (GBAS e SBAS) para aproximação e pouso de aeronaves. Bibliografia: KELLEY, M. C. *The Earth's ionosphere: plasma physics and electrodynamics*. 2. ed. New York: Academic Press, 2009. 572 p. PETROVSKI, I. G.; TSUJII, T. *Digital satellite navigation and geophysics. A practical guide with GNSS signal simulator and receiver laboratory*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. DAVIES, K. *Ionospheric Radio*. [S.l.]: IEE Electromagnetic Waves Series, v. 31, 1990.

### **FF-204/2021 - Eletrodinâmica I**

Requisito recomendado: FF-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Introdução à Eletrostática: Lei de Coulomb, Lei de Gauss, Equações de Poisson e Laplace, Potencial Elétrico. Energia Potencial Eletrostática. Teorema de Green. Métodos das Imagens. Solução das equações de Poisson e Laplace pelo método da separação de variáveis. Multipolos. Dielétricos. Magnetostática. Equações de Maxwell. Leis de conservação. Bibliografia: FRENKEL, J., *Princípios de Eletrodinâmica Clássica*. Edusp, 1996. JACKSON, J. D., *Classical Electrodynamics*. 2ª ed., John Wiley, New York, 1975; PANOFSKY, W. K. H.; PHILLIPS, M., *Classical Electricity and Magnetism*. 2ª ed., Addison-Wesley, Reading, 1962.

### **FF-212/2021 – Métodos Computacionais de Física**

Requisito recomendado: Curso equivalente a FF-200 . Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Linguagens de programação - Fortran, C, C<sup>++</sup>, Mathematica e outros. Introdução a programação numérica - comandos básicos de atribuição, de entrada e saída, de condição e de repetição; variáveis escalares, listas e vetores; subrotinas, funções e módulos/estruturas. Aplicações numéricas básicas em física - integração; raízes, máximos e mínimos; álgebra linear, autovalores e autovetores; derivadas e equações diferenciais ordinárias; métodos Monte Carlo para simulação de sistemas físicos. Bibliografia: PRESS, W. H., TEUKOLSKY, S. A., VETTERLING, W. T., FLANNERY, B. P., *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press, 2007, disponível em <http://www.nr.com/oldverswitcher.html>. DAVIES, R., REA, A. and TSAPTSINOS, D., *Introduction to Fortran 90*, [http://dipastro.pd.astro.it/cosmo/Informatica/NuoviFile/f90\\_belfast.pdf](http://dipastro.pd.astro.it/cosmo/Informatica/NuoviFile/f90_belfast.pdf). SOULIÉ, J., *The C++ Tutorial*, <http://www.cplusplus.com/files/tutorial.pdf>.

### **FF-257/2021 – Caracterização de Filmes Finos por Difração de Raio X e por Espectroscopia por Retroespalhamento Rutherford**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Difração de raios X (XRD): Princípios Físicos sobre cristalografia; Lei de Bragg; Produção de raios X; Cálculo de parâmetro de rede; Técnicas de medição e análise de dados; Utilização de XRD na caracterização de filmes finos: estudo de caso e limitações técnicas. Espectroscopia por Retroespalhamento de Rutherford (RBS): Princípios Físicos; Interação entre íons e superfície; Spullering; Eficiência de sputtering; Equipamentos e acessórios mais empregados, Limitações da técnica; Análise de espectros com códigos computacionais; Utilização de RBS na caracterização de filmes finos: estudo de caso e limitações técnicas. Bibliografia: H. Bubert and H. Jennet, "Surface and Thin Film Analysis: Principles, Instrumentations, Applications", Wiley-



VCH Verlag GmbH (2002), Milton Ohring, The Materials Science of Thin Films, Academic Press. Inc. (1992).

### **FF-261/2021 - Física de Plasmas I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Conceitos fundamentais em plasmas. Movimento de partículas carregadas na presença de campos elétrico e magnético. Elementos de teoria cinética de plasmas, equações de Boltzmann e de Vlasov. Variáveis macroscópicas. Propriedades cinéticas do estado de equilíbrio. Equações macroscópicas de transporte, modelos de plasma morno. Plasma como um fluido condutor, aproximação MHD. Condutividade e difusão em plasmas. Fenômenos básicos em plasmas. Aplicações MHD. Efeito de estrição, instabilidades. Bibliografia: BITTENCOURT, J. A., Fundamentals of plasma physics, Pergamon Press, Oxford, 1988; KRALL, N. A. & TRIVEL-PIECE, A. W., Principles of Plasma Physics, McGraw-Hill, New York, 1973.

### **FF-274/2021 - Física das Radiações / Physics of Radiation**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-5. Introdução à física atômica e nuclear, Introdução às ondas eletromagnéticas, Radiações ionizantes (partículas carregadas, nêutrons e fótons), Interação da radiação ionizante com a matéria (ionização, efeitos fotoelétrico, Compton e produção de pares), Transferências linear de energia, Livre caminho médio e alcance das radiações ionizantes, Instrumentação para detecção de radiação ionizante, Calibração, Radiações não-ionizantes, O ultrassom, Campos eletromagnéticos até 300 GHz, Radiação óptica (infravermelho, visível e ultravioleta).

#### **Syllabus**

Introduction to atomic and nuclear physics, Introduction to electromagnetic waves, Ionizing radiation (charged particles, neutrons, and photons), Ionizing radiation and matter (ionization, photoelectric effect, Compton effect, and particle-antiparticle production), Linear transfer of energy, Mean free path and reach of ionizing particles, Instrumentation for ionizing radiation detection, Calibration, Non-ionizing radiation, Ultrasound, Electricmagnetic fields up to 300 GHz, Optic radiation (infrared, visible, and ultraviolet). Bibliografia: 1 AHMED, S. N. Physics & Engineering of Radiation Detection. 1st. Edition, Academic Press, London, 2007. 2 EISBERG, R., RESNICK, R. Física quântica. 4ª. Edição, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1986. 3 KAPLAN, I. Física nuclear. 2a. edição, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1978. 4 KNOLL, F. G. Radiation detection and measurements. 2nd. Edition, John Wiley & Sons, New York, 1989. 5 LAMARSH, J. R. Introduction to nuclear engineering. 2nd. Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York, 1983. 6 MEYERHOF, W. E. Elements of nuclear physics. McGraw-Hill Book Company, New York, 1967. 7 WHO, Ultraviolet. World Health Organization, EHC 160, WHO, Geneva, 1994. 8 WHO, Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). World Health Organization, EHC 137, WHO, Geneva, 1993. 9 WHO, Extremely low frequency (ELF) fields. World Health Organization, EHC 35, WHO, Geneva, 1984. 10 WHO, Lasers and optical radiation. World Health Organization, EHC 23, WHO, Geneva, 1982. 11 WHO, Ultrasound. World Health Organization, EHC 22, WHO, Geneva, 1982.

### **FF-279/2021 - Física Espacial / Space Physics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Física de plasmas: introdução, equações de Maxwell, equação da continuidade e hidrodinâmica, movimento das partículas e invariantes adiabáticas. Física solar: estrutura estelar e atmosfera solar, explosões, manchas solares e ciclo solar. Vento solar e meio interplanetário, correntes rápidas e buracos coronais. Geomagnetismo e magnetosfera: dipolo magnético, coordenadas geomagnéticas, perturbações e

tempestades geomagnéticas, índices de atividade geomagnética, plasmasfera e onda de choque, correntes e convecção magnetosférica. Atmosfera neutra e ionizada: distribuição da temperatura, processos físicos e químicos, dinâmica das camadas atmosféricas, ventos e marés atmosféricas, ionosfera, características e nomenclatura, química ionosférica e modelo de Chapman. Ionosfera e dínamo atmosférico, condutividade, correntes e campos elétricos ionosféricos, perturbações e tempestades ionosféricas, fenômenos em regiões equatoriais e de baixas latitudes. Instrumentação: dados óticos e de rádio, sonda de Langmuir, ionossonda, sistema GNSS, fotômetro e espalhamento incoerente.

#### Syllabus

Plasma physics: introduction, Maxwell's equations, continuity equation and hydrodynamics, particle motion and adiabatic invariants. Solar physics: star structure and solar atmosphere, explosions, sunspots and solar cycle. Solar wind and interplanetary medium, fast currents and coronal holes. Geomagnetism and magnetosphere: magnetic dipole, geomagnetic coordinates, geomagnetic disturbances and storms, geomagnetic activity indices, plasmasphere and shock wave, magnetospheric currents and convection. Neutral and ionized atmosphere: temperature distribution, physical and chemical processes, dynamics of atmospheric layers, winds and tides, ionosphere, characteristics and nomenclature, ionospheric chemistry and Chapman model. Ionosphere and atmospheric dynamo, conductivity, ionospheric currents and electric fields, ionospheric disturbances and storms, phenomena in equatorial and low latitude regions. Instrumentation: optical and radio data, Langmuir probe, ion probe, GNSS system, photometer and incoherent scattering. Bibliografia: Tascione, T.F. Introduction to the Space Environment, Malabar, Orbit Book Company Inc., 1988. Kirchhoff, V.W.J.H. Introdução à Geofísica Espacial. São Paulo, Edusp, 1991. Bittencourt, J.A., Fundamentals of plasma physics, Oxford: Pergamon Press, 1988.

#### **FF-289/2021 – Introdução à Fotônica / Introduction to Photonics**

Requisito recomendado: FIS-32 e FIS-46. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Natureza e propriedades da luz: ondas eletromagnéticas, o fóton, dualidade partícula-onda. Óptica Geométrica: Princípio de Fermat, traçado de raios, matrizes ABCD, componentes e sistemas ópticos. Óptica Física: Princípio de Huygens, interferência, polarização, teoria escalar de difração, limites de Fraunhofer e de Fresnel, e óptica de Fourier. Propagação da luz no espaço livre, em meios dielétricos, e em guias de ondas. Interferometria: Interferência, coerência da luz, interferômetros, e cavidades ressonantes. Interação radiação-matéria I: absorção, emissão espontânea, emissão estimulada, e lasers. Interação radiação-matéria II: espalhamentos elástico e não-elásticos, espalhamento não-lineares, espalhamentos estimulados. Interação radiação-matéria III: interação dos fótons com metais, dielétricos, semicondutores e nanomateriais. Introdução a tópicos avançados em Fotônica. Aplicações tecnológicas da Fotônica.

#### Syllabus

Nature and properties of light: electromagnetic waves, the photon, particle-wave duality. Geometric Optics: Fermat Principle, ray tracing, ABCD matrices, optical components and systems. Physical Optics: Huygens Principle, interference, polarization, scalar diffraction theory, Fraunhofer and Fresnel limits, and Fourier Optics. Light propagation in free space, dielectric media, and waveguides. Interferometry: Interference, light coherence, interferometers, and resonant cavities. Radiation-matter interaction I: absorption, spontaneous emission, stimulated emission, and lasers. Radiation-matter interaction II: elastic and non-elastic scattering, nonlinear scattering, stimulated scattering. Radiation-matter interaction III: interaction of photons

with metals, dielectrics, semiconductors and nanomaterials. Introduction to advanced topics in Photonics. Technological applications of photonics. Bibliografia: E. Hecht. Optics. Pearson, 5th Ed., 2016. C. Roychoudhuri. Fundamentals of Photonics. SPIE Press, 2008. B.E.A. Saleh, M.C. Teich. Fundamentals of Photonics, 2nd Ed.. Wiley, 2007.

### **FF-298/2021 - Instrumentação em Física Espacial**

Requisito recomendado: FF-279 Física Espacial. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-8. Física de plasmas: introdução, equações de Maxwell, equação da continuidade e hidrodinâmica, movimento das partículas carregadas e invariantes adiabáticos. Metrologia, métodos e princípios físicos de medidas. Instrumentação em ciência espacial visando aquisição de dados, fabricação e controle de instrumentos. Medidas de campos elétrico e magnético, densidade, ondas ELF, raios-X e raios cósmicos na atmosfera, temperatura e velocidade. Estudo de radiações ionizantes: teoria, observação e transporte de radiação cósmica, modelamento e análise de dados. Instrumentação de plasmas espaciais: contadores Geiger, cintiladores e detectores de gases, fotômetros, ionossondas, magnetômetros, radar de LASER, receptores de GPS, receptores de VLF, riômetro, cargas úteis a bordo de foguetes (fotômetros, experimentos de plasma ionosférico, sonda capacitiva em alta frequência, sonda dupla de campo elétrico, sondas de Langmuir e sonda de temperatura eletrônica). Bibliografia: Balbinot, A., Brusamarello, V.J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. Vols. I e II, Editora LTC, segunda edição 2011. Moore, J.H., Davis, C.C., Coplan, M.A. Coplan, Greer, S.C. Building Scientific Apparatus. Cambridge University Press, fourth edition, 2009. Tascione, T.F. Introduction to the Space Environment, Chapter 1 and 9: Radio Wave Propagation in the Ionosphere, Krieger Pub. Co., Malabar – FL, 2010.

### **FQ-201/2021 – Materiais Energéticos**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Ser aluno do PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. Propriedades físicas e químicas. Fenômenos de transporte. Testes de avaliação e principais usos. Propulsão química: definições gerais. Propriedades físicas e químicas. Testes de avaliação e operação de processamento. Base simples, base dupla e base tripla. Propulsores de foguetes: base dupla estruturada e moldada. Propelentes compósitos. Pólvora negra. Pirotécnicos: definições gerais. Materiais utilizados e principais usos dos iniciadores. Elementos de retardo. Composições fumígenas e luminosas. Dispositivos iniciadores. Aspectos de segurança no manuseio de materiais altamente energéticos. Simulação computacional. Bibliografia: 1 COOK, M.A., The Science of High Explosives. Robert E. Krieger Publishing Co. inc., Huntington, N.Y., 2. ed., 1971; 2 CALZIA, J., Les Substances Explosives et Leurs Nuisances. Editora Dunod, Paris, 1. ed. 1969, 3 KUO, K.K., Principles of combustion, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.

### **FQ-202/2021 – Engenharia Aplicada a Armamentos e Munições Aéreas**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Aluno PPGAO. Horas semanais: 4-0-0-6. Bombas de fins gerais. Espoletas para bombas. Bombas de alta arrasto. Características de bombas incendiárias. Constituição de bombas lança-granadas. Bombas de penetração e anti-pistas. Tecnologia de guiamento em bombas de aviação. Foguetes de aviação. Metralhadores e canhões. Mísseis. Bibliografia: 1 SHUKMAN, D., Tomorrow's War: The Threat of High-Technology Weapons. Ed. Harcourt, New York, 1996; 2 ZARZECKI, T. W., Arms Diffusion: The Spread of Military Innovations in the International System. Ed. Routledge, New York, 2002.

### **FQ-220/2021 - Termodinâmica Química / Chemical Thermodynamics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Os princípios da Termodinâmica e suas conseqüências. Primeira, segunda e terceira leis da termodinâmica. Termoquímica. Entropia. Energia livre. Potencial químico, atividade e fugacidade. Constante de equilíbrio termodinâmico. Estudo termodinâmico das soluções.

Syllabus:

The principles of thermodynamics and their consequences. The first, second and third laws of thermodynamics. Thermochemistry. Entropy. Free energy. Chemical potential, activity, and fugacity. Thermodynamics equilibrium constant. Thermodynamics study of solutions. Bibliografia: 1 LEVINE, I. N. Physical Chemistry 6 ed. McGraw-Hill Science, 2009. 2 KLOTZ, I. M. e ROZEMBERG, R. M. Chemical Thermodynamics. 6 ed. John Wiley and Sons, 2000. 3 STOLEN, S.; GRANDE, T. Chemical Thermodynamics of Materials: Macroscopic and Microscopic Aspects. John Wiley & Sons, 2004.

### **FQ-222/2021 - Cinética Química / Chemical Kinetics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Tratamento empírico das velocidades de reações homogêneas. Métodos experimentais e tratamento dos dados. Os processos elementares: a teoria cinética dos gases e a teoria do estado de transição. Comparação da teoria com resultados experimentais: discussão de algumas reações cujo mecanismo já foi investigado. Reações mais complexas: catálise homogênea e reações em cadeia. Introdução à cinética das reações heterogêneas.

Syllabus:

Empirical treatment of homogeneous reaction rates. Experimental methods and data processing. The elementary processes: the kinetic theory of gases and the transition state theory. Comparison of theory with experimental results: discussion of some reactions whose mechanisms have already been investigated. More complex reactions: homogeneous catalysis and chain reactions. Introduction to the kinetics of heterogeneous reactions. Bibliografia: 1 FROST, A. A.; PERSON, R. G. Kinetic and mechanics - a study of homogenous chemical reactions. New York: John Wiley & Sons, 1953. 2 MOELWYN-HUGHES, E.A. The chemical statistics and kinetics of solutions. New York: Academic Press, 1971.

### **FQ-224/2021 - Identificação de Materiais por FT-IR / Identification of Materials by FT-IR**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Características da espectroscopia no infravermelho médio (MIR), próximo (NIR) e distante (FAR ou FIR). Técnicas MIR/FIR de obtenção de espectros / preparação de amostras por transmissão (filme líquido, filme vazado, filme fundido, pastilha, pirólise, emulsão). Características das técnicas de análise de superfície por reflexão (reflexão total atenuada universal – UATR, reflexão total atenuada – ATR e refletância difusa – DRIFT). Introdução às técnicas de análise de superfície por microscopia – FT-IR e detecção fotoacústica (PAS). Introdução à análise por transflectância na região do infravermelho próximo (NIRA). Interpretação de espectros FT-IR de materiais orgânicos, inorgânicos e poliméricos. Introdução à análise quantitativa FT-IR.

Syllabus:

Characteristics of the medium infrared spectroscopy (MIR), near infrared spectroscopy (NIR) and far infrared spectroscopy (FAR or FIR). MIR / FIR techniques of sample preparation by transmission (liquid film, casting film, melt film, pellet, pyrolysis, emulsion). Characteristics of the surface analysis techniques by reflection (universal attenuated total reflection – UATR, attenuated total reflection – ATR and diffuse

reflectance - DRIFT). Introduction to the techniques of surface analysis by microscopy – FT-IR and photoacoustic detection (PAS). Introduction of analysis by transreflectance near-infrared (NIRA). Interpretation of FT-IR spectra of organic, inorganic and polymeric materials. Introduction to quantitative FT-IR analysis. Bibliografia: 1 PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; KRIZ, G.S.; VYVYAN, J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015, 733p. 2 SMITH, A.L. Applied infrared spectroscopy, 1979, John Wiley & Sons, New York, 314p. 3 HUMMEL, D.O.; SCHOLL, F. Atlas of polymer: a plastics analysis, 1981, 1984, Vol. I, II and III, Verlag chemie GmbH.

### **FQ-230/2021 - Termoquímica e Combustão de Materiais Energéticos / Thermochemistry and Combustion of Energetic Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-220. Horas semanais: 3-0-1-6. Termodinâmica da conversão de energia: Termoquímica de combustão; Propagação da onda de combustão; Aspectos energéticos de propelentes e explosivos; Combustão de materiais cristalinos e poliméricos; Combustão de propelentes base-dupla; Combustão de propelentes compósitos; Combustão de explosivos; Combustão no motor-foguete.

Syllabus:

Energy conversion thermodynamics: Combustion thermochemistry; Propagation of the combustion wave; Energy aspects of propellants and explosives; Combustion of crystalline and polymeric materials; Combustion of double-based propellants; Combustion of composite propellants; Combustion of explosives; Combustion in the rocket engine. Bibliografia: KUBOTA, N., Propellants and Explosives - Thermochemical Aspects Of Combustion, Wiley - VCH, 2002; KUO, K. K., Fundamentals Of Solid Propellant Combustion, AIAA, 1985; COOPER, P. W., Explosives Engineering, Wiley - VCH, 1996.

### **FQ-232/2021– Conceitos de Química Orgânica, Aplicados a Materiais Energéticos / Concepts of Organic Chemistry, Applied to Energetic Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

O átomo de carbono. Classificação das cadeias carbônicas. As Funções Orgânicas. Nomenclatura dos compostos orgânicos. Radicais orgânicos. Forças intermoleculares. Efeitos indutivos e de ressonância. Pares de elétrons não compartilhados no oxigênio e nitrogênio. Principais reações orgânicas (Esterificação; Formação de anidridos; Formação de poliuretanos; Reação de nitração). Solventes: polares, apolares, próticos, apróticos. Reações de substituição  $SN_1$  e  $SN_2$ . Reações de eliminação  $E_1$  e  $E_2$ . Reações de substituição versus reações de eliminação. Reações de adição. Mecanismos de reação. Definição e classificação de Materiais Energéticos. Técnicas de caracterização aplicadas a materiais energéticos.

Syllabus:

The carbon atom. Classification of carbon chains. Organic Functions. Nomenclature of organic compounds. Organic radicals. Intermolecular forces. Inductive and resonance effects. Pairs of electrons not shared in oxygen and nitrogen. Main organic reactions (Esterification; anhydrides Formation; polyurethanes Formation; Nitration reaction). Solvents: polar, nonpolar, protic, aprotic.  $SN_1$  and  $SN_2$  reactions.  $E_1$  and  $E_2$  reactions.  $SN$  versus  $E$ . Addition reactions. Mechanisms of reaction. Definition and classification of energetic materials. Characterization techniques applied to energetic materials. Bibliografia: 1 Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S. Organic Chemistry. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012, 1234p. 2 Bruice, P.Y. Química Orgânica. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. Vol. 1, 704p. 3 Agrawal, A.P. High Energy

Materials: Propellants, Explosives and Pyrotechnics. 1. ed. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010, 498p.

### **FQ-233/2021 – Química de Materiais Energéticos / Chemistry of energetic materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Propelentes (família de propelentes, composição qualitativa e quantitativa básica; propelente sólido, considerado ecologicamente correto); Síntese de ligantes usuais e energéticos; síntese de oxidantes não convencionais, que não liberam cloro, ADN; Caracterização de componentes de propelentes por FT-IR, Análise Granulométrica, Análise Térmica (DSC e TGA) e análise por cromatografia; Caracterização do sistema propelente por meio de testes de sensibilidade, propriedades mecânicas e velocidade de queima. Interfaces de propelentes com proteções térmicas/Produto acabado- envelope motor carregado.

Syllabus:

Propellants (propellants family, basic qualitative and quantitative composition, ecologically friendly solid propellants); Synthesis of usual and energetic binders; synthesis of non-conventional oxidizers, which do not release chlorine, ADN; Characterization of propellant components by FT-IR, Granulometric Analysis, Thermal Analysis (DSC and TGA) and analysis by chromatography; Characterization of the propellant system by means of tests of sensitivity, mechanical properties and burning rate. Interfaces of propellants with thermal protections / Finished product - loaded engine envelope. Bibliografia: 1 PALMERIO, A. F. Introdução à tecnologia de foguetes. São José dos Campos/SP: SindCT, 2017. p. 304, 2 TEIPEL, U. Energetic materials: particle processing and characterization. Weinheim: Wiley-VCH, 2005. 643 p 3 KUBOTA, N., Propellants and Explosives - Thermochemical Aspects Of Combustion, Wiley - VCH, 2002.

### **FQ-240/2021 – Eletroquímica Clássica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Equilíbrio em soluções eletrolíticas. Relações termodinâmicas básicas. Coeficientes de atividades osmóticas. A teoria de interação iônica. Processos de transportes em soluções eletrolíticas na ausência de convecção. Condutividade elétrica. Números de transporte. Difusão. Relação entre mobilidade e coeficientes de difusão. Repercussão da interação iônica. Efeito termogalvânico. A termodinâmica de elementos galvânicos. A problemática da definição dos potenciais. Eletrodos de referência. Determinação de coeficientes e atividades. Os potenciais de junção. Potenciais de membranas. A estrutura de dupla camada elétrica na interface. Capacitação da dupla camada. Fenômenos eletrocinéticos. Bibliografia: KORYTA, J. et al., Electrochemistry, Methuen, London, 1970; NEWMAN, J. S., Electrochemical Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1973.

### **FQ-242/2021 - Cinética Eletroquímica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-240. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceituação dos principais tipos de sobrevoltagens. Teoria da sobrevoltagens de transferência de carga, de transporte de materiais e de reação. Técnicas experimentais usadas para determinar os mecanismos das reações eletroquímicas. Efeito de dupla camada eletrodo/eletrolito sobre a cinética no disco e em outras configurações. Bibliografia: K. J. VETTER, Elektrochemische Kinetik, Springer-Verlag, Frankfurt, 1961. V. G. LEVICH, Physicochemical Hydrodynamics, Prentice-Hall, New Jersey, 1962. L. I. KRAISHTALIK, Charge transfer Reactions in Electrochemical and Chemical Processes, consultant Bureau, New York, 1986.

### **FQ-243/2021 – Espectroscopia de Impedância Eletroquímica / Electrochemical Impedance Spectroscopy**

Requisito recomendado: FQ-220; FQ-222. Requisito exigido: FQ-240. Horas semanais: 3-0-0-6. Definição de impedância e impedância de circuitos elétricos. Fundamentos da espectroscopia de impedância eletroquímica. Conceito de impedância complexa. Representação gráfica de dados de espectroscopia de impedância. Representação de Nyquist e Bode de dados complexos de impedância para circuitos elétricos ideais. Código de descrição do circuito. Exemplos de modelos de circuitos equivalentes ideais. Representação de impedância de processos globais e em eletrodos. Impedância das reações faradaicas na presença de transferência de massa. Impedância das reações faradaicas na presença de adsorção. Dispersão de impedâncias em eletrodos sólidos. Impedância de Eletrodos Porosos. Exemplos selecionados de aplicações de análise de impedância.

Syllabus:

Definition of Impedance and Impedance of Electrical Circuits. Fundamentals of electrochemical impedance spectroscopy. Concept of complex impedance. Graphical representation of impedance spectroscopy data. Nyquist and Bode representation of complex impedance data for ideal electrical circuits. Circuit Description Code. Examples of ideal equivalent circuit models. Impedance representation of bulk-material and electrode processes. Impedance of the Faradaic Reactions in the Presence of Mass Transfer. Impedance of the Faradaic Reactions in the Presence of Adsorption. Dispersion of Impedances at Solid Electrodes. Impedance of Porous Electrodes. Selected examples of impedance-analysis applications. Bibliografia: 1 LASIA, A. Electrochemical Impedance Spectroscopy and its Applications – Springer-Verlag, New York, 2014. 2 LVOVICH, V. F. Impedance Spectroscopy: Applications to Electrochemical and Dielectric Phenomena, Wiley, 2012. 3 BARD A.J., FAULKNER L.R. Electrochemical methods. Fundamentals and applications. 2ed., Wiley, 2001.

### **FQ-245/2021 - Ciência e Tecnologia de Baterias / Batteries Science and Technology**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-240. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos Termodinâmicos e Cinéticos. Parâmetros de Desempenho: Capacidade, Curvas de Peukert, Recarga, Ciclagem, Profundidade de Descarga, Consumo de Água e Aceitação Dinâmica de Carga; Bateria Chumbo-Ácido: Reações, Materiais Ativos, Grades, Separadores e Ligas, Processos de Produção – Óxidos, Empastamento, Cura e Formação. Bateria níquel-hidreto metálico (Ni-MH): Reações, Materiais Ativos, Projeto, Principais Aspectos Construtivos. Baterias Íon-lítio: Comparação de diferentes pares eletroquímicos, Principais Cátodos (LiCoO<sub>2</sub>, LiNiO<sub>2</sub>, LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> e LiFePO<sub>4</sub>) e Anodos. Aplicações – Aeroespacial, Automotiva, Industrial e Armazenamento de Energia. Tecnologias futuras.

Syllabus:

Thermodynamic and Kinetic Fundamentals. Performance Parameters: Capacity, Peukert Curves, Recharge, Cycling, Discharge Depth, Water Consumption and Dynamic Load Acceptance; Lead Acid Battery: Reactions, Active Materials, Grids, Separators and Alloys, Production Processes - Oxides, Pasting, Curing and Formation; Nickel Metal Hydride (Ni-MH) Battery: Reactions, Active Materials, Design, Key Constructive Aspects; Lithium Ion Batteries: Comparison of different electrochemical pairs, Main Cathodes (LiCoO<sub>2</sub>, LiNiO<sub>2</sub>, LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and LiFePO<sub>4</sub>) and Anodes. Applications – Aerospace, Automotive, Industrial, and Energy Storage. Future technologies. Bibliografia: 1 J. WARNER, Lithium-Ion Battery Chemistries, 1st Edition, Elsevier, 2019. 2 D. BERNDT, Maintenance-Free Batteries 3rd Edition,

Research Studies Pre,2002. 3 D. PAVLOV, Lead-Acid Batteries: Science and Technology, 2nd Edition, Elsevier, 2017.

### **FQ-251/2021 - Físico-Química de Interface de Compósitos Poliméricos**

Requisitos recomendados: FQ-220 e FQ-250. Requisitos exigidos: Não há. Horas semanais: 4-0-0-8. Tipos de reforço. Tratamento superficial do reforço, via métodos químicos e físicos. Avaliação físico-química da interface reforço/matriz polimérica. Correlação do tipo de interface com propriedades mecânicas do compósito. Influência das características físico-químicas da matriz na escolha da técnica de processamento. Polímeros termoplásticos. Polímeros termorrígidos. Blendas poliméricas. Técnicas de processamento de compósitos poliméricos. Bibliografia: 1 BRATUKHIN, A.G.; BOGOLYUBOV, V.S. Composite Manufacturing technology, Chapman & Hall, London, 1995; 2 KELLY, A.C. e MILEKO, S.T. - Fabrication of composite. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1983; 3 MANO, E.B., Polímeros como materiais de engenharia. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1996.

### **FQ-252/2021 - Fundamentos da Ciência dos Polímeros / Fundamentals of Polymer Science**

Requisito recomendado: FQ-232 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-2-0-3. Definição (polímeros, mero, homopolímeros, copolímeros, terpolímeros, oligômeros, resina, blenda). Aspectos fundamentais da química dos polímeros. Estrutura polimérica, ligações químicas, funcionalidade, nomenclatura. Grau de polimerização e determinação da massa molar (médio, ponderal), molecularidade. Reação de polimerização (adição, condensação, substituição, Ziegler-Natta). Técnicas de polimerização (solução, emulsão, suspensão, massa, estereoespecífica, in-situ, interfacial, etc). Classificação dos polímeros quanto à estrutura química, comportamento termomecânico, aplicação, origem, método de obtenção. Tipo, configuração (cis / trans) e conformação das cadeias poliméricas (encadeamento, isomeria, taticidade). Propriedades físicas, químicas, térmicas dos polímeros. Viscoelasticidade e comportamento mecânico. Exemplos de polímeros e aplicações.

Syllabus:

Definition (polymers, monomer, homopolymers, copolymers, terpolymers, oligomers, resin, blends). Fundamental aspects of polymer chemistry. Polymer structure, chemical bonds, functionality, nomenclature. The degree of polymerization and determination of molar mass (mean, weight), molecularity. Polymerization reaction (addition, condensation, substitution, Ziegler-Natta). Polymerization techniques (solution, emulsion, suspension, mass, stereospecific, in-situ, interfacial, etc.). Classification of polymers in terms of chemical structure, thermomechanical behavior, application, origin, method of production. Type, configuration (cis / trans) and conformation of the polymer chains (chaining, isomerism, tacticity). Physical, chemical and thermal properties of polymers. Viscoelasticity and mechanical behavior. Examples of polymers and applications. Bibliografia: 1 Mano, E. B.; Mendes, L. C. Introdução a polímeros. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 1999. 2 Canevarolo Jr, S. V. Ciência dos polímeros. 3ª ed. São Paulo: Artliber, 2006. 3 Young, R. J. e Lovell, P. A. Introduction to Polymers. 3ª ed. CRC Press, 2011.

### **FQ-254/2021 - Estrutura e Propriedades de Polímeros / Structure and Properties of Polymers**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definições. Sistemas polímero-solvente. Termodinâmica de soluções diluídas. Métodos de determinação de massa molar de polímeros. Polímeros no estado sólido: amorfo e



cristalino. Princípios de técnicas de análise e caracterização: Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FT-IR), Espectroscopia Raman, Difração de raios-X (XRD), Espectroscopia de ressonância magnética nuclear (NMR). Análise térmica. Análise mecânica.

Syllabus:

Definitions. Polymer-solvent systems. Dilute solution thermodynamics. Methods of determination of molar mass. Polymers in the bulk state: amorphous and crystalline. Principles of analysis and characterization techniques: spectroscopy of absorption in the infrared region (FT-IR), Raman spectroscopy, X-ray Diffraction (XRD), Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR). Thermal analysis. Mechanical analysis. Bibliografia: 1 PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.;KRIZ, G.S.; VYVYAN,J.R. Introdução à espectroscopia, 2. Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2015. 2 RUDIN, A. The elements of polymer science and engineering. New York: Academic Press, 1982. 3 SPERLING, L.H. Introduction to Physical Polymer Science, John Wiley & Sons, New York, 2006.

### **FQ-257/2021 – Tópicos em Degradação de Polímeros**

Requisito recomendado: FQ-254 e FQ-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aspectos gerais de degradação de polímeros. Tipos de reações de degradação: cisão de cadeias e reticulação; degradação sem cisão de cadeias; auto-oxidação; despolimerização. Agentes de iniciação de degradação: ação térmica, ação foto-química, ação química; ação mecânica. Estabilizantes: modo de ação; tipos; solubilidade, migração e estabilidade química. Ensaio e métodos de acompanhamento de processos de degradação: Ensaio de envelhecimento ambiental e acelerado; métodos de acompanhamento térmico; métodos espectroscópicos; ensaios mecânicos; ensaios químicos. Bibliografia: 1 DE PAOLI, M.A. Degradação e Estabilização de Polímeros. São Paulo: Artliber, 2008. 286 p. 2 HAMID, S.H. Handbook of Polymer Degradation. New York: Marcel Dekker, 2000. 773 p. 3 ALLEN, N.S. Fundamentals of Polymer Degradation and Stabilization. London: Elsevier, 1992. 201 p.

### **FQ-259/2021 - Nanotecnologia do Carbono**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-5. Fundamentos da química e propriedades do carbono, carbonização e grafitação. Propriedades mecânica do carbono. Propriedade elétrica e térmica do grafite. Diamante. Técnicas de micro e nanocaracterização. Cinética e ativação do carbono. Funcionalização de nanomateriais de carbono. Funcionalização por radiação ionizante. Bibliografia: T.W. EBBESEN. Carbon Nanotubes: Preparation and properties. Boca Raton: CRC Press, 1996. M. J. OCONNEL. Carbon Nanotubes: Properties and application. Boca Raton: CRC Press, 2006. C. S. S. R. KUMAR. Carbon Nanomaterials. New York: Wiley VCH, v. 9, 2011.

### **FQ-260/2021 - Introdução à Química de Materiais / Introduction to Materials Chemistry**

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-290 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Relações entre estruturas atômica/molecular e propriedades físicas dos materiais. Estrutura atômica e molecular: orbitais atômicos; orbitais moleculares; ligações químicas. Introdução à química do estado sólido: arranjo atômico/molecular em materiais amorfos e cristalinos. Introdução aos sistemas autoorganizados e aos nanomateriais: técnicas “bottom-up” e “top-down”; fenômenos superficiais; classificação. Introdução aos aspectos estruturais e as propriedades de materiais: metais, cerâmicas e polímeros. Exemplos de métodos de caracterização de materiais.

Syllabus:

The relationship between materials atomic/molecular structures and physical properties. Atomic and molecular structure: atomic orbitals; molecular orbitals; chemical bonds. Introduction to solid state chemistry: atomic/molecular arrangement in amorphous and crystalline materials. Introduction to self-assembled systems and nanomaterials: bottom-up and top-down techniques; surface phenomena; classification. Introduction to structural aspects and properties of materials: metals, ceramics, and polymers. Examples of methods of characterization of materials. Bibliografia: 1 FAHLMAN, B. D. Materials Chemistry. Dordrecht: Springer, 2007. 2 KLABUNDE, K.J. (Ed.) Nanoscale materials in chemistry. Nova York: John Wiley & Sons, 2001. 3 COMPANION, A.L. Ligação Química. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

### **FQ-261/2021 - Físico-Químico de Sistemas Auto-Organizados / Physico-Chemistry of Self-assembled Systems**

Requisito recomendado: FQ-260 ou equivalente. Requisito exigido: FQ-220. Horas semanais: 3-0-0-6. Tipos de sistemas auto-organizados. Interações intermoleculares: sistema molecular versus material. Sistemas tensoativos: tipo de moléculas tensoativas; efeitos superficiais e interfaciais. Estruturas tensoativas auto-organizadas: micelas, cristais líquidos e transição de fases. Dinâmica e termodinâmica da auto-organização. Materiais auto-organizados a partir de sistemas moleculares: efeito direcionador; associação com processo sol-gel.

Syllabus:

Types of self-assembled systems. Intermolecular interactions: molecular versus material system. Surfactant systems: type of surfactant molecules; surface and interfacial effects. Self-assembled surfactant structures: micelles, liquid crystals and phase transition. Dynamics and thermodynamics of self-assembly. Self-assembled materials from molecular systems: driving effect; association with sol-gel process. Bibliografia: 1 HAMLEY, I. W. Introduction to soft matter: synthetic and biological self-assembling materials. John Wiley & Sons, 2007. 2 ROSEN, M. J. Surfactants and interfacial phenomena. 3<sup>a</sup> ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2004. 3 ZHANG, J.; WANG, Z.; LIU, J.; CHEN, S. e LIU, G. Self-assembled nanostructures. Lockwood, D.J. Ed. Nanostructure Science and Technology. Nova York: Kluwer Academic, 2003.

### **FQ-262/2021 – Planejamento de Experimentos Aplicado à Química dos Materiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Populações, amostras e distribuições: normal, t de Student e F. Média, variância e desvio padrão. Graus de Liberdade. Intervalo de confiança a partir de médias. Comparação de resultados de experimentos em química. Planejamento fatorial completo de dois ( $2^k$ ) e três níveis ( $3^k$ ). Planejamento fatorial em bloco. Planejamento fracionado. Planejamento saturado. Modelagem de experimentos em química por mínimos quadrados. Análise de variância de modelos. Intervalo de confiança para valores estimados. Análise estatística da regressão. Falta de ajuste e erro puro. Correlação e regressão. Metodologia de superfícies de resposta. Bibliografia: 1 BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como Fazer Experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 4<sup>a</sup> Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 414 p.; 2 RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos. 2<sup>a</sup> Ed. Campinas: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009. 358 p.; 3 BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. Statistics for Experimenters: design, innovation, and discovery. 2<sup>nd</sup> Ed. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2005. 664 p.

### **FQ-264/2021 - Introdução a Métodos de Síntese e de Caracterização de Materiais / Introduction to Synthesis and Characterization Methods of Materials**

Requisito recomendado: FQ-232. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Síntese química e mecanismos de reação de materiais. Princípios e aplicação de principais técnicas instrumentais para a caracterização de produtos sintetizados. Definição, classificação e parâmetros utilizados nos métodos cromatográficos, com mais ênfase para a cromatografia em camada fina ou delgada (TLC) e cromatografia em coluna (HPLC- líquida e GC –gasosa). Características do acoplamento off-line de técnicas, TLC e espectroscopia no infravermelho (IR) e utilização na separação/identificação de aditivos de borrachas. Princípios de Espectroscopia Raman. Aspectos práticos de pré-processamento de espectros com ênfase em materiais carbonosos. Espectro do XPS, processamento de espectros. Síntese e Caracterização Eletroquímica; introdução à espectroscopia de impedância eletroquímica. Introdução ao comportamento viscoelástico de polímeros; influência da morfologia de polímeros em propriedades mecânicas e dinâmico-mecânicas.

Syllabus:

Chemical synthesis and reaction mechanisms of materials. Principles and application of main instrumental techniques for the characterization of synthesized products. Definition, classification and parameters used in chromatographic methods, with more emphasis on thin-layer chromatography (TLC) and column chromatography (HPLC-liquid and GC –gaseous chromatography). Characteristics of off-line coupling of techniques, TLC and infrared (IR) spectroscopy and use in the separation / identification of rubber additives. Principles of Raman Spectroscopy. Practical aspects of pre-processing of spectra with an emphasis on carbonaceous materials. Spectrum of XPS, spectra processing. Synthesis and Electrochemical Characterization; introduction to electrochemical impedance spectroscopy. Introduction to the viscoelasticity of polymers; influence of polymer morphology on mechanical and dynamic-mechanical properties. Bibliografia: 1 CLAYDEN, J.; GREEVES, N.; WARREN, S. Organic chemistry. 2 ed. Oxford University Press, 2012. 2 SALA, O. Fundamentos da espectroscopia raman e no infravermelho. 2 ed. Editora Unesp, 2008. 3 TICIANELLI, E. A., GONZALEZ, E. R. Eletroquímica: princípios e aplicações. 2 ed. Edusp, 2005. 4 CANEVAROLO, S. V. Técnicas de caracterização de polímeros. Editora Artliber, 2004.

### **FQ-266/2021 - Introdução aos Biomateriais e Engenharia de Tecidos / Introduction to Biomaterials and Tissue Engineering**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Biomateriais: Definição; Classes dos biomateriais; Biocompatibilidade e bioatividade; Materiais utilizados na área biomédica (Biocerâmicas / vidros bioativos, Metais, Polímeros, Hidrogéis, Compósitos); Biocompatibilização de superfícies. Técnicas de caracterização aplicadas aos biomateriais: Propriedades Mecânicas; Caracterização química; Caracterização biológica (Adsorção de proteínas, Citotoxicidade, Viabilidade celular, Diferenciação celular). Engenharia de tecidos (ET): Introdução à ET; Crescimento de tecidos; Biomateriais e engenharia de tecidos; Obtenção de scaffolds; Biomoléculas - Fatores de crescimento; Biorreatores para cultura de células; Células-tronco aplicadas à engenharia de tecidos; Engenharia de tecidos no sistema ósseo; Engenharia de tecidos da pele; Bioimpressão – Biofabricação. Aspectos Gerais: Produtos comerciais - Mercado; Considerações econômicas e éticas; Perspectivas na área de Engenharia de Tecidos.

Syllabus:

Biomaterials: General concepts; Classification of biomaterials; Biocompatibility and bioactivity; Materials for biomedical applications (Bioceramics / Bioactive glass, Metals, Polymers, Hydrogels, Composites); Biocompatibility of surfaces. Characterization techniques applied to biomaterials: Mechanical properties; Chemical

characterization; Biological characterization (Protein adsorption, Cytotoxicity, Cell viability, Cell differentiation). Tissue Engineering (TE): Introduction to TE; Tissue growth; Biomaterials and tissue engineering; Scaffolds; Biomolecules - Growth Factors; Bioreactors for cell culture; Stem cells applied to tissue engineering; Tissue engineering in the bone system; Skin tissue engineering; Bioprinting. General Aspects: Commercial products; Economic and ethical considerations; Perspectives in the area of tissue engineering. Bibliografia: 1 PULEO, D. A. et al. Biological Interactions on Materials Surfaces. Understanding and Controlling Protein, Cell, and Tissue Responses. Springer, 2009. 2 RATNER, Buddy D. Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine. 3 ed. Canada Academic Press, 2013. 3 LANZA, R. et al. Principles of Tissue Engineering. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2007.

#### **FQ-270/2021 – Adsorção sobre Sólidos**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 4-0-0-8. Aspectos termodinâmicos. Adsorção de moléculas orgânicas. Teoria do efeito do campo elétrico na adsorção. Isotermas de adsorção e processo de transporte de massa. Adsorção de oxigênio e formação de óxidos sobre eletrodos. Potencial de carga zero. Propriedades dielétricas e adsorptivas do solvente. Influência da natureza do metal. Adsorção e inibidor de corrosão. Bibliografia: 1 I.N. PUTILOVA; S.A. BALEZIN, V.P. BARANNIK, Metallic corrosion inhibitors, Pergamon Press, New York, 1960; 2 B.B. DAMASKIN, V.E. KAZARINOV, The adsorption of organic molecules in comprehensive treatise of electrochemistry, Vol. I, Ed. J. O'M Bockris, S.U.M. KHAN, Surface electrochemistry, Plenum Press, New York, 1993.

#### **FQ-282/2021 - Corrosão e seu Controle**

Requisito recomendado: FQ-220. Requisito exigido: FQ-240. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceituação, Corrosão sob o ponto de vista termodinâmico. Diagramas potencial versus, pH. Corrosão sob o ponto de vista cinético. Polarização. Passivação. Tipos de corrosão. Métodos gerais de proteção contra a corrosão. Bibliografia: 1 SHREIR, L. L., JARMAN, R.A. e BURSTEIN, G.T., Corrosion, 3 ed. Butterworth Heinemann, London, 1994, 2 WEST, J. M., Electrodeposition and corrosion processes, 2 ed., Van Nostrand, London, 1973; 3 JONES, D.A., Principles and prevention of corrosion. 2 ed. Prentice-Hall, 1996.

#### **FQ-283/2021 – Oxidação e Corrosão a Quente e seu Controle**

Requisito recomendado: FQ-220 e FQ-240 ou equivalentes. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos de Oxidação a Quente: Termodinâmica e cinética do processo de oxidação a quente. Corrosão a Quente: Princípios de corrosão a quente; Tipos de corrosão a quente; Técnicas de investigação de corrosão a quente; Controle de oxidação e de corrosão a quente. Bibliografia: 1 KHANNA, A. S., Introduction to high temperature oxidation and corrosion. ASM International, 2002. ISBN: 0-87170-762-4; 2 DE SEQUEIRA, C., High Temperature Corrosion Fundamentals and Engineering. John Wiley & Sons, 2015. ISBN-10: 0470119888, ISBN-13: 9780470119884.

#### **FQ-284/2021 – Tópicos de Corrosão**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-282 ou FQ-284 ou disciplina de Corrosão na Graduação. Horas semanais: 3-0-0-6. Discussão dos tópicos de corrosão relacionados com pesquisas desenvolvidas na instituição. Bibliografia: 1 H.H. UHLIG, R. W. Revie, Corrosion and Corrosion Control, John Wiley, New York, 1985. 2 M.G. FONTANA, N.D. GREENE, Corrosion Engineering, New York, McGraw-Hill Book Co, 1967. 3 Revista especializada em corrosão, Corrosion Science, British Corrosion, etc.

### **FQ-286/2021 - Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estrutura e ligação em carbonos. Imperfeições e ordem estrutural. Alotropia, polimorfismo e alotropia. Matérias-primas e processos para manufatura de materiais de carbonosos. Carbonos poliméricos, coques e piches. Mesofases na manufatura de carbonos grafitizáveis. Fibras de carbono: processamento e propriedades de uso em engenharia. Grafite: processamento e propriedades. Compósitos carbono reforçado com fibras de carbono: processamento e propriedades termo-mecânicas. Compósitos poliméricos reforçados com fibras de carbono: processamento e propriedades. Caracterização micro-estrutural de materiais carbonosos. Propriedades térmicas de Carbonos para uso Aeroespacial. Resistência e Propriedades Elásticas de Carbonos sólidos e compósitos. Propriedades elétricas de Carbonos. Carbonos modificados. Nanomateriais de carbono e seus usos em engenharia. Propriedades superficiais de carbonos. Uso de carbono em sistemas de energia. O carbono sólido como um material de uso em engenharia. Características superficiais de carbono. Porosidade e reatividade. Resistência a oxidação e inibição contra oxidação. Bibliografia: DELHAES, P. *Fibers and Composites* – 1<sup>st</sup> ed., Gordon and Breach Sci Publishers, 2001; Savage, J. *Carbon Carbon Composites* - 1<sup>st</sup> Ed., Chapman & Hall, 1993; MARSH, H., REINOSO, F. R. *Sciences of Carbon Materials*, ed., Publicaciones Universidad de Alicante, 2000.

### **FQ-290/2021 - Química Quântica I / Quantum Chemistry I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios da Mecânica Quântica (Espectro do átomo de hidrogênio, radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, fórmula de Rydberg, Borh, de Broglie, princípio da Incerteza de Heisenberg). A equação da onda em uma e duas dimensões. A equação de Schrödinger, Postulados e princípios gerais da mecânica quântica, Partícula na caixa, oscilador harmônico, rotor rígido, Átomo de hidrogênio.

Syllabus:

Principles of quantum mechanics (the hydrogen atom spectrum, blackbody radiation, photoelectric effect, Rydberg's formula, Borh, de Broglie, Heisenberg's Uncertainty Principle). The wave equation in one and two dimensions, The Schrödinger equation, Postulates and general principles of quantum mechanics, Particle in the box, harmonic oscillator, rigid rotor, Hydrogen atom. Bibliografia: 1 McQUARRIE, D. A. *Quantum Chemistry*. University Science Books, 2008. 2 HOLLAUER, E. *Química Quântica*. LTC, Rio de Janeiro, 2008. 3 LEVINE, I. N. *Quantum Chemistry*. 4a edição, Prentice Hall, 1991.

### **FQ-291/2021 – Métodos da Química Quântica Molecular / Molecular Quantum Chemistry Methods**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: FQ-290 ou FF-201. Horas semanais: 3-0-0-6. Métodos aproximados para solução da equação de Schrödinger: método variacional e teoria de perturbação. Princípio da anti-simetria e a aproximação de Born-Oppenheimer. Orbitais atômicos e moleculares, produto de Hartree e determinante de Slater. Método de Hartree-Fock, métodos do funcional da densidade, método multiconfiguracional Hartree-Fock, método interação de configurações e método Coupled Cluster. Aplicações a sistemas moleculares utilizando códigos computacionais atuais.

Syllabus:

Approximate methods to solve the Schrödinger equation: variational method and perturbation theory. The antisymmetry wave function and the Born-Oppenheimer approximation. Atomic and molecular orbitals, Hartree product and Slater determinant.

The Hartree-Fock method, the density functional methods, The multiconfiguration Self-Consistent Field method, The Configuration Interaction method, and Coupled Cluster method. Applications to molecular systems using current computational codes. Bibliografia: 1 McQuarrie, D. A. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books, 2008. 2 Morgon, N. H. e Coutinho, K. Métodos de Química Teórica e Modelagem Molecular. Livraria da Física, 2007. 3 Jensen, F. Introduction to Computational Chemistry. 2nd ed. Willey, 2007.

### **FQ-292/2021 – Quantum Molecular Dynamics – Applications of Rovibrational Spectra**

Requisito recomendado: FQ-290, FF-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introduction to solving the molecular Schrödinger equation. Separation of electronic and nuclear motion (Born-Oppenheimer approximation). Methods for solving the electronic Schrödinger equation (Hartree-Fock and electron correlation methods). Methods for solving the nuclear Schrödinger equation. 1 dimensional applications of harmonic, Morse, and numerical potentials. Introduction of *ScalIT* as a software package to solve 3 dimensional problems. Applications to obtain rovibrational spectra of diatomic and triatomic molecules. Bibliografia: 1 JOHN ZENG HUI Zhang, Theory and Application of Quantum Molecular Dynamics. World Scientific, 1999. 2 DAVID J. Tannor, Introduction to Quantum Mechanics: A Time-Dependent Perspective. University Science Books, 2007.

### **FQ-293/2021 - Introdução à Simulação por Dinâmica Molecular / Introduction to Molecular Dynamics Simulation**

Requisito recomendado: FQ-290. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Conceitos úteis em modelagem molecular: sistemas de coordenadas, potenciais interatômicos, potenciais intermoleculares, superfícies de potencial, superfícies moleculares, hardware e software para simulação computacional de sistemas moleculares. Modelos de campos de força empíricos para mecânica molecular: aspectos gerais; a aproximação de Born-Oppenheimer; estiramento de ligações, deformações angulares, torções diedrais, torções impróprias e deformações fora do plano; interações não ligadas, interações eletrostáticas e interações de Van der Waals; potenciais efetivos de pares. Métodos de simulação computacional por dinâmica molecular: espaço de fase, amostragem em ensembles, cálculo de médias termodinâmicas simples; equações de movimento para sistemas atômicos, algoritmos de integração de equações de movimento.

#### **Syllabus**

Useful concepts in molecular modelling: coordinate systems, interatomic and intermolecular potentials, potential energy surfaces, molecular surfaces, hardware and software for the computational simulation of molecular systems. Empirical force field models for molecular mechanics: general aspects; the Born-Oppenheimer approximation; bond stretching, angular bending, dihedral torsions, improper dihedrals and out of plane deformations; non-bonded interactions, electrostatic and Van der Waals interactions; effective pair potentials. Computational methods for molecular dynamics simulations: phase space, sampling in ensembles, calculation of simple thermodynamic means; equations of motion for atomic systems, algorithms for the integration of equations of motion. Bibliografia: 1 LEACH, A. R. Molecular Modelling: Principles and Applications. Prentice Hall, 2001. 2 ALLEN, M. P.; TILDESLEY, D. J. Computer Simulation of Liquids. Clarendon Press. 1987. 3 Garrels, M. Bash Guide for Beginners (2nd ed.). Fultus Corporation, 2010.

### **FQ-294/2021 - Introdução à Estrutura Eletrônica / Introduction to Electronic Structure**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-3. Modelagem de sistemas em mecânica clássica. Problemas da física clássica no final do século XIX. Equação de onda clássica e quântica. Interpretação de Copenhagen. Exemplos de potenciais com solução analítica. Átomos multieletrônicos e orbitais atômicos. Moléculas e aproximação de Born-Oppenheimer. Orbitais moleculares. Curvas de energia potencial. Formação de bandas. Ligação química de metais simples e do grupo principal. Metais de transição e tendências na tabela periódica. Química computacional: espectroscopia, reatividade e estabilidade de sistemas moleculares.

Syllabus:

Modelling systems in classical mechanics. Problems of classical physics in the late nineteenth century. Classical and quantum wave equation. Copenhagen interpretation. Examples of potentials with analytical solution. Multielectronic atoms and atomic orbitals. Molecules and the Born-Oppenheimer approximation. Molecular orbitals. Potential energy curves. Formation of energy bands. Chemical bonding of simple metals and main group elements. Transition metals and trends in the periodic table. Computational chemistry: spectroscopy, reactivity and stability of molecular systems.

Bibliografia: 1 LEVINE, I. N. Physical Chemistry. 6 ed. McGraw-Hill Science, 2009. 2 Piela, L. Ideas of quantum chemistry. 2 ed. Elsevier, 2014. 3 McQUARRIE, D. A. Quantum Chemistry. 2 ed. University Science Books, 2008.

### **FQ-295/2021 - Caracterização de Polímeros por Análise Térmica / Characterization of Polymers by Thermal Analysis**

Requisito recomendado: FQ-220, FQ-254, FQ-260. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à análise térmica; técnicas mais usuais (DSC, TGA, TMA, DMA). Relação estruturada molecular/comportamento térmico. Aplicações diversas: transições de estado, transições de fase, calor específico, coeficientes de expansão térmica, oxidação, decomposição, propriedades termomecânicas, comportamento viscoelástico, relaxações moleculares.

Syllabus:

Introduction to thermal analysis; most popular techniques (DSC, TGA, TMA, DMA). The relationship between molecular structure / thermal behavior. Several applications: state transitions, phase transitions, heat capacity, coefficient of linear thermal expansion, oxidation, decomposition, thermomechanical properties, viscoelastic behavior, molecular relaxations. Bibliografia: 1 TURI, E. A. Thermal characterization of polymeric materials. New York: Academic Press, 1996. 2 WENDLANT, W. W. Thermal analysis. New York: John Wiley & Sons, 1985. 3 CANEVALORO, S. V. Técnicas de Caracterização de Polímeros. São Paulo: Artliber Ed, 2004.

### **FQ-296/2021 - Estados Excitados - Modelagem e Caracterização / Excited States - Modelling and Characterization**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-4-4. Caracterização de transições eletrônicas radiativas e não-radiativas. Estruturas fundamentais nas superfícies de energia potencial de estados excitados. Canais de relaxamento, diagrama de Jablonski. Análise via regras de seleção, e orbitais moleculares de valência e Rydberg para a caracterização de estados excitados. Modelagem computacional de estado excitado por métodos multiconfiguracionais. Interação de dois ou mais cromóforos nos estados excitados - excímeros e exciplexos. Exemplos: estados excitados dos mecanismos de relaxamento de bases de ácidos nucleicos, pontos quânticos.

Syllabus:

Characterization of electronic transition processes: radiative and nonradiative. Important structures on potential energy surfaces of the excited states. Relaxation channels, Jablonski diagram. Characterization of the excited states based on the molecular orbitals: valence and Rydberg states, Selection rules. Computational modelling of the excited state processes – multiconfigurational description. Interaction of two or more chromophores in the excited states – excimer and exciplexes. Examples: excited states of nucleic acid bases-relaxation mechanisms, quantum dots. Bibliografia: 1 N.J. Turro, V. Ramanurthy, J. C. Scaiano, Modern Molecular Photochemistry of Organic Molecules, Science Books, 2010. 2 M. Klessinger, J. Michl, Excited States and Photochemistry of Organic Molecules, Wiley-VCH, 1995. 3 P. Klan, J. Wirz, Photochemistry of Organic Compounds, John Wiley & Sons, 2009.

### **FQ-298/2021 – Princípios de Espectroscopia de Absorção e de Luminescência na Região UV/VIS / Principles of Absorption and Luminescence Spectroscopy in the UV/VIS Region**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Processos fotofísicos: absorção, fluorescência, fosforescência, fluorescência atrasada. Transições não-radiativas. Instrumentação para espectroscopia de luminescência. Tempo de vida. Efeito do solvente nos espectros de emissão. O estado Triplete. Transferência de energia. Excímeros e exciplexos. Interações com oxigênio.

Syllabus:

Photophysical processes: absorption, fluorescence, phosphorescence, delayed fluorescence. Non-radiative transitions. Instrumentation for luminescence spectroscopy. Lifetime. Effect of the solvent on the emission spectra. The Triplet state. Energy transfer. Excimer and exciplexes. Interactions with oxygen. Bibliografia: 1 LAKOWICZ, J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy. 2nd edition. New York; Kluwer Academic, 1999. 2 TURRO, N. J. Modern Molecular Photochemistry. Sausalito: University Science Books, 1991. 3 BIRKS, J.B. Photophysics of Aromatic Molecules. New York: John Wiley & Sons, 1970.

### **MB-210/2021 – Probabilidade e Estatística**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos clássico e frequentista de probabilidade. Probabilidade condicional e independência de eventos. Teoremas de Bayes e da probabilidade total. Variáveis aleatórias discretas e contínuas. Funções massa, densidade, e distribuição acumulada. Valor esperado e variância. Desigualdades de Markov e de Tchebyshev. Variáveis aleatórias discretas: Bernoulli, Binomial, Geométrica e Poisson. Variáveis aleatórias contínuas: Exponencial negativa, Normal e Weibull. Momentos e função geratriz de momentos. Funções de variáveis aleatórias. Variáveis aleatórias conjuntas, função distribuição conjunta e marginal. Independência estatística, covariância e coeficiente de correlação. Amostras aleatórias. Teorema do limite central. Estimativa pontual de parâmetros. Método dos momentos e da máxima verossimilhança. Variáveis aleatórias Qui-quadrado e t de Student. Intervalos de confiança. Testes de hipótese unidimensionais. Testes de hipótese entre parâmetros de populações distintas. Bibliografia: WALPOLE, R., MYERS, R. H., MYERS, S., YE, K, Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, 8th. Ed., Prentice Hall, 2009. DEVORE, J.L., Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, 5th. Ed., Duxbury Press, 1999. WONNACOTT, T. H., WONNACOTT, R. J. Estatística Aplicada à Economia e à Administração. LTC, Rio de Janeiro, 1981.

### **MB-238/2021 - Gestão Estratégica de Tecnologia e da Inovação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-0. Introdução. Integrando Tecnologia e Inovação. Tecnologia, Inovação e Estratégia: uma



perspectiva do ponto de vista de administração geral. Tecnologia e o Gerente. Concepção e Evolução da Estratégia de Tecnologia. Concebendo e implantando uma Estratégia Tecnológica. Competência e capacitação tecnológicas. Distintivas. Licenciando e Comercializando Tecnologia. O Contexto Industrial. O Contexto Organizacional. Ações Estratégicas. Instituição de uma Estratégia Tecnológica. Desenvolvendo a Capacidade de Inovação da Firma. Fornecedores de Tecnologia. Inovação Comparativa. Criação e Implantação de uma Estratégia de Desenvolvimento. Desenvolvimento de Novos Produtos. Desenvolvimento da Competência e da Capacidade. Desafios para Inovação em Firms Consolidadas. Bibliografia: 1. Burgelman, R.A.; Maidique M.A. e Steven C.S. Management of Technology and Innovation, Irwin, 1996. 2. Betz F. Strategic Technology Management. McGraw-Hill, New York, 1993. 3. Martin M.J.C. Innovation and Entrepreneurship in Technology - Based Firms, Wiley interscience, 1994.

### **MB-249/2021 – Logística no Desenvolvimento de Sistemas Complexos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Sistemas: Conceitos e Definições. Ciclo-de-Vida de Sistemas Complexos: Fases e Características. Análise de Custo do Ciclo-de-Vida. Definições de Logística e Medidas de Desempenho Logístico. Conceito de Manutenção de Sistema. Análise Funcional e Alocação de Requisitos. Logística no Desenvolvimento de Sistemas. Apoio Logístico Integrado. Análise de Suporte Logístico. Logística na Produção e Construção. Logística de Operação e Apoio. Logística Baseada no Desempenho. Análise estratégica de custos. Suporte contínuo ao longo do ciclo de vida e em aquisições. Gestão de configurações. Análise do nível de reparo. Suporte logístico e otimização de estoques de peças. Capacidade de integração logística de sistemas. Apoio de manutenção, transporte e suprimento. Manutenção de Combate e Reparos de Dano de Combate em Aeronaves. Bibliografia: BLANCHARD, Benjamin S. LOGISTICS ENGINEERING AND MANAGEMENT. Sixth edition. New Jersey: Pearson, 2003. BLANCAHRD, Benjamin S. VERMA, Dimish, PETERSON, Elmer L.. MAINTAINABILITY: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management, Wiley Interscience, New York, 1995. SHERBROOKE, Craig C. OPTIMAL INVENTORY MODELING OF SYSTEMS, Springer US, 2004.

### **MB-263/2021 - Elaboração e Implementação do Planejamento Estratégico**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos básicos de planejamento estratégico de uma organização. Conceitos de visão e missão. Importância do planejamento estratégico nas organizações. Identificação de pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças (Matriz SWOT). Formulação, Implementação e Avaliação do Plano Estratégico. BSC (Balanced Scorecard). Estudos de casos. Bibliografia: Hitt, M. A.; Ireland, R. D. and Hoskisson, R. E. Administração estratégica: competitividade e globalização [tradução kanner, E e Guttilla, M. E.]. – 2ª Ed – São Paulo: Cengage Learning, 2011. Rezende, D. A. Planejamento Estratégico Público ou Privado – 3ª Ed – São Paulo; Atlas, 2015. Kaplan, R. S. and Norton, D. P. Putting the Balanced Scorecard to Work. Harvard Business Review. Boston, v. 71, n.5, p. 134-147, set. – oct, 1993.

### **MP-215/2021 - Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP)**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Metodologia de projetos mecatrônico. Desenvolvimento integrado de produtos- Engenharia Simultânea. Hierarquia dos requisitos funcionais. Técnicas de síntese: análise morfológica, busca de atributos, brainstorming e análise axiomática. Técnicas integradas de projeto: projeto para manufatura e montagem (DFMA), tecnologias de

grupo, projeto robusto de Taguchi, projeto por desdobramento da função qualidade (QFD), e projeto baseado em atributos (DbF). Análise de desempenho: modelagem e simulação de sistemas via CAD/CAE. Projeto mecatrônico relacionado à solução de um problema industrial real. Bibliografia: Suh, N.P., The principles of design, Oxford University Press, Oxford, 1990; Andreasen, M.M. & Hein, L., Integrated product development, Springer Verlag, Berlim, 1987; Bedworth, D.D. et al., Computer integrated design and manufacturing, McGraw-Hill, New York, 1991; Cross, N., Engineering design methods, John Wiley & Sons, 1989

### **MP-223/2021 - Manipuladores Robóticos - Aplicações Espaciais**

Requisito recomendado: MP-291. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-4. Robótica e telerrobótica espacial. Aspectos econômicos de automação espacial: operações automáticas versus operações humanas no espaço. Interação homem versus máquina nas operações telerrobóticas. Problema de atraso de tempo em teleoperações para exploração planetária. Controle supervisor e funções associadas. Autonomia supervisionada em robótica espacial. Dinâmica e controle de atitude de satélites tipo robôs manipuladores para aplicações em ambiente de microgravidade. Os problemas-chaves para aplicações robóticas em ambiente de microgravidade e na superfície de outros corpos celestes. Controle de reação nula para aplicações robóticas em ambiente de microgravidade. Controle supervisor e Telerrobótica em órbita da Terra. Controle supervisor e telerrobótica na exploração planetária. Robôs autônomos e Inteligência Artificial. Classificação de manipuladores segundo suas características construtivas e segundo suas aplicações no espaço. Modelagem matemática de manipuladores robóticos: Cinemática direta e inversa de manipuladores em operações no solo e em ambiente de microgravidade. Representação via parâmetros Denavit-Hartenberg. Dinâmica de manipuladores: equações do movimento. Abordagem Newton-Euler e de Lagrange. Espaço de Estados. Arquiteturas e componentes de controle de robôs manipuladores: sensores, atuadores e controladores. Geração de trajetórias. Técnicas de controle. PID; LQR; LQG. O uso do MATLAB®/Simulink para manipulação simbólica e simulação computacional da dinâmica de manipuladores robóticos. Bibliografia: Skaar, Steven B. and Ruoff, Carl F, Teleoperation and Robotics in Space, Progress in Astronautics and Aeronautics, vol 161, Richard Seebass, Editor. Craig, John J. Introduction to Robotics Mechanics and Control, 3rd edition, Prentice Hall, 2005. Spong, Mark W., Hutchinson, S., and Vidyasagar, M., Robot Dynamics and Control 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley, 2004. Spong, Mark W. Hutchinson, Seth, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, 1<sup>st</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1989.

### **MT-221/2021 - Introdução à Ciência e Tecnologia dos Elastômeros**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Considerações gerais sobre borrachas, termoplásticos e termorrígidos, aspecto molecular e nomenclatura. Processos de produção e de propriedades dos elastômeros, comportamento reológico, físico-químico e térmico, influência da natureza química sobre suas propriedades, aditivos e suas funções na formulação de elastômeros, aplicações, tipos de vulcanização. Processos de transformação, técnicas de moldagem e de vulcanização, tipos de cargas e noções de reforço, controle e métodos de ensaios. Métodos de tratamento, de ativação e de caracterização de superfície, influência da natureza dos elastômeros no processo de adesão. Bibliografia: MORTON, M. – “Rubber Technology” 1973, Van Nostrand Reinhold Ltda, New York. BROWN, R.P.- Physical Testing of Rubbers” 1979, Applied Science Publishers Ltda, London, UK. WHELAN, A. and LEE, K.S.–“Developments in Rubber Technology” 1979, Vol. I and III, Applied Science Publishers Ltda, London, UK. EVANS, C.W. – “Developments in Rubber and Rubber composites” 1980, Vol. I and II, Applied Science Publishers Ltda,

London, UK. ALLIGER, G. and SJOTHUN, I.J.– “Vulcanization of Elastomers” 1978, Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, New York. IFOCA – “Synthese, Propriétés et Technologie des Elastomères” 1979, Groupe Français D’Etudes et D’Applications des polymères, Paris, Fr.

#### **MT-226/2021 - Adesão em Polímeros/Elastômeros**

Requisito recomendado: MT-225. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-0-6. Conceituação sobre forças moleculares e intermoleculares. Propriedades de líquidos e sólidos. Superfície e interfaces na adesão. Tensão e Energia superficial: conceituação e medidas. Adsorção em superfícies sólidas. Técnicas de caracterização superficial para adesão. Materiais poliméricos e elastoméricos: características e propriedades. Adesivos e primers: tipos, características, propriedades, controle de qualidade e usos. Funcionalização e tratamento superficial de superfícies poliméricas, elastoméricas e metálicas para colagem estrutural. Colagem estrutural : projeto, avaliação e controle de qualidade. Bibliografia: ADAMSON, A. W. and GAST, A. P. , Physical Chemistry of Surfaces, John Wiley & Sons, Inc., New York – USA, 1997. HARTLAND, S. , Surface and interfacial tension: measurement, theory, and applications, Surfactant Science Series, v. 119 , 2004 ; Marcel Dekker, Inc. New York – USA. POCIUS, A. V. , Adhesion and adhesives technology : an introduction, Carl Hanser Verlag Munchen, 2002.

#### **MT-256/2021 – Comportamento Mecânico de Polímeros e Compósitos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução e conceitos básicos de polímeros. Conceitos fundamentais de síntese e polimerização de polímeros. Classificação e nomenclatura de polímeros. Massa molecular, distribuição de massa molecular e polidispersividade. Medidas de massa molecular. Conformação e estereoregularidade de polímeros. Propriedades de polímeros no estado sólidos. Correlação estrutura/propriedades. Cristalinidade em polímeros. Caracterização física e micro-estrutural. Transições de fase em polímeros. Fatores que determinam propriedades em polímeros. Processos de conformação e manufatura de polímeros termoplásticos e termorrígidos. Propriedades elásticas de polímeros. Viscoelasticidade em polímeros. Propriedades mecânicas e ensaios. Propriedades térmicas de polímeros. Propriedades em fadiga. Introdução à compósitos. Reforços, preformas e arquitetura de reforço. Adesão, interface e tratamento superficial. Micromecânica. Processos de manufatura. Fatores que determinam propriedades em compósitos. Fração em volume e massa e célula unitária. Propriedades térmicas para uso aeroespacial. Macromecânica e rigidez. Propriedades elásticas. Bibliografia: HULL, D.; CLYNE, T.W. An Introduction to Composite Materials – 2<sup>nd</sup> ed. , Cambridge University Press, 1996. YOUNG, R. J.; LOVELL, P. A. Introduction to Polymers – 3<sup>rd</sup> ed. , CRC Press, 2011. WARD, I. M.; SWEENEY, J. S. Mechanical Properties of Solid Polymers – John Wiley & Sons, 2013.

#### **MT-257/2021 – Compósitos Termoestruturais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à compósitos. Matrizes cerâmicas e metálicas para compósitos termoestruturais. Reforços cerâmicos e metálicos para compósitos termoestruturais. Preformas e arquitetura de reforço. Adesão, interface e tratamento superficial. Micromecânica. Processos de manufatura. Correlação estrutura/propriedades. Caracterização física e micro-estrutural. Fatores que determinam propriedades em compósitos termoestruturais. Propriedades térmicas para uso aeroespacial. Macromecânica e rigidez. Propriedades elásticas. Propriedades elétricas. Compósitos de matriz cerâmica. Compósitos de matriz carbonosa. Compósitos de matriz metálica. Compósitos termoestruturais em sistemas de energia. Bibliografia: HULL, D.; CLYNE,

T.W., An Introduction to Composite Materials – 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 1996. CAHN, R.W., P. HAASEN, P., KRAMER, E. J. Structure and properties of composites – vol. 13, Materials Science and Technology Series, 1990. CHAWLA, K. K. Ceramic Matrix Composites 2<sup>nd</sup> ed. , Kluwer Academic Publishers, 431 p. USA, 2003.

#### **MT-271/2021 – Tópicos Avançados em Carbonos Estruturais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Estrutura e ligação em carbonos. Imperfeições e ordem estrutural. Alotropia, polimorfismo e alotropismo. Matérias-primas e processos para manufatura de materiais carbonosos. Carbonos poliméricos, coques e piches. Mesofases na manufatura de carbonos grafitizáveis. Fibras de Carbono: processamento e propriedades de uso em engenharia. Grafite: processamento e propriedades. Compósitos carbono reforçado com fibras de carbono: processamento e propriedades termo-mecânicas. Compósitos poliméricos reforçados com fibras de carbono: processamento e propriedades. Caracterização micro-estrutural de materiais carbonosos. Propriedades térmicas de Carbonos para uso Aeroespacial. Resistência e Propriedades Elásticas de Carbonos sólidos e compósitos. Propriedades elétricas de Carbonos. Carbonos modificados. Nanomateriais de carbono e seus usos em engenharia. Propriedades superficiais de carbonos. Uso de carbono em sistemas de energia. O carbono sólido como um material de uso em engenharia. Características superficiais de carbono. Porosidade e reatividade. Resistência a oxidação e inibição contra oxidação. Bibliografia: DELHAËS, P., Fibers and Composites – 1<sup>st</sup> ed. , Gordon and Breach Sci Publishers, 2001. SAVAGE, J., Carbon Carbon Composites – 1<sup>st</sup> Ed. , Chapman & Hall, 1993. MARSH, H., REINOSO, F. R., Sciences of Carbon Materials, ed., Publicaciones Universidad de Alicante, 2000.

#### **MT-288/2021 -Processamento de Materiais a Plasma**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-6. Conceitos fundamentais de plasma e descargas elétricas. Reatores a plasma: CC, RF e Micro-ondas. Processos físicos e químicos em descargas elétricas. Aplicações de plasmas em processos de deposição de materiais: Deposição química em fase de vapor intensificado por plasma (PECVD); Deposição por pulverização catódica; Deposição por catodo oco; Deposição assistida por feixe de íons. Aplicações de plasmas em processo de corrosão e modificação de materiais: Corrosão por íon reativo, Corrosão por jatos de plasma. Bibliografia: ROSSANGEL, S.M. et. al. Handbook of Plasma Processing Technology, Noyes, Park Ridge, 1990. FRIDMAN, A., KENNEDY, L.A., Plasma Physics and Engineering, L.A. Taylor & Francis, New York, 2004.

#### **MT-289/2021 - Processamento Laser de Materiais**

Requisito recomendado: MT-231. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios de óptica e radiação. Tipos de lasers e fundamentos de operação. Parametrização dos lasers. Interações laser-matéria. Aplicações industriais. Tratamentos de superfície. Corte e furação. Soldagem. Aspectos metalúrgicos da soldagem. Prototipagem rápida. Aplicações do laser em fábricas. Aplicações do laser em aeronáutica e espaço. Novos desenvolvimentos. Nanotecnologia e lasers. Gerenciamento da manufatura assistida por laser. Aspectos econômicos do processo. Aquisição de workstations. Consumíveis. Segurança operacional. Bibliografia: ION, J.C., Laser Processing of Engineering Materials: Principles, procedure and industrial application. Elsevier, 2005. 416p. READY, J.F., et al. (eds.) Lia Handbook of Laser Materials Processing. Magnolia Publising, 2001, 715p. PORTER, D.A., EASTERLING, K.E. Phase Transformations in Metals and Alloys. CRC Press, 2a. edição, 2004, 514p.

### **MT-295/2021 – Compósitos Nano-Estruturados**

Requisito recomendado: FQ-225/FQ-286. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos e Conceituação sobre Nanotecnologia. Efeitos da nano-escala nas propriedades de compósitos. Materiais Nano-reforçados para compósitos: nanopartículas, nanofibras, nanotubos de carbono. Estrutura e propriedades da estrutura do grafeno. Whiskers de grafite. Teorema de Euler para nano-reforços. Processamento e caracterização de nano-reforços particulados e na forma de fibras. Processamento e morfologia de Fullerenos. Negro-de-fumo: processos de obtenção, caracterização, morfologia, propriedades e aplicações. Processamentos de compósitos com nano-reforços particulados e fibrosos. Funcionalização e adesão de nano-reforços para compósitos multifuncionais. Propriedades mecânicas de compósitos nano-reforçados. Propriedades térmicas de compósitos nano-reforçados. Micromecânica de Compósitos Nano-Estruturados. Características da superfície e interface em Compósitos Nano-Estruturados. Aplicações correntes de compósitos nano-reforçados. Bibliografia: DURAN, N., MATTOSO, L. H. C. , MORAIS, P. C., Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. Art Liber, São Paulo, 2006. VENTRA, M.; EVOY, S.; HEFLIN Jr., J. H. INTRODUCTION TO NANOSCALE SCIENCE AND TECHNOLOGY. Springer Inc. New York, 2004. GOGOTSI, Y., Carbon Nanomaterials. CRC Press. Boca Raton. 2006.

### **MT-297/2021 - Polímeros Especiais**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Relação estrutura e propriedades de polímeros. Polímeros termofixos (epóxi, resina furfúrica, resina fenólica) e termoplásticos (PEEK, PPS, poliimidas) resistentes a altas temperaturas. Fibras poliméricas de alto desempenho (aramidas, PBO, polietileno de ultra alta massa molar). Polímero líquido cristalino. Polímeros intrinsecamente condutores (polipirrol, polianilina, polifenileno). Polímeros inorgânicos (siliconas). Colóides (látices, géis). Espumas e polímeros celulares. Membranas. Materiais inteligentes e aplicações. Bibliografia: OLABISI, O., Handbook of thermoplastics, New York: Marcel Dekker, 1997. KROSCHWITZ, J. I., High performance polyformance and composites, New York: John Wiley & Sons, 1991.

### **MT-298/2021 – Processamento Laser de Materiais II / Laser Materials Processing II**

Requisito recomendado: TE-223 - Processamento Laser de Materiais. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-6. Tratamento de superfícies: endurecimento por têmpera e por carbonetação. Laser cladding: deposição de materiais cerâmicos sobre metais para proteção de desgaste abrasivo, barreira térmica e redução de coeficiente de atrito. Gravação com adição de cerâmica: deposição de cerâmica em metais, deposição de cerâmica em cerâmicas. Corte e furacão de dielétricos. Prototipagem rápida com laser.

#### **Syllabus**

Surface treatment: hardening by temper and carburizing. Laser cladding: deposition of ceramic materials on metals for protection from abrasive wear, thermal barrier and reduction of friction coefficient. Engraving with ceramic addition: ceramic deposition on metals, ceramic deposition on ceramics. Cutting and drilling of dielectrics. Rapid laser prototyping.

Bibliografia: READY, J.F. (ed.) et al. LIA Handbook of Laser Material Processing. Orlando: Magnolia Pub. 2001. CALLISTER. W.D. JR. Materials Science and Engineering: An Introduction, New York, N.Y.: Academic Press, 2003.

### **PO-201/2021 – Introdução a Pesquisa Operacional**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções de modelos. Programação linear: propriedades, algoritmo Simplex. Problema dual; formulação e interpretação econômica. Teoremas de dualidade. Análise de sensibilidade. Problemas especiais: transporte e designação. Problemas de fluxo em redes. Programação em inteira. Problemas de otimização combinatória. Bibliografia: ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R. e YANASSE, H., Pesquisa Operacional para cursos de engenharia, Ed. Campus, 2007. GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L., Otimização Combinatória e Programação Linear, Ed. Campus, 2000. BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D.; Linear Programming and Network Flows, Wiley Interscience. 2005.

#### **PO-210/2021 - Probabilidade e Estatística**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceito clássico e frequência de probabilidade. Probabilidade condicional e independência de eventos. Teoremas de Bayes e da probabilidade total. Variáveis aleatórias discretas e contínuas. Funções massa, densidade, e distribuição acumulada. Valor esperado e variância. Desigualdades de Markov e de Tchebyshev. Variáveis aleatórias discretas: Bernoulli, Binomial, Geométrica e Poisson. Variáveis aleatórias contínuas: Exponencial negativa, Normal e Weibull. Momentos e função geratriz de momentos. Funções de variáveis aleatórias. Variáveis aleatórias conjuntas, função distribuição conjunta e marginal. Independência estatística, covariância e coeficiente de correlação. Amostras aleatórias. Teorema do limite central. Estimativa pontual de parâmetros. Métodos dos momentos e da máxima verossimilhança. Variáveis aleatórias Qui-quadrado, t de Student e F de Snedecor. Intervalos de confiança. Testes de hipótese unidimensionais. Testes de hipótese entre parâmetros de populações distintas. Bibliografia: DEVORE, R. L. Probability and Statistics for Engineering and the Science, 9th Ed., Cengage Learning, 2016. WALPOLE, R.; MYERS, R. H.; MYERS, S.; YE, K. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, 9th Ed., Pearson, 2016. DEGROOT, M; SCHERVISH, M. Introduction to Probability and Statistics for Engineering and Scientists, 4th Ed., Pearson, 2011.

#### **PO-211/2021 – Métodos de Estruturação de Problemas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceito de estruturação de problemas. Métodos de estruturação de problemas: VFT – Value Focused Thinking, SODA: Strategic Options Development and Analysis; SSM: Soft Systems Methodology tradicional e reconfigurado. SCA: Strategic Choice Approach. Multimetodologia: combinação de métodos na prática. Conceito de Facilitated Modelling. Conceitos de BOR (Behavioural Operations Research). Aplicações dos métodos em situações simuladas e reais visando avaliar e validar tal prática. Bibliografia: ROSENHEAD, J.; MINGERS J. Rational Analysis for a Problematic World: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict, 2nd edition, Chichester. Wiley, 2001, 375 p. MINGERS J. Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science, Ed Springer, 2006, 325 p. KEENEY R. L.; Value Focused Thinking: a path to creative decision making, Harvard University Press, 1992, 416p.

#### **PO-212/2021 - Análise de Decisão**

Requisito recomendado: MOQ-13. Requisito exigido: PO-211. Horas semanais: 3-0-0-6. Processo de Análise de Decisão; árvore de decisão e diagramas de influência; métodos probabilísticos: valor monetário esperado; valor esperado da informação perfeita e imperfeita; análise de sensibilidade e perfil de risco. Introdução a Métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Problemáticas de decisão. Método Análise Hierárquica (AHP Analytic Hierarchy Process). Decisões em grupo. Abordagem

Ratings. Teoria de Utilidade Multiatributo (MAUT-Multi-Attribute Utility Theory). Teoria do Valor Multiatributo (MAVT-Multi-Attribute Value Theory); Técnica Mutiatributo de simples avaliação multicritério (SMART-Simply Multtiattribute Rating Technique); aplicações em planejamento, resolução de conflito, gestão de portfólio e alocação de recursos. Bibliografia: BELTON, V; STEWART, T.J. Multiple Criteria Decision Analysis. Kluwer Academic Publishers, 2002, 400 p. CLEMEN R.T.; REILLI T. Making Hard Decisions with Decision Tools Suite. Duxburry Press, 2001, 752 p. ALMEIDA A.T. Processo de Decisão nas Organizações – Construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, 2013, 231 p.

#### **PO-220/2021 - Gerência de Operações e Logística**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-3. O processo decisório no âmbito do planejamento e programação das operações e logística. Modelos para o planejamento agregado da produção, programação e sequência da produção e gerenciamento de projetos. Gestão de estoques, dimensionamento de lotes, balanceamento de linhas de montagem. Previsão e planejamento de demanda. Resolução de problemas de roteamento e programação de rotas. Localização de instalações e facilidades. Dimensionamento de frotas. Projeto e dimensionamento de sistemas logísticos. Bibliografia: Stevenson, W. J., Operations Management, 10th edition. McGraw-Hill Irwin, 2009. Slack, N., Chambers, S e Johnston, R., Administração da Produção, 4ª edição. Editora Atlas, 2015. Cachon, G. e Terwiesch, C., Matching supply with demand – An Introduction to Operations Management, 3a edição. Mc Graw-Hill, 2013.

#### **TE-201/2021 - Análise Térmica de Veículos Espaciais e Sub-orbitais / Thermal Analysis of Space and Sub-orbital Vehicles**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução – problemas térmicos e processos de troca de calor em foguetes. Ambiente externo – voo hipersônico. Aquecimento aerodinâmico: estimativa e exemplos. Proteção térmica: tipos, princípios de funcionamento. Ablação: histórico, materiais ablativos, simulação numérica do processo ablativo. Exemplos. Ambiente interno: modelagem da transferência de calor entre elementos, sistemas de arrefecimento e dispersão de calor. Exemplos. Propulsão: transferência de calor em motores foguete, exemplos.

Syllabus:

Introduction – Thermal problems and heat transfer processes in rockets. External environment – hypersonic flight. Aerodynamic warming: estimation and examples. Thermal protection: types, principles of working. Ablation: history, ablative materials, numerical simulation of ablative process. Examples. Internal environment: modelling of heat transfer among elements, cooling systems and heat dispersion. Examples. Propulsion: heat transfer in rocket engines, examples.

Bibliografia: 1 Anderson Jr., J. D., Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics – 2nd Edition, AIAA Educational Series, Reston, VA, 2006. 2 Duffa, Ablative Thermal Protection Systems Modeling, AIAA Educational Series, Reston, VA, 2013.

#### **TE-202/2021 - Projeto de Sistemas Espaciais / Space Systems Design**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 15-5-0-6. Filosofia do curso e entregáveis. Introdução ao projeto axiomático. Matrizes de traceabilidade e requisitos. Engenharia de Sistemas para sistemas espaciais. Estudos comerciais. Visão sobre os potenciais projetos. Introdução aos requisitos e especificações. Visão sobre WBS. Análise e projeto de missões espaciais (SMAD): Parte 1 e Parte 2. Revisão de voos de sistemas espaciais. Análise térmica. Ambiente

espacial e radiação. Análises de sistemas espaciais. Veículos lançadores. Operações de lançamentos. Introdução à eletrônica espacial. Compatibilidade eletromagnética (EMC). Interferência eletromagnética (EMI). Sistemas térmicos. Sistemas de potência. Sistemas de comunicação e orçamento de conexões. Sistemas solo. Sistemas de manuseio de comandos e dados (C&DH). Sistemas de controle e determinação de atitude (ADCS). Computadores de bordo. Seleção de equipamentos e qualificação para programas espaciais. Propostas efetivas e apresentações. Discussões técnicas.

Syllabus:

Course philosophy and class deliverables. Introduction to axiomatic design. Traceability matrices and requirements. Systems engineering for space systems. Trade studies. Overview of potential class projects. Introduction to requirements and specs. An overview of work breakdown structure (WBS). Space mission analysis and design (SMAD): Part 1 and Part 2. Space flight systems review processes & gates. Thermal analysis. Space environment & radiation. Analyses of space systems. Launch vehicles. Launch and operations. Introduction to space electronics. Electromagnetic compatibility (EMC). Electromagnetic interference (EMI). Thermal systems. Power systems. Communication systems & Link budget. Ground systems. Command and data handling (C&DH) systems. Attitude determination and control systems (ADCS). Flight computers. Parts selection & qualification for space programs. Effective proposals and presentations. Wrap up and technical discussions. Bibliografia: 1 James R. Wertz, David F. Everett and Jeffery J. Puschell, Space Mission Engineering: The New SMAD, Vol. 28, 2011. 2 Mike Persson, Mary Redshaw, Andy Schuster, L. Mark Walker, and Jim Whalen, INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, Version 3, June 2006. 3 Nam Pyo Suh, Axiomatic Design: Advances and Applications, MIT-Pappalardo series in mechanical engineering, The Oxford Series on Advanced Manufacturing, 2001.

### **TE-203/2021 – Meteorologia Aeroespacial / Aerospace Meteorology**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-2. Conceitos básicos de tempo (meteorologia) e clima (climatologia). Atmosfera terrestre. Fatores e elementos do clima. Sistemas atmosféricos tropicais. Previsão numérica do tempo e clima em diferentes escalas de tempo e espaço. Medições de meteorologia em centros de lançamentos (KSC, CSG, CLA e CLBI). Conceitos básicos de eletricidade atmosférica (campo elétrico atmosférico, processos de eletrificação das nuvens), Monitoramento da atividade elétrica atmosférica nos centros de lançamento. Noções básicas de clima espacial e visita ao EMBRACE/INPE. Bibliografia: JOHNSON, D. L.; NASA TM Report 2008-215633: terrestrial environment (climatic) criteria guideline for use in aerospace vehicle development. NASA Marshall Space Flight Center, AL, 2008. 450p. CAVALCANTI, I.; Ferreira, N. J.; Silva, M. G. J. da; Silva Dias, M. A. F. da., Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2009. 457p. (in portuguese) RAKOV, V.A.; Uman, M.A., Lightning – Physics and Effects. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 687p.

### **TE-205/2021 – Métodos Computacionais em Vibrações e Acústica / Computational Methods in Vibration and Acoustics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Sistemas com 1 grau de liberdade - Sistemas com N graus de liberdade. Vibrações livres: cálculo de frequências naturais e formas modais. Cálculo de resposta em frequência. Cálculo de resposta a excitações transientes e aleatórias. Métodos direto e modal. Inclusão do amortecimento. Sistemas contínuos e discretos. Equação de Lagrange. Método dos modos assumidos. Introdução ao método dos elementos finitos. Elementos uni, bi e tridimensionais. Sistemas de coordenadas global e local. Coordenadas isoparamétricas. Integração numérica - Condições de contorno. Ondas



acústicas. Propagação sonora. Pressão sonora. Energia, intensidade e potência sonoras - Níveis sonoros. Impedância acústica. Diretividade da fonte. Escalas para avaliação de ruído. Efeitos do ruído no ser humano. Ondas planas e esféricas. Velocidade do som. Reflexão. Radiação. Ressonador de Helmholtz. Cavidades. Materiais fono absorventes. Técnicas de redução de ruído. Introdução ao método dos elementos finitos para problemas acústicos.

Syllabus:

Systems with I degree of freedom. Systems with N degrees of freedom. Free vibrations: calculation of natural frequencies and modal shapes. Calculation of frequency response. Calculation of response to transient and random excitations. Direct and modal methods. Inclusion of damping. Continuous and discrete systems. Lagrange equation. Assumed modes method. Introduction to finite element method. 1D, 2D and 3D elements. Global and local coordinate systems. Boundary conditions. Acoustic waves. Sound propagation. Sound pressure. Sound power and intensity. Sound pressure levels. Acoustic impedance. Source directivity. Scales for noise evaluation. Noise effects on human beings. Flat and spherical waves. Sound velocity. Reflection. Radiation. Helmholtz resonator. Cavities. Phono absorbent materials. Noise reduction techniques. Introduction to the finite element method for acoustic problems. Bibliografia: Petyt, M., Introduction to Finite Element Vibration Analysis, Cambridge University Press, Cambridge, 1990. Kelly, S.G., Fundamentals of mechanical vibrations, Mc Graw-Hill, Singapore, 2000. Gerges, S.N.Y., “Ruído: Fundamentos e Controle”, Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 1992 (in Portuguese).

### **TE-206/2021 – Projetos de Plataformas Suborbitais / Suborbital Platforms Design**

Requisito recomendado: ET-240; ou TE-265. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Sistemas espaciais: o mercado espacial com ênfase no segmento das telecomunicações, introdução aos conceitos básicos de foguetes, propulsão espacial, ciclo de vida, requisitos, especificação, arquitetura, integração, testes e gerenciamento de missões. Conceitos de engenharia de sistemas espaciais. Conceito e projeto de veículos lançadores, sub-orbitais e de cargas úteis. Introdução aos sub-sistemas de bordo para missões espaciais. O ambiente espacial e seus efeitos no projeto eletrônico. Arquitetura de redes elétricas: aviônica embarcada, barramentos de distribuição de energia. Tipos de sensores embarcados em missões espaciais, condicionamento e aquisição de dados em foguetes. Telemetria: formatação de mensagens, multiplexação de dados assíncronos em pacote, decomutação, gravação e distribuição de dados em tempo real. Segurança de voo: uso de transponders, determinação de ponto de impacto e sistemas de terminação de voo. Visão geral e projeto de experimentos para voos sub-orbitais. Recuperação de cargas úteis. Operação de lançamentos e infra-estrutura de centro de lançamentos. Projeto de sistemas de solo: banco de controle, estações terrenas de radar, telemetria e telecomando, distribuição de dados e interoperabilidade.

Syllabus:

Space systems: the space market with an emphasis on the telecommunications segment, introduction to the basic concepts of rockets, space propulsion, life cycle, requirements, specification, architecture, integration, testing and mission management. Concepts of Space Systems Engineering. Concept and design of launch vehicles, sub-orbitals and payloads. Introduction to on-board subsystems for space missions. The spatial environment and its effects on the electronic project design. Onboard Electronic architecture: avionics, power distribution buses and grounding. Types of onboard sensors used in space missions, conditioning and data acquisition in rockets. Telemetry: formatting messages, multiplexing asynchronous data in packets, decomposing, recording and distributing data in real time. Flight safety: use of transponders, impact point determination and flight termination systems. Overview and design of

experiments for sub-orbital flights. Payload Recovery. Launch operation and launch center infrastructure. Ground systems design: control center, radar, telemetry and telecommand ground stations, data distribution and interoperability during launch. Bibliografia: 1 Wertz, J. R., Everett, D. F., & Puschell, J. J. (2011). Space mission engineering: the new SMAD. Microcosm Press. 2 Pisacane, V. L. (Ed.). (2005). Fundamentals of space systems. Johns Hopkins University/Appli. 3 Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (Eds.). (2011). Spacecraft systems engineering. John Wiley & Sons.

### **TE-207/2021 – Elementos de Distribuição Elétrica Aplicados em Sistemas Espaciais / Elements of Electrical Power Distribution Applied in Space Systems**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Princípios da distribuição de energia elétrica. Critérios de dimensionamento de circuitos elétricos para sistemas espaciais: sobrecargas, curto-circuito, queda de tensão, seletividade e sobretensão. Conceitos sobre aplicações de sistemas elétricos em solo e bordo. Arquitetura para supervisionar faltas em sistemas elétricos. Considerações sobre dispositivos de proteção para circuitos elétricos. Fundamentos aplicados na análise e simulação de faltas em sistemas elétricos de solo e bordo.

#### **Syllabus:**

Principles of electrical power distribution. Criteria of electrical circuit project for space systems: overload, short circuit, drop voltage, selectivity and overvoltage. Concepts related to applications to on ground and on board electrical system. Architecture to supervise faults in electrical systems. Considerations regarding to protection devices for electrical circuits. Fundamentals applied in analysis and simulation of faults dedicated to on ground and on board electrical systems. Bibliografia: COTRIM, A. A. M. B. Instalações elétricas (Electrical installations), 5a ed. São Paulo: Prentice Hall, 2008. HOFHEINZ, W. Protective Measures with Insulation Monitoring, 2nd edition, VDE VERLAG – Berlin – Offenbach, 2000. FORTESCUE, P. and STARK, J. Spacecraft Systems Engineering, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO19 1UD, England, 2001.

### **TE-208/2021 - Simulação Direta de escoamento Rarefeito**

Requisito recomendado: ME-201 e AA-208. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definições e conceitos fundamentais. Modelo molecular de gases. Colisões binárias elásticas. Elementos de teoria cinética. Propriedades de um gás em equilíbrio. Colisões inelásticas e interação gás-superfície. Características de escoamento livre de colisões. Principais aspectos da simulação direta. Simulação direta de um gás homogêneo. Simulação de escoamento permanente unidimensional. Simulação de escoamento transiente unidimensional. Simulação de escoamento permanente multidimensional. Reações químicas em escoamento rarefeito. Bibliografia: BIRD, G. A., Molecular Gas Dynamics and Direct Simulation of Gas Flows, Oxford Science Publications, Oxford, 1994; VINCENT, W. G. and KRUGER, C. H., Introduction to Physical Gas Dynamics, John Wiley, 1965; LIU, W. W. and FANG, Y., Microfluid Mechanics: Principles and Modeling, McGraw-Hill Nanoscience and Technology Series, 2006; Present, R. D. and SCHIFF, L. I., Kinetic Theory of Gases, International Series in Pure and Applied Physics, McGraw-Hill, 1958.

### **TE-210/2021 - Materiais Ablativos / Ablative Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Considerações preliminares sobre materiais ablativos. Histórico de materiais ablativos. Compósitos ablativos. Proteções térmicas para re-entrada atmosférica. Proteções térmicas para sistemas balísticos. Mecanismos e fenômeno de ablação. Radiação e emissividade. Reações associadas em ablação e mudança de fase. Comportamento térmico sob ablação para metais, cerâmicos e polímeros. Requisitos de sistemas

ablativos. Matrizes poliméricas rígidas e flexíveis (silicone, EPDM, SBR, NBR, resinas fenólicas) para materiais ablativos. Reforços para materiais ablativos (fibras de carbono, quartzo e aramida). Cortiça em sistemas ablativos, formulação e caracterização. Fabricação de materiais ablativos. Técnicas de caracterização e avaliação (ensaios mecânicos, microscopia eletrônica, análises térmicas, condutividade térmica, propriedades elétricas). Materiais ablativos nano-estruturados (nanotubos, nanofibras, negro de fumo e argilas).

Syllabus:

Preliminary concepts of ablative materials. Historical perspective of ablative materials. Ablative composites. Re-entry thermal protection systems. Ballistic thermal protections. Mechanisms and phenomenon of ablation. Radiation and emissivity. Associated reactions in ablation and phase change. Thermal behaviour of metals, ceramics and polymers under ablation. Requirements of ablative systems. Stiff and resilient polymeric matrices (silicone, EPDM, SBR, NBR, phenolic resins) for ablative materials. Reinforcements for ablative composites (carbon fibers, quartz and polyaramid). Cork in ablative systems, formulation and characterization. Fabrication of ablative materials. Techniques of characterization and evaluation (mechanical tests, microscopy, thermal analysis, thermal conductivity, electrical properties). Nanostructured ablative materials (nanotubes, nanofibers, clay, carbon black). Bibliografia: Dimitrienko, Y. I. Thermomechanics of Composites under High Temperatures. Kluwer Academic Publishers. 359 p. 1999. Dunn, B. D. Materials and Processes for Spacecraft and High Reliability Applications. Springer International Publishing Switzerland. 667. 2016. Prasad, N. E. Wanhill, R.J. H. Aerospace Materials and Materials Technology. v.1 Aerospace Materials. Springer Science. 586 p. 2017.

### **TE-212/2021 - Métodos Experimentais de Visualização de escoamento**

Requisito recomendado: ME-201 - Mecânica dos Fluidos. Requisito Exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Conceitos fundamentais da observabilidade de escoamentos (campo escalar, campo vetorial, campo tensorial, escoamento estacionário e não estacionário, trajetória de partícula, linha de corrente, linhas de emissão, linha de tempo). Visualização natural. Dispositivos de geração de escoamento. Metodologia de visualização. Principais métodos de visualização (filme de óleo, tufo de lã, injeção direta, traçadores). Shadowgraph, Interferometria, Holografia, Termografia, tomografia, Velocimetria por imagem de partículas (PIV). Schlieren (fenômeno físico e projeto). Tinta Sensível à Pressão (Teoria e aplicações). Bibliografia: BARLOW, J.B., RAE, W.H. e POPE, A. Low Speed Wind Tunnel Testing, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. FREYMUTH, P., Flow Visualization in Fluid Mechanics, Review of Scientific Instruments, v.64, n.1, pp.1-18, 1993. RAFFEL, M., WILLERT, C., WERELEY, S., KOMPENHANS, J., Particle Image Velocimetry, New York: Springer, 2007.

### **TE-213/2021 – Aerodinâmica Experimental / Experimental Aerodynamics**

Requisito recomendado: AA-122. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-2-6. Ensaios em túneis de vento subsônico e transônico. Aerodinâmica Subsônica. Escoamento incompressível e compressível. Similaridade do escoamento. Túneis de vento. Aplicações. Limitações e comparações com resultados numéricos. Análise da qualidade do escoamento na seção de ensaios. Correção de parede para modelos. Calibração de balança aerodinâmica. Métodos de ensaios aeronáuticos, automotivos, marítimos e bélicos. Ensaio aerodinâmico de um modelo. Análise e uso em projeto das polares aerodinâmicas. Métodos de visualização. Identificação de fenômenos característicos dos escoamentos de alta velocidade. Resultados qualitativos e quantitativos.

Syllabus:

Tests in subsonic and transonic wind tunnels. Subsonic Aerodynamics. Incompressible and compressible flows. Flow similarity. Wind tunnels. Applications. Limitations and comparisons with numerical results. Flow quality analysis of the test section. Wall corrections for models. Aerodynamic balance calibration. Test methods for aeronautic, automotive, nautic and war artifacts. Aerodynamic test of a model. Analysis and use of aerodynamic polars in projects. Visualization methods. Identification of characteristic phenomena of high speed flows. Qualitative and quantitative results. Bibliografia: Bernhard H. Goethert. Transonic Wind Tunnel Testing, Dover Publications (March 15, 2007). Anderson J., J. D. Modern Compressible Flow, 3rd ed., McGraw Hill, 2002. 784p. BARLOW, Jewel B.; POPE, Alan; RAE, William H., Low-Speed Wind Tunnel Testing; Willey-Interscience, 3 ed., New York, 1999.

### **TE-214/2021 – Análise Estatística de Dados e Avaliação de Incerteza em Ensaios Aerodinâmicos / Statistical Data Analysis and Uncertainty Evaluation in Aerodynamic Tests**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-1-6. Avaliação de incerteza em ensaios aerodinâmicos empregando a abordagem descrita no ISO/ Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement e nos seus suplementos; propagação de distribuições de probabilidade; tratamento de grandezas correlacionadas; matemática laboratorial empregando formalismo de matrizes; análise de sistemas multivariados e correlacionados; desenvolvimento de códigos computacionais para suporte à metrologia; redução de dados empregando o método least squares fitting e o método de simulação Monte Carlo. Túneis de vento: princípios físicos, tipos, forças e momentos aerodinâmicos; instrumentação utilizada em ensaios em túneis de vento (metodologia de medição e calibrações); matriz de calibração, análise de incertezas aplicadas ao túnel de vento. Estão previstas aulas experimentais de calibração de instrumentos e de ensaios em túneis de vento.

Syllabus:

Uncertainty evaluation of aerodynamic tests employing the approach described in the ISO/ Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement and supplements; Propagation of probability distributions; analysis of correlated quantities; laboratory mathematics employing matrix formalism; analysis of multivariate and correlated systems; development of computational codes for metrology support; data reduction employing the least squares fitting and the Monte Carlo simulation; Wind tunnels; physical principles, types and aerodynamic forces and moments; instrumentation employed in wind tunnel tests (measurement and calibration methods); calibration matrix; analysis of uncertainty applied to the wind tunnel. Experimental practices on calibration of instruments and wind tunnel testing are planned. Bibliografia: BIPM/JCGM 102:2011. Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Extension to any number of output quantities, 2011. 72p. Disponível em <http://www.bipm.org/en/publications/guides/> 23 de Setembro de 2020. Anderson, J., J. D. Fundamentals of Aerodynamics. 5th ed. McGraw Hill, 2011. 1106p. Press, W. H.; Teukolsky, S. A.; Vetterling, W. T.; Flannery, B. P. Numerical Recipes. 2nd ed. Cambridge University Press, 1992. 758p.

### **TE-215/2021 – Segurança de Sistemas Aeroespaciais / Aerospace System Safety**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução a Engenharia de Sistemas Aeroespaciais. Conceitos e Fundamentos de Segurança de Sistemas. Análise de Segurança e Ciclo de Vida de Sistemas Aeroespaciais. Acidentes em Sistemas Aeroespaciais. Análise de Acidentes Aeroespaciais baseado em CAST: Accident/Incident Causal Analysis; Técnicas Tradicionais de Análise de Perigos. Análise de perigos baseada em STAMP/STPA

(Systems-Theoretic Accident Model and Processes/System-Theoretic Process Analysis). Segurança de Software Aeroespacial. Abordagens de Segurança contra Falhas Acidentais e Maliciosas (Safety e Security). Fatores Humanos em Segurança de Sistemas.

Syllabus:

Introduction to Aerospace Systems Engineering. Systems Safety/Security Concepts and Fundamentals. Safety Analysis and Life Cycle of Aerospace Systems. Accidents in Aerospace systems. Analysis in Aerospace Systems based on CAST Accident / Incident Causal Analysis; Traditional Hazard Analysis Techniques. Hazard analysis based on STAMP / STPA (Systems-Theoretic Accident Model and Processes / System-Theoretic Process Analysis). Safety in Aerospace Software. Safety Approaches against Accidental and Malicious Failures (Safety and Security). Human Factors in Systems Safety. Bibliografia: PISACANE, V. L. Fundamentals of Space Systems, 2nd Ed. Oxford University Press, NY, 828 p. 2005. LEVESON, N. Engineering a Safer World: System Thinking Applied to Safety, MIT Press, 555p., 2011. REDMILLI, F; RAJAN, J. Human Factors in Safety-Critical Systems, Reed Ed. Prof. Publishing, 1997.

### **TE-216/2021 - Garantia de Produto de Software Espacial / Space Software Product Assurance**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fases do ciclo de vida de sistema de software espacial: requisitos, análise, projeto, integração, testes, manutenção, aquisição e fornecimento de serviços de software espacial. Acidentes espaciais envolvendo software: lições aprendidas. Avaliação e melhoria de processos de software em projetos espaciais. Garantia de qualidade espacial. Fatores, técnicas e métricas de qualidade de software. Normas e padrões espaciais NBR, ECSS, NASA. Atividades de verificação e validação (V&V) para produtos de software espacial: inspeções, revisões, auditorias e testes. Reuso de software. Dependabilidade em sistemas computacionais da área espacial: análise de perigo, riscos e categorização da criticalidade do software.

Syllabus:

Space system software life cycle phases: requirements, analysis, design, integration, testing, maintenance, acquisition and supplying of space software services. Space accidents involving software: lessons learned. Evaluation and improvement of software processes in space projects. Space quality assurance. Factors, techniques and metrics of software quality. Space guidelines and standards NBR, ECSS, NASA. Verification and validation (V&V) activities for space software products: inspections, reviews, audits and tests. Software reuse. Dependability in computer system in space area: hazard analysis, risk analysis, and software criticality categorization. Bibliografia: PISACANE, V. L., Fundamentals of Space Systems, 2nd Ed. New York: Oxford University Press, 2005. 828 p. TIAN, J. Software Quality Engineering, Hoboken: IEEE Computer Society, 2005. BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R. Software Architecture in Practice, New Jersey: SEI Series, 2013 589p.

### **TE-217/2021 - Introdução a Engenharia de Sistemas Aeroespaciais / Introduction to Aerospace System Engineering**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Visão Geral da Engenharia de Sistemas. Histórico, definições, conceitos gerais, aplicações e exemplos. Ciclo de vida de sistemas: características, estágios/processos e abordagens. Conceito de Operações ConOps e Análise das partes interessadas. Processos técnicos: análise de requisitos, arquitetura, implementação, integração, V&V, operação, manutenção e descarte. Gerenciamento de projeto e a engenharia de sistemas:

planejamento, avaliação e controle, decisão, gerenciamento de risco, gerenciamento de configuração, gerenciamento da qualidade. Atividades especiais em ES: logística, segurança (safety e security), análise de perigos, usabilidade de sistemas, gerenciamento de aquisições.

Syllabus:

System Engineering Overview. History, definitions, general concepts, applications and examples. Systems life cycle: characteristics, stages / processes and approaches. Concept of Operations ConOps and Stakeholder Analysis. Technical processes: requirements analysis, architecture, implementation, integration, V&V, operation, maintenance and disposal. Project management and systems engineering: planning, evaluation and control, decision making, risk management, configuration management, quality management. Special SE activities: logistics, safety and security, hazard analysis, system usability, procurement management. Bibliografia: 1 INCOSE, System Engineering Handbook, International Council of System Engineering. 4th Ed. 2015. 2 Larsson, W. et al. Applied space systems engineering, McGrawHill, New York, 2009; National Aerospace Administration, NASA, SP6105, Systems Engineering Handbook, NASA, Houston, 1996. 3 NASA Systems Engineering Handbook. NASA/SP-2007-6105 Rev1.

### **TE-219/2021 - Engenharia Simultânea**

Requisito recomendado: Po-211. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-3. Conceitos iniciais, introdução ao pensamento sistêmico e complexidade. Estudos conceituais de Sistemas Espaciais. Filosofia do pensamento sistêmico. Pilares da Engenharia Simultânea. Transdisciplinaridade. Linguagens Sistêmicas. Engenharia de Sistemas e o relacionamento com as Engenharias das Especialidades. Ambientes de Engenharia Simultânea. Engenharia orientada a Modelos. Abordagens para modelagem conceitual de sistemas complexos. Metodologia Arcadia: modelagem do domínio do problema e da solução. Processos para interações entre disciplinas. Fluxos para a concepção de Sistemas Espaciais de acordo com a DCA-400-6. Ferramentas de exploração, seleção e concretização de conceitos. Estudos de caso. Bibliografia: STJEPANDIC, J., WOGNUM, N., and VERHAGEN, W.J. Concurrent Engineering in the 21st Century: Foundations, Developments and Challenges. Springer. 2015. ISBN 978-3-319-13776-6 VOIRIN, J.L. Model-based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method. Elsevier, 2017. ISBN 978-0-0810-1794-4. HABERFELLNER, R., DE WECK, O., FRICKE, E. and VOESSNER, S. Systems Engineering, Fundamentals and Applications. 2019. ISBN 978-3-030-13430-3

### **TE-221/2021 – Óptica de Fourier Computacional**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-2-2-4. Revisão de Análise de Fourier; Funções 1D e 2D úteis para óptica de Fourier; Teoria escalar de difração; Propagação de ondas; Propagação de feixes gaussianos; Padrão de difração por Múltiplas aberturas; Lentes; Cavidades ressonantes de lasers (Método de Fox & Li); Grades de difração; Propagação em guias dielétricos; Formação de imagem; Aberrações. Obs: O curso será integralmente conduzido utilizando a plataforma MATLAB (ou ferramenta livre compatível). Bibliografia recomendada: VOELZ D., Computational Fourier Optics: a MATLAB tutorial. SPIE Press, Bellingham, Washington, USA, 2011, 250p. GOODMAN, Joseph W. Introduction to Fourier optics. Roberts and Company Publishers, 2005, 491p. IIZUKA, K., Engineering Optics, Springer-Verlag, Berlin, 2013.

### **TE-222/2021 – Soldagem de Materiais de Uso Aeroespacial / Welding of Aerospace Materials**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. 1 – Introdução à soldagem; 2 – Fundamentos da metalurgia física de soldagem; 3 – Processos de soldagem (convencionais e especiais). 4 – Terminologia e simbologia de soldagem. 5 – Soldagem de ligas metálicas aeroespaciais (ligas ferrosas, ligas de alumínio e ligas de titânio); 6 – Ensaio mecânicos de juntas soldadas; 7 – Técnicas metalográficas para solda; 8 – Normas e qualificação em soldagem; 9 – Laboratório de soldagem a laser.

Syllabus

1 - Introduction to welding; 2 - Fundamentals of welding physical metallurgy; 3 - Welding processes (conventional and special); 4 - Terminology and symbology of welding; 5 - Welding of aerospace metallic alloys (ferrous alloys, aluminum alloys and titanium alloys); 6 - Mechanical testing of welded joints; 7 - Metallographic techniques for welding; 8 - Standards and qualification in welding; 9 - Laboratory of laser welding.

Bibliografia: 1 WAINER, E.; et al. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo: Blucher, 1992. 494p. 2 DULEY, W. W. Laser welding. 1 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1998. 3 MARQUES, P. V.; et al. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005, 362p.

### **TE-223/2021 – Processamento Laser de Materiais / Laser Materials Processing**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Fundamentos de óptica e lasers; Interação laser-materiais; Tratamentos de superfície com lasers; Corte e furação com lasers; Manufatura aditiva com lasers; Nanotecnologia, meio ambiente e aplicações biomédicas dos lasers; Casos industriais selecionados.

Syllabus:

Fundamentals of optics and lasers; Laser-materials interaction; Surface treatments; Welding; Cutting and drilling; Additive manufacturing; Nanotechnology, environment and biomedical applications of lasers; Selected industrial cases. Bibliografia: Steen, W.M. LASER MATERIAL PROCESSING, Springer Verlag, 2a. ed., 1998. Ready, J.F. INDUSTRIAL APPLICATIONS OF LASERS, Academic Press, 2a. ed., 1997. Ion, J.C. LASER PROCESSING OF ENGINEERING MATERIALS, Elsevier, 2005.

### **TE-224/2021 – Óptica Aplicada ao Processamento Laser / Optics Applied to Laser Processing**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-6. Conceitos de radiação eletromagnética. Propagação de luz em meios materiais. Óptica geométrica. Formação de imagens. Lentes, espelhos e sistemas ópticos. Lentes espessas e aberrações. Conceitos básicos de interferência e difração. Feixes de laser. Parâmetros básicos da interação de feixes de laser com materiais. Propagação e modificação de feixes de laser por sistemas ópticos. Técnicas de medição de feixes de laser.

Syllabus

Basics of Electromagnetic Radiation. Light propagation on matter. Geometrical optics. Image formation. Lens, mirror and optical systems. Thick lens and optical aberrations. Interference and Diffraction, Laser beams. Basics of Laser-matter interaction. Laser beam propagation. Measurement of laser beams. Bibliografia: 1 HECHT, E. Optics.. 4nd. ed. New York: addison-Wesley, 2001. 2 STEEN, W. M.; MAZUNDERr, J. M.. Laser Material Processing. London: Springer-Verlag, 2010. 3 KANNATEY-ASIBU Jr, E. Principles of Laser Material Processing. Hoboken, NJ:. Wiley, 2009.

### **TE-225/2021 – Lasers I – Princípios Físicos / LASERS I - PHYSICAL PRINCIPLES**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6.

Conceitos introdutórios: emissão espontânea, emissão estimulada e absorção; a idéia de laser. Interação da radiação com a matéria: radiação de corpo negro; absorção e emissão estimulada; emissão espontânea; decaimento não-radiativo; mecanismos de alargamento de linha; saturação. Processos de excitação: excitação óptica; excitação por descarga elétrica; métodos não-convencionais de excitação. Cavidades ópticas: introdução; cavidade plano-paralela; cavidade confocal; cavidade esférica geral; cavidades estáveis e instáveis. Operação laser contínua e pulsada: equações de taxa. Tipos de lasers. Propriedades de um feixe de laser.

Syllabus:

Introductory concepts: spontaneous emission, stimulated emission and absorption; the laser idea. Interaction of radiation with matter: black body radiation; absorption and stimulated emission; spontaneous emission; nonradiative decay; line broadening mechanisms; saturation. Pumping processes: optical pumping; electric discharge pumping; unconventional methods of pumping. Optical resonators: introduction; plane-parallel resonator; confocal resonator; general spherical resonator; stable and unstable resonators. Continuous and pulsed operation: rate equations. Laser types. Properties of lasers beams. Bibliografia: 1 SVELTO, O., Principles of lasers. 5 ed. New York: Springer US, 2010. 2 SIEGMAN, A. E., Lasers. Mill Valley: University Science Books, 1986.

### **TE-226/2021 – Segurança no Trabalho com Laser**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-2. Introdução aos princípios básicos de operação de laser: Luz, Sistemas de unidades e terminologia; Componentes ópticos e tipos de reflexões; Absorção, emissão espontânea e estimulada da radiação; Amplificação, ação laser e meio ativo; Propriedades do feixe de laser; Propagação de feixe; Principais aplicações de lasers. Introdução a segurança de trabalho na operação de lasers: Principais causas de acidentes e legislação; Classes de laser de acordo com os riscos de acidentes; Efeitos biológico da radiação laser; Limite de exposição e zona de risco; Métodos de controle de acidentes e EPI para Lasers; Outros risco de acidentes e métodos de controle; Procedimentos básicos de emergência para acidentes com lasers. Bibliografia: TLVs® - Limites de exposições ocupacionais para substâncias químicas e agentes físicos e BEIs® - Índices biológicos de exposição; traduzido pela ABHO-Associação Brasileira de Higienista Ocupacionais. ANSI Z 136.1 - American National Standards Institute - Laser Safety Use.

### **TE-228/2021 - Metrologia Óptica / Optical Metrology**

Requisito recomendado: MP-237, FF-249. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-6. Medições por triangulação. Medições por interferometria. Medições por difração. Medição e qualificação de componentes ópticos. Análise dos parâmetros de influência e da avaliação da incerteza da medição óptica. Uso da ISO/BR 17025, da ISO GUM, do VIM na avaliação e na expressão de incertezas de medições ópticas.

Syllabus

Triangulation measurements. Interferometry measurements. Diffraction measurements. Measurement and qualification of optical components. Analysis of influence parameters and evaluation of optics measurement uncertainty. Use of ISO / BR 17025, ISO GUM, VIM in the evaluation and expression of uncertainties of optical measurement. Bibliografia: GASVIK, K. J. Optical Metrology. New Delhi: John Wiley and Sons, 1995, 321 p. NIST. Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results. <http://physics.nist.gov/Document/tn1297.pdf>, acessado em 15/05/2012. INMETRO.



### **TE-229/2021 - Espectroscopia a Laser / Laser Spectroscopy**

Requisito recomendado: FF-225, FF-201 e FF-202. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução. Absorção e Emissão de Luz. Larguras e Perfis de Linhas Espectrais. Instrumentação e Fonte de Luz em Espectroscopia. Fundamentos de Lasers. Espectroscopia por Fluorescência e por Absorção Limitada por Doppler Usando Lasers. Espectroscopia de Alta Resolução (Sub-Doppler). Espectroscopia a lasers com Resolução Temporal. Espectroscopia a Laser de Processos de Colisão. O Limite de Resolução. Aplicações da Espectroscopia a Laser.

#### **Syllabus**

Absorption and light emission. Widths and profiles of spectral lines. Spectroscopy instrumentation and light sources. Laser fundamentals. Fluorescence and Doppler limited absorption spectroscopy using lasers. High resolution spectroscopy (sub Doppler). Laser spectroscopy with temporal resolution. Laser spectroscopy of collision processes. The resolution limits. Applications of laser spectroscopy. Bibliografia: DEMTRÖDER, Wolfgang. Laser Spectroscopy - Basic Concepts and Instrumentation, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. CORNEY, Alan. Atomic and Laser Spectroscopy, Clarendon Press, 1977. SVELTO, Orazio. Principles of Lasers, New York & London: Plenum Press, 1986.

### **TE-230/2021 - Seleção de Materiais de Uso Aeroespacial**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Materiais de engenharia, suas propriedades e unidades; Critérios de seleção dos materiais; Seleção de materiais e projeto; Seleção de materiais e análise de falhas; Mapas das propriedades dos materiais; Metodologia de seleção segundo Ashby: a estratégia de seleção; índice de mérito; seleção auxiliada por computador; múltiplas restrições e objetivos conflitantes; processos e seleção de processos. Matrizes de decisão; Banco de dados no processo de seleção; Estudos de casos. Bibliografia: ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. Seleção de Materiais no projeto mecânico. Elsevier Brasil, 2012. FERRANTE, Maurizio. Seleção de Materiais. Edufscar, 3a. Edição, 2013. CALLISTER, W,D; RETHWISCH, D.G. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 9a Edição, LTC, 2016.

### **TE-231/2021 - Dosimetria e Radioproteção Aplicada a Ciências Aeroespaciais / Dosimetry and Radioprotection applied to Aerospace Sciences**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-4. Bases físicas. Grandezas dosimétricas, limitantes e operacionais. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Princípios básicos de radioproteção. Limites de dose. Níveis de referência. Monitores e dosímetros de radiação ionizante. Instalações radiativas. Métodos de dosimetria. Teoria da cavidade. Radiações solar e cósmica. Ambiente radioativo aeronáutico e espacial. Ambiente radioativo terrestre. Técnicas dosimétricas e de simulação. Dosimetria e blindagem. Dosimetria em missões espaciais. Dosimetria de nêutrons. Fundamentos de microdosimetria.

#### **Syllabus**

Physical bases. Dosimetric, limiting and operational quantities. Biological effects of ionizing radiation. Basic principles of radioprotection. Dose limits. Reference levels. Monitors and dosimeters of ionizing radiation. Radiative installations. Dosimetry methods. Theory of the cavity. Solar and cosmic radiations. Aeronautical and space radioactive environment. Radioactive terrestrial environment. Dosimetric and simulation techniques. Dosimetry and shielding. Dosimetry in space missions. Neutron

dosimetry. Fundamentals of Microdosimetry. Bibliografia: ATTIX, F.H., Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. Weinheim: Wiley, c2004. 607 p. ISBN 978-0-471-01146-0. AHMED, S.N., Physics and engineering of radiation detection. San Diego, CA: Academic Press, c2007. 764 p. ISBN 978-0-0-12-045581-2. MIROSHNICHENKO, L.I., Radiation hazard in space. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., c2003. 238 p. (Astrophysics and space science library; v. 297). ISBN 1-4020-1538-0. LILENSTEN, J. (Ed.). Space weather: research towards applications in Europe. Dordrecht: Springer, c2007. 330 p. (Astrophysics and space science library; v. 344). ISBN 978-1-4020-544-7. OKUNO, E.; YOSHIMURA, E.M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 296 p. ISBN 978-85-7975-005-2.

### **TE-232/2021 – Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeroespaciais / Effects of Ionizing Radiation on Aerospace Systems**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-1-5. Efeitos físicos e elétricos da radiação cósmica sobre os componentes eletrônicos e a sua relação com os efeitos paramétricos e operacionais em nível de componente. Efeitos acumulativos e transientes em componentes eletrônicos, recuperáveis e não recuperáveis. Grandezas importantes para avaliação de TID, DD e SEE. Influência do ambiente espacial e aeronáutico nos sistemas eletrônicos embarcados. Requisitos de qualidade e robustez para sistemas eletrônicos embarcados para uso aeroespacial. Cálculos da tolerância à dose total e das taxas de falhas para efeitos transientes para os sistemas embarcados. Qualificação de componentes e sistemas para uso no espaço e aviônicos. Técnicas de proteção e de mitigação dos efeitos da radiação cósmica em componentes. Testes e ensaios acelerados para a qualificação da tolerância à radiação de componentes eletrônicos analógicos e digitais. Qualificação de componentes fotônicos. Testes de aviônicos. Normas nacionais e internacionais aplicáveis à dispositivos de uso aeroespacial.

#### **Syllabus**

Physical and electrical effects of cosmic radiation on electronic components and their relationship to parametric and operational effects at component level. Cumulative and transient effects on recoverable and non-recoverable electronic components. Important quantities for the evaluation of TID, DD and SEE. Influence of the space and aeronautical environment on embedded electronic systems. Quality and robustness requirements for embedded electronic systems for aerospace use. Calculations of total dose tolerance and transient failure rates for embedded systems. Components and systems qualification for space and avionics use. Techniques of protection and mitigation of the effects of cosmic radiation on components. Tests and accelerated trials for the qualification of radiation tolerance of analog and digital electronic components. Qualification of photonic components. Avionics tests. National and International Standards applicable to aerospace devices. Bibliografia: A. Holmes-Siedle; L. Adams. Handbook of radiation effects. 2nd ed. N. York: Oxford Univ Press Inc., 2002. R. Velazco; P. Fouillat; R. Reis. Radiation Effects on Embedded Systems. N. York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. C. Claeys; E. Simoen. Radiation effects ind advanced semiconductor materials and devices. N. York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.

### **TE-233/2021 - Tratamentos Térmicos e Termoquímicos de Superfícies Metálicas / Thermal and Thermochemical Treatments for Metallic Surfaces**

Requisito recomendado: MT-201, Fundamentos de Engenharia de Materiais. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos básicos sobre tratamento de superfície para obter os tratamentos de superfície como: estrutura cristalina, difusão atômica e dinâmica dos tratamentos térmicos. Serão abordados os diversos tipos de

tratamentos térmicos e termoquímicos de superfície aplicados com o objetivo de melhorar as propriedades tribológicas, de proteção à corrosão, da vida em fadiga ou ainda com fins decorativos. Tratamentos por indução, a plasma, a laser e por aspersão térmica.

Syllabus

Basic concepts needed to obtain surface treatments such as: crystal structure, atomic diffusion and dynamics of thermal treatments. The different types of thermal and surface thermochemical treatments applied with the objective of improving tribological properties, corrosion protection, fatigue life or decorative purposes will be discussed. Process such as induction, plasma, laser and thermal spray treatments will be studied. Bibliografia: 1 Surface Engineering of Metals, Tadensz Burakowski e Tadensz Wierzchon – Ed.CRC Press, (USA)1999. 2 Induction Heat Treatment of Steel, S.L. Semiantin and D.E. Stultz, American Society for Metals – ASM, Metal Park, Ohio, 1986. 3 Lia Handbook of Laser Materials Processing; Ed.Chief - John F.Ready, Associate Editor – Dave F.Farson; Laser Institute of America – Magnólia Publishing, Inc. (2001).

### **TE-234/2021 – Física de Nêutrons o Ambiente Aeroespacial / Neutron Physics in the Aerospace Environment**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. O papel do nêutron na física nuclear de baixa, média e alta energia. Fontes e geradores de nêutrons livres. Interações de nêutrons com a matéria. Reações com nêutrons. Processos físicos na detecção de nêutrons. Detectores e sistemas de espectroscopia de nêutrons. Nêutrons nos chuveiros de radiação cósmica. Transporte de nêutrons da radiação cósmica e blindagens. Dosimetria e efeitos de nêutrons em sistemas eletrônicos embarcados e nas tripulações. Estações de monitoração de nêutrons e clima espacial.

Syllabus:

The role of neutrons in low, medium and high energy nuclear physics. Free neutron sources and Generators. Neutron interactions with matter. Reactions with neutrons. Physical processes in detecting neutrons. Neutron spectroscopy detectors and systems. Neutrons in cosmic radiation showers. Neutron transport of cosmic radiation and shielding. Dosimetry and neutron effects on embedded electronic systems and crews. Neutron and space climate monitoring stations. Bibliografia: BECKURTS, K. H. and WIRTZ, K. NEUTRON PHYSICS. Heidelberg GmbH: Springer-Verlag Berlin, 1964 – ISBN: 978-3-642-87616-5 (Print) 978-3-642-87614-1 (Online). VALKOVIC, V. 14 MeV NEUTRONS: PHYSICS AND APPLICATIONS. CRC Press, 2015 – ISBN 978-1-482-23800-6. KNOLL, G. F. RADIATION DETECTION AND MEASUREMENT. 2 nd ed. John Willey & Sons, 1989 – ISBN: 978-0-470-13148-0.

### **TE-235/2021 – Monitoração da Radiação Ionizante do Ambiente / Ionization Radiation Monitoring in the Environment**

Requisito recomendado: TE-236. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-3. Fundamentos físicos da radiação ionizante. Tipos de radiação ionizante (alfa, beta, gama, nêutrons e múons). Medidores de radiação (fótons e partículas). Práticas de laboratório: coletas de contagens de radiação ionizante com detectores proporcionais. Estatística de contagens de radiação ionizante. Análise de séries de tempo contagem de radiação. Análise espectral de séries de tempo. Fontes naturais de radiação ionizante (geologia, atmosfera). Séries de decaimento radioativo do urânio, tório e rádio. Práticas de laboratório: Medidas de radiação com um analisador multicanal. Correlação entre variação de radiação ionizante e parâmetros meteorológicos. Instrumentos meteorológicos (pluviômetros, detectores de campo elétrico). O problema

do radônio no ambiente e sua medição. Práticas de laboratório: Observação da variação da radiação gama no ambiente com um cintilador de NaI(Tl). Múons e raios cósmicos. Medição de radiação cósmica via múons omnidirecionais. A aplicação de recursos da web para a monitoração em tempo real da radiação no ambiente.

Syllabus

Physical Fundamentals of Ionizing Radiation. Types of ionizing radiation (alpha, beta, gamma, neutrons and muons). Radiation Detectors (photons and particles). Laboratory practice: ionizing radiation counts collections with proportional counters. Statistic of ionizing radiation counts. Time series of counts for analysis radiation. Natural sources of ionizing radiation (geology, atmosphere). Radioactive decay series of uranium, thorium and radio. Laboratory practice: Radiation Measurements with a multichannel analyser. Correlation between ionizing radiation count and meteorological parameters. Meteorological instruments (pluviometer, electric field detectors). Radon problem in the environment and their measurement. Laboratory practice: Observation of variation of gamma radiation in the environment with a NaI(Tl) scintillator. Múons and cosmic rays. Cosmic radiation measurement through muons omnidirectional. The application of web resources for the real-time monitoring of radiation in the environment. Bibliografia: TURNER, J.E., DOWNING D. J., BOGARD, J. S. Statistical Methods in Radiation Physics, 1nd. Ed. Wiley-VCH, 2012. MAGILL. J, GALY, J. Radioactivity Radionuclides Radiation. 2005 ed. Springer, 2004. NAGAMINE, K. Introductory Muon Science, 1nd. Ed. Cambridge University Press, 2007.

### **TE-236/2021 – Técnicas Experimentais de Detecção e Dosimetria de Radiação Ionizante / Experimental Techniques for Detection and Dosimetry of Ionizing Radiation**

Requisito recomendado: FF-274 ou TE-231 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-4. Bases físicas da detecção da radiação ionizante. Princípios básicos dos detectores de radiação ionizante. Teoria e prática de detectores a gás (Geiger-Muller, proporcionais e câmaras de ionização). Teoria e prática de detectores a cintilação (NaI, ZnS), Teoria e prática de detectores semicondutores (HpGe, barreira de superfície, PIN, FETs). Teoria e prática de detectores de nêutrons (3He, BF<sub>3</sub>, etc), Teoria e prática de dosímetros termoluminescentes. Teoria e prática de contadores proporcionais tecido-equivalente (TEPC) e microdosimetria. Práticas de especificação, utilização, adequabilidade e limitações na utilização de detectores e monitores portáteis em campo.

Syllabus

Physical basis of ionizing radiation detection. Basic principles of ionizing radiation detectors. Theory and practice of gas detectors (Geiger-Muller, proportional and ionization chambers). Theory and practice of scintillation detectors (NaI, ZnS), Theory and practice of semiconductor detectors (HpGe, surface barrier, PIN, FETs). Theory and practice of neutron detectors (3He, BF<sub>3</sub>, etc.), Theory and practice of thermoluminescent dosimeters. Theory and practice of proportional tissue-equivalent counters (TEPC) and microdosimetry. Practices of specification, use, suitability and limitations in the use of portable field detectors and monitors. Bibliografia: 1 KNOLL, G.F. Radiation detection and measurement. 2.ed. New York, NY: Wiley, 1989. 754 p. ISBN 0-474-61761--X. 2 AHMED, S.N. Physics and engineering of radiation detection. San Diego, CA: Academic Press, c2007. 764 p. ISBN 978-0-0-12-045581-2. 3 ATTIX, F.H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. Weinheim: Wiley, c2004. 607 p. ISBN 978-0-471-01146-0.

### **TE-239/2021 – Monte Carlo Simulation for Ionizing Radiation Transport**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-0-4. The Monte Carlo Method. Main concepts: sampling of a random variable according to a probability distribution, Central Limit Theorem. Examples. Geant4 installation. Toolkit and user application. Geant4 base classes: abstract and concrete base classes. Initialization and action user classes. Interaction with the Geant4 kernel. Concept of main program. Mandatory classes in any Geant4 user application. Primary particle generation (G4UserPrimaryGeneratorAction). Geometry and materials (G4UserDetectorConstruction). Physics (G4UserPhysicsList). Particles, processes, models and cross sections. Production cuts. Electromagnetic Physics. Hadronic physics. Optional user classes. GUI. Visualization. Scoring. Analysis. Basic/Novice Examples: overview of Geant4 tools. Advanced Examples: Geant4 tools in real-life applications. Bibliografia: SOBOL, I.M., Metodo de Montecarlo. Moscou: MIR, c1976. 78 p. (Lecciones Populares de Matematica). Geant4 User's Guide for Application Developers: [http://geant4.web.cern.ch/geant4/UserDocumentation/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/fo/Book\\_ForAppliDev.pdf](http://geant4.web.cern.ch/geant4/UserDocumentation/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/fo/Book_ForAppliDev.pdf). Physics Reference Manual. URL: <http://geant4.web.cern.ch/geant4/UserDocumentation/UsersGuides/PhysicsReferenceManual/fo/PhysicsReferenceManual.pdf>.

### **TE-241/2021 – Hipersônica Fundamental / Fundamentals of Hypersonics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos e fundamentos de escoamento compressível. Princípios de conservação da massa, da quantidade de movimento e da energia. Princípios de conservação (massa, quantidade de movimento, energia) aplicados em escoamento hipersônico. Escoamento hipersônico (compressível) não viscoso. Escoamento isentrópico. Velocidade do som e número de Mach. Escoamento unidimensional. Relações de choque normal. Relações de choque oblíquo. Relações de choque cônico. Relações de expansão de Prandtl-Meyer. Escoamento com adição de calor. Escoamento quase unidimensional. Relação de área-velocidade. Relações básicas de choque normal e choque oblíquo para escoamento hipersônico. Relações de choque em termos de parâmetros de similaridade. Relações básicas de ondas de expansão para escoamento hipersônico. Teoria de Newton. Coeficientes aerodinâmicos. Independência de número de Mach para escoamento hipersônico. Introdução a escoamento hipersônico (compressível) viscoso com conceituação de similaridade.

#### **Syllabus**

Concepts and fundamentals of compressible flows. Principles of conservation of mass, linear momentum and energy. Governing equations of fluid dynamics (mass, linear momentum, energy) applied to hypersonic flow. Inviscid hypersonic (compressible) flow. Isentropic flow. One-dimensional flow. Normal shock waves. Oblique shock waves. Conical shock waves. Prandtl-Meyer expansion waves. One-dimensional flow with of heat addition. Quasi one-dimensional flow. Basic relations of normal shock and oblique shock for hypersonic flow. Hypersonic shock relations in terms of similarity parameter. Basic relations of expansion waves for hypersonic flow. Newtonian theory. Aerodynamic coefficients. Mach number independence for hypersonic flow. Introduction to viscous hypersonic flow. Bibliografia: 1 ANDERSON, J. D. Modern Compressible Flow: with historical perspective. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 760 p. 2 ANDERSON JR., J.D. Hypersonic and high temperature gas dynamics. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1989. 690 p. 3 BERTIN, J.J. Hypersonic aerothermodynamics. Washington, DC: AIAA, 1994. 608 p. (AIAA education series).

### **TE-242/2021 – Aerotermodinâmica Fundamental / Fundamentals of Aerothermodynamics**

Requisito recomendado: TE-241. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Aspectos gerais do ambiente aerodinâmico de veículos aeroespaciais em velocidade hipersônica. Princípios de conservação (massa, quantidade de movimento, energia) aplicados em escoamento hipersônico. Mecanismos de transporte de energia (Transferência de calor por condução, convecção e radiação) aplicados em escoamento hipersônico. Modelo da atmosfera terrestre. Escoamento hipersônico (compressível) viscoso. Equações da camada limite para escoamento hipersônico. Equações da camada limite aplicada à placa plana. Equação da camada limite com gradiente de pressão. Solução similar para placa plana. Solução similar para região de estagnação de corpos rombudos (cilíndricos e esféricos). Transferência de calor convectivo (aquecimento aerodinâmico) na região de estagnação de corpos rombudos (cilíndricos e esféricos) e em placa plana. Transferência de calor convectivo considerando camada limite laminar e turbulento. Considerações sobre escoamento à alta temperatura.

#### Syllabus

Aerothermodynamic environment of aerospace vehicles at hypersonic speed general aspects. Principles of conservation (mass, linear momentum and energy) applied to hypersonic flow. Energy transport mechanisms (heat transfer by conduction, convection and radiation) applied to hypersonic flow. Earth's atmosphere model. Viscous (compressible) hypersonic flow. Boundary layer equations for hypersonic flow. Boundary layer equations applied on flat plate. Boundary layer equation with pressure gradient. Similar solution for a flat plate. Similar solution for stagnation region of blunt bodies (cylindrical and spherical). Convective heat transfer (aerothermodynamic heating) at the stagnation region of blunt bodies (cylindrical and spherical) and on flat plate. Convective heat transfer considering laminar and turbulent boundary layers. High temperature flow considerations.

Bibliografia: ANDERSON JR., J.D., Hypersonic and high temperature gas dynamics. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1989. 690 p. BERTIN, J.J., Hypersonic aerothermodynamics. Washington, DC: AIAA, 1994. 608 p. (AIAA education series). HANKEY, W.L., Re-entry aerodynamics. Washington, DC: AIAA, 1988. 144 p. (AIAA education series).

### **TE-243/2021 – Propulsão Hipersônica Aspirada I / Hypersonic Airbreathing Propulsion I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Histórico. Atmosfera terrestre. Equações da aerodinâmica. Desempenho de sistemas propulsivos aeroespaciais. Desempenho de veículos aeroespaciais. Desempenho de estatores de combustão supersônica. Análise do empuxo de corrente. Sistemas de compressão. Processo de combustão supersônica. Processo de expansão.

#### Syllabus

Historical perspective. Earth atmosphere. The equations of aerothermodynamics. Performance of aerospace propulsive systems. Performance of aerospace vehicles. Supersonic combustion ramjets performance. Stream thrust analysis. Compression systems. Supersonic combustion process. Expansion process. Bibliografia: HEISER, William H. et al. Hypersonic Airbreathing Propulsion. Washington, DC: AIAA, 1994. 592 p. ANDERSON, J. D. Modern Compressible Flow: with historical perspective. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 760 p. CURRAN, E. T.; MURTHY, S. N. B. Scramjet Propulsion. Reston, Va: AIAA-Progress in Astronautics and Aeronautics, 2000.

### **TE-244/2021 - Aerodinâmica Hipersônica / Hypersonic Aerothermodynamics**

Requisito recomendado: TE-241 Hipersônica Fundamental (Fundamentals for Hypersonics). Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Definição e características do escoamento hipersônico. Desenvolvimento das equações da dinâmica dos gases. Teoria da camada limite em alta velocidade. Relações hipersônicas de choque e expansão. Introdução ao escoamento de alta temperatura. Termodinâmica de gases quimicamente reativos. Elementos de Termodinâmica Estatística. Conceitos da teoria cinética dos gases. Escoamento de gases em equilíbrio químico. Escoamentos de gases em não equilíbrio químico.

#### Syllabus

Definition and characteristics of hypersonic flow. Development of gas dynamic equations. High speed boundary layer theory. Hypersonic shock and expansion relations. Introduction to high temperature flow. Thermodynamics of chemically reactive gases. Elements of statistical thermodynamics. Concepts of the kinetic theory of gases. Chemical equilibrium gas flow. Gas flows in non-chemical equilibrium. Bibliografia: 1 ANDERSON, J. D. Modern Compressible Flow: with historical perspective. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 760 p. 2 ANDERSON JR., J.D. Hypersonic and high temperature gas dynamics. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1989. 690 p. 3 VICENT, W. G. e KRUGER Jr., C. H., Introduction to Physical Gas Dynamics, Krieger Pub. Co., 1982.

### **TE-245/2021 - Propulsão Hipersônica Aspirada II / Hypersonic Airbreathing Propulsion II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-243. Horas semanais: 2-1-0-6. Combustão supersônica com equilíbrio químico. Combustão supersônica com cinética química. Escoamentos supersônicos quase-unidimensionais generalizados. Método das características para escoamentos supersônicos bidimensionais e suas aplicações. Camada limite compressível. Tópicos especiais.

#### Syllabus

Supersonic combustion with chemical equilibrium. Supersonic combustion with chemical kinetics. Generalized quasi-one-dimensional supersonic flows. The method of characteristics for two-dimensional supersonic flows with applications. Compressible boundary layer. Special topics. Bibliografia: 1 ANDERSON, J. D. Modern Compressible Flow: with historical perspective. 3rd. ed. New: McGraw-Hill, 2003. 760p. 2 SHAPIRO, A. R. M. The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow. New York: The Ronald Press Company, v. I, 1953. 332 p. 3 GLASSMAN, I.; YETTER, R. A.; GLUMAC, N. G. Combustion. 5th. ed. San Diego: Academic Press, 2014. 774 p.

### **TE-246/2021 - Hipersônica Experimental / Experimental Hypersonics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-6. Teoria de tubo de choque. Teoria de túnel de choque hipersônico. Aspectos de equilíbrio versus não-equilíbrio. Operação de tubos e túneis de choque. Programas computacionais aplicados no estudo de tubo e túneis de choque hipersônicos. Parâmetros de similaridade com voo atmosférico. Aspectos gerais de um acelerador hipersônico de massa. Aspectos gerais de um túnel de detonação. Aspectos gerais de um gerador de ar viciado. Técnicas experimentais intrusivas (medidas de pressão e temperatura) e não intrusiva de visualização de escoamentos hipersônicos aplicados a dispositivos laboratoriais hipersônicos. Técnicas experimentais não intrusivas de diagnóstico aplicadas a dispositivos laboratoriais hipersônicos.

#### Syllabus

Shock tube theory. Hypersonic shock tunnel theory. Equilibrium versus non-Equilibrium aspects. Operation of shock tubes and tunnels. Computational programs

applied to the study of shock tube and hypersonic shock tunnels. Similarity parameters relevant to atmospheric flight. General aspects of a hypersonic mass accelerator. General aspects of a detonation tunnel. General aspects of vitiated air generator. Intrusive (pressure and temperature) and non-intrusive experimental techniques for visualization of hypersonic flows applied to hypersonic laboratory facilities. Non-intrusive experimental diagnostic techniques applied to hypersonic laboratory facilities. Bibliografia: 1 ANDERSON JR., J.D. Hypersonic and high temperature gas dynamics. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1989. 690 p. 2 BERTIN, J.J. Hypersonic aerothermodynamics. Washington, DC: AIAA, 1994. 608 p. (AIAA education series). 3 LU, F. K. E MARREN, D. E. Advanced hypersonic test facilities. Washington, DC: AIAA, 2002. 639 p. (AIAA Progress in Astronautics and Aeronautics, vol. 198).

### **TE-247/2021 - Dinâmica Química / Chemical Dynamics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4-0-1-7. Princípios básicos de cinética, leis de velocidade, ordem e molecularidade das reações, equação de Arrhenius e energia de ativação. Superfícies de energia potencial: superfícies obtidas através de métodos semi-empíricos e ab initio. Teorias estatísticas das velocidades de reação: teoria do estado de transição e teoria RRKM. Dinâmica molecular: teoria cinética das colisões, métodos da dinâmica clássica e quântica das colisões.

Syllabus:

Basic principles of kinetics, velocity laws, molecular order of reactions, Arrhenius equation and activation energy. Potential energy surfaces: surfaces obtained by semi-empirical and ab initio methods. Statistical theory of reaction velocities: transition state theory and RRKM theory. Molecular dynamics: kinetics theory of collisions, methods of classical and quantum collision dynamics. Bibliografia: STEINFELD, J. I.; FRANCISCO, J. S.; HASE, W. H., Chemical Kinetics and Dynamics, Prentice, Hall, New Jersey, 1989. LAIDLER, K. J., Chemical Kinetics and Dynamics, Prentice, Hall, New Jersey, 1989. Chemical Kinetics and Dynamics of Elementary, Gas Reactions, Butterworth, London 1980. FERNADEZ-RAMOS, A., E.; ELLINGTON, B. A.; GARRETT, B. C.; TRUHLAR, Reviews in Computational Chemistry, v. 23, 125, 2007.

### **TE-248/2021 - Técnicas de Diagnóstico em Escoamento Reativo I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-2-4. Métodos ópticos de análises espectroscópicas: Fluorescência Induzida por Laser (LIF e PLIF); espalhamento Rayleigh; espectroscopia de emissão e quimiluminescência; espectroscopia de absorção; espectroscopia de reversão de linha; incandescência induzida por laser (LII); extinção de radiação Laser. Visualização de escoamentos: schlieren, shadowgraph, interferometria. Medidas de velocidades de escoamentos: velocimetria laser Doppler; Velocimetria através de imagem de particulados (PIV). Medidas de vazão: placas de orifício, rotâmetros, medidores tipo turbina. Medidas de pressão: manômetros, sensores piezoelétricos. Medidas de temperatura: termopares, bulbos de resistência. Medidas de concentração de espécies: analisadores de gases Medida de tamanho de gotas e particulados. Bibliografia: KOHSE-HOINGHAUS, K., JEFFRIES, J. B. Applied combustion diagnostics. New York, NY: Taylor and Francis, 2002. 705 p. (Combustion: an international series). ECKBRETH, A.C., Laser diagnostics for combustion temperature and species. 2.ed. New York, NY: Taylor and Francis, 1996. 596 p. (Combustion Science and Technology Book Series; v.3). LACAVALA, P. T., MARTINS, C. A., (Organizadores). Métodos Experimentais de Análise Aplicados à Combustão, 1ª. Ed., Papel Brasil Editora, 2010, 314 p.



### **TE-249/2021 – Introdução ao Método dos Volumes Finitos / Introduction to the Finite Volume Method**

Requisito recomendado: ME-202, TE-294. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Simulação computacional. Instrumentos para análise e projeto. Revisão de cálculo vetorial. Descrição matemática dos fenômenos físicos. Equações de governo. Introdução ao método dos volumes finitos. Discretização da equação de difusão. Condições de contorno. Sistemas de equações algébricas. Cálculo em duas e três dimensões. Termo fonte e linearização. Problemas em coordenadas polares. Problemas não-lineares. Termo temporal – formulação implícita e explícita. Problemas de convecção-difusão. Determinação do campo de velocidades. Acoplamento pressão-velocidade. Malha computacional. Descrição dos modelos e métodos de um software comercial de CFD.

#### **Syllabus**

Computational simulation. Tools for analysis and design. Vector calculus review. Mathematical description of physical phenomena. The conservation equations. Introduction to the finite volume method. Discretization of the diffusion equation. Boundary conditions. Systems of algebraic equations. Calculation in two and three dimensions. Source term and linearization. Problems in polar coordinates. Non-linear problems. Temporal term - implicit and explicit formulation. Convection-diffusion problems. Determination of the velocity field. Pressure-velocity coupling. Computational mesh. Description of the models and methods of commercial CFD software. Bibliografia: PATANKAR, Suhas V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. MacGraw-Hill, New York, 1980. 197p. MALISKA, Clovis R. Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional. LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2004. 453p. CAUSON, D. M. et al. Introductory Finite Volume Methods for PDEs. BookBoon, 2011. 82p.

### **TE-250/2021 – Fundamentos de Espectroscopia**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-6. Noções gerais da Teoria Quântica. Equação de Schrödinger. Níveis de energia de átomos. Emissão e absorção de radiação por átomos. Níveis de energia de moléculas diatômicas: osciladores harmônico e anarmônico. Transições eletrônicas. Noções de Mecânica Estatística. Espectros de átomos e moléculas diatômicas. Determinação experimental de constantes espectroscópicas. Bibliografia: MCQUARRIE, D.A.; SIMON, J.D. Physical chemistry: a molecular approach. 2.ed. Sausalito: University Science Books, 1997, 1360 p. DEMTRÖDER, W., Atoms, Molecules and Photons, Heidelberg: Springer, 2010, p 589. HERZBERG, F.R.S.G., Molecular Spectra and Molecular Structure. I. Spectra of Diatomic Molecules. 2.ed. New Jersey: D. Van Nostrand Company, 1950, p 658.

### **TE-252/2021 – Sistemas Nucleares / Nuclear Systems**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Fontes de energia. Reações nucleares e controle de reatividade. Conceitos básicos em transferência de calor e ciclos térmicos. Remoção de calor nos reatores nucleares: núcleo, barra de combustível, e principais componentes dos reatores nucleares. Materiais utilizados como combustível, moderador, refrigerante, estrutura e controle (propriedades, aplicações e limitações). Ciclo do combustível nuclear. Tipos de reatores nucleares. Reatores e seus sistemas térmicos, auxiliares e de segurança. Conceito de reatores avançados. Sistemas nucleares espaciais: GTRs, reatores geradores elétricos e propulsores. Simulação de cinética pontual de reatores nucleares, com programas específicos.

#### **Syllabus**

Nuclear reactor types. Nuclear reactors and its thermal, auxiliary and safety systems. Advanced reactor concepts and space nuclear systems. RTGs, Nuclear Thermal and Electric Propulsion. Energy sources, nuclear fission and fusion reactions. Neutron transport equation derivation. One velocity transport equation. Diffusion approximation. Criticality condition. Punctual kinetic simplification. Nuclear reactions and reactivity control. Materials used as fuel, moderator, cooler, structure and control (properties, applications and limitations). Reactor point kinetic simulation for a space reactor. Bibliografia: DUDERSTADT, J.J., HAMILTON, L.J., Nuclear Reactor Analysis. 1a ed. John Wiley and Sons, New York, 1976. 650p. RUST, J.H., Nuclear Power Plant Engineering, 1a ed. Holland Co. Atlanta, 1979. 504p. EL-WAKILL, M. M., Nuclear Energy Conversion, 1a ed. Ed. Publishers. New York, 1982. 666p

### **TE-253/2021 – Geração de Potência Nuclear no Espaço / Space Nuclear Power Generation**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-6. Radiação e interação com a matéria. Transporte de energia térmica. Técnicas de conversão de energia. Técnicas de rejeição de energia. Gerador de potência por decaimento radiativo. Conceitos de núcleos de reatores espaciais. Sistemas nucleares espaciais elétricos. Considerações de projeto de uma usina nuclear espacial.

#### **Syllabus**

Radiation and its interaction with matter. Introduction to thermal energy transport. Energy conversion and rejection. Radioisotope decay power generation: Pu-238 and Am-241. General nuclear reactor concept. Space micro nuclear reactor. Nuclear electric propulsion versus nuclear thermal propulsion. Basic considerations for a space nuclear power plant project. Bibliografia: ANGELO, J.A., BUDEN, D., Space Nuclear Power, Orbit Book Company, INC. Florida, 1985. SHEPHERD, D.G., Aerospace Propulsion, American Elsevier Publishing Company, INC. New York, 1972. IAEA The Role of Nuclear Power and Nuclear Propulsion in the Peaceful Exploration of Space, IAEA, Vienna, 2005.

### **TE-254/2021 – Sistemas de Conversão de Energia Nuclear / Nuclear Energy Conversion Systems**

Requisito recomendado: ME-200. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos termodinâmicos básicos: propriedades e equações de estado. Primeira lei da termodinâmica: energia interna e entalpia. Segunda lei da termodinâmica: entropia, irreversibilidades e ciclo de Carnot. Disponibilidade e exergia: perda de trabalho disponível, minimização da geração de entropia, efeitos das irreversibilidades interna e externa, número de geração de entropia, eficiência de segunda lei. Ciclo Rankine: processos termodinâmicos, efeitos das irreversibilidades externas e internas, curvas características, fluidos de trabalho. Ciclo Brayton: processos termodinâmicos, regeneradores, fluidos de trabalho e mistura de gases nobres. Ciclos Stirling: componentes, processos termodinâmicos, regenerador. Efeitos termoelétricos: efeito Seebeck, efeito Peltier, relação de Kelvin. Equipamentos de transferência de calor: tubos de calor e radiadores.

#### **Syllabus**

Basic thermodynamic concepts: properties and equations of state. First law of thermodynamics: internal energy and enthalpy. Second law of thermodynamics: entropy, irreversibilities and the Carnot cycle. Availability and Exergy: loss of available work, entropy generation minimization, entropy generation number, second law efficiency. Rankine cycle: thermodynamic processes, effect of internal and external irreversibilities, characteristic curves, working fluids. Brayton cycle: thermodynamic processes, recuperator, working fluids, noble gases mixtures. Stirling cycle:

components, thermodynamic processes, regenerator. Thermoelectric effects: Seebeck effect, Peltier effect, Kelvin relation. Heat transfer equipment: heat pipes and radiators. Bibliografia: 1 EL-WAKIL, M. M., Nuclear Energy Conversion, Scranton, Intext Educational Publishers, 1971. 2 BEJAN, A., Advanced Engineering Thermodynamics, 2 ed., New York, John Wiley and Sons, 1997. 3 ANNAMALAI, K., PURI, I.K., Advanced Thermodynamics Engineering, Boca Raton, CRC Press, 2002.

#### **TE-260/2021 - Metodologia da Pesquisa Científica**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-2. Conceitos gerais: conhecimento científico e não-científico. Método científico: definições, classificações e limitações. Estrutura geral dos trabalhos acadêmicos. A importância do Projeto de Pesquisa. Motivação e contextualização da Pesquisa Científica. Definição de hipóteses e objetivos. Planejamento de experimentos. Análise e significado dos resultados. A escrita técnico-científica: aspectos gerais, componentes e normas. O papel da expressão oral na vida acadêmica: preparação e exposição. Autoria e plágio. Noções de segurança da informação. Bibliografia: ZILLES, Urbano. Teoria do Conhecimento e Teoria da Ciência. 2ª. ed. São Paulo: Paulus, 2008. v. 1. 200p. KÖCHE, José Carlos. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 26ª. ed. Petrópolis: Vozes, 200p. MALERBO, Maria Bernadete. e PELÁ, Nilsa Teersa Rotter. Apresentação Escrita de Trabalhos Científicos. 1.ed. Holos Editora, 2003, 110 p. GONZAGA, Ferreira. Redação Científica, 1º ed. Atlas Editora, 2011, 176 p.

#### **TE-261/2021 – Análise de Riscos Tecnológicos**

Requisito recomendado: MB-210/MOQ-13. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Introdução ao conceito de risco e de gestão de riscos em consonância com a ISO 31.000:2009. Histórico e evolução da gestão de riscos. Elicitação de probabilidades e de modelos de risco. Técnicas de análise de risco segundo a ISO 31010:2012. Teorias de Causalidade de Acidentes e de análise de Riscos. Confiabilidade de sistemas tecnológicos e humanos. Método quantitativo e qualitativo de análise de risco. Análise de vulnerabilidade e consequências. Plano de gerenciamento de riscos. Gerenciamento do risco operacional. Bibliografia: BEDFORD, T.; COOKE, R. Probabilistic Risk Analysis – Foundations and Methods. Cambridge. 1<sup>st</sup> edition 2001. HARING, I. Risk Analysis and Management Engineering Resilience. Springer. 2015. DUFFEY, R. B., SAULL, J. W. Managing risk: The Human Element. John Wiley and Sons, Chichester, 2008.

#### **TE-262/2021 – Prospecção Tecnológica e Inteligência Competitiva**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MB-263. Horas semanais: 3-0-0-3. Introdução à prospecção tecnológica e à inteligência competitiva. Importância da prospecção tecnológica. Antecipação da direção e velocidade das mudanças tecnológicas. Diversidade de técnicas de análise prospectiva. Análise Fisher Pry. Análise Gompertz. Metodologia baseada em mapeamento tecnológico. Pesquisa bibliográfica e bibliometria. Análise de patentes. Pesquisa Delphi. Cenários. Roadmaps. Análise de decisão. Uso da Web of Science e métodos de análise para a identificação do gap tecnológico. Bibliografia: MARTINO, J. P. Technological Forecasting for Decision Making. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1993. PORTER, Alan L. et al. Forecasting and Management of Technology. 2. ed. New Jersey: John Willey & Sons, 2011. TEIXEIRA, Aurora A.C. Technological Change. InTech, 2012.

#### **TE-263/2021 – Introdução à Tecnologia da Informação para a Manutenção de Sistemas Aeroespaciais Complexos – eMaintenance**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-4. Introdução à Manutenção de Sistemas Aeroespaciais Complexos; Introdução à Gerenciamento Integrado da Saúde de Veículos (Integrated Vehicle Health Management - IVHM); Tecnologia da Informação e Comunicações em apoio à eMaintenance (IoT, Big Data, etc); Introdução à Técnicas de Inteligência Artificial para Apoio à Decisão na Gestão e Manutenção; Exemplos de Soluções de eMaintenance, Desafios e Perspectivas Futuras. Bibliografia: HOLMBERG et al. E-maintenance. Springer, NY, 2000. MÁRQUEZ, Crespo A. The Maintenance Management Framework. Springer, Spain, 2007. PASCUAL, Diego G. Artificial Intelligence Tools. CRC Press, FL, 2015.

#### **TE-264/2021 – Métodos Quantitativos em Análise de Riscos**

Requisito recomendado: PO-210 (ou MOQ-13), TE-261. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Apresentação e estudo de ferramentas e técnicas quantitativas aplicadas à Análise de Riscos. Introdução a Dinâmica de sistemas aplicada à modelagem de cenários de riscos. Redes Bayesianas – BBN. Modelos baseados em agentes. Integração de ferramentas tradicionais para cálculo de probabilidade de sistemas tecnológicos, humanos e organizacionais. Análise de Incerteza aleatória e epistêmica aplicada à análise de riscos. Métodos de classificação e priorização de riscos. Análise de decisão Multicritério (Multicriteria Decision Analysis – MCDA). Modelos de vulnerabilidade. Análise quantitativa de riscos (Quantitative Risk Analysis – QRA), com aplicações na área industrial, de transporte, aeroespacial. Bibliografia: BEDFORD, T.; COOKE, R. Probabilistic Risk Analysis – Foundations and Methods. Cambridge. 2009. FENTON, N.; NEIL, M. Risk assessment and decision analysis with Bayesian networks. CRC, 2012. STERMAN, J.D. Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill, 2000.

#### **TE-265/2021 – Engenharia de Sistema Baseada em Modelos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-0-5. Apresentação do método Agile para o desenvolvimento de sistemas aeroespaciais. Introdução ao SysML. Taxonomia do SysML. Identificação e modelagem de Stakeholders utilizando Use Case Scenarios. Geração de requisitos de Stakeholders a partir dos cenários. Identificação e modelagem do Sistema Utilizando Use Cases. Geração de requisitos de sistemas aeroespaciais. Identificação e modelagem dos subsistemas. Construção da arquitetura do sistema. Alocação dos requisitos aos elementos da arquitetura. Identificação e captura dos requisitos de interfaces do sistema de interesse com seus níveis hierárquicos e com seus sistemas de apoio. Bibliografia: DOUGLAS, B. P. Agile systems engineering. Ed. Morgan Kaufmann. 2015. HOLT, J., PERRY, S. SysML for systems engineering. Ed. Institution of Engineering and Technology, 2008. WEILKIENS T. Systems engineering with SysML/UML: Modeling, Analysis, Design, Morgan Kaufmann, 2011.

#### **TE-266/2021 - Tópicos em Realidade Aumentada para Experimentos em Fatores Humanos / Topics in Augmented Reality for Experiments in Human Factors**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-3-3. Modelagem de realidade aumentada com UNITY3D e VUFORIA. Geração de aplicações de realidade aumentada em dispositivos montados na cabeça (HMD) e manipulados (HHD) para processos de montagem e desmontagem na indústria. Fatores humanos cognitivos e físicos. Apresentação de estudos de caso de uso de realidade aumentada na indústria 4.0. Delineamento de experimentos com fatores humanos para processos de montagem e desmontagem na indústria 4.0.

Syllabus:

Augmented reality modeling with UNITY3D and VUFORIA. Generation of augmented reality applications in head mounted (HMD) and hand held (HHD) devices for industry assembly and disassembly processes. Human cognitive and physical factors. Presentation of augmented reality in industry 4.0 case studies. Design of human factor experiments for assembly and disassembly processes in industry 4.0. Bibliografia: 1 MARTINETTI, Alberto; MARQUES, Henrique Costa; SINGH, Sarbjeet; et al. Reflections on the Limited Pervasiveness of Augmented Reality in Industrial Sectors. *Applied Sciences*, v. 9, n. 16, p. 3382, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/16/3382>>. Acesso em: 31 ago. 2019. 2 GARCÍA, J. Roberto Reyes; MARTINETTI, Alberto; BECKER, Juan M. Jauregui; et al. Towards an Industry 4.0-Based Maintenance Approach in the Manufacturing Processes. <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-5225-7152-0.ch008>. Disponível em: <<https://www.igi-global.com/gateway/chapter/220154>>. Acesso em: 4 out. 2019. 3 KYRIAKIDIS, Miltos; SINGH, Sarbjeet. Human Factors in Maintenance of Complex Transportation Systems. In: SINGH, Sarbjeet; MARTINETTI, Alberto; MAJUMDAR, Arnab; et al (Orgs.). *Transportation Systems: Managing Performance through Advanced Maintenance Engineering*. Singapore: Springer Singapore, 2019, p. 19–25. (Asset Analytics). Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-981-32-9323-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-32-9323-6_2)>. Acesso em: 4 out. 2019.

#### **TE-267/2021 - Fundamentos de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Conceitos fundamentais: confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade, segurança, falhas, erros, aeronavegabilidade continuada, acidente, incidente, risco. Influência de confiabilidade e manutenibilidade sobre a disponibilidade e os custos operacionais e de suporte. Gestão de requisitos de RAMS. Previsão de confiabilidade. Confiabilidade de software. Crescimento da confiabilidade. Identificação e análise dos requisitos de manutenibilidade. Os princípios de simplificação, padronização e modularização. Sistemas de diagnóstico de falhas. Critérios de projeto e arquitetura de sistemas objetivando aumento de disponibilidade. Despachabilidade. Otimização da confiabilidade, disponibilidade e custo. Requisitos de segurança de sistemas civis e militares. Técnicas de análise de segurança no desenvolvimento. A influência dos ambientes operacional, logístico e da manutenção sobre os indicadores de RAMS. Avaliação de impactos em disponibilidade e custos de modificações e opções de projeto. Análises de tradeoffs. Bibliografia: O'CONNOR, P. D. T., *Practical reliability engineering*. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1991. MIL-HDBK-470A, *Designing and Developing Maintainable Products and Systems*, 1997. BLANCHARD, B. S. - *Maintainability, a key to effective serviceability and maintenance management*, John Wiley & Sons, 1995.

#### **TE-280/2021 – Análise de Segurança e Riscos em Laboratórios**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-0-1-4. Conceitos básicos de segurança ocupacional. Riscos ambientais: físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes. Análise de riscos. Segurança na utilização de equipamentos e utilidades no laboratório: gases, vapor, energia, ar comprimido, laser. Sistema de ventilação e exaustão de gases, vapores e material particulado. Equipamentos de proteção individual e coletiva. Sinalização de segurança, sistema GHS. Gestão de resíduos perigosos. Legislação e normas técnicas. Armazenagem de substâncias inflamáveis e corrosivas. Emergências no laboratório: incêndio, explosão, vazamentos. Bibliografia: HILL, R., FINSTER, D. C. *Laboratory Safety for Chemistry Students*, 2ª Ed.. Wiley, 2016. AVEN, T. *Foundations of risk analysis: a knowledge*

and decision-oriented perspective. Hoboken, NJ: Wiley, 2008. 190 p. ISBN (10): 0-471-49548-4 ; (13): 978-0-471-49548-2. PLOG, B.A. Fundamentals of Industrial Hygiene, 6th Edition, NSC, 2012.

### **TE-281/2021 – Modelagem Numérica Aplicada à Nanofotônica / Numerical Modeling Applied to Nanophotonics**

Requisito recomendado: EC-212, TE-289. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos da propagação de ondas em guias ópticos: guias planares, fibras ópticas e óptica integrada. Propagação de sinal óptico em meios micro-estruturados. Efeito bandgap fotônico. Propagação óptica em cristais fotônicos planares e em fibras micro-estruturadas (“Photonic Crystal Fiber”). Fundamentos do Método dos Elementos Finitos para análise modal em fotônica. Análise de modos guiados. Análise de propagação de feixe. Análise no domínio do tempo. Modelagem, numérica de circuitos e dispositivos integrados. Modelagem de fibras ópticas micro-estruturadas. Modelagem de filtros, cavidades e ressoadores ópticos.

Syllabus:

Fundamentals of wave propagation in optical waveguides: planar waveguides, optical fibers and integrated optics. Light propagation in micro-structured media. Photonic bandgap effect. Optical propagation in planar photonic crystals and micro-structured fibers (“Photonic Crystal Fiber”). Fundamentals of the Finite Element Method for modal analysis in photonics. Analysis of guided modes. Beam propagation analysis. Time domain analysis. Numerical modeling of optical circuits and integrated devices. Modeling of micro-structured optical fibers. Modeling of filters, cavities and optical resonators. Bibliografia: OKAMOTO, K., Fundamentals of Optical Waveguides, 2nd Ed., New York, Academic Press, 2005. REED, G.T. e KNIGHTS, A. P., Silicon Photonics, An Introduction, John Wiley & Sons, Ltd. 2004. MÉNDEZ, A. e MORSE T. F., Specialty Optical Fibers Handbook, Burlington, Academic Press, 2007.

### **TE-282/2021 - Meta-Heurística / Metaheuristics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-2-0-6. Conceitos básicos de meta-heurísticas. Meta-heurísticas baseadas em solução única. Meta-heurísticas baseadas em população. Meta-heurística baseada em confiabilidade. Meta-heurística para otimização multiobjetivo. Meta-heurística híbrida. Desempenho e parametrização.

Syllabus:

Basic concepts of metaheuristics. Single solution based metaheuristics. Population based metaheuristics. Reliability-based metaheuristics. Metaheuristics for multiobjective optimization. Hybrid metaheuristics. Performance and parameterization. Bibliografia: EL-GHAZALI TALBI, Metaheuristics: from design to implementation, Ed. John Wiley & Sons, 2009. ISBN SBN: 978-0-470-27858-1. YANN COLLETTE AND PATRICK SIARRY, Multiobjective Optimization: Principles and case studies, Ed. Springer, 2003. ISBN 978-3-540-40182-7. GREGORY LEVITIN, Computational Intelligence in Reliability Engineering New Metaheuristics Neural and Fuzzy Techniques in Reliability (Studies in Computational Intelligence), Ed. Springer, 2007. ISBN 978-3-540-37372-8.

### **TE-283/2021 – Processamento de Cerâmicas Magnéticas / Ceramic Material Processing**

Requisito recomendado: MT-201 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-2-3. Sensores magnéticos: princípios e aplicações; preparação das matérias-primas para o processamento; caracterização de pós cerâmicos; processos de moagem e mistura; processos de conformação; sinterização; influência dos parâmetros

de processamento e sinterização na microestrutura e nas propriedades magnéticas; novas metodologias de processamento

Syllabus:

Magnetic sensors: Principles and Applications; preparing raw material for processing; characterization of ceramic powders; grinding and mixing processes; forming processes; sintering; effect of sintering and processing parameters on the microstructure and magnetic properties; new processing methodologies: Bibliografia: 1 GOLDMAN, A., Modern Ferrite Technology. Springer, 2006. 2 VALENZUELA. R., Magnetic Ceramics. Cambridge University Press, 1994. 3 REED, J. S. Principles of Ceramic Processing. John Wiley & Sons, 1995.

### **TE-284/2021 - Caracterização de Materiais Cerâmicos em Micro-ondas e Terahertz / Characterization of Ceramic Materials in Microwave and Terahertz**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-3-1-2. Eletromagnetismo aplicado: linhas coaxiais e guias de onda retangulares. Teoria de medidas em micro-ondas e Terahertz. Métodos de medidas das propriedades dielétricas. Análise da permissividade e da permeabilidade complexas. Práticas em medições das propriedades dielétricas. Instrumentação e medidas. Aplicações em projetos de sistemas aeroespaciais.

Syllabus:

Applied electromagnetism: coaxial airline and rectangular waveguides transmission lines. Principles of microwave and terahertz measurements. Methods of measuring the dielectric properties. Analysis of complex permittivity and permeability. Practical measurements of dielectric properties. Instrumentation and measurements. Applications in aerospace systems design. Bibliografia: 1 NATIONAL PHYSICAL LABORATORY, A guide to characterizations of dielectric materials at RF and microwave frequencies ,London, Institute of Measurement and Control, 2003, 180 p, Wiley, 1976. 2 A Guide to the characterization of dielectric materials at RF and microwave frequencies, National Physical Laboratory, Institute of Measurements and Control, 2003. 3 F.F.SIZOV, Infrared and Terahertz in biomedicine, Quantum Electronic & Optoelectronic, 2017.V20,No.3 p273-283.

### **TE-285/2021 - Sensores para Aplicações Espaciais I / Sensors for Space Application I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Características de Medição. Sensores de variáveis físicas espaciais. Sensores para medidas de frequência e tempo. Sensores aplicáveis em medições de variáveis mecânicas: sólidos, fluídos e térmicas. Sensores eletromagnéticos. Sensores ópticos. Sensores aplicáveis em medições de radiação ionizante. Sensores aplicáveis em medições de variáveis biomédicas. Sensores aplicáveis em medições de variáveis químicas. Condicionamento de sinais.

Syllabus:

Measurement characteristics; Sensors of space physical variables; Sensors for time and frequency measurements; Sensors for mechanical variables measurements: solids, fluids and thermals; Electromagnetic sensors; Optic sensors; Sensors for ionizing radiation measurements; Sensors for biomedical measurements; Sensors for chemical variables measurements; Signal conditioning. Bibliografia: FRADEN, J., Handbook of Modern Sensors. 3rd Ed, New York: Springer, 2003. 589p. MOSELEY, P.T.; CROCKER, A.J., Sensor Materials. London: Institute of Physics Publishing, 1996. 227p. WILSON, J. S., Sensor Technology Handbook. Amsterdam: Elsevier Inc., 2005. 704p.

### **TE-286/2021 - Sensores II / Sensors II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-285. Horas semanais: 3-0-1-4. Processo de desenvolvimento de sensores. Etapas no desenvolvimento de sensores. Projetos eletromagnético e mecânicos. Ferramentas computacionais. Caracterizações eletromagnética e mecânica dos componentes. Condicionamento de sinais e apresentação. Normas aplicáveis para homologação do produto.

Syllabus:

Sensors development processes; Steps on sensors development; Electromagnetics and mechanics projects; Computational tools; Electromagnetic and mechanical devices characterization; Signal conditioning; Standards applied to product certification. Bibliografia: FRADEN, J., Handbook of Modern Sensors. 3rd Ed, New York: Springer, 2003. 589p. MOSELEY, P.T.; CROCKER, A. J., Sensor Materials. London: Institute of Physics Publishing, 1996. 227p. WILSON, J. S., Sensor Technology Handbook. Amsterdam: Elsevier Inc., 2005. 704p.

### **TE-287/2021 – Física de Dispositivos Semicondutores / Physics of Semiconductor Devices**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-287 (ou formação equivalente). Horas semanais: 4-0-0-8. Estados eletrônicos do átomo. Estrutura eletrônica dos sólidos. Metais, isolantes e semicondutores. Semicondutores intrínsecos-extrínsecos. Densidade de Portadores de Carga nas Bandas. Distribuição de Fermi - Equilíbrio Termodinâmico. Transporte de Carga em Semicondutores. Mobilidade – corrente elétrica. Processos de difusão. Recombinação e geração de portadores. Equação de continuidade de carga. Contato Metal Semicondutor (M/S). Sistema M/S no equilíbrio. Diagramas de banda. Formação de barreira de potencial. Cálculo da largura da região de depleção, e do campo elétrico interno. Sistema M/S polarizado. Contatos Ôhmicos – Diodo Schottky. Junção P-N. Junção P-N no equilíbrio. Formação da barreira de potencial. Largura da região de depleção. Junção polarizada. Junção P-N iluminada, fotodiodo, células solares. Heterojunções. Tipos de Heterojunções, N-N, P-P, N-P. Descontinuidade nas bandas. Análise no equilíbrio termodinâmico.

Syllabus:

Electronic states of atoms. Electronic structures of solids. Metals, insulators and semiconductors. Intrinsic - extrinsic semiconductor. Charge density on bands; Fermi distribution - thermodynamic equilibrium. Charge transport in semiconductor. Mobility - electric current. Diffusion processes. Generation and recombination of free charges. Continuity equation for charges. Metal - semiconductor junction (M/S). M/S system on equilibrium. P-N junctions. P-N junctions at equilibrium. Band diagrams. Formation of potential barrier. Depletion region calculation and internal electric field. Polarized M/S system. Ohmic contacts - Schottky diodes. P-N junctions. P-N junction at equilibrium. Potential barrier formation. Depletion region width. Polarized junction. Illuminated P-N junction. Photodiodes. Solar cells. Types of heterojunctions. N-N, P-P, N-P; discontinuity on bands. Thermodynamic equilibrium analyzes. Bibliografia: ASHCROFT, N. W. and MERMIN, N. D., Solid State Physics, Saunders College Publishing, 1976. Sze, S. M., Physics of Semiconductor Devices, New York, NY : Wiley, 1981. Streetman, B.G., Solid state Electronic Devices, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

### **TE-288/2021 – Física de Dispositivos Semicondutores II / Physics of Semiconductor Devices II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-287 (ou formação equivalente). Horas semanais: 4-0-0-8. Transistores de efeito de campo (FET, MESFET, HEMT, MOSFET), transistores de junções bipolares, dispositivos optoeletrônicos (células



solares, fotodetectores, LEDs, lasers), circuitos integrados, dispositivos que apresentam resistência diferencial negativa e chaves semicondutoras para alta potência.

Syllabus:

The principles of thermodynamics and their consequences. The first, second and third laws of thermodynamics. Thermochemistry. Entropy. Free energy. Chemical potential, activity, and fugacity. Thermodynamics equilibrium constant. Thermodynamics study of solutions. Bibliografia: ASHCROFT, N. W. and MERMIN, N. D., Solid State Physics, Saunders College Publishing, 1976. Sze, S. M., Physics of Semiconductor Devices, New York, NY : Wiley, 1981. Streetman, B.G., Solid state Electronic Devices, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

### **TE-289/2021 – Dispositivos e Sensores Fotônicos Integrados / Integrated Photonic Devices and Sensors**

Requisito recomendado: EC-212, TE-281. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Fundamentos da propagação de ondas eletromagnéticas em meios e guias ópticos dielétricos: guias planares, fibras ópticas e óptica integrada. Modos guiados e modos de radiação. Dispersão óptica. Métodos para solução de guias, dispositivos e sensores ópticos integrados. Teoria de modos acoplados. Dispositivos e sensores fotônicos integrados: sensores, moduladores, interferômetros, cavidades ressonantes, filtros, etc. Mecanismos de Perdas em Guias de Ondas. Acoplamento e conversão de modos. Fotônica em silício.

Syllabus:

Fundamentals of electromagnetic wave propagation in optical dielectric media and waveguides: planar waveguides, optical fibers and integrated optics. Guided and radiation modes. Optical dispersion. Methods for solving integrated optical waveguides, devices and sensors. Coupled Mode Theory. Integrated photonic devices and sensors: sensors, modulators, interferometers, resonant cavities, filters, etc. Losses Mechanisms in Waveguides. Mode coupling and conversion. Silicon Photonics. Bibliografia: POLLOCK, C. R., Fundamentals of Optoelectronics Chicago, Irwin, 1995; OKAMOTO, K., Fundamentals of Optical Waveguides, 2nd Ed., New York, Academic Press, 2005; SALEH, B. E. A. e TEICH, M. C., Fundamentals of Photonics, 2nd Ed., Wiley-Interscience, 2007.

### **TE-290/2021 - Materiais Cerâmicos Magnéticos Avançados / Advanced Magnetic Ceramics**

Requisito recomendado: MT-281. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-3-1-2. Revisão sobre eletromagnetismo: Campo magnético, Momento magnético, Definições. Magnetização e materiais magnéticos: Indução magnética e magnetização, Suscetibilidade e permeabilidade, histereses. Origem atômica do magnetismo: Equação de Schrödinger, Efeito Zeeman, Spin do elétron, Acoplamento Spin-Orbita. Tipos de magnetismo: Diamagnetismo, Paramagnetismo, Ferromagnetismo, Antiferromagnetismo, Ferrimagnetismo. Anisotropia: magneto cristalina, Forma e Induzida. Aplicações: Sensores e atuadores espaciais. Técnicas de caracterização de materiais magnéticos: medidas de permeabilidade na faixa de frequência DC a 40 GHz.

Syllabus:

Review of electromagnetism theory: magnetic field, magnetic moment, definitions. Magnetization and magnetic materials: magnetic induction and magnetization, Susceptibility and permeability, Hysteresis. Atomic origins of Magnetism: Schrödinger's Equation, Zeeman Effect, Electron Spin, Spin-Orbit Coupling. Types of magnetism: diamagnetism, paramagnetism, ferromagnetism, antiferromagnetism, ferrimagnetism, antiferrimagnetism. Anisotropy: crystalline magnet, form and induced. Applications: space sensors and actuators. Characterization techniques of magnetic

materials: permeability measurements in DC to 40 GHz frequency range. Bibliografia: SPALDIN, N. Magnetic Materials – Fundamentals and Device Applications, Cambridge University Press, 2003. Ceramic materials for electronics: Processing, properties and applications, Relva C. Buchanan, New York, 1991. A Guide to the characterization of dielectric materials at RF and microwave frequencies, National Physical Laboratory, Institute of Measurements and Control, 2003.

### **TE-294/2021 - Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters I - Básico / Numerical Methods and Applications in Clusters I - Basics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-1-5. Equações diferenciais parciais, Métodos de discretização (Método das Diferenças Finitas, Método dos Elementos Finitos), Métodos de geração de malhas, Métodos de Monte Carlo, Métodos de marcha no tempo, Álgebra matricial computacional (algoritmos básicos, matrizes esparsas, métodos de armazenamento compacto de matrizes), Processamento em clusters (arquiteturas de hardware e software, paradigma de troca de mensagens, MPI, OpenMP). Exemplos de aplicações com processamento paralelo no estudo de fenômenos físicos e em engenharia.

Syllabus:

Partial Differential Equations; Discretization methods: Finite Difference Methods and Finite Element Methods; Mesh Generation Methods, Monte Carlo Methods, Time Discretization Methods, Computational Matrix Algebra (Basic Algorithms, Sparse Matrices, Compact Storage Methods), Cluster Computing (hardware and software architectures, message passing paradigm, MPI, OpenMP). Examples of applications with parallel processing in the study of physical phenomena and engineering. Bibliografia: DONGARRA, J. (Ed.) et al. Sourcebook of parallel computing. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2003. 842 p. ISBN 978-1-55860-871-9. SADIKU, M.N.O. Numerical techniques in electromagnetics. Boca Raton, FL: CRC Press, 1992. 690 p. ISBN 0-8493-4232-5. TANNEHILL, J.C.; ANDERSON, D.A.; PLETCHER, R.H. Computational fluid mechanics and heat transfer. 2. ed. London: Taylor and Francis, c1997. 792 p. (Series in computational and physical processes in mechanics and thermal science). ISBN 1-56032-046-X.

### **TE-296/2021 - Métodos Numéricos e Aplicações em Clusters II – Prática / Numerical Methods and Applications in Clusters II - Practice**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: TE-294. Horas semanais: 1-0-3-5. Bibliotecas básicas de álgebra matricial, de resolução de sistemas de equações e de troca de mensagens. Processamento paralelo com memória compartilhada com OpenMP. Resolução de problemas em Física e Engenharia e análise de dispositivos de interesse tecnológico com a aplicação de métodos de discretização, métodos estocásticos e outras técnicas numéricas em computadores com múltiplos processadores e em clusters de Pcs.

Syllabus:

Basic libraries for matrix algebra, for solving systems of equations and for message passing. Parallel processing with shared memory and OpenMP. Resolution of problem in Physics and Engineering and analysis of devices of technological interest with the application of discretization methods, stochastic methods and other numerical techniques in multi-processor computers and PC clusters. Bibliografia: DONGARRA, J. (Ed.) et al. Sourcebook of parallel computing. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2003. 842 p. ISBN 978-1-55860-871-9. SADIKU, M.N.O., Numerical techniques in electromagnetics. Boca Raton, FL: CRC Press, 1992. 690 p. ISBN 0-8493-4232-5. TANNEHILL, J.C.; ANDERSON, D.A.; PLETCHER, R.H. Computational fluid mechanics and heat transfer. 2. ed. London: Taylor and Francis, c1997. 792 p. (Series

in computational and physical processes in mechanics and thermal science). ISBN 1-56032-046-X.

### **TE-297/2021 – Técnicas de Modulação e Detecção Óptica / Optic Modulation and Detection Techniques**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-2-0-8. Modulação direta de intensidade óptica; Modulação externa de fase óptica; Modulação externa de intensidade óptica: modulação interferométrica e por absorção; Análise espectral de sinais ópticos modulados em fase e intensidade; Detecção direta; Detecção balanceada; Detecção Coerente; Análise espectral de sinais fotodetectados; Análise de ruído e distorção.

Syllabus:

Direct optic intensity modulation; External optic phase modulation; External optic intensity modulation; interferometric and absorption modulation; Spectral analysis of optic phase and intensity modulated signals; Direct optic detection; Balanced optic detection; Coherent optic detection; Spectral analysis of detected optic signals; Noise and distortion analysis at optoelectronics systems. Bibliografia: WILLIAN S. CHANG, RF, photonics technology in optical fiber links, Ed. Cambridge, 2002. SBN: 978-0-521-80375-5; CHARLES H. COX, Analog Optical Links: theory and practice, Ed. Cambridge, 2004. ISBN 978-0-521-62163-2; VINCENT J. URICK, JANSON D. MCKINNEY, KEITH J. WILLIAMS, Fundamentals of microwave photonics, Ed. Wiley, 2015. ISBN 978-1-118-29320-1.

### **TE-300/2021 - Seminário de Tese / Thesis Seminar**

Requisito recomendado: Não á. Requisito exigido: TE-260. Horas semanais: 1-0-0-1. Noções de organização de trabalhos científicos. Noções de apresentação oral. Fomento à prática de análise e discussão crítica de trabalhos acadêmicos dos alunos de pós-graduação por meio da apresentação oral de seus trabalhos.

Syllabus:

Notions of organization of scientific works. Basics on oral presentation. Encourage the practice of analysis and critical discussion of academic work prepared by students through their own oral presentations. Bibliografia: 1 ZILLES, Urbano. Teoria do Conhecimento e Teoria da Ciência. 2ª. ed. São Paulo: Paulus, 2008. v. 1. 200p. 2 KÖCHE, José Carlos. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 26º. ed. Petrópolis: Vozes, 200p.

## **10. PESQUISA OPERACIONAL**

### **10.1 Introdução**

O Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional (PPG-PO) em associação entre UNIFESP e ITA foi aprovado em 2015 pela CAPES com a nota 4. A primeira turma do PPG-PO teve início no primeiro semestre de 2016.

A Pesquisa Operacional é um ramo interdisciplinar da matemática aplicada, engenharia e ciências que utiliza diversos princípios baseados em pesquisa científica, estratégias, e métodos analíticos - incluindo modelagem matemática, estatística e algoritmos - para melhorar a capacidade gerencial de tomada de decisão.

Os pesquisadores do PPG-PO ITA/UNIFESP, em cooperação com outras instituições

nacionais e internacionais, conduzem pesquisas nas linhas de "Métodos em Otimização" e "Gestão e Apoio a Decisão".

Este programa de mestrado e doutorado em Pesquisa Operacional visa capacitar recursos humanos pelo aprimoramento de conhecimentos básicos e avançados de Pesquisa Operacional, a fim de atender às demandas vindas de setores industriais e de serviços e do sistema universitário nacional.

O objetivo geral do curso é formar mestres e doutores capazes de consolidar os princípios da Pesquisa Operacional melhorar a capacidade gerencial de tomada de decisão.

O curso pretende reciclar e transmitir aos seus participantes conhecimentos, técnicas e instrumentos necessários para sua evolução na carreira profissional, exercendo sua potencialidade de integrar pesquisa, ensino e extensão.

O público alvo do curso inclui os alunos egressos de cursos de Engenharias ou de cursos de áreas afins (como Ciência da Computação, Matemática Aplicada, Ciência e Tecnologia, entre outros) que apresentem um claro interesse em uma formação em Pesquisa Operacional e possuam uma boa base quantitativa.

## **10.2 Linhas de Pesquisa - PPG/PO**

### **10.2.1 Métodos de otimização(link is external)**

Esta linha agrupa as pesquisas que focam o desenvolvimento de métodos e modelos de pesquisa operacional que gerem soluções exatas e/ou aproximadas para problemas de otimização.

### **10.2.2 Gestão e apoio à decisão(link is external)**

Esta linha agrupa as pesquisas que focam em estratégias, eficiência, estruturação, estatística, para o apoio a tomada de decisões.

## **10.3 Corpo Docente – PPG/PO**

### **10.3.1 Corpo Docente Permanente**

**Ana Carolina Lorena, Ph.D., USP, 2007.**

Ciências da Computação.

(e-mail: aclorena@ita.br)

**Anibal** Tavares de Azevedo, D.C., UNICAMP, 2006.

Engenharia Elétrica, Sistemas Elétricos de Potência, Especialidade: Transmissão da Energia Elétrica, Distribuição da Energia Elétrica.

(e-mail: anibal.azevedo@fca.unicamp.br)

Antonio Augusto Chaves, D. C, INPE, 2009.

Pesquisa Operacional, Problemas de Otimização Combinatória, Formulações Matemáticas, Heurísticas e Metaheurísticas.

(e-mail: antonio.chaves@unifesp.br)

**Carlos Henrique** Costa Ribeiro, D.C., University of London, UL, Inglaterra, 1997.  
Engenharia da Computação com ênfase em Inteligência Artificial.  
(e-mail: carlos@ita.br)

**Denise** Beatriz T. P. do Areal Ferrari, D.C., UCLA, 2010.  
Métodos Quantitativos para Apoio à Decisão, Análise de Dados e Estatística Aplicada,  
com ênfase em Design of Experiments, Response Surface Methods, Statistical Data  
Analysis, Simulation-Based Optimization.  
(e-mail: denise@ita.br)

**Elton** Sbruzzi, D.C., ESSEX, 2013.  
Ciência da Computação, Computational Finance.  
(e-mail: elton@ita.br)

Horacio Hideki Yanasse, D.C., Massachusetts Institute of Technology, MIT, Estados  
Unidos, 1981.  
Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.  
(e-mail: horacio.yanasse@unifesp.br)

Juliana Garcia Cespedes, D.C., ESALQ – USP, 2008.  
Probabilidade e Estatística, com ênfase em Inferência Bayesiana.  
(e-mail: jcespedes@unifesp.br)

Luís Felipe Cesar da Rocha Bueno, D.C., UNICAMP, 2011.  
Otimização Não Linear, Métodos Numéricos e Aplicações.  
(e-mail: l.bueno06@unifesp.br)

Luiz Antonio Nogueira Lorena, D.C., UFRJ, 1985.  
Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.  
(e-mail: luizlorena54@gmail.com)

Luiz Leduino de Salles Neto, D.C., UNICAMP, 2005.  
Matemática Aplicada e Computacional, com ênfase em Pesquisa Operacional.  
(e-mail: luiz.leduino@unifesp.br)

Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento Rosset, D.C., USP, 2010.  
Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional, Especialidade: Teoria dos Grafos.  
(e-mail: mcv.nascimento@unifesp.br)

**Mauri** Aparecido de Oliveira, D.C., USP, 2007.  
Ciências de Dados  
(e-mail: mauri@ita.br)

Mischel **Carmen** Neyra Belderrain, D.C., ITA, 1998.  
Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.  
(e-mail: carmen@ita.br)

Nei Yoshihiro Soma, D.C., University of Sheffield, SHEFFIELD, Inglaterra, 1992.  
Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional.  
(e-mail: soma@ita.br)

Renato Cesar Sato, D.C., USP, 2010.  
Microeconomia e Gestão Tecnológica.  
(e-mail: rcsato@unifesp.br)

Rodrigo Arnaldo **Scarpel**, D.C., ITA, 2006.  
Gestão de Operações e Logística.  
(e-mail: rodrigo@ita.br)

Vitor Venceslau **Curtis**, D.C, ITA, 2018.  
Análise e Desenvolvimento de Algoritmos e suas Aplicações.  
(e-mail: curtis@ita.br)

**Weldon** A. Lodwick, D.C., OSU, USA, 1980.  
(e-mail: weldon.Lodwick@ucdenver.edu)

### 10.3.2 Professor Colaborador

**Filipe** Alves Neto Verri, D.C., USP, 2018.  
Ciência de dados, aprendizado de máquina, redes complexas e sistemas complexos.  
(e-mail: verri@ita.br)

## 10.4 Disciplinas - PPG/PG-PO

### a) Disciplinas Obrigatórias

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
PO-201	Introdução à Pesquisa Operacional */**	3
PO-202	Programação Linear **	3
PO-500	Tese †	0

### b) Disciplinas Eletivas

<b>Sigla</b>	<b>Título</b>	<b>Crédito Máximo</b>
CE-265	Processamento Paralelo	3
CT-208	Matemática da Computação	3
CT-236	Redes Sociais Complexas	3
MB-207	Econometria Aplicada	3
MB-208	Tópicos de Pesquisa Operacional Aplicados em Defesa	3
PO-203	Programação Inteira	3
PO-204	Programação Não Linear / Non-Linear Programming	3
PO-205	Meta-Heurísticas em Otimização Combinatória	3
PO-207	Resolução de Problemas via / Problem Solving Through Mathematical Modeling	3
PO-210	Probabilidade e Estatística	3
PO-211	Métodos de Estruturação de Problemas	3
PO-212	Análise de Decisão / Decision Analysis	3
PO-213	Econometria Aplicada / Applied Econometrics	3
PO-215	Modelagem de Investimentos e Riscos	3
PO-220	Gerência de Operações e Logística	3
PO-221	Otimização sob Incerteza	3
PO-230	Simulação	3
PO-232	Algoritmo em Grafos	3
PO-233	Aprendizado de Máquina	3
PO-240	Tópicos Avançados em PO: Resolução de Problemas via	3

	Modelagem Matemática	
PO-240	Tópicos Avançados em PO: Economia de Empresas	3
PO-240	Tópicos Avançados em PO: Fundamentos em Inteligência Artificial	3
PO-300	Seminário de Tese	1
PO-301	Seminário de Tese I	1
PO-302	Seminário de Tese II	0
PO-600	Estudos Dirigidos	3
PO-601	Estudos Dirigidos I	3
PO-602	Estudos Dirigidos II	0

## **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASSOCIAÇÃO UNIFESP/ITA**

As informações estão no site <http://www.unifesp.br/campus/sjc/ppgpo.html>

A Pesquisa Operacional é um ramo interdisciplinar da matemática aplicada, engenharia e ciências que utiliza diversos princípios baseados em pesquisa científica, estratégias, e métodos analíticos - incluindo modelagem matemática, estatística e algoritmos - para melhorar a capacidade gerencial de tomada de decisão.

Os pesquisadores do PPG-PO ITA/UNIFESP, em cooperação com outras instituições nacionais e internacionais, conduzem pesquisas nas linhas de "Métodos em Otimização" e "Gestão e Apoio a Decisão".

Este programa de mestrado e doutorado em Pesquisa Operacional visa capacitar recursos humanos pelo aprimoramento de conhecimentos básicos e avançados de Pesquisa Operacional, a fim de atender às demandas vindas de setores industriais e de serviços e do sistema universitário nacional.

O objetivo geral do curso é formar mestres e doutores capazes de consolidar os princípios da Pesquisa Operacional melhorar a capacidade gerencial de tomada de decisão.

O curso pretende reciclar e transmitir aos seus participantes conhecimentos, técnicas e instrumentos necessários para sua evolução na carreira profissional, exercendo sua potencialidade de integrar pesquisa, ensino e extensão.

O público alvo do curso inclui os alunos egressos de cursos de Engenharias ou de cursos de áreas afins (como Ciência da Computação, Matemática Aplicada, Ciência e Tecnologia, entre outros) que apresentem um claro interesse em uma formação em Pesquisa Operacional e possuam uma boa base quantitativa.

As disciplinas são oferecidas para todos os programas de Pós Graduação do ITA.

Os locais das salas de aula podem ser no ITA ou na UNIFESP.

Nosso acordo é: Professores do ITA ministram aula no ITA e os professores da UNIFESP na UNIFESP.

# Carga horária semanal - correspondente a cada disciplina, os quatro números separados por um hífen indicam: o primeiro, o número de horas semanais, destinado à exposição da disciplina; o segundo, o número de horas destinados à resolução de exercícios em sala; o terceiro, número de horas de laboratório, desenho, projeto, visita técnica ou prática desportiva; e o quarto, o número de horas estimadas para estudo em casa, necessárias para acompanhar a disciplina.

Cada período letivo compreende 16 semanas de aulas.

## 10.5 Ementas – PPG/PO

### **CE-265/2021 – Processamento Paralelo**

Requisito recomendado: CES-25 ou disciplina equivalente. Requisito exigido: Consentimento do professor. Horas semanais: 3-0-0-6. Histórico da arquitetura de computadores paralelos e de supercomputadores. Taxonomia de Flinn. Arquiteturas atuais: vetorial, múltiplos processadores homogêneos e heterogêneos por pastilha, placas gráficas. Redes de interconexão. Linguagens para expressão de algoritmos paralelos. Extração automática de paralelismo de programas sequenciais. Métricas de desempenho paralelo. Características e modelos de algoritmos paralelos. Algoritmos paralelos clássico, numéricos e não numéricos. Aplicações. Bibliografia: GRAMA, A., KARYPIS, G., KUMAR, V., GUPTA, A.: “Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Parallel Algorithms”, Pearson Education Limited, 2003. QUINN, M.J.: “Parallel Programming in C with MPI and open MP”, McGraw-Hill, 2004. PATTERSON, D.A., HENNESSY, J.L.: “Computer Architecture: A Quantitative Approach”, Fourth Edition, Morgan Kauffmann, 2006.

### **CT-208/2021 - Matemática da Computação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Máquina de Turing. Algoritmos não-determinísticos e a Classe NP. Teorema de Cook. Reduções Polinomiais de Turing e Karp. Heurísticas: garantia de desempenho. Algoritmos Aproximativos e Algoritmos Probabilísticos. Matemática Discreta: Funções Polinomiais, Aplicações da Teoria dos Números, Coeficientes Binomiais, Funções Geratrizes. Números Especiais: Harmônicos, Stirling, Euleriano e de Fibonacci. Funções Assintóticas. Bibliografia: M.R. GAREY and D.S. JOHNSON, Computers and Intractability: a guide to the theory of NP-completeness, W.H. FREEMAN, and Co., 1979. R.L. GRAHAM, D.E. KNUTH, and O. PATSHNIK, Concrete Mathematics: a foundation for computer science, Addison- Wesley, 1994. D.E. KNUTH, The art of computer programming, Addison-Wesley, 1997. Vol. 1 Fundamental Algorithms.

### **CT-236/2021 - Redes Sociais Complexas**

Requisito recomendado: CT-234 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 1-0-2-6. Conceitos básicos de Teoria de Grafos. Redes complexas: evidências, aplicações e teoria básica. Conceitos algébricos para a Teoria de Redes. Matrizes de adjacência. Laplaciano. Redes aleatórias, *small-world* e livres de escala. Métricas para análise de redes sociais. Propriedades globais. Comunidades. Processos epidêmicos. Modelos SIR e SIS. Bibliografia: Vega-Redondo, F. Complex Social Networks. Cambridge Univ. Press 2007. Estrada, E. e Knight, P. A First Course in Network Theory. Oxford Univ. Press, 2015. Wasserman, S. e Faust, K. Social Network Analysis: Methods and Applications, Cambridge Univ. Press 1994.

### **MB-207/2021 – Econometria Aplicada**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: MB-210 ou MOQ-13. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à análise de regressão linear. Regressão linear simples e múltipla: hipóteses do modelo, estimação de parâmetros, propriedades de estimadores. Inferência. ANOVA em regressão linear. Multicolinearidade e seus efeitos. Seleção de variáveis. Modelos Linearizáveis. Modelos polinomiais. Modelos com variáveis qualitativas. Diagnóstico e reparação de problemas. Tópicos adicionais em análise de regressão. Bibliografia: MENDENHALL, W; SINSICH, T. (2012). A Second



Course in Statistics: Regression Analysis, 7 Ed. Prentice-Hall. KUTNER, M.; NACHTSHEIM, C.; NETER, J.; LI, W. (2004). Applied Linear Statistical Models, 5 Ed, McGraw-Hill/Irwin. GUJARATI, D. (2004). Basic Econometrics, 4 Ed, McGraw-Hill.

### **MB-208/2021 - Tópicos de Pesquisa Operacional Aplicados em Defesa**

Requisito recomendado: MAT-12 ou equivalente. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução à Probabilidade: Probabilidade, Álgebra de Eventos, Variáveis Aleatórias Discretas e Contínuas. Aplicações de Teoria de Probabilidade em problemas de Letalidade, cálculo de CEP (Circular Error Probability) de armamentos, IFF Mode 4 (Identification Friend and Foe). Estatística Básica: Distribuições Amostrais, Teorema do Limite Central, Estimação pontual, Estimação por Intervalos, Testes de Hipóteses. Simulação Monte Carlo: Aplicação em jogos militares, eficiência de armamentos e estimação de sucesso em missões de ataque. Simulação Bootstrap e aplicações. Problemas de otimização: Programação Linear. Decisão Multicritério: Métodos Ordiniais, AHP (Analytic Hierarchy Process) e ANP (Analytic Network Process). Otimização Heurística: Algoritmo “Best First Search” (Busca Gulosa) e Introdução ao Algoritmo A\*: aplicações em cálculo de rotas de fuga e cálculo de trajetórias de referência para armamento guiado. Bibliografia: MEYER, P. L., Probabilidade Aplicações à Estatística. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1976. JAISWAL, N. K., Military Operations Research Quantitative Decision Making. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 2003. ISBN 0-7923-9858-0. MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C., Estatística Aplicada a Probabilidade para Engenheiros, LTC, 2º Ed, Rio de Janeiro, 2003.

### **PO-201/2021 – Introdução a Pesquisa Operacional**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Noções de modelos. Programação linear: propriedades, algoritmo Simplex. Problema dual; formulação e interpretação econômica. Teoremas de dualidade. Análise de sensibilidade. Problemas especiais: transporte e designação. Problemas de fluxo em redes. Programação em inteira. Problemas de otimização combinatória. Bibliografia: ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R. e YANASSE, H., Pesquisa Operacional para cursos de engenharia, Ed. Campus, 2007. GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L., Otimização Combinatória e Programação Linear, Ed. Campus, 2000. BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D.; Linear Programming and Network Flows, Wiley Interscience. 2005.

### **PO-202/2021 - Programação Linear**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução: Definição e exemplos de aplicações da programação linear. Teoria básica: propriedades relativas à factibilidade e à Otimalidade das soluções. Métodos primais: métodos simplex e de pontos interiores. Dualidade em programação linear. Métodos duais: métodos dual-simplex, primal-dual e de pontos interiores. Bibliografia: LUENBERGER, D. G. Linear and Nonlinear Programming. 2007. BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. Linear Programming and Network Flows, Wiley Interscience. 2005. BERTSIMAS, D.; TSITSIKLIS, J. N. Introduction to Linear Optimization, Athena Scientific. 1997.

### **PO-203/2021 - Programação Inteira**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Modelagem. Estrutura de Otimização Inteira: teoria poliedral, formulações e complexidade, otimalidade, relaxações e limitantes. Problemas bem resolvidos.

Unimodularidade total. Algoritmos exatos: enumeração implícita, branch-and-bound, plano de corte (branch-and-cut), relaxação lagrangeana, desigualdades válidas fortes. Aplicações e heurísticas. Bibliografia: GARFINKEL R.S.; NEMHAUSER G.L., Integer Programming, John Wiley & Sons, 1972. CAMPELLO R. E.; MACULAN N., Algoritmos e Heurísticas: Desenvolvimento e Avaliação de Performance, Eduff, 1994. COOK W.J.; CUNNINGHAM W. H.; PULLEYBLANK W. R.; SCHRIJVER A., Combinatorial Optimization, Wiley, Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization, 1998.

### **PO-204/2021 - Programação Não Linear / Non-Linear Programming**

Requisito recomendado: Álgebra Linear; Lógica de Programação, Cálculo em Várias Variáveis. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Introdução à Otimização Não-Linear (Caracterização, Contexto de Aplicação, Dualidade, Aspectos Computacionais), Otimização Não-Linear Sem Restrições (Mínimos Locais: Condições Necessárias e Suficientes, Convexidade), Métodos de Otimização Não-Linear Sem Restrições (Métodos de Gradiente, Análise de Convergência, Métodos de Newton e Gauss-Newton, Problemas de Mínimos Quadrados, Métodos de Gradientes Conjugados, Métodos Quasi-Newton), Otimização Sobre um Conjunto Convexo (Condições de Otimalidade, Método dos Gradientes Projetados), Otimização Não-Linear com Restrições (Restrições de Igualdade e Desigualdade, Multiplicadores de Lagrange, Condições KKT, Teoria de Dualidade), Métodos de Otimização com Restrições (Métodos de Pontos Interiores, Barreira Logarítmica, Métodos Pth-Following, Métodos de Penalidade Externa, Métodos de Lagrangeano Aumentado, Método de Programação Quadrática Sequencial).

Syllabus:

Introduction to Non-Linear Optimization (Characterization, Application Context, Duality, Computational Aspects), Non-Linear Unconstrained Optimization (Local Minimum: Necessary and Sufficient Conditions, Convexity), Non-Linear Unconstrained Optimization Methods (Gradient Methods, Convergence Analysis, Newton and Gauss-Newton Methods, Least Squares Problems, Conjugated Gradient Methods, Quasi-Newton Methods), Optimization on a Convex Set (Optimality Conditions, Projected Gradients Method), Nonlinear Optimization with Constraints (Equality and Inequality Constraints, Lagrange Multipliers, KKT Conditions, Duality Theory), Constrained Optimization Methods (Interior Point Methods, Logarithmic Barrier, Path-Following Methods, External Penalty Methods, Augmented Lagrangian Methods, Sequential Quadratic Programming). Bibliografia: LUENBERGER, D.G.; YE, Y. Linear and Nonlinear Programming. Addison-Wesley, (2008). FRIEDLANDER, A. Elementos de Programação Não-Linear. Editora Unicamp. Campinas - São Paulo, 1994. GRIVA, I.; NASH, S. G.; SOFER, A. Linear and Nonlinear Optimization, 2ª ed. Society for Industrial Mathematics, 2008.

### **PO-205/2021 - Meta-Heurísticas em Otimização Combinatória**

Requisito recomendado: Lógica de Programação, Introdução à Pesquisa Operacional. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Técnicas para solução de problemas de otimização combinatória: heurísticas clássicas e metaheurísticas. Principais metaheurísticas: Recozimento simulado, Busca Tabu, Busca Local Iterativa, Busca em Vizinhança Variável, Procedimentos de Busca Adaptativa Aleatória e Gulosa, Algoritmos Genéticos, Busca Dispersa, Colônia de Formigas, entre outras. Aplicações de metaheurísticas a problemas combinatórios: Caixeiro Viajante, Mochila, Roteamento de Veículos, Alocação e Sequenciamento de tarefas, Localização, Corte e Empacotamento. Bibliografia: GLOVER, F.; KOCHENBERGER, G. A. Handbook of metaheuristics. Kluwer Academic. 2003. GONZALEZ, T. F. Handbook of

Approximation Algorithms and Metaheuristics. Chapman and Hall/CRC. 2007.  
RESENDE, M. G.; SOUZA, J.P. Metaheuristics: Computer Decision-Making. Springer. 2003.

### **PO-207/2021 – Resolução de Problemas via Modelagem Matemática / Problem Solving Through Mathematical Modeling**

Requisito recomendado: Cálculo em Várias Variáveis, Geometria Analítica, Lógica de Programação, Séries e Equações Diferenciais Ordinárias. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Capacitação dos estudantes por meio do desenvolvimento da competência de trabalho em equipe, da criatividade, do pensamento crítico e da habilidade de comunicação oral e escrita para resolver problemas complexos da sociedade por meio da modelagem matemática.

Syllabus:

Empowering students through the development of teamwork skills, creativity, critical thinking and oral and written communication skills to solve complex problems of society through mathematical modeling. Bibliografia: Livros, periódicos, anais de evento e outros textos relacionados a área de desenvolvimento do projeto. Consulta com o proponente do projeto.

### **PO-210/2021 - Probabilidade e Estatística**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Conceito clássico e frequência de probabilidade. Probabilidade condicional e independência de eventos. Teoremas de Bayes e da probabilidade total. Variáveis aleatórias discretas e contínuas. Funções massa, densidade, e distribuição acumulada. Valor esperado e variância. Desigualdades de Markov e de Tchebyshev. Variáveis aleatórias discretas: Bernoulli, Binomial, Geométrica e Poisson. Variáveis aleatórias contínuas: Exponencial negativa, Normal e Weibull. Momentos e função geratriz de momentos. Funções de variáveis aleatórias. Variáveis aleatórias conjuntas, função distribuição conjunta e marginal. Independência estatística, covariância e coeficiente de correlação. Amostras aleatórias. Teorema do limite central. Estimativa pontual de parâmetros. Métodos dos momentos e da máxima verossimilhança. Variáveis aleatórias Qui-quadrado, t de Student e F de Snedecor. Intervalos de confiança. Testes de hipótese unidimensionais. Testes de hipótese entre parâmetros de populações distintas. Bibliografia: DEVORE, R. L. Probability and Statistics for Engineering and the Science, 9th Ed., Cengage Learning, 2016. WALPOLE, R.; MYERS, R. H.; MYERS, S.; YE, K. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, 9<sup>th</sup> Ed., Pearson, 2016. DEGROOT, M; SCHERVISH, M. Introduction to Probability and Statistics for Engineering and Scientists, 4<sup>th</sup> Ed., Pearson, 2011.

### **PO-211/2021 – Métodos de Estruturação de Problemas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceito de estruturação de problemas. Métodos de estruturação de problemas: VFT – Value Focused Thinking, SODA: Strategic Options Development and Analysis; SSM: Soft Systems Methodology tradicional e reconfigurado. SCA: Strategic Choice Approach. Multimetodologia: combinação de métodos na prática. Conceito de Facilitated Modelling. Conceitos de BOR (Behavioural Operations Research). Aplicações dos métodos em situações simuladas e reais visando avaliar e validar tal prática. Bibliografia: ROSENHEAD, J.; MINGERS J. Rational Analysis for a Problematic World: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict, 2nd edition, Chichester. Wiley, 2001, 375 p. MINGERS J. Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science, Ed Springer, 2006, 325 p.

KEENEY R. L.; Value Focused Thinking: a path to creative decision making, Harvard University Press, 1992, 416p.

### **PO-212/2021 - Análise de Decisão / Decision Analysis**

Requisito recomendado: MOQ-13. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Processo de Análise de Decisão; árvore de decisão e diagramas de influência; métodos probabilísticos: valor monetário esperado; valor esperado da informação perfeita e imperfeita; análise de sensibilidade e perfil de risco. Introdução a Métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Problemáticas de decisão. Método Análise Hierárquica (AHP Analytic Hierarchy Process). Decisões em grupo. Abordagem Ratings. Teoria de Utilidade Multiatributo (MAUT-Multi-Attribute Utility Theory). Teoria do Valor Multiatributo (MAVT-Multi-Attribute Value Theory ); Técnica Multiatributo de simples avaliação multicritério (SMART-Simply Multtiattribute Rating Technique); aplicações em planejamento, resolução de conflito, gestão de portfólio e alocação de recursos.

Syllabus:

Decision Analysis Process; decision tree and influence diagrams; probabilistic methods: expected monetary value; expected value of perfect and imperfect information; sensitivity analysis and risk profile. Introduction to Multicriteria Decision Methods. Decision problems. Analytic Hierarchy Process (AHP). Group decisions. Ratings Approach. MAUT-Multi-Attribute Utility Theory (MAUT). Multi-Attribute Value Theory (MAVT); Simply Multtiattribute Rating Technique (SMART); applications in planning, conflict resolution, portfolio management and resource allocation. Bibliografia: 1 BELTON, V; STEWART, T.J. Multiple Criteria Decision Analysis. Kluwer Academic Publishers, 2002, 400 p. 2 EINSEFUHR F.;WEBER M.; LANGER T. Rational Decision Making, Springer,2010,447 p. 3 ALMEIDA A.T. Processo de Decisão nas Organizações – Construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, 2013, 231 p.

### **PO-213/2021 – Econometria Aplicada/ Applied Econometrics**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-210 (ou MOQ-13) Probabilidade e Estatística. Horas semanais: 3-0-0-6. Modelo de Regressão Simples, Análise de Regressão Múltipla: Estimação, Análise de Regressão Múltipla: Inferência, Análise de Regressão Múltipla: MQO Assimptótico, Análise de Regressão Múltipla com Informações Qualitativas, Heterocedasticidade, Problema na Especificação dos Dados, Agrupamento de Cortes Transversais ao longo do tempo: Dados em Painel, Estimção de Variáveis Instrumentais e mínimos quadrados de dois estágios, Modelos de Equações Simultâneas, Modelos com variáveis dependentes limitadas e correções da seleção amostral.

Simple Regression Model, Multiple Regression Model: Estimation, Multiple Regression Model: Inference, Multiple Regression Model: OLS Asymptotics, Multiple Regression Analysis with Qualitative Information, Heteroskedasticity, Specification and Data Problems, Pooling Cross Section Across Time: Simple Panel Data Methods, Instrumental Variables Estimation and Two State Least Square, Simultaneous Equations Models, Limited Dependent Variable Models and Sample Selection Corrections. Bibliografia: WOOLDRIDGE, J.M. Introdução à Econometria, 4. Ed, Cengage Learning, 2010. WOOLDRIDGE, J. M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data, 2 Ed, MIT Press. 2010. GUJARATI, D.N; PORTER, D.C. Econometria Básica, 5 Ed, McGraw-Hill/Irwin. 2011.

### **PO-215/2021 - Modelagem de Investimentos e Riscos**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-210. Horas semanais: 3-0-0-6. Eficiência do mercado. Ativos financeiros e o fator do tempo. Taxas de juros e preços

das ações. Valor presente. Taxas de juros reais e nominais. Princípio da não-arbitragem. Teoria fundamental da precificação de ativos. Análise da Carteira de Investimentos. Diversificação e exposição ao risco. Incerteza das taxas de juros. Mercados de Opções Financeiras. Valor em Risco, Valoração. Bibliografia: HULL, J. C.: Options, Futures, and Other Derivatives, 8ª Edição, Prentice Hall, 2008. KOLLER, T.; GOEDHART, M.; WESSELS, D. Valuation: measuring and managing the value of companies. 5ª Edição. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. BENNINGA, S.; Financial modeling. 3ª Edição. Cambridge, MA: MIT Press, 2008.

#### **PO-220/2021 - Gerência de Operações e Logística**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: PO-201 ou equivalente. Horas semanais: 3-0-0-3. O processo decisório no âmbito do planejamento e programação das operações e logística. Modelos para o planejamento agregado da produção, programação e sequência da produção e gerenciamento de projetos. Gestão de estoques, dimensionamento de lotes, balanceamento de linhas de montagem. Previsão e planejamento de demanda. Resolução de problemas de roteamento e programação de rotas. Localização de instalações e facilidades. Dimensionamento de frotas. Projeto e dimensionamento de sistemas logísticos. Bibliografia: Stevenson, W. J., Operations Management, 10th edition. McGraw-Hill Irwin, 2009. Slack, N., Chambers, S e Johnston, R., Administração da Produção, 4ª edição. Editora Atlas, 2015. Cachon, G. e Terwiesch, C., Matching supply with demand – An Introduction to Operations Management, 3ª edição. Mc Graw-Hill, 2013.

#### **PO-221/2021 - Otimização sob Incerteza**

Requisito recomendado: PO-201. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Introdução a otimização sob incerteza generalizada: intervalos, intervalos fuzzy, distribuições e medidas de possibilidade e necessidade. Construção de distribuições fuzzy. Construção de Distribuições de Incerteza Generalizada. Modelos e métodos de solução para otimização flexível e otimização sob generalizada incerteza. Otimização robusta. Aplicações. Bibliografia: Lodwick, Weldon A., and Phantipa Thipwiwatpotjana. Flexible and Generalized Uncertainty Optimization. Springer International Publishing, 2017. Lodwick, Weldon A., and Elizabeth Untiedt. Introduction to fuzzy and possibilistic optimization. Fuzzy Optimization. Springer Berlin Heidelberg, 2010. 33-62. Kacprzyk, Janusz, and Sergei A. Orlovski, Optimization models using fuzzy sets and possibility theory. Vol. 4. Springer Science & Business Media, 2013.

#### **PO-230/2021 - Simulação**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-6. Conceitos de Simulação; Finalidade, uso e vantagens da Simulação. Estudo dos tipos de sistemas e dos tipos de modelos de simulação; Construção de modelos de simulação; problema, projeto, testes, implementação e avaliação; Teoria das filas; sistemas de atendimento; Problemas de estoque utilizando simulação; Método de Monte Carlo; Estatística e probabilidade aplicada à simulação; Linguagens de simulação; Simulação de processos produtivos. Bibliografia: WINSTON, W. Operations Research Applications and Algorithms. 4ª edição, Editora Brooks/Cole, 2004. CHWIF, L., MEDINA, A.C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações. 3ª Edição, Editora Bravarte, São Paulo, 2010. FREITAS FILHO, P. J. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas. 2.ed., Visual Books, 2008.

#### **PO-232/2021 – Algoritmos em Grafos**

Requisito recomendado: Álgebra Linear, Lógica de Programação. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Conceitos básicos de grafos, subgrafos, isomorfismo,

caminhos e circuitos, e cortes. Grafos conexos e Teorema de Menger. Grafos Eulerianos. Algoritmos em Árvores. Emparelhamentos. Grafos bipartidos. Grafos hamiltonianos. Conjuntos estáveis e cliques. Coloração de arestas. Coloração de vértices. Noções de planaridade. Fluxo em Redes. Bibliografia: BOLLOBÁS, B. (1998). *Modern Graph Theory*, Springer-Verlag. BONDY, J. A.; MURTY, U. S. R. (2008). *Graph Theory*, Springer. DIESTEL, R. (2005). *Graph theory*. 3rd Edition. Graduate Texts in Mathematics, 173. Springer-Verlag, Berlin. GOLDBARG M.; GOLDBARG E. (2012). *Grafos*. 1ª edição. Editora Campus Elsevier.

### **PO-233/2021 – Aprendizado de Máquina**

Requisito recomendado: Algoritmos e Estrutura de Dados, Inteligência Computacional. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-1-0-6. Introdução ao aprendizado indutivo. Análise exploratória de dados: estatísticas descritivas e visualização multivariada. Pré-processamentos de dados: limpeza, redução dimensional, transformações. Aprendizado preditivo: k-vizinhos mais próximos, árvores de decisão, modelos Bayesianos, Redes Neurais Artificiais, Máquinas de Vetores de Suporte. Aprendizado descritivo: k-médias, algoritmos hierárquicos. Modelos múltiplos (comitês). Metodologia de avaliação experimental de algoritmos de aprendizado. Introduction to inductive learning. Exploratory data analysis: descriptive statistics and multivariate visualization. Pre-processing of data: cleaning, dimensionality reduction, transformations. Predictive learning: k-nearest neighbors, decision trees, Bayesian models, Artificial Neural Networks, Support Vector Machines. Descriptive learning: k-means, hierarchical algorithms. Ensembles of models. Methodology for experimental evaluation of learning algorithms. Bibliografia: FACELI, K.; LORENA, A.C.; GAMA, J.; CARVALHO, A.C.P.L.F. (2011) *Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina*. Editora LTC. JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. (2013). *An introduction to statistical learning*. New York: Springer. ALPAYDIN, E. (2014). *Introduction to machine learning*. MIT press.

### **PO-240/2021 - Tópicos Avançados em PO: Resolução de Problemas via Modelagem Matemática**

Requisito recomendado: Lógica de programação e otimização linear. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 4h. Resolução de problemas complexos da sociedade por meio da modelagem matemática. Bibliografia: Livros, periódicos, anais de eventos e outros textos relacionados à área de desenvolvimento do projeto. Consulta com o proponente do projeto.

### **PO-240/2021 – Tópicos Avançados em PO: Economia de Empresas**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 3-0-0-3. Teoria do Consumidor, Produção, Custos, Estruturas de Mercados: Competição Perfeita, Oligopólio, Monopólio, Concorrência Monopolística. Bibliografia: 1. Pindyck, R; Rubinfeld, D. *Microeconomia*. 7ed., Pearson, 2010. 2. Varian. H. *Microeconomia*, 8ed. Campus, 2012.

### **PO-240/2021 – Tópicos Avançados em PO: Fundamentos de Inteligência Artificial / Advanced Topics in Operations Research: Fundamentals of Artificial Intelligence**

Requisito recomendado: Algoritmos e Estruturas de Dados. Requisito exigido: Não há. Horas semanais: 2-1-1-6. História da Inteligência Artificial (IA). Caracterização dos problemas de IA, aplicações (p.ex., jogos, robótica, Processamento de Linguagem Natural, etc.) e interações com outras áreas de pesquisa. Métodos de busca (busca cega e busca heurística) para resolução de problemas. Formalismos de Representação de Conhecimento e Inferência: Redes Semânticas, Sistemas de Produção, Lógica.

Apresentação e discussão de técnicas recentes em Aprendizado de Máquina e Mineração de Dados.

Syllabus:

History of Artificial Intelligence (AI). Characterization of AI problems, applications (eg games, robotics, natural language processing, etc.) and interactions with other research areas. Search methods and heuristic search for problem solving. Formalisms of Knowledge Representation and Inference: Semantic Networks, Production Systems, Logic. Presentation and discussion of recent techniques in Machine Learning and Data Mining. Bibliografia: 1 Russel, S.; Norvig, P. Inteligência Artificial. 3ª edição. Editora Campus, 2013. 2 Luger, G. F.. Artificial Inteligência Artificial, 6ª edição. Editora Pearson, 2013. 3 Faceli, K., Lorena, A. C., Gama, J., Carvalho, A. C. P. L. F.. Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina. Editora LTC, 2011.

### **PO-600/2021 - Estudos Dirigidos (Aguardando ementa Prof. Antonio Augusto Chaves)**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do coordenador. Horas semanais: - . O conteúdo preciso do estudo deve ser definido a partir de uma proposta de trabalho que vise amadurecer o aluno, envolvendo técnicas, ferramentas e teorias que serão utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa. No caso da disciplina de Estudos Dirigidos I, o principal produto a ser gerado é uma revisão bibliográfica sobre o tema de pesquisa do mestrado/doutorado do aluno. Bibliografia: Artigos selecionados de periódicos, anais de conferências e capítulos de livros. Gerência de Operações e Logística

Ementa: Ênfase em Mercado, escala e localização. Métodos e Modelos para localização ótima das atividades produtivas. Bibliografia: (a) Ballou, R H, (1999), Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, Bookman. (b) Quayle, M (1993), Logistics- an integrated approach, Tudor Business Publishing Limited. (c) Grace, C (1995), Pan-European Distribution Solutions, Logistics Focus, September. (d) Canen, A G and Scott, L G (1995), Bridging Theory and Practice in VRP, Journal of the Operational Research Society, Vol.46, No.1 (e) Canen, A G and Cortes J (1991), Controlling Cash Flows in a Conglomerate, OR Insight, Vol.4, No.4.

### **PO-601/2021 – Estudos Dirigidos I**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do coordenador. Horas semanais: -. O conteúdo da disciplina é definido a partir de uma proposta de trabalho que vise amadurecer o aluno, envolvendo técnicas, ferramentas e teorias que serão utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa. O principal produto a ser gerado é uma revisão bibliográfica sobre o tema de pesquisa do mestrado/doutorado do aluno. Bibliografia: Artigos selecionados de periódicos, anais de conferências e capítulos de livros.

### **PO-602/2021 – Estudos Dirigidos II**

Requisito recomendado: Não há. Requisito exigido: Consentimento do coordenador. Horas semanais: -. O conteúdo da disciplina é definido a partir de uma proposta de trabalho que vise desenvolver a pesquisa de mestrado/doutorado do aluno com a elaboração de análise bibliométrica, questão de pesquisa, objetivos, delimitação da pesquisa e justificativa. O principal produto a ser gerado é um artigo sobre o tema de pesquisa do mestrado/doutorado do aluno. Bibliografia: Artigos selecionados de periódicos, anais de conferências e capítulos de livros.

## **11. CURSOS DE MESTRADO PROFISSIONAL**

### **11.1 Introdução**

A modalidade Mestrado Profissional, por meio da Portaria CAPES-MEC nº 080, de 16 de dezembro de 1998, depois atualizada pela Portaria No. 17 de 28 de dezembro de 2009 da CAPES. O Mestrado Profissional é definido como modalidade de formação pós-graduada stricto sensu que possibilita:

I - a capacitação de pessoal para a prática profissional avançada e transformadora de procedimentos e processos aplicados, por meio da incorporação do método científico, habilitando o profissional para atuar em atividades técnico-científicas e de inovação;

II - a formação de profissionais qualificados pela apropriação e aplicação do conhecimento embasado no rigor metodológico e nos fundamentos científicos;

III - a incorporação e atualização permanentes dos avanços da ciência e das tecnologias, bem como a capacitação para aplicar os mesmos, tendo como foco a gestão, a produção técnico-científica na pesquisa aplicada e a proposição de inovações e aperfeiçoamentos tecnológicos para a solução de problemas específicos.

Também de acordo com a Portaria, são objetivos do Mestrado Profissional:

I - capacitar profissionais qualificados para o exercício da prática profissional avançada e transformadora de procedimentos, visando atender demandas sociais, organizacionais ou profissionais e do mercado de trabalho;

II - transferir conhecimento para a sociedade, atendendo demandas específicas e de arranjos produtivos com vistas ao desenvolvimento nacional, regional ou local;

III - promover a articulação integrada da formação profissional com entidades demandantes de naturezas diversas, visando melhorar a eficácia e a eficiência das organizações públicas e privadas por meio da solução de problemas e geração e aplicação de processos de inovação apropriados;

IV - contribuir para agregar competitividade e aumentar a produtividade em empresas, organizações públicas e privadas.

O Mestrado Profissional com a Embraer teve origem no Programa de Especialização em Engenharia (PEE). O PEE foi instituído com o objetivo de preparar engenheiros recém-formados para atuarem nas áreas de engenharia da Empresa. O Mestrado Profissional do ITA, conhecido como MP-Embraer, surgiu de uma necessidade estratégica da Embraer de atender a demanda por Engenheiros Aeronáuticos para o desenvolvimento de seus projetos e alavancar a sua capacidade de pesquisa tecnológica. O Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica e Mecânica foi credenciado junto à CAPES mediante o Parecer CTC emitido em reunião de 13/14 de março de 2003 e enviado pelo Presidente da CAPES ao Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa do ITA através do OF. /CTC/CAPES No.57/2003, datado de 24 de março de 2003.

O MP-Embraer é visto como um programa de sucesso tanto pela Embraer quanto pela CAPES. O programa tem contribuído para atender os objetivos de formação de Recursos Humanos em Engenharia Aeronáutica e tem possibilitado a empresa alavancar seus projetos tecnológicos.

Devido ao sucesso do MP-Embraer, outras parcerias foram feitas, e por necessidades semelhantes, outras modalidades do Mestrado Profissional foram ofertadas. O MP/Safety - Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada – foi aprovado pelo CPG e Congregação no final de 2007 e a primeira turma iniciou o curso em 2008. Este MP foi concebido para ser uma alternativa de resposta à crise de transporte aéreo que se instalou em 2006, com o acidente com vôo 1907 da Companhia Gol.

Mais recentemente, o ITA aprovou o Mestrado Profissional em Turbinas a Gás que tem como objetivo formar mestres profissionais com conhecimento em engenharia e especificamente em componentes como compressores, câmara de combustão, materiais e processos de fabricação. O mestrado tem como parceiro a Vale Soluções em Energia.



## **11.2 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AERONÁUTICA - MP/EMBRAER**

### **11.2.1 Introdução**

O MP da Embraer possui especializações dentro das áreas de Estrutura, Manufatura, Manutenção e Sistemas.

As principais características diferenciadoras do Curso são:

- (1) apoio financeiro da Embraer
- (2) exame de seleção altamente competitivo, realizado em diversas etapas em nível nacional pela própria empresa para candidatos formados em engenharia, incluindo seleção curricular entre os aprovados nas diversas provas;
- (3) dedicação em período integral por parte do aluno: uma vez aprovado e classificado, o mestrando recebe uma bolsa de estudos através da Fundação Casemiro Montenegro Filho, dedicando-se em período integral ao Programa;
- (4) prioridade, por parte da EMBRAER, na contratação do Mestre Profissional para trabalhar na área de especialização para a qual se graduou no programa.

Em termos da estrutura curricular, as disciplinas têm duração aproximadamente trimestral de modo a garantir a devida flexibilidade ao programa. As atividades curriculares dentro MP-EAM se desenvolvem durante 16 meses, sendo distribuídas em quatro fases, cujos períodos de duração e número máximo de créditos associados se seguem: Integração (7 dias, sem créditos), Formação Fundamental (4 meses e meio, até 13,5 créditos), Formação Específica (5 meses, até 15 créditos) e Estágio Profissional (5,5 meses, até 6 créditos).

Durante a Fase de Estágio Profissional os alunos, divididos em times de trabalho, desenvolvem projetos de aeronaves cujas especificações nascem dentro da própria Diretoria Técnica da EMBRAER. Concomitantemente ao Estágio Profissional, individualmente, cada aluno desenvolve uma Dissertação de Mestrado, cuja defesa é esperada ocorrer até o final do 24º mês depois de efetuada a matrícula. Na contagem dos 24 créditos totais do programa (mínimo exigido), existe a equivalência de 1 crédito para cada 16 horas-aula.

As orientações das Dissertações de Mestrado estão sob a responsabilidade de Professores Doutores do Corpo Docente do ITA, sendo as co-orientações feitas por Profissionais da EMBRAER, com qualificação compatível. Os temas têm origem na empresa e procuram ter tangência máxima com os projetos das aeronaves desenvolvidos durante o Estágio Profissional.

### **11.3 Estrutura Curricular**

A estrutura curricular é definida para cada turma. Para cada turma, as disciplinas são oferecidas de forma seriada e divididas em fases. No caso das turmas PEE's, duas fases estão prevista.

Abaixo estão descritas as disciplinas que são oferecidas por fase e turma.

#### **11.3.1 Estrutura Curricular da Turma PEE 25**

##### **Fase 1 PEE 25**

**Obrigatórias para todos os alunos – de 296 horas-aula (17 créditos)**

AA-701	Aerodinâmica
AB-718	Introdução aos Sistemas de Controle
AB-721	Desempenho de Aeronaves
AB-722	Estabilidade e Controle de Aeronaves
AC-701	Sistemas Propulsivos
AE-701	Estruturas Aeronáuticas
AP-741	Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Aeroespaciais Complexos
MP-715	Desenvolvimento Integrado do Produto
MP-719	Introdução aos Sistemas de Controle Moderno
MT-717	Introdução a Materiais e Processos de Fabricação

**Fase 2 PEE 25**

**Obrigatórias para todos os alunos - total de 28 horas-aula (1,5 créditos)**

AP-701	Fundamentos do Projeto de Aeronaves
--------	-------------------------------------

**Obrigatórias para a Carreira em Estruturas – total de 248 horas-aula (15,5 créditos)**

AE-721	Elementos Finitos
AE-722	Análise de Estruturas Aeroespaciais
AE-723	Estabilidade de Estruturas Aeroespaciais
AE-724	Fadiga e Propagação de Trincas
AE-725	Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade
MP-707	Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos

**Obrigatórias para a Carreira em Sistemas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

EA-704	Fundamentos de Sistemas Elétricos
ET-709	Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância
ME-707	Sistemas Ambientais Aeronáuticos
MP-732	Sistemas Hidráulicos de Controle
MP-733	Sensores e Sistemas de Medição
MP-707	Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos

**Obrigatórias para a Carreira em Manufatura – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

MP-703	Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos
MP-742	Tópicos Especiais em Robótica
MT-705	Fabricação de Superfícies Complexas
MT-706	Materiais Metálicos e Processos de Fabricação
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos

**Obrigatórias para a Carreira em Manutenção – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AP-731	Manutenção de Aeronaves
AP-732	Manutenção de Estruturas Aeronáuticas

AP-736 eMaintainance  
AP-737 Manutenção Centrada em Confiabilidade  
AP-738 Manutenibilidade Avançada  
AP-742 Logística no Desenvolvimento, Aquisição e Operação de Sistemas Complexos  
MP-705 Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos  
**TOTAL GERAL : 564/572 horas-aula (33,5/34 créditos)**

### **11.3.2 Estrutura Curricular da Turma PEE 26**

#### **Fase 1 PEE 26**

##### **Obrigatórias para todos os alunos – de 296 horas-aula (17 créditos)**

AA-701 Aerodinâmica  
AB-718 Introdução aos Sistemas de Controle  
AB-721 Desempenho de Aeronaves  
AB-722 Estabilidade e Controle de Aeronaves  
AC-701 Sistemas Propulsivos  
AE-701 Estruturas Aeronáuticas  
AP-741 Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Aeroespaciais Complexos  
MP-715 Desenvolvimento Integrado do Produto  
MP-719 Introdução aos Sistemas de Controle Moderno  
MT-717 Introdução a Materiais e Processos de Fabricação

#### **Fase 2 PEE 26**

##### **Obrigatórias para todos os alunos - total de 28 horas-aula (1,5 créditos)**

AP-701 Fundamentos do Projeto de Aeronaves

##### **Obrigatórias para a Carreira em Estruturas – total de 248 horas-aula (15,5 créditos)**

AE-721 Elementos Finitos  
AE-722 Análise de Estruturas Aeroespaciais  
AE-723 Estabilidade de Estruturas Aeroespaciais  
AE-724 Fadiga e Propagação de Trincas  
AE-725 Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade  
MP-705 Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos

##### **Obrigatórias para a Carreira em Sistemas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

EA-704 Fundamentos de Sistemas Elétricos  
ET-709 Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância  
ME-707 Sistemas Ambientais Aeronáuticos  
MP-707 Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos  
MP-732 Sistemas Hidráulicos de Controle  
MP-733 Sensores e Sistemas de Medição

##### **Obrigatórias para a Carreira em Manufatura – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

MB-757	Gestão de Produção
MP-703	Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos
MP-742	Tópicos Especiais em Robótica
MT-715	Fabricação de Superfícies Complexas
MT-721	Manufatura Avançada

**Obrigatórias para a Carreira em Manutenção – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AP-731	Manutenção de Aeronaves
AP-734	Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança
AP-736	eMaintenance
AP-737	Manutenção Centrada em Confiabilidade
AP-738	Manutenibilidade Avançada
AP-742	Logística no Desenvolvimento, Aquisição e Operação de Sistemas Complexos
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos

**TOTAL GERAL : 564/572 horas-aula (33,5/34 créditos)**

### 11.3.3 Estrutura Curricular da Turma PEE 27

#### Fase 1 PEE 27

**Obrigatórias para todos os alunos – de 304 horas-aula (17 créditos)**

AA-701	Aerodinâmica
AB-718	Introdução aos Sistemas de Controle
AB-721	Desempenho de Aeronaves
AB-722	Estabilidade e Controle de Aeronaves
AC-701	Sistemas Propulsivos
AE-701	Estruturas Aeronáuticas
AP-743	Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Complexos
MB-751	Estatística Básica
MP-715	Desenvolvimento Integrado do Produto
MP-719	Introdução aos Sistemas de Controle Moderno
MT-717	Introdução a Materiais e Processos de Fabricação

#### Fase 2 PEE 27

**Obrigatórias para todos os alunos - total de 28 horas-aula (1,5 créditos)**

AP-701	Fundamentos do Projeto de Aeronaves
--------	-------------------------------------

**Obrigatórias para a Carreira em Estruturas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AE-721	Elementos Finitos
AE-722	Análise de Estruturas Aeroespaciais
AE-723	Estabilidade de Estruturas Aeroespaciais

AE-724	Fadiga e Propagação de Trincas
AE-725	Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade
AE-727	Projeto e Análise de Estruturas de Materiais Compósitos

**Obrigatórias para a Carreira em Sistemas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

EA-704	Fundamentos de Sistemas Elétricos
ET-709	Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância
ME-707	Sistemas Ambientais Aeronáuticos
MP-707	Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos
MP-732	Sistemas Hidráulicos de Controle
MP-733	Sensores e Sistemas de Medição

**Obrigatórias para a Carreira em Manufatura – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

MB-757	Gestão da Produção
MP-703	Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos
MP-742	Tópicos Especiais em Robótica
MT-715	Fabricação de Superfícies Complexas
MT-721	Manufatura Avançada

**Obrigatórias para a Carreira em Manutenção – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AP-731	Manutenção de Aeronaves
AP-734	Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança
AP-736	eMaintenance
AP-737	Manutenção Centrada em Confiabilidade
AP-738	Manutenibilidade Avançada
AP-742	Logística no Desenvolvimento, Aquisição e Operação de Sistemas Complexos
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos

**TOTAL GERAL: 572 horas-aula (33,5 créditos)**

**11.3.4 Estrutura Curricular da Turma PEE 28**

**Fase 1: Obrigatórias para todos os alunos – de 304 horas-aula (17 créditos)**

AA-701	Aerodinâmica
AB-718	Introdução aos Sistemas de Controle
AB-721	Desempenho de Aeronaves
AB-722	Estabilidade e Controle de Aeronaves
AC-701	Sistemas Propulsivos
AE-701	Estruturas Aeronáuticas
AP-743	Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Complexos
MB-751	Estatística Básica
MP-715	Desenvolvimento Integrado do Produto
MP-719	Introdução aos Sistemas de Controle Moderno
MT-717	Introdução a Materiais e Processos de Fabricação

**Fase 2: Obrigatórias para todos os alunos - total de 28 horas-aula (1,5 créditos)**

AP-701 Fundamentos do Projeto de Aeronaves

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Estruturas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AE-721 Elementos Finitos  
AE-722 Análise de Estruturas Aeroespaciais  
AE-723 Estabilidade de Estruturas Aeroespaciais  
AE-724 Fadiga e Propagação de Trincas  
AE-725 Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade  
AE-727 Projeto e Análise de Estruturas de Materiais Compósitos

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Sistemas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

EA-704 Fundamentos de Sistemas Elétricos  
ET-709 Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância  
ME-707 Sistemas Ambientais Aeronáuticos  
MP-707 Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos  
MP-732 Sistemas Hidráulicos de Controle  
MP-733 Sensores e Sistemas de Medição

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Manufatura – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

MB-757 Gestão da Produção  
MP-703 Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos  
MP-705 Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos  
MP-742 Tópicos Especiais em Robótica  
MT-715 Fabricação de Superfícies Complexas  
MT-721 Manufatura Avançada

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Manutenção – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AP-731 Manutenção de Aeronaves  
AP-734 Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança  
AP-736 eMaintenance  
AP-737 Manutenção Centrada em Confiabilidade  
AP-738 Manutenibilidade Avançada  
AP-742 Logística no Desenvolvimento, Aquisição e Operação de Sistemas Complexos  
MP-705 Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos

**TOTAL GERAL: 572 horas-aula (33,5 créditos)**

**11.3.5 Estrutura Curricular da Turma PEE 29**

**Fase 1: Obrigatórias para todos os alunos – de 304 horas-aula (17 créditos)**

AA-701 Aerodinâmica  
AB-718 Introdução aos Sistemas de Controle

AB-721	Desempenho de Aeronaves
AB-722	Estabilidade e Controle de Aeronaves
AC-701	Sistemas Propulsivos
AE-701	Estruturas Aeronáuticas
AP-743	Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Complexos
MB-751	Estatística Básica
MP-715	Desenvolvimento Integrado do Produto
MP-719	Introdução aos Sistemas de Controle Moderno
MT-717	Introdução a Materiais e Processos de Fabricação

**Fase 2: Obrigatórias para todos os alunos - total de 28 horas-aula (1,5 créditos)**

AP-701	Fundamentos do Projeto de Aeronaves
--------	-------------------------------------

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Estruturas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AE-721	Elementos Finitos
AE-722	Análise de Estruturas Aeroespaciais
AE-723	Estabilidade de Estruturas Aeroespaciais
AE-724	Fadiga e Propagação de Trincas
AE-725	Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade
AE-727	Projeto e Análise de Estruturas de Materiais Compósitos

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Sistemas – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

EA-704	Fundamentos de Sistemas Elétricos
ET-709	Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância
ME-707	Sistemas Ambientais Aeronáuticos
MP-707	Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos
MP-732	Sistemas Hidráulicos de Controle
MP-733	Sensores e Sistemas de Medição

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Manufatura – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

MB-757	Gestão da Produção
MP-703	Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos
MP-742	Tópicos Especiais em Robótica
MT-715	Fabricação de Superfícies Complexas
MT-721	Manufatura Avançada

**Fase 2: Obrigatórias para a Carreira em Manutenção – total de 240 horas-aula (15,0 créditos)**

AP-731	Manutenção de Aeronaves
AP-734	Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança
AP-736	eMaintenance

AP-737	Manutenção Centrada em Confiabilidade
AP-738	Manutenibilidade Avançada
AP-742	Logística no Desenvolvimento, Aquisição e Operação de Sistemas Complexos
MP-705	Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos

### **Fase 3: Obrigatório para todos os alunos – total de 162 horas (até 3 créditos)**

#### **Estágio Profissional**

Desenvolvido ao longo de pelo menos 4 meses dentro da Empresa, em tempo integral, os alunos participam de visitas técnicas nos vários setores e plantas da empresa (no Brasil e no exterior), participam de cursos extracurriculares oferecidos pela Embraer e empresas parceiras, participam de workshops, dinâmicas de grupo e diversas outras atividades. Carga horária mínima: 600h.

EP-700 – Projeto de Uma Aeronave. Requisito recomendado: AP-701. Requisito exigido: Não há. Carga horária: 62 horas. Créditos: até 3.

Os alunos, divididos em equipes de trabalho, desenvolvem um projeto de aeronave cujas especificações nascem dentro da própria Diretoria Técnica da EMBRAER. Mentores do ITA e da Embraer acompanham as equipes. Ao final, um Relatório contendo todas as fases do projeto da aeronave será entregue e apresentado ao ITA e à equipe da Embraer. Bibliografia: RAYMER, D.P., Aircraft design: a conceptual approach, 5th Edition, AIAA educational series, Washington DC, 2012. GUDMUNDSSON, S. General aviation aircraft design: applied methods and procedures. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013. ROSKAM, J. Airplane design, parts I-VIII. Ottawa: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1985.

**TOTAL GERAL: 572 horas-aula (33,5 créditos) + 600h de estágio + 62h de projeto (EP-700) (até 3 créditos).**

## **11.4 EMENTAS – MP/EMBRAER**

### **AA-701 - Aerodinâmica**

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. Introdução: Definição dos coeficientes aerodinâmicos. Equilíbrio de forças e momentos em voo de cruzeiro. Análise de Perfis Aerodinâmicos: Definição dos parâmetros geométricos de perfis. Análise das forças e momentos em função do ângulo de ataque. Distribuição de pressão e carregamento ao longo da corda. Conceito do descolamento e “stall”. Análise de tipos de perfis e suas aplicações práticas. Dispositivos de hiper-sustentação. Influência dos números de Reynolds e Mach; rugosidade superficial. Formação de gelo. Análise de Asas: Definição de parâmetros, como alongamento, afilamento e etc. Escoamento sobre uma asa: vórtice de ponta, ondas de choque, esteira. Arrasto induzido, parasita e de onda. Distribuição de sustentação ao longo da envergadura da asa. Arrasto induzido mínimo. Influência do alongamento, afilamento, enflechamento, da torção e do diedro. Definição da forma em planta de aileron, flaps e slats. Geradores de vórtice, fences e outros dispositivos usados em aeronaves. Particularidades sobre empenagens. Fuselagem: Análise de tipos de fuselagens. Forças e momentos de uma fuselagem. Interferência asa-fuselagem. Polar de arrasto de aeronaves. Análise do diagrama V-N.



Bibliografia: Anderson, J.D., Jr., Fundamentals of aerodynamics, McGraw-Hill, New York, 1985.

### **AB-718 - Introdução aos Sistemas de Controle**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2,0. Introdução à modelagem matemática para controle. Transformada de Laplace e representação de sistemas em diagramas de blocos. Resposta transiente de sistemas de 1ª e 2ª ordem. Estabilidade de Routh-Hurwitz, desempenho transiente e de estado-estacionário. Ações básicas de controle e compensadores. Análise e projeto pelo método do Lugar Geométrico das Raízes (LGR). Análise e projeto pelos métodos de resposta em frequência: diagramas de Bode, diagrama e o critério de estabilidade de Nyquist, e carta de Nichols. Bibliografia: Ogata, K., Engenharia de controle moderno, 4ª Ed., Tradução de Maya, P.A, Prentice-Hall, São Paulo, 2003; Dorf, R.C. & Bishop, R.H., Sistemas de controle moderno, 3ª Edição, LTC, Rio de Janeiro, 2000; Franklin, G.F., Powell, J.D., & Emami-Naeini, A., Feedback control of dynamic systems, 2nd edition, Addison-Wesley, Reading.

### **AB-721 - Desempenho de Aeronaves**

Requisito: AA-701 ou equivalente. Duração: 24h. Créditos 1,5. Atmosfera padrão, forças aerodinâmicas e propulsivas. Definição e medida de velocidade. Desempenho pontual: planeio, voo horizontal, subida, manobras de voo, diagrama altitude-número de Mach. Envelope de voo. Desempenho integral (alcance, autonomia e combustível consumido): cruzeiro, subida e voos curvilíneos. Decolagem, aterrissagem. Bibliografia: ANDERSON, J. D. - Aircraft performance and design, Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999; McCLAMROCH, N. H. - Steady Aircraft Flight and Performance, Princeton: Princeton University Press, 2011; VINH, N. K. - Flight mechanics of high-performance aircraft, New York, University Press, 1993; ASSELIN, M. - An introduction to aircraft performance, AAIA, 1997 (AIAA Education Series).

### **AB-722 - Estabilidade e Controle de Aeronaves**

Requisito: AB-721, AB-718 ou equivalente. Duração: 24h. Créditos 1,5. Estabilidade estática longitudinal: margem estática a manche fixo e a manche livre. Critérios de estabilidade estática látero-direcional. Sistemas de referência, ângulos de Euler e matrizes de transformação. Dedução das equações do movimento da aeronave modelada como corpo rígido. Cálculo numérico de condições de equilíbrio. Linearização das equações do movimento. Modos autônomos longitudinais e látero-direcionais. Simulação do voo em malha aberta. Estabilidade dinâmica: qualidades de voo. Introdução ao projeto de sistemas de controle de voo: sistemas de aumento de estabilidade. Bibliografia: NELSON, R. C. - Flight stability and automatic control. 2. ed. Boston, MA: McGraw-Hill, c1998; ETKIN, B., REID, L. D. - Dynamics of flight: stability and control. 3. ed. New York, NY: Wiley, c1996; STEVENS, B. L., LEWIS, F. L. - Aircraft control and simulation. 2.ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2003; ABZUG, M. J., LARRABEE, E. E. - Airplane stability and control: a history of the technologies that made aviation possible. 2. ed. Cambridge: University Press, 2002.

### **AC-701 - Sistemas Propulsivos**

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. Sistemas Propulsivos: equações de movimento, tração, consumo específico, potência de eixo, eficiência do sistema e teoria elementar de hélice. Turbinas a Gás como meio de propulsão: gerador de gás, turbo – reator , turbo - eixo, turbo – fan, análise comparativa. Performance e parâmetros que afetam o desempenho de um sistema propulsivo. Outros sistemas: motor a pistão aeronáutico, estato – jato e pulso – jato. Bibliografia: Nguyen X. Vihn, Flight Mechanics of High Performance Aircraft, Cambridge Aerospace Series, 1993; Philip

Hill, Cal Peterson, Mechanical and Thermodynamics of Propulsion, 2o ed., Addison-Wesley, 1992; Cohen, H., Rogers, G.F.C. e Saravanamutto, H.I.H., Gas Turbine Theory, 3oed, Logman Scientific & Technical, 1987.

#### **AE-701 - Estruturas Aeronáuticas**

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. Anatomia de estruturas aeronáuticas. Cargas de inércia e fator de carga. Diagrama V-n. Bases da teoria de elasticidade. Fator de concentração de tensões. Critérios de Plastificação. Problemas de elasticidade em duas dimensões. Flexão e torção de vigas. Flexão de placas finas. Bibliografia: Bruhn, E.F., Analysis and design of flight vehicle structures, Tri Offset, Cincinnati, 1973; Megson, T.H.G., Aircraft structures for engineering students, E. Arnold, London, 1972; Peery, D.J., Aircraft structures, McGraw-Hill, New York, 1950.

#### **AE-721 - Elementos Finitos**

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. Introdução ao cálculo variacional. Métodos de energia. Métodos de Rayleigh-Ritz e Resíduos Ponderados. Formulação variacional de elementos finitos. Elementos finitos lineares: treliça, vigas de Euler e de Timoshenko. Elementos finitos para estado plano de tensão e deformação, placas e sólidos tridimensionais. Integração numérica. Aplicações em problemas de estabilidade elástica. Modelagem de estruturas aeronáuticas. Bibliografia: Reddy, J.N., Introduction to the finite element method, 4th. ed., McGraw Hill, 2018; Cook, R. D., et al, Concepts And Applications of Finite Element Analysis, Wiley, 4th ed, 2002; Bathe, K.J., Finite Element Procedures, Klaus-Jurgen Bathe, 2nd Ed., 2014.

#### **AE-722 Análise de Estruturas Aeroespaciais**

Requisitos: AE-701. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Flexo-torção de vigas de paredes finas de seção aberta e fechada; restrição axial; idealização estrutural; deflexões. Difusão em painéis. Análise de estruturas da asa e da fuselagem; efeito de aberturas; anéis caverna; nervuras. Análise das fixações e das juntas. Modelagem pelo método de elementos finitos. Bibliografia: Megson, T.H.G., Aircraft structures for engineering students, Elsevier, 2007; Bruhn, E.F., Analysis and design of flight vehicle structures, TriOffset, Cincinnati, 1973; Flabel, J.C., Practical stress analysis for design engineers, Lake City Publishing Company, 1997.

#### **AE-723 Estabilidade de Estruturas Aeroespaciais**

Requisitos: AE-701. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Comportamento Mecânico dos Materiais. Flambagem de Colunas com Seções Estáveis. Flambagem Torsional e Flexo-Torsional de Colunas de Paredes Finas. Flambagem de Placas Planas. Instabilidade e Falha de Colunas de Paredes Finas e Painéis Reforçados. Noções de Flambagem de Cascas Cilíndricas. Campo de Tração Diagonal em Painéis Planos e Curvos. Bibliografia: Bruhn, E.F., Analysis and design of flight vehicle structures, Tri-Offset, Cincinnati, 1973; Chajes, A., Principles of structural stability theory, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1974; Rivello, R.M., Theory and analysis of flight structures, McGraw-Hill, New York, 1969.

#### **AE-724 - Fadiga e Propagação de Trincas**

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. Introdução. Histórico de problemas de fadiga e fratura. Projeto tolerante ao dano. Fadiga S-N - definições básicas. Ensaio para obtenção de curvas S-N. Parâmetros que influenciam nas curvas S-N. Efeito da tensão média. Fadiga multiaxial. A regra de Palmgren-Miner. Contagem de ciclos. Concentradores de tensão. Mecânica da fratura linear elástica - definições básicas. Taxa de liberação de energia. Curvas R. Fatores de intensidade de tensão. Relação entre G e K. Influência da zona plástica. Ensaio de tenacidade à fratura. Tensão plana e

deformação plana. Limites de validade de G e K. Propagação de trincas por fadiga. Curvas da/dN. Equações de propagação. Bibliografia: DOWLING, N. E. Mechanical behavior of materials - engineering methods for deformation, fracture and fatigue. 2ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000; ANDERSON, T. L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. 2ed. CRC Press, 1995.

#### **AE-725 – Dinâmica Estrutural e Aeroelasticidade**

Requisitos: AE-701. Duração: 40 h. Créditos: 2,5. Modelagem de sistemas dinâmicos: equações de Lagrange. Vibrações livres, respostas à excitação harmônica, periódica, impulsiva e geral em sistemas de único grau de liberdade. Vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas com vários graus de liberdade: condições de ortogonalidade e solução por análise modal. Vibrações livres e respostas dinâmicas de sistemas contínuos. Modelagem de sistemas aeroelásticos: o problema da seção típica. Problemas de estabilidade e resposta aeroelástica. Modelos aeroelásticos na base modal. Métodos de elementos discretos em aeroelasticidade: análise numérica de estabilidade aeroelástica. Bibliografia: D. Inman, Engineering Vibration, 4th Ed., Prentice Hall, 2013; Wright, J.R. and Cooper, J.E. Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, John Wiley & Sons, West Sussex, England, UK, 2007; Bisplinghoff, R.L., Aeroelasticity, Mineola, NY: Dover, 1996.

#### **AE-727 – Projeto e Análise de Estruturas de Materiais Compósitos**

Duração: 40h. Créditos: 2,5. Introdução a compósitos poliméricos. Processos de manufatura aplicados a compósitos poliméricos avançados. Comportamento macromecânico da lâmina: transformação de tensão e deformação, relações constitutivas na lâmina. Rigidez e flexibilidade da lâmina. Constantes de engenharia. Relações tensão x deformação na lâmina; invariantes do material. Resistência da lâmina, critérios de resistência biaxiais. Comportamento micromecânico da lâmina: volume representativo, regra de misturas e abordagens baseadas em elasticidade. Laminados: flexão de placas finas, teoria clássica de laminação, efeitos higrotermoelásticos. Flexão, flambagem e vibrações em placas laminadas. Aeroelasticidade de placas laminadas. Projeto e análise de laminados. Tópicos avançados de projeto e análise de impacto em compósitos. Bibliografia: JONES, R. M. Mechanics of Composite Materials, 2nd ed., Taylor & Francis, 1999; DANIEL I.M., ISHAI O. Engineering Mechanics of Composite Materials, 2nd ed., Oxford University Press, 2005; REDDY J. N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: theory and analysis, 2nd ed. CRC Press, 2004.

#### **AP-701 - Fundamentos do Projeto de Aeronaves**

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. Definição dos elementos básicos de uma aeronave: Asa, fuselagem, empenagens, superfícies de controle e dispositivos de hiper-sustentação. Categorias de aeronaves e suas missões. Conceituação da atividade de projeto: Fases do projeto de uma aeronave. Determinação da carga alar e da razão tração/peso: Importância da propulsão no cumprimento dos requisitos de desempenho da aeronave. Determinação da área da asa e do Cl de cruzeiro: Importância do projeto aerodinâmico na redução do custo operacional. Determinação das áreas das empenagens horizontal e vertical e sua importância na estabilidade e qualidade de voo da aeronave. Sistemas de uma aeronave e segurança de voo. Bibliografia: Roskam, J., Airplane design, parts I-VIII, Roskam Aviation and Engineering Corporation, Ottawa, Kansas, 1985; Raymer, D.P., Aircraft design: a conceptual approach, AIAA educational series, Washington DC, 1989.

#### **AP-731 - Manutenção de Aeronaves**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos 2. Definição de Atividades de Manutenção. Tipos de Manutenção. Regulamentação Aeronáutica. O Manual de Manutenção da Empresa. Registros de Manutenção. Responsabilidade pela Manutenção e pela Aeronavegabilidade. Conceitos de Custo Operacional e de Manutenção. Conceito e Tipos de Falha. Arvore de Falha (FMECA). Conceitos de Programa de Manutenção de Aeronaves. Tipos de Manutenção. Manutenção Programada e Corretiva (não programada). Manutenção Orientada para o Processo. Disponibilidade Intrínseca, Operacional e Atingida. Autoridades Reguladoras e Instituições Aeronáuticas. Diretrizes de Aeronavegabilidade. Certificação de Tipo. A Organização de Manutenção. Elementos de Manutenção: Dados Técnicos, Suprimento, Pessoal, Testes e Ferramentas. Atividades de Manutenção. Manutenção de Linha e Pesada. Manutenção de Componentes. Dados Técnicos da Manutenção. Equipe de Manutenção Responsabilidades e Habilitações. Planejamento e Controle de Atividades de Manutenção, Conceitos Inspeções e Ensaio Não-Destrutivos. Conceitos Reparos. Modificações, Pesagem e Balanceamento de Aeronaves. Peças de Reposição. Fatores Humanos em Manutenção de Aeronaves. Bibliografia: KINNISON, H. A. - Aviation Maintenance Management, Ed. Mc Graw Hill, 2004; ANONYMOUS - Aircraft Inspection and Maintenance Records, Jeppesen Co., 2003; KROES, M. J. - Aircraft Basic Science, 7th ed., Ed. Glencoe, 1993.

#### **AP-732 - Manutenção de Estruturas Aeronáuticas**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos 2. Introdução à função manutenção. Conceitos básicos na manutenção de estruturas aeronáuticas. Identificação das estruturas primárias e secundárias. Danos típicos em estruturas fabricadas em material compósito e material metálico. Danos reparáveis e não reparáveis, danos permissíveis e não permissíveis, substituição de estruturas, relatório de dano. Elaboração de requisitos e ações voltadas para redução de tempo e custo de manutenção de estruturas. Procedimentos reparos em compósitos e metálicos para de identificação e registro do dano, classificação do dano, preparação da área danificada para reparo. Materiais e procedimentos para reparo de estruturas em compósito do tipo monolítica e do tipo sanduíche. Reparo de estruturas específicas (ex. radome). Procedimentos para reparo de estruturas metálicas (processos: corte de chapas, furação, prendedores, flap peening, proteção contra corrosão, etc). Manual de Reparo Estrutural (SRM). Introdução às técnicas de inspeção não-destrutivas aplicadas à manutenção aeronáutica. Técnicas de inspeção visual, ultrassom, líquidos penetrantes, correntes parasitas, partículas magnéticas, raio-x, termografia. Princípios fundamentais, equipamentos, consumíveis e documentação para realização de ensaios não destrutivos. Comparativo e aplicabilidade das técnicas. Tópicos especiais: novas técnicas de manutenção preventiva e preditiva. Normas e regulamentação para NDT. Legislação voltada para Manutenção Aeronáutica na fase projeto e na fase operação. Bibliografia: KINNISON, H. A. - Aviation Maintenance Management, McGraw-Hill Professional 1 edition, 2004; CRANE, D. - Aviation maintenance technician: general. 3. ed. Newcastle, WA: Aviation Supplies & Academics, 2005; ASM, Handbook: non destructive evaluation and quality control. Materials Park, OH: American Society for Materials; 1989. v.17.

#### **AP-734 - Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 1,5. Conceitos fundamentais: confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade, segurança, falhas, erros, aeronavegabilidade continuada, acidente, incidente, risco. Influência de confiabilidade e manutenibilidade sobre a disponibilidade e os custos operacionais e de suporte. Gestão de requisitos de RAMS. Previsão de confiabilidade. Confiabilidade de software. Crescimento da confiabilidade. Identificação e análise dos requisitos de

manutenibilidade. Os princípios de simplificação, padronização e modularização. Sistemas de diagnóstico de falhas. Critérios de projeto e arquitetura de sistemas objetivando aumento de disponibilidade. Despachabilidade. Otimização da confiabilidade, disponibilidade e custo. Requisitos de segurança de sistemas civis e militares. Técnicas de análise de segurança no desenvolvimento. A influência dos ambientes operacional, logístico e da manutenção sobre os indicadores de RAMS. Avaliação de impactos em disponibilidade e custos de modificações e opções de projeto. Análises de tradeoffs. Bibliografia: O'CONNOR, P. D. T., Practical reliability engineering. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1991. MIL-HDBK-470A, Designing and Developing Maintainable Products and Systems, 1997. SAE ARP 4761 - Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment.

#### **AP-736 - eMaintenance**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos 2. Conceito de Informações em Logística (eMaintenance); Introdução à Prognóstico e Gerenciamento da Saúde (PHM) pela perspectiva de TIC; Modelos de Fusão de Dados para Manutenção de frota de aeronaves; Redes sem Fio, Serviços Web para Manutenção Baseada na Condição; Computação em Nuvem, Internet das Coisas (IoT) e Sistemas Móveis; Modelagem 3D, Realidade Virtual (VR), Realidade Aumentada (AR) e Impressão 3D para Manutenção; Interoperabilidade de Dados de Manutenção, Qualidade de Dados, Dados Massivos (Big Data); eMaintenance no ciclo de vida; Sensores e Etiquetas Inteligentes; Exemplos de Soluções de eMaintenance; Requisitos de Projeto de Aeronaves que Viabilizem eMaintenance; Desafios e Perspectivas Futuras. Bibliografia: HOLMBERG et al. - E-maintenance. Springer, NY, 2010; MÁRQUEZ, Crespo A. - The Maintenance Management Framework. Springer, Spain, 2007; PASCUAL, D. G. - Artificial Intelligence Tools. CRC Press, FL, 2015.

#### **AP-737 - Manutenção Centrada em Confiabilidade**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos 2. Introdução à função manutenção. Elemento manutenção no ciclo de vida do produto. Conceitos de manutenção preventiva e corretiva. Os níveis de manutenção. Os processos primários de manutenção. Princípios da manutenção centrada em confiabilidade (MCC). Novos paradigmas em manutenção. A confiabilidade na MCC. Confiabilidade e características de falhas dos componentes. Definição do sistema e suas funções críticas. Identificação das falhas funcionais e das consequências da falha. Definição das causas de falha. Análise de modos, efeitos e da criticidade das falhas. Análise da árvore de falha. Características e objetivos das tarefas de manutenção. Introdução a metodologia MSG-3. Lógicas de Análises de MSG-3 para: Sistemas e motores; Estruturas; Proteções contra Raios e Campos de Radiação de Alta Intensidade (L/HIRF); e Zonas da Aeronave. Definição dos intervalos iniciais dos requisitos de manutenção Análise, desenvolvimento e controle do Plano de Manutenção. Elementos de custos de manutenção. Custos da falha e da prevenção da falha. Influência da manutenção nos desempenhos de custo e confiabilidade. Avaliação e evolução do Plano de Manutenção. Bibliografia: MOUBRAY, J. - RCM II: Reliability Centered Maintenance. Grã Bretanha: Biddles Ltd., 2002; SMITH, A. M. - Reliability Centered Maintenance, McGraw Hill, 1993; AIR TRANSPORT ASSOCIATION (ATA). MSG-3 Rev 2015.1: airline and operator maintenance program, Washington, 2015.

#### **AP-738 - Manutenibilidade Avançada**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos 2. Aplicação dos Conceitos e as Metodologias para projetar para Manutenibilidade. Análise de Equipamento e Subsistema e Análise dos dados e Características da Manutenibilidade de um

Subsistema e Equipamento Aeronáutico. Interação entre a Teoria e a Prática nas Oficinas de Manutenção da Aviação Civil e Defesa. Ferramentas de Manutenibilidade. Maintenance Task Análise (MTA). Análise do Custo de Ciclo de Vida do Produto. Indicadores da Manutenibilidade. Análise da Manutenibilidade. Requisitos de Manutenibilidade. Interface e com outras áreas do DIP. Características de Manutenibilidade e sua Incorporação no Projeto. Elaboração MPP (Maintenance Program Plan). Disponibilidade Inerente e sua relação com a Manutenibilidade. Custo de Manutenção Direta. Produtividade em Manutenção. Bibliografia: BLANCHARD, B. S. - Maintainability, a key to effective serviceability and maintenance management, John Wiley & Sons, 1995; KECECIOGLU, D. - Maintainability, availability and operational readiness engineering, DEStech Publishing, 1999; DHILLON, B. S. - Maintainability, maintenance and reliability for engineers, CRC Publishing, 2006.

#### **AP-741 - Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Aeroespaciais Complexos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos 3. Sistemas: Conceitos e Definições; Ciclo de vida de Sistemas Aeronáuticos Complexos: Fases e Características; Logística: Definições e Medidas de Desempenho; Custo Total do Ciclo de Vida; Log. no Desenv., Aquisi. e Oper de Sist. Complexos: Apoio Logístico Integrado (ILS). Manutenção, manutenibilidade e custo do ciclo de vida. Influência de confiabilidade e manutenibilidade sobre a disponibilidade e sobre os custos operacionais e de suporte. Análise dos requisitos de manutenibilidade. Desenvolvimento do plano de manutenibilidade durante as diversas fases do projeto do avião e a integração com o processo de DIP. Os princípios de simplificação, padronização, modularização e sistemas de diagnóstico de falhas. Outras características de projeto para melhorar a manutenibilidade. A influência dos ambientes operacional, logístico e da manutenção sobre os parâmetros da manutenibilidade. Validação, simulação, previsão e monitoramento de manutenibilidade. Princípios de diagnósticos integrados. Alguns focos de problemas de manutenibilidade no avião. Bibliografia: BLANCHARD, B. S. - Logistics engineering and management. Sixth edition. New Jersey: Pearson, 2003; AeroSpace and Defence Industries Association of Europe and Aerospace Industries Association 2015. International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications (<http://www.sx000i.org/>); MIL-HDBK-470A, Designing and developing maintainable products and systems, 1997.

#### **AP-742 - Logística no Desenvolvimento, Aquisição e Operação de Sistemas Complexos**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos 2. Sistemas: Conceitos e Definições; Ciclo de vida de Sistemas Aeronáuticos Complexos: Fases e Características; Logística: Definições e Medidas de Desempenho; Custo Total do Ciclo de Vida; Log. no Desenv., Aquisi. e Oper de Sist. Complexos: Apoio Logístico Integrado (ILS), Elementos do ILS, S-Series ILS Spec. X DAU; Conceitos de RAMS, Planejamento/Plano de Manutenção e Requisitos de Suportabilidade; Gestão de Suprimentos: Otimização de Itens Reparáveis e Sobressalentes, Gestão de Configuração; Análises Logísticas: LSA, LORA, Contratos PBL e CLS; eMaintenance: eOps e eMnt; Desenvolvimento para RAMS (Design for RAMS). Ferramentas de modelagem para gerenciamento de frotas e Modelagem de Serviços Logísticos. Bibliografia: - Logistics engineering and management. Sixth edition. New Jersey: Pearson, 2003; AeroSpace and Defence Industries Association of Europe and Aerospace Industries Association 2015. International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications (<http://www.sx000i.org/>); SHERBROOKE, C. C. - Optimal inventory modeling of systems, Springer US, 2004.

### **AP-743 - Introdução à Logística no Desenvolvimento e Manutenibilidade de Sistemas Complexos**

Duração 28h. Créditos: 1,5: Sistemas; Ciclo de vida de Sistemas Aeronáuticos Complexos: Fases e Características; Logística: Definições e Medidas de Desempenho; Custo Total do Ciclo de Vida; Log. no Desenvolvimento de Sist. Complexos: Apoio Logístico Integrado (ILS). Manutenção, manutenibilidade e custo do ciclo de vida. Influência de confiabilidade e manutenibilidade sobre a disponibilidade e sobre os custos operacionais e de suporte. Requisitos de manutenibilidade. Desenvolvimento do plano de manutenibilidade e integração com o processo de DIP. Os princípios de simplificação, padronização, modularização e sistemas de diagnóstico de falhas. Outras características de projeto para melhorar a manutenibilidade. A influência dos ambientes operacional, logístico e da manutenção sobre os parâmetros da manutenibilidade. Validação, simulação, previsão e monitoramento de manutenibilidade. Princípios de diagnósticos integrados. Alguns focos de problemas de manutenibilidade no avião. Bibliografia: BLANCHARD, Benjamin S. LOGISTICS ENGINEERING AND MANAGEMENT. Sixth edition. New Jersey: Pearson, 2003; AeroSpace and Defence Industries Association of Europe and Aerospace Industries Association 2015. International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications (<http://www.sx000i.org/>); MIL-HDBK-470A, Designing and Developing Maintainable Products and Systems, 1997.

### **EA-704 – Fundamentos de Sistemas Elétricos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Histórico, evolução e descrição dos principais componentes do sistema elétrico de aeronaves; arquiteturas de distribuição de potência, requisitos aeronáuticos; sistemas de geração DC e AC frequência constante, frequência variável, frequência constante e velocidade variável, unidade de controle dos geradores, princípios de regulação de tensão, circuitos de equalização; baterias de aplicação aeronáutica, histórico, tipos, capacidade de carga, curvas características, modos de carga, influência da temperatura, manutenção; proteções e testes do sistema elétrico. Bibliografia: Pallett, E. H., Aircraft Electrical Systems, Addison-Wesley, 1988; Eismin, T., K., Aircraft Electricity and Electronics, Mc Graw-Hill, 1996; Vicent, C., A., Scrosati, B., Modern Batteries, John Willey and Sons Inc., 1997.

### **ET-709 - Sistemas de Comunicações Aeronáuticas, Rádio Navegação e Vigilância**

Requisitos: não há. Duração: 48 horas. Créditos: 3. Comunicações analógicas e digitais. Técnicas de multi-acesso. Análise e simulação em Matlab dos principais enlaces de comunicações aeronáuticas. Sistemas de data link ACARS e FANS para suportar o ATC. Cálculo de trajetórias e da navegação. Navegação por estima e por fixos de posição. Auxílios de rádio para navegação aérea e para o pouso. Navegação por satélites. Sistema de Gerenciamento de Voo (FMS -Flight Management System). Sistemas de vigilância: radar primário, radar secundário e multilateração. Vigilância Dependente Automática (Automatic Dependent Surveillance-ADS) e suas modalidades ADS-B e ADS-C. Fusão de informações de sistemas de vigilância. Sistema de alerta contra colisão (TCAS). Bibliografia: Stacey D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley & Sons Ltd, 2008.; Haykin, S., Communication systems, 4th. ed., New York: John Willey & Sons, 2001; Helfrick, A. D., Principles of Avionics, 2nd ed., Avionics Communications Inc., 2002.

### **MB-751 - Estatística Básica**

Duração 28h. Créditos: 1,5: 1 Introdução ao Raciocínio Estatístico e à Análise de Dados: O que é Estatística? O processo de análise de dados. Elementos fundamentais de Estatística. Preparação do ambiente computacional de análise. Obtenção de Dados:

O processo de coleta de dados. Estudos observacionais. Princípios de amostragem. Experimentos planejados. Princípios de planejamento de experimentos. Resumo de Dados: Análise descritiva e exploratória de dados. Modelos probabilísticos. Cálculo de probabilidades por simulação. Distribuições amostrais. Teorema do Limite Central. Análise de Dados, Interpretação da Análise e Comunicação de Resultados: Estimativa pontual de parâmetros e construção de intervalos de confiança. Estimativa de parâmetros via Bootstrap. Teoria da decisão. Testes de hipóteses. Metodologia clássica. Testes de hipóteses via Bootstrap. Análise de regressão. Regressão linear simples. Regressão linear múltipla. Bibliografia: Devore, J.L., Probability and Statistics for Engineering and the Sciences, Cengage Learning, 9th. Edition, 2016. Mendenhall, W.; Sincich, T., A Second Course in Statistics - Regression Analysis, Pearson, 7th Edition, 2012. Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, 9th Edition, 2017.

### **MB-757 - Gestão da Produção**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. Princípios de gestão da produção; Competitividade, Estratégia e Produtividade; Previsão em Produção; Gestão dos estoques: necessidade de estoques, controle dos estoques e MRP (Materials Resource Planning); A visão por processos: mapeamento de processos, indicadores de desempenho, planejamento de capacidade e gargalos. Seleção de processo e do arranjo físico de instalações; Linhas de produção: planejamento de capacidade, balanceamento de linhas e customização em massa; Produção em lotes: planejamento de capacidade, lote econômico de produção, sequenciamento e controle da produção; Processo de jobbing: projeto de layout funcional, agilidade na resposta e sequenciamento; Manufatura enxuta e just-in-time; Melhoria da produção e gestão de risco. Bibliografia: Slack, N., Brandon-Jones, A, Johnston, R. Administração da Produção, 4a. edição. São Paulo: Atlas, 2015; Corrêa, H. L., Corrêa, C. A. Administração de Produção e de Operações - Manufatura e Serviços - Uma Abordagem Estratégica, 4a edição. São Paulo: Atlas, 2017; Stevenson, W. J. Operations Management, 10th. ed., McGraw-Hill, 2009.

### **ME-707 - Sistemas Ambientais Aeronáuticos**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. Introdução. Conceitos gerais. Ar condicionado: ciclos de refrigeração. Pressurização: componentes do sistema. Proteção contra gelo: processo físico de formação de gelo, sistemas de proteção em voo. Sistema de oxigênio emergencial: formas de armazenamento. Sistema pneumático: componentes. Bibliografia: Delp, F., Bent, R. D. e McKinley, J. L., Aircraft Maintenance and Repair, Macmillan/McGraw-Hill, New York, 1992; Kroes, M. J., Watkins, W. A. e Delp, F., Aircraft Maintenance & Repair, Glencoe/McGraw-Hill, 1995; Lombardo, D. A., Advanced Aircraft Systems, McGraw-Hill, USA, 1993.

### **MP-703 – Projeto e Manufatura de Estruturas de Compósitos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Introdução aos materiais compósitos: classificação, anisotropia, homogeneidade. Fibras para compósitos de alto desempenho. Resinas termorrígidas e termoplásticas. Cinética de cura e reologia de resinas termorrígidas. Noções de projeto de estruturas de materiais compósitos. Aplicações de materiais compósitos em estruturas aeronáuticas. Processos de fabricação para materiais compósitos de matriz termorrígida: laminação manual, laminação automática, enrolamento filamentar, pultrusão, técnicas de infusão. Modelagem numérica. Processos de fabricação para materiais compósitos de matriz termoplástica. Moldes metálicos e de compósitos. Corte e montagem. Métodos de inspeção, caracterização experimental e teste de materiais compósitos. Juntas mecânicas e juntas coladas.



Reparos. Bibliografia: DANIEL, I. M.; ISHAI, O. Engineering mechanics of composite materials, 2nd ed. Oxford: University Press, 2006; STRONG, B. Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods, and applications. SME Publications, 1989; MORENA, J. J. Advanced composite mold making. Van Nostrand Reinhold Co., New, York, 1988.

### **MP-705 - Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos**

Requisitos: AB-717 e/ou MP-719. Duração 48 horas. Créditos: 3. Classificação geral de modelos de sistemas dinâmicos. Elementos para modelagem física unificada de sistemas mecânicos, elétricos, magnéticos, fluidos e térmicos. Introdução aos sistemas a eventos discretos. Máquinas de estado. Ferramentas de simulação computacional de sistemas dinâmicos contínuos e discretos. Teoria de Filas: conceitos gerais, processo de simulação, componentes de sistema de simulação. Procedimentos de modelagem de Simulação: diagrama de ciclo de atividades (DCA), abordagem de modelagem. Simulação com software comercial: principais modelos, submodelos, implementação de modelos de simulação, animação e visualização de variáveis e de relatórios, analisador estatístico de dados, gráficos para análise de período de estabilização, projeto de experimentos. Bibliografia: Cassandras, C.G., Lafortune, S. Introduction to Discrete Event Systems. Springer US, 2nd Edition, 2008, 772 p. Banks, J. et al. Discrete-event system simulation. 3 ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000. Karnopp, D. et al., System dynamics: a unified approach, John Wiley, New York, 1990.

### **MP-705 – Modelagem e Simulação de Sistemas Discretos**

Requisitos: AB-717 e/ou MP-719. Duração 48 horas. Créditos: 3. Classificação geral de modelos de sistemas dinâmicos. Elementos para modelagem física unificada de sistemas mecânicos, elétricos, magnéticos, fluidos e térmicos. Introdução aos sistemas a eventos discretos. Máquinas de estado. Ferramentas de simulação computacional de sistemas dinâmicos contínuos e discretos. Teoria de Filas: conceitos gerais, processo de simulação, componentes de sistema de simulação. Procedimentos de modelagem de Simulação: diagrama de ciclo de atividades (DCA), abordagem de modelagem. Simulação com software comercial: principais modelos, submodelos, implementação de modelos de simulação, animação e visualização de variáveis e de relatórios, analisador estatístico de dados, gráficos para análise de período de estabilização, projeto de experimentos. Bibliografia: Cassandras, C.G., Lafortune, S. Introduction to Discrete Event Systems. Springer US, 2nd Edition, 2008, 772 p. Banks, J. et al. Discrete-event system simulation. 3 ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000. Karnopp, D. et al., System dynamics: a unified approach, John Wiley, New York, 1990.

### **MP-707 - Modelagem e Simulação de Sistemas Dinâmicos**

Requisitos: AB-717 e/ou MP-719. Duração 48 horas. Créditos: 3. Classificação geral de modelos de sistemas dinâmicos. Elementos para modelagem física unificada de sistemas mecânicos, elétricos, magnéticos, fluidos e térmicos. Introdução aos sistemas a eventos discretos. Máquinas de estado. Ferramentas de simulação computacional de sistemas dinâmicos contínuos e discretos. Representação de modelos físicos por meio de grafo de sistema e de grafos de ligações. Modelagem matemática e formulação das equações dinâmicas no espaço de estados. Aplicações na simulação de sistemas de aeronaves, eletro-hidráulicos, eletro-mecânicos e termo-hidráulicos. Introdução à modelagem experimental e identificação paramétrica de modelos dinâmicos. Bibliografia: Karnopp, D. et al., System dynamics: a unified approach, John Wiley, New York, 1990. Wellstead, P.E., Introduction to physical system modeling. Academic Press, New York, 1979; Doebelin, E.O., System modeling and response: theoretical and experimental approaches, John Wiley, New York, 1980.

### **MP-715 – Desenvolvimento Integrado do Produto**

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. Projeto Serial (visão funcional) vs Projeto Integrado (visão de processos). Times Multidisciplinares. Ferramentas DIP: DTC – Design to Cost; DFM - Design for Manufacturing; Prototipagem Rápida; DFA - Design for Assembly; Tecnologia de Grupo; DbF – Design by Features; Projeto Robusto de Taguchi; DFI – Design for Inspectability; DTS – Design to Service; DFE – Design for Environment. Bibliografia: Huang, G.C., Design for X – Concurrent Engineering Imperatives, Chapman&Hall, 1996; Bedworth, D.D. et al, Computer Integrated Design and Manufacturing, McGraw Hill, Inc., 1994; Cross, N., Engineering Design Methods, John Wiley & Sons, 1994.

### **MP-719 - Introdução aos Sistemas de Controle Moderno**

Requisitos: não há. Duração: 28h. Créditos: 1,5. Modelagem de sistemas lineares e invariantes no tempo. Representação de sistemas no espaço de estados. Linearização: conceito e técnicas. Solução da equação de estado no domínio do tempo. Relação entre a representação na forma de estados e função de transferência. Utilização do ambiente Matlab para simulação de modelos no espaço de estados. Definição e relevância de diversos conceitos de estabilidade. Autovalores e sua relação com estabilidade. Revisão de ferramentas de análise de estabilidade no domínio da frequência. Conceituação de polos e zeros. Relação dos polos com os autovalores do sistema. Interpretação dinâmica de polos e zeros. Especificações de desempenho. Controlabilidade. Cancelamento de pólos e zeros. Alocação de pólos. Ação de controle integral. Introdução ao Controle Ótimo. Controle Ótimo Linear-Quadrático. Observabilidade. Observadores de ordem plena. Observadores de ordem reduzida. Realimentação de estado usando observadores. Técnicas de projeto de observadores. Bibliografia: Ogata, K., Engenharia de controle moderno, 3a. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2000; Franklin, G.F.; Powell, J.D.; Emami-Naeini, A., Feedback control of dynamic systems, 3rd ed., Reading: Addison-Wesley, 1994; Skogestad, S.; Postlethwaite, I. Multivariable Feedback Control - Analysis and Design, Chichester: John Wiley and Sons, 1996.

### **MP-732 – Sistemas Hidráulicos de Controle**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. Introdução aos sistemas de controle hidráulicos em aeronaves. Fundamentos da modelagem dinâmica de sistemas fluidotérmicos. Componentes de sistemas hidráulicos: bombas e atuadores hidráulicos, servoválvulas, válvulas seqüenciais, válvulas reguladoras de pressão e vazão. Análise dinâmica de servomecanismos hidromecânicos e eletrohidráulicos. Aplicações em sistemas de comando de voo, acionamento de trem de pouso, sistemas de freio hidráulico e controle de direção (steering). Bibliografia: Merritt, H.E., Hydraulic Control Systems, Wiley, 1991; Walters, R.B., Hydraulic and Electro-Hydraulic Control Systems, Elsevier Applied Science, London, 1991; Green, W.L., Aircraft Hydraulic Systems, John Wiley, 1985; Manring, N., Hydraulic Control Systems, Wiley, 2005.

### **MP-733 – Sensores e Sistemas de Medição**

Requisitos: MP-704. Duração: 32h. Créditos: 2. Configuração generalizada e elementos funcionais de um sistema de medição. Características estáticas e calibração estática de instrumentos e sistemas de medição. Incertezas e análise de erro nas medições. Modelagem dinâmica e resposta de um sistema de medição. Resposta em frequência e introdução à análise espectral. Transdutores e condicionamento de sinais. Aplicações em medição de deslocamento, velocidade, aceleração, força, pressão, vazão e temperatura. Conversores A/D e D/A e introdução aos sistemas de aquisição de dados e processamento digital de sinais. Bibliografia: Webster, J.G. (Ed.), Measurement,

Instrumentation and Sensors, Chapman and Hall/CRCnetBase, 1999; Doebelin, E.O., Measurement systems: application and design, 3rd Ed., New York: McGraw- Hill, 1983; Bentley, J.P., Principles of measurement systems, 2nd Ed., New York: John Wiley, 1988.

#### **MP-742 – Tópicos Especiais em Robótica**

Requisitos recomendados: MP-230 e MP-233. Requisito exigido: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Automação industrial: formas e critérios para aplicação. Cinemática e dinâmica de sistemas robóticos. Visão computacional. Sistemas metrológicos de grandes volumes: laser radar, iGPS e fotogrametria. Protocolos de comunicação em automação industrial. Fusão sensorial: robôs, visão computacional e sistemas metrológicos. Robótica cooperativa: conceitos e aplicações em células de manufatura flexível. Robôs não convencionais. Sistema supervisorio para células de manufatura. Aplicações de sistemas robóticos no setor aeronáutico. Bibliografia: GROOVER, M. P. Robótica: tecnologia e programação. São Paulo: McGraw-Hill-1989. HOLZBOCK, W.C., Robotic technology, Principles and practice. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986; FU, K.S. et al, Robotics: control, sensing, vision, and intelligence. New York: McGraw-Hill, 1987

#### **MT-705 – Fabricação de Superfícies Complexas**

Requisito recomendado: disciplina básica em processos de fabricação. Duração: 48h. Créditos: 3. Características significativas de processo para a determinação da fabricação. Exigências de precisão dimensional, erros geométricos de fabricação. Tipos de máquinas-ferramentas, de dispositivos de fixação e de ferramentas. Procedimentos para tomada de decisão tecnológica em usinagem. Planejamento, programação e fabricação de uma superfície complexa. Bibliografia: Gomes, J. O.: Fabricação de superfícies de forma livre por fresamento no aço temperado ABNT 420, na liga de alumínio AMP8000 e na liga de Cobre Cu-Be.2001. Tese (Doutorado) - UFSC-Brasil/RWTH-Aachen, Alemanha, 2001; Eversheim, W. E Klocke, F.: Werkzeugbau mit Zukunft (Strategie und Technologie). Berlin: Springer-Verlag, 1999; Trent, E. M.: Metal Cutting, Butherworths, 1992; Schroeter, R. B., Weingaertner, W. L. Tecnologia da Usinagem com Ferramentas de Geometria Definida, parte 1. Apostila (traduzido e adaptado por Prof. Dr. Eng. Rolf Bertrand Schroeter e Prof. Dr.-Ing. Walter Lindolfo Weingaertner do livro Fertigungsverfahren Drehen, Bohren, Fräsen, de Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.mult. Wilfried König e Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke).

#### **MT-706 – Materiais Metálicos e Processos de Fabricação**

Requisito recomendado: disciplina básica em materiais. Duração 48h. Créditos: 3: Materiais metálicos: estruturas; difusão; propriedades mecânicas; diagramas de fases e diagramas TTT; principais ligas de aplicação aeronáutica. Materiais cerâmicos, poliméricos e carbonosos:, aplicações. Resistência dos materiais: hipóteses básicas. Comportamento dos materiais: elástico; plástico; anelástico; viscoelástico. Tipos de falhas mecânica: deformação plástica excessiva; deformação elástica excessiva; fratura; instabilidade plástica. Teoria do escoamento plástico: critérios de escoamento (Von Mises, Tresca, Levi-Mises, Hill). Fundamentos básicos da conformação de metais: classificação dos processos; influência da anisotropia, taxa de deformação, temperatura, atrito e lubrificação. Métodos analíticos para a solução de processos de conformação mecânica: energia uniforme; métodos dos blocos; limite superior da energia; viscoplasticidade; simulação; elementos finitos. Fabricação de tubos e de chapas: extrusão; laminação; trefilação. Processos de fabricação convencionais e não convencionais: conformação de chapas; conformação de volume; processos convencionais de usinagem; conformação por elastômero; conformação; usinagem não

convencional. Bibliografia: Dieter, G. E., Mechanical Metallurgy – SI Metric Edition, Mc Graw – Hill Book Co., 1988; Callister, Jr, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais LTC Editora, 5ª Ed. 2002; Johnson, W. & Mellor, P. B., Engineering Plasticity, Van Nostrand Reinhold Company, London, UK, 1973; DeGarmo, E. P., Black, J. T. & Kohser, R. A., Materials and Processes in Manufacturing, Prentice-Hall, Inc., USA, 1997; Mielnik, E. M., Metalworking Science and Engineering, McGraw-Hill, Inc., USA, 1991.

### **MT-715 – Fabricação de Superfícies Complexas**

Requisito recomendado: disciplina básica em processos de fabricação. Duração: 32h. Créditos: 2. Características significativas de processo para a determinação da fabricação: modelo, peça, máquina e ferramentas. Exigências de precisão dimensional, erros geométricos de fabricação. Tipos de máquinas-ferramentas, de dispositivos de fixação e de ferramentas. Procedimentos para tomada de decisão tecnológica em usinagem. Meios lubri-refrigerantes para a usinagem. Bibliografia: Gomes, J. O.: Fabricação de superfícies de forma livre por fresamento no aço temperado ABNT 420, na liga de alumínio AMP8000 e na liga de Cobre Cu-Be.2001. Tese (Doutorado) - UFSC-Brasil/RWTH-Aachen, Alemanha, 2001; Eversheim, W. E Klocke, F.: Werkzeugbau mit Zukunft (Strategie und Technologie). Berlin: Springer-Verlag, 1999; Trent, E. M.: Metal Cutting, Butterworths, 1992; Schroeter, R. B., Weingaertner, W. L. Tecnologia da Usinagem com Ferramentas de Geometria Definida, parte 1. Apostila (traduzido e adaptado por Prof. Dr. Eng. Rolf Bertrand Schroeter e Prof. Dr.-Ing. Walter Lindolfo Weingaertner do livro Fertigungsverfahren Drehen, Bohren, Fräsen, de Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c.mult. Wilfried König e Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke).

### **MT-717 – Introdução à Materiais e Processos de Fabricação**

Duração 28h. Créditos: 1,5: Materiais metálicos: estruturas; propriedades mecânicas; diagramas de fases e diagramas TTT; principais ligas de aplicação aeronáutica. Conceitos gerais de: materiais cerâmicos, poliméricos e carbonosos: aplicações. Tratamentos de superfícies. Resistência dos materiais: hipóteses básicas. Comportamento dos materiais: elástico; plástico; anelástico; viscoelástico. Tipos de falhas mecânica: deformação plástica excessiva; deformação elástica excessiva; fratura; instabilidade plástica. Teoria do escoamento plástico: critérios de escoamento (Von Mises, Tresca, Levi-Mises, Hill). Fundamentos básicos da conformação de metais: classificação dos processos; influência da anisotropia, taxa de deformação, temperatura, atrito e lubrificação. Fabricação de tubos e de chapas: extrusão; laminação; trefilação. Processos de fabricação convencionais e não convencionais: conformação de chapas; conformação de volume; processos convencionais de usinagem; conformação por elastômero; conformação; usinagem não convencional. Introdução e apresentação dos componentes principais de uma aeronave. Introdução à fabricação de fuselagens: componentes principais e processos de fabricação, selagem e rebites (diferentes tipos de rebites); Introdução à montagem de asas e empenagens; Introdução a compósitos: materiais e processos de fabricação de compósitos: Fabricação de trens de pouso: materiais e processos de fabricação. Desenvolvimento de novos processos: Manufatura Aditiva, FSW etc. Bibliografia: Dieter, G. E., Mechanical Metallurgy – SI Metric Edition, Mc Graw – Hill Book Co., 1988; Callister, Jr, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais LTC Editora, 5ª Ed. 2002; Shackelford, J. M. Ciência dos Materiais, Editora Pearson Prentice Hall, 6ª Edição, 2008; Johnson, W. & Mellor, P. B., Engineering Plasticity, Van Nostrand Reinhold Company, London, UK, 1973; DeGarmo, E. P., Black, J. T. & Kohser, R. A., Materials and Processes in Manufacturing, Prentice-Hall, Inc., USA, 1997; Mielnik, E. M., Metalworking Science and Engineering, McGraw-Hill, Inc., USA, 1991.

## **MT-721 - Manufatura Avançada**

Requisito recomendado: disciplina básica em processos de fabricação. Duração: 32h. Créditos: 2. Introdução aos conceitos de Industrie 4.0 e Advanced Manufacturing; conceitos de manufatura para a Customização em Massa; Processo de Modelagem e Fabricação por Manufatura Aditiva; Modelos de Maturidade e Processo de transformação para a Manufatura Avançada; Inteligência Artificial e Machine learning aplicados à manufatura; Consolidação de Valor, Estratégia, Tecnologia e Organização para a Indústria 4.0. Bibliografia: Alp USTUNDAG, Emre CEVIKCAN., Industry 4.0: Managing The Digital Transformation; SCHWAB, K.The Fourth Industrial Revolution – January 12, 2016; KLOCKE, F. Manufacturing Processes, volumes 1 a 5: RWTH edition; BRECHER, C. Advances in Production Technology. 2015; ACATECH. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, 2013; ACATECH. Industrie 4.0 Maturity Index, 2017.

## **11.5 - MESTRADO PROFISSIONAL EM SEGURANÇA DE AVIAÇÃO E AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA – MP/SAFETY**

### **11.5.1 Introdução**

O Curso de Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada é uma resposta do ITA à demanda de capacitação de organizações de segurança aérea do País. O CENIPA e o Estado-Maior da Aeronáutica foram os demandantes iniciais para o curso. Este curso visa proporcionar uma capacitação ante, aumentando a percepção para a necessidade de atitudes pró-ativas na condução das atividades do setor aéreo, com conseqüente melhora da Segurança de Vôo no País.

O envolvimento do ITA com esta área do conhecimento iniciou-se em 2003, através do Programa de Especialização em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (PE-Safety), Pós-Graduação Lato Sensu. Com a experiência adquirida no PE-Safety, tanto o ITA quanto as entidades e organizações envolvidas com o programa, perceberam a relevância de uma capacitação mais aprofundada de profissionais na área. O curso utiliza conhecimentos de cinco áreas:

- Engenharia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos,
- Sistemas de Gestão de Segurança de Aviação,
- Fatores Humanos em Aviação,
- Controle do Espaço Aéreo e
- Engenharia de Ensaios em Vôo.

Estas áreas servem de suporte aos pilares da Segurança de Aviação e a Aeronavegabilidade Continuada.

Os objetivos do curso são:

- Formar profissionais para atuar em áreas diretamente ligadas à Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada.
- Fomentar o estudo e o desenvolvimento de técnicas para o estabelecimento de tecnologias adequadas à realidade brasileira, através do estabelecimento de uma abordagem científica, de modo a estimular novas linhas de pesquisa no campo de Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada em nosso País.

Os resultados esperados com a formação desses mestres profissionais são três: melhorar a segurança de aviação e aeronavegabilidade continuada em nosso País; permitir o estabelecimento de linhas de pesquisa dedicadas que permitam a geração de

conhecimento de forma integrada e autóctone; e fornecer subsídios para o amadurecimento da cultura de Segurança de Aviação nos diversos setores onde a atividade aérea é essencial. Acredita-se que o Curso de Mestrado profissional vá contribuir para a atuação pró-ativa dos profissionais formados nos diversos escalões das empresas, instituições e organizações.

Atualmente, o corpo discente é formado por engenheiros e profissionais das áreas de Ciências Exatas e Humanas.

## **11.6 Estrutura Curricular**

### **11.6.1 Turma 2 CE**

AS-701	Fundamentos de Engenharia Aeronáutica
AS-703	Fundamentos de Engenharia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas
AS-707	Certificação Aeronáutica
AS-711	Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos
AS-713	Design for Safety
AS-717	Materiais e Princípios da Análise de Falhas em Estruturas Aeronáuticas
AS-719	Manutenção de Sistemas Aeronáuticos
AS-721	Logística no Desenvolvimento de Sistemas para Aviação Comercial
AS-731	Segurança Operacional de Vôo
AS-733	Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências
AS-735	Responsabilidade Civil e Aspectos Legais em Segurança de Aviação
AS-737	Contratos em Aviação
AS-739	Aeroportos e Segurança
AS-741	Ambiente de Negócios em Aviação: uma Perspectiva Estratégica
AS-745	Economia do Transporte Aéreo
AS-749	Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos
AS-771	Medicina Aeroespacial
AS-773	Psicologia em Aviação
AS-799	Metodologia do Trabalho Científico

### **11.6.2 - Turma 3 CE**

AS-701	Fundamentos de Engenharia Aeronáutica
AS-703	Fundamentos de Engenharia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas
AS-705	Survivability de Aeronaves de Asas Rotativas e de Asa Fixa Obrigatória
AS-707	Certificação Aeronáutica
AS-711	Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos
AS-713	Design for Safety
AS-717	Materiais e Princípios de Análises de Falhas em Estruturas Aeronáuticas
AS-719	Manutenção de Sistemas Aeronáuticos
AS-721	Logística no Desenvolvimento de Sistemas para Aviação Comercial
AS-731	Segurança Operacional de Vôo
AS-733	Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências
AS-735	Responsabilidade Civil e Aspectos Legais em Segurança de Aviação
AS-737	Contratos em Aviação
AS-739	Aeroportos e Segurança
AS-741	Ambiente de Negócios em Aviação: uma Perspectiva Estratégica
AS-745	Economia do Transporte Aéreo

AS-749	Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos
AS-771	Medicina Aeroespacial
AS-773	Psicologia em Aviação
AS-799	Metodologia do Trabalho Científico

### 11.6.3 Turma 1 SNA - SP

AS-701	Fundamentos de Engenharia Aeronáutica
AS-703	Fundamentos de Engenharia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas
AS-707	Certificação Aeronáutica
AS-711	Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos
AS-713	Design for Safety
AS-719	Manutenção de Sistemas Aeronáuticos
AS-721	Logística no Desenvolvimento de Sistemas para Aviação Comercial
AS-729	Gestão estratégica: uma Abordagem Aplicada aos Negócios da Aviação
AS-731	Segurança Operacional de Vôo
AS-733	Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências
AS-735	Responsabilidade Civil e Aspectos Legais em Segurança de Aviação
AS-737	Contratos em Aviação
AS-739	Aeroportos e Segurança
AS-741	Ambiente de Negócios em Aviação: uma Perspectiva Estratégica
AS-745	Economia do Transporte Aéreo
AS-749	Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos
AS-771	Medicina Aeroespacial
AS-773	Psicologia em Aviação
AS-799	Metodologia do Trabalho Científico

### 11.6.4 Turma 1 NACIONAL (Telepresencial)

#### Disciplinas Obrigatórias

AS-702	Fundamentos de Tecnologia Aeronáutica
AS-705	Survivability de Aeronaves de Asa Fixa e Asas Rotativas
AS-707	Certificação Aeronáutica
AS-733	Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências

#### Disciplinas Optativas para Eventuais Substituições

AS-711	Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos
AS-719	Manutenção de Sistemas Aeronáuticos
AS-779	Fatores Humanos em Aviação
AS-797	Aerodinâmica e Desempenho de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativa

## 11.7 EMENTAS - MP-SAFETY

### AS-701 - Fundamentos de Engenharia Aeronáutica

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Breve Histórico do voo e introdução à Engenharia Aeronáutica. Nomenclatura aeronáutica: dimensões e unidades, sistemas de

coordenadas. Atmosfera, ventos, turbulência e umidade. A aeronave: principais partes e sistemas. O escoamento aeronáutico. Efeitos do escoamento subsônico. Noções dos escoamentos transônico, supersônico e hipersônico. Desempenho, estabilidade e controle. Introdução ao projeto da configuração subsônica de aeronaves. Noções de propulsão. Noções de projeto estrutural e de cargas. Fases de desenvolvimento da aeronave convencional. Bibliografia: RAYMER, D.P., Aircraft Design: a Conceptual Approach. AIAA Education Series, 1989; ANDERSON, Jr., J.D., Introduction of Flight. McGraw-Hill Book Co., 1985; MCCORMICK, B.W., Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Dynamics. John Wiley & Sons, Inc., 1994.

### **AS-702 Fundamentos de Tecnologia Aeronáutica**

Requisitos: Não há. Duração: 48h. Crédito: 3. Visão geral da Tecnologia Aeronáutica do final do século XIX às primeiras décadas do século XXI: breve histórico do voo, introdução à Tecnologia Aeronáutica. Nomenclatura aeronáutica: dimensões e unidades, sistemas de coordenadas. Atmosfera, ventos, turbulência e umidade. A aeronave: principais partes e sistemas. O Escoamento aeronáutico: escoamento bidimensional de fluido perfeito e fluido real, geração de sustentação, tipos de arrasto. Tipos de perfis, nomenclatura. Asa finita: efeitos tridimensionais: arrasto induzido. Estol e superfícies hipersustentadoras. Escoamentos transônico, supersônico e hipersônico. Desempenho, estabilidade e controle. Introdução ao projeto da configuração subsônica de aeronaves. Noções de propulsão. Noções de projeto estrutural e de cargas. Fases de desenvolvimento da aeronave convencional. Aeronaves não-tripuladas: conceitos, propulsão, aplicações; interfaces de mercado de defesa e comercial. Bibliografia: RAYMER, D.P., Aircraft Design: a Conceptual Approach. AIAA Education Series, 2012 (ISBN-10: 1600869114); ANDERSON, Jr., J.D., Introduction of Flight. McGraw-Hill Book Co., 2011. (ISBN-10: 0073380245); MCCORMICK, B.W., Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Dynamics. John Wiley & Sons, Inc., 1994 (ISBN-10: 0471575062).

### **AS-703 - Fundamentos de Engenharia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Resumo histórico das aeronaves de asas rotativas no Brasil e no mundo. Tecnologia do Helicóptero: Configurações de aeronaves VTOL e helicópteros, formas de controle, tipos de rotores e as articulações. Desempenho no pairado, no voo vertical e à frente; Qualidades de Voo: Manobrabilidade, Estabilidade Estática e Dinâmica. Pane do motor e voo em autorotação. Vibrações em helicópteros; Ruído em helicópteros. Fenômenos Relacionados a Acidentes Comuns: Ressonância solo e ar, rolamento dinâmico, choques das pás e operações próximas a obstáculos. Bibliografia: PROUTY, R. W., Helicopter Aerodynamics. Eagle Eye Solutions, LLC, 2007; BRAMWELL, A.R.S. DONE G.T.S & BALMFORD D.E.H. Bramwell's Helicopter Dynamics, Butterworth-Heinemann, 2 edition, 2001. LEISHMAN G. J. Principles of Helicopter Aerodynamics. Cambridge Aerospace Series, 2nd edition, 2006.

### **AS-704 Fundamentos de Tecnologia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas**

Requisitos: Não há. Duração: 48h. Crédito: 3. Resumo histórico de helicópteros e aeronaves de asas rotativas no Brasil e no mundo. Tecnologia do Helicóptero: configurações de aeronaves VTOL e helicópteros, formas de controle, tipos de rotores e suas articulações. Desempenho no voo pairado, no voo vertical e no voo à frente. Qualidades de Voo: Manobrabilidade e estabilidade estática e dinâmica. Pane mono e bimotor: Voo em autorotação e voo categoria A. Vibrações e ruídos em helicópteros. Fenômenos Relacionados a Acidentes Comuns: ressonâncias solo e ar, rolamento



dinâmico, choques das pás e operações próximas a obstáculos.

BIBLIOGRAFIA: SEDDON, J., Basic Helicopter Aerodynamics. AIAA Education Series, Joseph A. Schetz, Editor-in-Chief, 2011 (ISBN: 978047066501-5); PROUTY, R.W., Helicopter Performance, Stability and Control. Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, Fl, 2002 (ISBN 10: 1575242095); Johnson, W., Rotorcraft Aeromechanics. Cambridge University Press. 2013 (ISBN: 9781139235655).

#### **AS-705 - Survivability de Aeronaves de Asas Rotativas e de Asa Fixa Obrigatória**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Conceitos básicos de aircraft survivability, aircraft combat survivability suscetibilidade e vulnerabilidade de aeronaves. Características principais de helicópteros e aeronaves de asas rotativas: rotor principal; rotor de cauda; fuselagem; controles; flexibilidade das pás. Fatores de survivability para helicópteros: missões, ameaças e danos; análise missão-ameaça; fatores ambientais: camada limite atmosférica (ABL); rajada de vento e turbulência; impacto de projéteis. Resposta de helicópteros à rajada de vento: handling qualities; vibrações; fenômenos aeroelásticos: blade sailing; limites operacionais. Vulnerabilidade de helicópteros: identificação de componentes críticos; modos de falha associados a danos; vulnerability assessment; redução da vulnerabilidade. Suscetibilidade de helicópteros: identificação dos elementos essenciais; susceptibility assessment; redução da suscetibilidade. Survivability: tópicos para implantação de um programa de helicopter survivability; survivability assessment; survivability design; sistemas de controle para helicópteros; aeroservoelasticidade de asas rotativas. Bibliografia: BALL, R. E., The Fundamentals of Aircraft Combat Survivability Analysis and Design. AIAA Education Series, 1985; JOHNSON, W., Helicopter Theory. Dover Publications, 1994; BIELAWA, R. L., Rotary-Wing Aeroelasticity and Structural Dynamics. AIAA Education Series, 1992.

#### **AS-707 - Certificação Aeronáutica**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Homologação aeronáutica. Regulamentos. Principais organizações (governamentais e civis). Processo de certificação de tipo. Processo de rulemaking. Homologação de empresas. Aeronavegabilidade continuada. Requisitos operacionais. Evolução da atividade de certificação. Manutenção MSG3. Bibliografia: CBA - Código Brasileiro de Aeronáutica; Organização da Aviação Civil Internacional, Anexo 8 - Certificado de Aeronavegabilidade de Aeronaves; RBHA 21 - Procedimento de homologação de produtos e Partes Aeronáuticas.

#### **AS-711 - Confiabilidade e Segurança de Sistemas Aeronáuticos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Conceitos fundamentais: aeronavegabilidade, acidente, risco, segurança, falhas e erros, projeto fail safe, confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. Requisitos de segurança de sistemas civis e militares. Processos de avaliação de segurança de sistemas e de avaliação de riscos na fase de desenvolvimento. Critérios de projeto e arquitetura de sistemas. Fatores humanos. Técnicas de análise de segurança no desenvolvimento. Métodos quantitativos. Aeronavegabilidade continuada. Processo de avaliação de segurança na fase de operação e respectivas técnicas de avaliação de segurança. Manutenção centrada na confiabilidade (RCM) e o processo MSG-3. Requisitos CMR. Dispatchabilidade e MMEL. Técnicas de determinação de confiabilidade e sua relação com segurança. RAMS. Bibliografia: AC/AMJ 25.1309 Arsenal - Advisory Circular/Advisory Material, Joint, Systems Design and Analysis - Federal Aviation Administration, European Aviation Safety Agency; SAE ARP 4761 - Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and

Equipment; SAE ARP 5150 - Safety Assessment of Transport Airplanes in Commercial Service.

### **AS-713 - Design for Safety**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Visão comparativa entre as posturas tradicionais e integradas de desenvolvimento de produtos. Human-Factors centered design: conceitos sobre requisitos de produto derivados a partir da pessoa usuária do produto. Gestão de requisitos: apresentação de técnicas de gestão que garantam que o produto desenvolvido incorpore os requisitos apresentados. Interface homem-máquina: análise comparativa de interfaces para produtos complexos, máquina-máquina e homem-máquina. Design for Safety: contextualização da técnica no portfólio das técnicas de DIP; apresentação conceitual e suas formas de implementação. Estudos de caso e workshops. Bibliografia: BILLINGS, Charles E., Aviation Automation: The Search for a Human-Centered Approach (Human Factors in Transportation). New York: CRC Taylor & Francis, 1997; ENDSLEY, Mica, R., BOLTE, Betty and JONES, Debra, G. Designing for Situation Awareness: An Approach to User-Centered Design. New York: CRC Taylor & Francis, 2003; DEGANI, Asaf. Taming HAL: Designing Interfaces Beyond 2001. London: Palgrave Macmillan, 2007.

### **AS-717 - Materiais e Princípios da Análise de Falhas em Estruturas Aeronáuticas**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Importância dos materiais para aplicações aeronáuticas. Classificação dos materiais e suas principais propriedades. Propriedades mecânicas dos materiais. Processos de conformação mecânica. Tratamentos termomecânicos e tratamentos de superfície. Aspectos da seleção de materiais. Estudos de casos. Matérias-primas cerâmicas. Processos de conformação. Sinterização, ensaios e caracterização. Propriedades mecânicas de materiais cerâmicos. Aplicações de materiais cerâmicos no setor aeroespacial. Seleção. Propriedades e aplicações das ligas de titânio. Classificação das ligas. Evolução microestrutural de ligas  $\alpha+\beta$ . Liga Ti-6Al-4V. Processamento convencional. Processo Kroll. Processos de conformação mecânica. Obtenção de peças. Metalurgia do pó (M/P). Aplicações nas áreas aeroespacial e de implantes. Conceitos fundamentais relacionados aos materiais compósitos. Matrizes poliméricas. Fibras de reforço e estruturas híbridas. Estabelecimento de parâmetros de processamento de compósitos. Técnicas de processamento de compósitos estruturais. Avaliação da consolidação de laminados poliméricos. Sistema de Segurança de Voo no Brasil e visão geral de como se realiza a investigação de um acidente/incidente aeronáutico. Apresentação da seqüência da análise de uma falha e dos procedimentos, técnicas e precauções envolvidos nesse processo. Mecanismos de Falha em Materiais: classificação e identificação das características dos principais mecanismos de falha, análise das causas e medidas preventivas para esses mecanismos. Estudo de casos. Bibliografia: CALLISTER, W. D. Jr., Ciência e Engenharia dos Materiais – Uma introdução, 5. ed., LTC Editora, São Paulo, 2000; SHACKELFORD, J. F., Introduction to materials science, 4. ed., Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, 1996; CAHN, R. W.; HAASEN, P.; KRAMER, E. J., Materials Science and Technology - Processing of Ceramics - Part I, Edited by Richard J. Brook, 1996.

### **AS-719 - Manutenção de Sistemas Aeronáuticos**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Introdução. Requisitos e regulamentos aeronáuticos aplicáveis. DIP – Desenvolvimento integrado do produto. “Design for Maintainability”, “RAM – Reliability, Availability and Maintainability. LCC (Life Cycle Cost)”. Planejamento da manutenção. “RCM (Reliability Centered Maintenance), On-Condition Maintenance, Hard Time Maintenance”. Relação entre manutenção e aeronavegabilidade continuada. Diagnóstico x Prognóstico (“Health Monitoring”).

“Troubleshooting”. Fatores humanos na manutenção. Limitações na manutenção. Publicações Técnicas. Suporte ao cliente (MEL, AOG, SBs, Overhaul, Logística). Bibliografia: DOD Guide for Achieving Reliability, Availability and Maintainability; Maintenance Guides – Civil Aviation Safety Authority (CASA); Human Factors in Aviation Maintenance – FAA.

### **AS-721 – Logística no Desenvolvimento de Sistemas para Aviação Comercial**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Sistemas: Conceitos e Definições. Ciclo-de-Vida de Sistemas Complexos: Fases e Características Logísticas. Custo do Ciclo-de-Vida. Medidas de Desempenho Logístico para a Aviação Comercial. Análise Funcional e Alocação de Requisitos Logísticos para a Aviação Comercial. Logística no Desenvolvimento de Sistemas: Elementos do Apoio Logístico Integrado. Análise de Suporte Logístico para a Aviação Comercial. Logística de Operação e Manutenção para a Aviação Comercial. Análise estratégica de custos. Suporte contínuo ao longo do ciclo de vida e em aquisições. Suporte logístico e otimização de estoques de peças (Estudo de Caso). Capacidade de integração logística de sistemas (Estudo de Caso). Desenvolvimento da Logística de terminais de carga e de passageiros (Aeroportos do tipo *HUB*) para a Aviação Comercial (Estudo de Caso). BIBLIOGRAFIA: BLANCHARD, Benjamin S. LOGISTICS ENGINEERING AND MANAGEMENT. Sixth edition. New Jersey: Pearson, 2003; TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. AIRPORT PASSENGER TERMINAL PLANNING AND DESIGN, VOLUME 1 and 2: GUIDEBOOK. TRB, 2010; TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. AIRPORT PASSENGER TERMINAL PLANNING AND DESIGN, VOLUME 1 and 2: GUIDEBOOK. TRB, 2010.

### **AS-729 - Gestão estratégica: um Abordagem Aplicada aos Negócios da Aviação**

Funções e Níveis da Administração. Evolução das Abordagens (Escolas Clássicas e Contemporâneas). A tomada de decisão no campo da gestão. Planejamento e Estratégia em organizações pertencentes ao ambiente de negócios da aviação: níveis de planejamento – estratégico, tático e operacional; processos de gestão estratégica: norteadores estratégicos, análise ambiental (externa e interna); formulação estratégica: estratégias empresariais, estratégias de negócios. Organização da empresa e dos seus recursos – fundamentos básicos: autoridade e responsabilidade, amplitude de controle e delegação, descentralização versus departamentalização, organizações matriciais; novos formatos organizacionais. Exemplos típicos do setor aeroespacial. Cultura organizacional, liderança e gestão de pessoas. Controle: I. Estabelecimento de parâmetros de controle da organização: o quê, por quê e como medir; II. controles orçamentários e financeiros: (a) demonstrativos contábeis e financeiros: balanço patrimonial, demonstrativos de resultados, fluxo de caixa; (b) índices financeiros: liquidez, alavancagem, lucratividade. Estudos de casos aplicados aos negócios da aviação. Mapas estratégicos e “balanced scorecards”. BIBLIOGRAFIA: BATEMAN, T.S. SNELL, S.A. Administração – construindo vantagem competitiva. São Paulo: Atlas, 1998; HITT, M.A. BLACK, S. PORTER, L. W. Management – 1ST edition. New Jersey: Pearson, 2005; GITMAN, L.J. Princípios de Administração Financeira (12ª edição). São Paulo: Pearson, 2010.

### **AS-731 - Segurança Operacional de Vôo**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Filosofia, conceitos e definições básicas de Segurança Voo. Segurança de Voo no mundo e no Brasil. Filosofia, histórico e estruturação do Sistema Integrado de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, SIPAER. Conceituação de vocábulos, expressões e símbolos de uso no SIPAER - NSCA 3-1. Estruturação e atribuições do SIPAER NSCA 3-2. Gestão de Segurança Operacional – NSCA 3-3. Plano de Emergência Aeronáutica em Aeródromo

NSCA 3-4. Comunicação de acidentes e incidentes aeronáuticos – NSCA 3-5. Investigação de acidente e de incidente aeronáutico e ocorrência de solo – NSCA 3-6. Responsabilidades dos operadores de aeronaves em caso de acidente e incidente aeronáutico NSCA 3-7. Recomendações de segurança emitidas pelo SIPAER – NSCA 3-9. Formação técnico-profissional do pessoal do SIPAER – NSCA 3-10. Formulários em uso pelo SIPAER – NSCA 3-11. Código de ética do SIPAER NSCA 3-12. Gerenciamento de prevenção. Gerenciamento do risco operacional. “Crew Resource Management”, CRM e gerenciamento do risco de tripulação. Perigo Aviário e Fauna. Programa de prevenção de acidentes aeronáuticos e relatório anual de atividades. Perigo baloeiro. Manuseio de componentes da aeronave. Tratados internacionais. Estrutura da segurança de voo na Aviação Civil e na Aviação Militar no Brasil. Inter-relações entre os sistemas de prevenção e investigação de acidentes. Vistoria de segurança de voo. Estudos de caso. Bibliografia: ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA, NSCA 3-1 a 3-12 – Normas do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER); FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, FAR 25 – Airworthiness Standards. Transport Category Airplanes; WELLS, A., Commercial Aviation Safety, Third Edition. McGraw-Hill Co., United States of America, 2001.

### **AS-733 - Gerenciamento de Crises e Planejamento de Contingências**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Conceitos gerais de gerenciamento de crises, planejamento de contingências, continuidade de negócios. Modelo de planejamento em gerenciamento de crises e suas diversas fases. Gerenciamento de crises na aviação comercial. Normatização e legislação brasileira e internacional pertinentes. Apresentação de casos de fracassos e de sucessos na resposta a acidentes aeronáuticos na aviação comercial. Antecipação e reconhecimento de sinais de crise. Defesa Civil e o papel na resposta a incidentes críticos das autoridades públicas. Planos de Comunicação em Crise: conceitos, componentes, exemplos. Composição da equipe gestora de crises e sua preparação. Regras gerais de intercomunicação em crises. Técnicas de intervenção em incidente crítico e o atendimento em caso de acidente aeronáutico. Simulações e treinamentos das técnicas apresentadas. Bibliografia: NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, Federal Family Assistance Plan for Aviation Disasters, 2000; IAC 200-1001 – ANAC, 2005; MITROFF, I. I. and ANAGNOS, G., Managing Crises Before They Happen: What Every Executive And Manager Needs to Know About Crisis Management, American Management Association, 2000.

### **AS-735 - Responsabilidade Civil e Aspectos Legais em Segurança de Aviação**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. Responsabilidade civil (visão geral). Responsabilidade civil no Direito Aeronáutico. Legislação nacional e internacional. Limitação/Exclusão de Responsabilidade no Direito Aeronáutico. Causas de Responsabilidade Civil no Direito Aeronáutico. Acidente e Incidente aeronáutico. Seguro Aeronáutico. Contencioso Judicial. Aspectos Criminais. Casos Interessantes. Bibliografia: STOCO, R., Tratado de Responsabilidade Civil - Doutrina e Jurisprudência. Ed. Revista dos Tribunais, 2007; MORSELLO, M. F., Responsabilidade Civil no Transporte Aéreo. Ed. Atlas, 2006; CAVALIERI FILHO, S. C., Programa de Responsabilidade Civil. Ed. Atlas, 2007.

### **AS-737 - Contratos em Aviação**

Requisitos: não há. Duração: 32h. Créditos: 2. Contratos: Conceito, generalidades e princípios básicos. Obrigações comerciais. Principais modalidades de contratos existentes. Aeronaves: definição, classificação, formas de aquisição e perda da

propriedade. Principais contratos sobre aeronave: construção, compra e venda, locação, arrendamento, leasing, fretamento, hipoteca. Seguros. Contratos internacionais: elementos, características, negociação. Legislação e Convenções pertinentes. Registro de Aeronaves. Bibliografia: ROPPO, E., O contrato. Trad. Ana Coimbra e M. Januário C. Gomes. Coimbra: Almedina, 1988; ALVARENGA, R., Direito Aeronáutico – dos Contratos e Garantias sobre Aeronaves. Belo Horizonte: Del Rey, 1992; CÁRDENAS, S. L. F., Contratos Internacionales. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1995.

### **AS-739 - Aeroportos e Segurança**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Componentes físicos de um aeroporto. Planejamento, operação e gerenciamento dos subsistemas. Os planos de proteção ao aeródromo e à aviação. Planos Diretores. O aeroporto e o meio ambiente. Segurança operacional. Influências da segurança no projeto aeroportuário. Estudos de caso. Bibliografia: NEUFVILLE, R. e ODoni, A., Airport Systems. McGraw-Hill Co., United States of America, 2003; HORONJEFF, R e McKELVEY, F. X., Planning and Design of Airports. Fourth Edition. McGraw-Hill Co., United States of America, 1994; CAVES, R. e GOSLING, G. D., Strategic Airport Planning. Elsevier Science Ltd, United Kingdom, 1999.

### **AS-741 - Ambiente de Negócios em Aviação: Uma Perspectiva Estratégica**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Construção de Cenários e formulação do Pensamento Estratégico. Fundamentos Teóricos de Estratégia: origens da Estratégia; ambiente competitivo versus estratégias organizacionais; vantagem competitiva; e análise estrutural de indústrias – os Modelos de Porter e Fine. O Ambiente Globalizado de Negócios para a Indústria Aeroespacial: o seu papel estratégico; o perfil do setor; e os principais agentes (“players”) desta indústria. Áreas de Oportunidade do Setor: aviação civil e a indústria do transporte aéreo; indústria espacial; e indústria de defesa. Os pilares do Setor Aeroespacial: políticas governamentais; mercado global; novos modelos de negócios; força de trabalho; e pesquisa e desenvolvimento. A Indústria Aeroespacial no Brasil: o papel e o perfil do setor; os principais agentes (“players”) da indústria; tendências. Bibliografia: LAUDICINA, P. A. World out of Balance – Navigating Global Risks to Seize Competitive Advantage. New York: McGraw-Hill, 2004; FINE, C. H. Mercados em Evolução Contínua – Conquistando Vantagem Competitiva em um Mundo em Constante Mutação. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1999; PORTER, M. E. Competição – Estratégias Competitivas Essenciais. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1999.

### **AS-745 - Economia do Transporte Aéreo**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Características econômicas do transporte aéreo no Brasil, com ênfase no transporte de passageiros. Lado da Demanda: elasticidade-preço e renda. Lado da Oferta: produção, custos e conduta competitiva. Evolução da regulação econômica e o histórico das políticas do setor (acesso, mobilidade, capacidade, preços, infraestrutura). Estrutura de mercado: identificação de competidores efetivos, índices de concentração, definição de mercado em transporte aéreo. Impactos da Política de Flexibilização dos anos 1990. Estudo do desempenho das companhias aéreas brasileiras e tendências recentes, para subsídio de análises de conduta em questões de defesa da concorrência e antitruste. Pontos para a constituição de um marco regulatório e as mudanças a partir da lei de criação da Agência Nacional de Aviação Civil. Bibliografia: OLIVEIRA, A. V. M. (2007) Performance dos Regulados e Eficácia do Regulador: Uma Avaliação das Políticas Regulatórias do Transporte Aéreo e dos Desafios para o Futuro. In: Motta, R. S. e Salgado, L. H. (Org). Regulação e Concorrência no Brasil: Governança, Incentivos e Eficiência. Rio de

Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA, 2007; OLIVEIRA, A. V. M. e SALGADO, L. H. (2008) A Reforma Regulatória da Década de 1990 no Transporte Aéreo Brasileiro e suas Implicações no Bem-Estar. Mimeo, Versão: 14 de Fevereiro de 2008; TUROLLA, F. A., LOVADINE, D., e OLIVEIRA, A. V. M. (2006) Competição, Colusão e Antitruste: Estimação da Conduta Competitiva de Companhias Aéreas. Revista Brasileira de Economia, v. 60, p. 1-15.

### **AS-749 - Análise Operacional e Gerencial de Aeroportos**

Requisitos: não há. Duração: 40h. O transporte aéreo e os aeroportos. O aeroporto como um sistema operacional. Picos de tráfego. Controle de ruído. Características operacionais de aeronaves. Prontidão operacional. Serviços de solo. Processamento de bagagem. Operações no terminal de passageiros. Segurança aeroportuária. Operações de carga. Serviços técnicos e de manutenção. Emergência com aeronaves. Acesso ao aeroporto. Indicadores de desempenho. Centro de controle operacional. Controle ambiental. BIBLIOGRAFIA: ASHFORD, N. et al., Airport Operations, McGraw-Hill, Inc., 3rd ed., New York, 2013; KAZDA, A. and CAVES, R.E., Airport Design and Operations, Emerald, UK, 2008; John Wiley & Sons, DE NEUFVILLE, R. and ODONI, A., Airport Systems, McGraw-Hill, Inc., 2nd ed., New York, 2013.

### **AS-771 - Medicina Aeroespacial**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Introdução à Medicina Aeroespacial. Atmosfera. Leis dos gases. Fundamentos de anatomia e fisiologia cárdio-respiratória. Hipóxia. Aerodilatação. Doença da descompressão. Acelerações. Desorientação espacial. Fatores intervenientes na visão em aviação. Ruídos em aviação. Vibrações. Aspectos fisiológicos específicos do voo de helicóptero. Radiações. Dissincronose. Fadiga de voo. Transporte aeromédico. O acidente aeronáutico. Aspectos médicos da investigação. Bibliografia: Aviation, Space and Environmental Medicine. Periódico editado pela Aerospace Medical Association (AsMA). Disponível em: <<http://www.asma.org>>; DAVIS, J.R. et al. (Ed.). Fundamentals of aerospace medicine. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008; TEMPORAL, W.F. (Org.). Medicina aeroespacial. Rio de Janeiro: Luzes, 2005.

### **AS-773 - Psicologia em Aviação**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Histórico da participação da Psicologia no contexto da aviação nacional e internacional. Papel do psicólogo na aviação. Atuação em diferentes áreas. O psicólogo na prevenção e na investigação de acidentes. O erro humano e sua participação nos acidentes: conceitos, tipos e formas de gerenciamento. Reações a mudanças. Aspectos Psicológicos na Prevenção. Prevenção do erro humano. Bibliografia: HAYWARD, B. J. and LOWE, A. R., Applied Aviation Psychology: Achievement, Change and Challenge. Aldershot (England): Ashgate Publishing Limited, 1996; JOHNSTON, N., MCDONALD, N., and FULLER, R. Aviation Psychology in Practice. . Aldershot (England): Ashgate Publishing Limited, 1994; WIENER, E. L., KANKI, B. G., and HELMREICH, R. L. Cockpit Resource Management. San Diego, California: Academic Press, Inc, 1993.

### **AS-779 Fatores Humanos em Aviação**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Sistema cognitivo humano: conceituação, funções, componentes e modelagem. Conceituação de estados comportamentais: estresse, carga de trabalho mental (mental workload), consciência situacional e resiliência. Sistema de medição de sinais fisiológicos: EEG (Eletroencefalograma), eyetracker, batimento cardíaco, impedância da pele e eletromiografia. Projeto e execução de experimentos para análise de fatores humanos: recursos e métodos. Bibliografia: BERMÚDEZ, J.L. Cognitive Science – An

Introduction to the Science of Mind. Cambridge: Cambridge University Press, 2014; WICKENS, C.D., LEE, J.D. LIU, Y., BECKER, S.E.G. An Introduction to Human Factors Engineering. New Jersey: Pearson / Prentice Hall, 2004; ENDSLEY, M.R. and GARLAND, D.J. Situation Awareness Analysis and Measurement. New York: CRC Press, 2008.

### **AS-797 Aerodinâmica e Desempenho de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas**

Requisitos: Não há. Duração: 48 h. Créditos: 3,0 . Resumo histórico e retrospecto do cenário de "rotorcraft". Configurações. Tipos de rotores. Aerodinâmica e desempenho do vôo pairado e do vôo em subida vertical: teoria da quantidade-de-movimento, teoria do elemento-de-pá. Noções sobre a teoria da vorticidade. Fatores que afetam o desempenho no vôo pairado: efeitos de perda de ponta, contração da esteira, nãouniformidade da distribuição de velocidade induzida, torção e afilamento, rotação da esteira, rotação da esteira, estol e arrasto de divergência. Efeito solo. Aerodinâmica e desempenho no vôo em descida vertical. Aerodinâmica do vôo à frente: teoria da quantidade-de-movimento. Subida, descida e auto-rotação em vôo à frente. Movimento elementar da pá: origem e interpretação física dos movimentos de "flapping", "lead-lagging" e "feathering". Região de fluxo reverso. Definição dos planos de referência no rotor para as equações em vôo à frente. Cálculo da potência em vôo à frente. Equação dinâmica da pá em "flap". Bibliografia: JOHNSON, W., Rotorcraft Aeromechanics, Cambridge University Press, 2013 (ISBN 9781139235655); GESSOW, A. and MYERS, G.C., Aerodynamics of the Helicopter, College; Park Press, Maryland, 1985 (ISBN 0966955323); LEISHMAN, J.G., Principles of Helicopter Aerodynamics, Cambridge Aerospace Series, 2006 (ISBN 9780521858601).

### **AS-799 - Metodologia do Trabalho Científico**

Requisitos: não há. Duração: 40h. Créditos: 2,5. Introdução ao pensamento científico: histórico e princípios filosóficos do conhecimento. Conhecimento racional, intelectual e científico. Lógica formal, idéia e juízo. Raciocínio dedutivo. Lógica aplicada: metodologia científica. Campos da Ciência e produtos da Ciência. Relação entre Academia e Prática Profissional. Carreira acadêmica, finalidade de um programa de Especialização, de Mestrado e de Doutorado. Publicações científicas: classificação e finalidade. Pesquisa: preceitos éticos, viabilidade, aplicabilidade. Bancos de dados e busca estruturada da informação: o uso de uma biblioteca especializada; serviços e produtos disponíveis em bibliotecas para a pesquisa científica e tecnológica. Revisão de literatura: revisão sistemática. Estrutura de um projeto de pesquisa: tema, justificativa, objetivo geral, objetivo específico, formulação do problema da pesquisa, formulação da hipótese, metodologia, instrumentos, tratamento dos dados, resultados, discussão, cronograma, custos. Conhecimento e aplicação das normas de documentação: apresentação e projeto gráfico de um trabalho: estrutura, apresentação de tabelas e gráficos, notas de rodapé, citações e referências bibliográficas. Esboço da estrutura de um Trabalho de Conclusão de Curso, de uma Dissertação de Mestrado e de uma Tese de Doutorado. Bibliografia: PARRA, D.; SANTOS, J.A. Metodologia Científica. 3. ed. São Paulo: Futura, 2000; Regras de utilização dos serviços e recursos informacionais da Divisão de Informação e Documentação do ITA; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: 2002.

## **11.8 - MESTRADO PROFISSIONAL EM COMPUTAÇÃO AERONÁUTICA - MP-COMP**

### **11.8.1 Introdução**

A Divisão de Ciência da Computação (IEC) do ITA foi criada no início dos anos 80, possuindo hoje quatro departamentos: Teoria da Computação (IEC-T), Metodologias de Computação (IEC-M), Sistemas de Computação (IEC-SC) e Software e Sistemas de Informação (IEC-I).

O curso de graduação em Engenharia de Computação do ITA foi implantado em 1989 (Portaria ITA n° 041/GM3 de 17/01/1989), tornando-se um dos mais conceituados do país. O currículo, a organização acadêmica e o ambiente no qual vivem o aluno e os professores do Curso de Engenharia de Computação são orientados pela missão básica e histórica de formar engenheiros competentes e cidadãos conscientes, segundo a concepção do fundador do ITA, o Marechal Casimiro Montenegro Filho.

Por outro lado, o Mestrado e o Doutorado Acadêmicos na área de Informática, dentro do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Eletrônica e Computação (PG/EEC), surgiram a partir de 1992. Seu principal objetivo é capacitar o pós graduando a estabelecer contato com o estado-da-arte da Ciência da Computação, habilitando-o a desenvolver projetos em áreas estratégicas, como aeronáutica, aeroespacial, militar, defesa, bioengenharia e manufatura digital. Suas atividades procuram ter característica multidisciplinar e abrangem pesquisas em engenharia de software (hipermídia, gerência e qualidade), sistemas inteligentes (aplicações de inteligência artificial, robótica, sistemas adaptativos), processamento do conhecimento, simulação (modelagem e implementação de modelos de simulação discreta, realidade virtual), processamento distribuído, informática na educação (trabalho cooperativo, sistemas tutores inteligentes) e otimização combinatória (pesquisa operacional).

Pelo projeto de expansão do ITA e devido ao crescimento da Divisão de Ciência da Computação (IEC), foi criado o Mestrado Profissional em Computação Aeronáutica. A IEC se preparou ao longo dos últimos anos em termos de modernização da sua estrutura organizacional, além de ampliar a infraestrutura laboratorial, das salas de aula e do corpo docente. Os objetivos do Mestrado Profissional em Computação Aeronáutica são:

- Especializar engenheiros e profissionais das áreas de exatas dotando-os de sólidos conhecimentos, em áreas importantes de Sistemas e Metodologias de Computação, para desenvolverem projetos baseados nos princípios da engenharia da computação;
- Propiciar aos profissionais uma formação complementar tornando-o especialista em áreas da engenharia da computação;
- Imprimir flexibilidade a esse processo de enriquecimento técnico para facilitar sua alteração, de forma a acompanhar a evolução do conhecimento tecnológico;
- Desenvolver o espírito de pesquisa no estudante e a capacidade para buscar soluções a problemas novos, com a criatividade;
- Desenvolver no aluno a capacidade e a iniciativa para buscar continuamente sua atualização e seu aprimoramento profissional;
- Propiciar ao aluno, de forma mais direcionada, a capacitação básica em projeto, análise e desenvolvimento de sistemas computacionais, visando a atingir metas de qualidade em áreas de aplicação críticas;
- Envolver o aluno em trabalhos supervisionados de modo a propiciar transferência de tecnologia de modo efetivo;
- Produzir dissertações sobre temas importantes para o projeto e desenvolvimento de sistemas computacionais críticos.

A formação de mestres no Mestrado Profissional em Computação Aeronáutica contribuirá para atender a demanda crescente por profissionais qualificados e por



projetos de pesquisa de grande relevância no setor aeroespacial, que inclui o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), o Comando Geral de Apoio (COMGAP), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e várias indústrias de alta complexidade instaladas nos diversos polos industriais do Brasil. Acredita-se que o Curso de Mestrado profissional vá contribuir para a atuação pró-ativa dos profissionais formados nos diversos escalões das empresas, instituições e organizações.

### 11.8.2 Áreas de Pesquisa

O Mestrado Profissional em Computação Aeronáutica possui duas áreas de pesquisa aplicada, conforme descritas a seguir:

- I. **Sistemas de Computação.** A área de Sistemas de Computação trata da aplicação de métodos e técnicas de modelagem e desenvolvimento de Sistemas computacionais aeronáuticos, tais como sistemas embarcados e sistemas autônomos, bem como a aplicação de métodos e técnicas de Segurança Cibernética.
- II. **Metodologias de Computação.** A área de Metodologias de Computação trata dos modelos matemáticos, lógicos, linguísticos, estatísticos e computacionais que abstraem ou realizam simulações de fenômenos do mundo físico e as técnicas para análise e solução de problemas dos quais são extraídas. Adicionalmente, a área trata métodos e técnicas relacionadas ao armazenamento e recuperação de Informação aeronáutica.

### 11.8.3 Estrutura Curricular

A estrutura curricular é definida para cada turma a partir de um conjunto de disciplinas obrigatórias e uma lista de disciplinas eletivas. Para cada turma, as disciplinas são oferecidas de forma seriada e divididas em fases. Abaixo estão descritas as disciplinas obrigatórias e eletivas.

#### Disciplinas Obrigatórias

CA-701	Projetos em Sistemas Aeronáuticos
CA-702	Introdução à Engenharia de Sistemas Computacionais
CA-703	Estrutura de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Funcional

#### Disciplinas Eletivas

CA-721	Sistemas Embarcados de Tempo Real
CA-722	Desenvolvimento de Software em Sistemas Críticos de Segurança Aeronáuticos
CA-723	Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais
CA-724	Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software
CA-725	Inteligência Artificial para Robótica Móvel
CA-731	Fundamentos de Segurança Cibernética
CA-732	Fundamentos de Criptografia
CA-733	Operações Cibernéticas e Jogos de Guerra Cibernética
CA-734	Segurança em Sistemas Críticos
CA-735	Inteligência Artificial para Segurança Cibernética

CA-741	Engenharia de Requisitos em Sistemas de Informação Aeronáuticos
CA-742	Teste de Software
CA-743	Projeto de Sistemas de Banco de Dados
CA-744	Arquitetura Orientada a Serviços
CA-745	Engenharia de Software
CA-751	Inteligência Artificial
CA-752	Aprendizado de Máquina e Reconhecimento de Padrões
CA-753	Representação de Conhecimento e Inferência
CA-754	Técnicas de Armazenamento e Análise de Dados Massivos
CA-755	Elementos de Mecânica dos Fluidos Computacional Aeronáutica

## 11.9 EMENTAS - MP-COMP

### CA-701 - Projetos em Sistemas Aeronáuticos

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Abordagens para projetos em Sistemas Aeronáuticos: desenvolvimento integrado e multidisciplinar. Definições, modelos, processos, métodos e tendências no desenvolvimento de Projeto em Sistemas Aeronáuticos. Balanceamento da solução de projetos em Sistemas Aeronáuticos: conceituação, estudos de caso, prototipação e validação dos protótipos. Definição com o orientador do aluno do projeto individual, de acordo com as pretensões de pesquisa. Desenvolvimento do anteprojeto, de acordo com o cronograma proposto. Seminários e reuniões com o orientador. Finalização do anteprojeto e elaboração da documentação para entrega ao orientador. WASSON, C.M., System Engineering Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices (Wiley Series in Systems Engineering and Management). Wiley, 2015. INCOSE, Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities 4th Edition. Wiley, 2015. BUEDE, D. M, MILLER, W. D., The Engineering Design of Systems: Models and Methods (Wiley Series in Systems Engineering and Management) 3rd Edition. Wiley, 2016.

### CA-702 - Introdução à Engenharia de Sistemas Computacionais

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Conceituação de Sistemas Computacionais. Estruturação de Sistemas Operacionais. Gerenciamento de processos. Mecanismos de intercomunicação. Escalonamento convencional e de tempo real. Filas de prioridades. Gerenciamento de memória. Gerenciamento de E/S. Gerenciamento de arquivos. Mecanismos de segurança e proteção. Noções básicas de Redes de Computadores: hardware e software. Necessidade de protocolos: o modelo TCP/IP. Os níveis: aplicação, transporte, rede, enlace. Aspectos de segurança. Tanenbaum, A. S. Sistemas Operacionais. Pearson, 4ª Edição, 2016. Silberschatz, A., Galvin, P.B., Gagne, G. Fundamentos de Sistemas Operacionais. LTC 9ª Edição, 2015. Kurose, J.F., Ross, K.W. Computer Networking, Pearson, 7a. Edição, 2017.

### CA-703 - Estruturas de Dados, Análise de Algoritmos e Complexidade Estrutural

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Ordem de funções. Recursividade e recorrência. Estruturas básicas de dados: pilhas, filas, listas encadeadas, árvores e grafos. Algoritmos de busca e ordenação. Emparelhamento de padrões. Algoritmos em grafos: ordenação topológica, caminho mínimo, componentes conexas, pontos de articulação, árvores geradoras mínimas. Paradigmas de programação: divisão e conquista, método guloso, programação dinâmica. Algoritmo de Strassen, codificação de Huffman, problema da mochila. CORMEN, T. H., LEISERSON, C. E. and RIVEST, R. L. "Introduction to algorithms (3rd edition)", MIT Press, 2009. SEDGEWICK, R.

and WAYNE, K. “Algorithms (4th edition)”, Addison-Wesley Professional, 2011. KNUTH, D. E. “The Art of Computer Programming: Volume 3: Sorting and Searching (2nd Edition)”. Addison-Wesley, 1998.

### **CA-721 - Sistemas Embarcados de Tempo Real**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Conceitos de sistemas embarcados. Arquitetura de microcontroladores. Princípios básicos de sistemas de tempo real. Metodologias de projeto de sistemas embarcados. Sistemas de máquinas de estados. Integração hardware e software. Linguagens de modelagem. Administração do tempo em sistemas computacionais. Algoritmos de Escalonamento. Linguagens de programação. Sistemas operacionais de tempo real. Desenvolvimento de sistemas críticos de hardware/software. OSHANA R.; KRAELING, M. Software Engineering for Embedded Systems: Methods, Practical Techniques, and Applications. Elsevier, 2013. RIERSON, L. Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance. CRC Press, 2013. BERGER, A. S. Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools, and Techniques CMP Books, 2002.

### **CA-722 - Desenvolvimento de Software em Sistemas Críticos de Segurança Aeronáuticos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Visão Geral de Desenvolvimento de Sistema; Visão Geral da Aeronave e Segurança de Sistema; DO-178; Processos Integrais; Elaboração e Gestão de Requisitos; Design de Software; Codificação e Integração; Verificação; Gerenciamento de Configuração; Garantia de Qualidade. RIERSON, L. Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance, CRC Press, 2013. SPITZER C.; FERREL, U.; FERREL, T. Digital Avionics Handbook, 3rd edition. CRC Press, 2014. TOOLEY, M. Aircraft Digital Electronic and Computer Systems, 2nd edition. Routledge, 2013. LEVESON, N.G., Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. The MIT Press, 2012. DUNN, W. R., Practical Design of Safety-Critical Computer Systems. Reliability Press, 2002. Bozzano, M; Villafiorita, A., Design and Safety Assessment of Critical Systems. Auerbach Publications, 2011.

### **CA-723 - Modelos e Técnicas de Safety: Sistemas Computacionais**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Principais conceitos de segurança (safety). Visão geral de sistemas computacionais seguros. Detalhamento dos componentes de sistemas computacionais seguros e suas possíveis falhas. Modelo de acidentes (STAMP). Técnicas de análise de safety (STPA, CAST, FTA, FMEA, HAZOP). Safety e Engenharia de Sistemas. Projeto dirigido por safety. Controle de safety durante operações com STAMP. Gerenciamento, organização e cultura de Safety. Estudos de casos.

### **CA-724 - Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Qualidade de software: modelos de qualidade de software, garantia de qualidade. Padrões de desenvolvimento de software. Confiabilidade de software: erros de software, confiabilidade e qualidade de software, medidas e modelos de confiabilidade de software. Software crítico: caracterização de software crítico, requisito de qualidade para software crítico. Confiabilidade e segurança de software crítico: metodologias, técnicas e ferramentas. Nader-Rezvani, N. “An Executive’s Guide to Software Quality in an Agile Organization: A Continuous Improvement Journey”. Los Altos, CA: Apress, 2018. WESTFALL, L. “The Certified

Software Quality Engineer Handbook, Second Edition”. ASQ Quality Press, 2017.  
GALIN, D. “Software Quality: Concepts and Practice”. Hoboken, NJ: Wiley, 2018.

### **CA-725 - Inteligência Artificial para Robótica Móvel**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Máquinas de estados finitos. Árvore de comportamentos. Busca informada. Planejamento de ações com busca. Otimização Metaheurística. Métodos de otimização de busca local. Métodos de otimização baseados em população. Estratégias Evolutivas. Problemas de otimização em robótica móvel. Visão Computacional. Aprendizado de máquina clássico e profundo. Aplicações de aprendizado de máquina em robótica móvel. Aprendizado supervisionado. Redes neurais convolucionais para visão computacional. Aprendizado por reforço clássico e profundo. Aprendizado de tarefas robóticas usando aprendizado por reforço. NORVIG, Peter; RUSSELL, Stuart. Artificial Intelligence: A Modern Approach, third edition. Pearson, 2009. GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron; BACH, Francis. Deep Learning. The MIT Press, 2016. SUTTON, R. S.; BARTO, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction, second edition. The MIT Press, 2017.

### **CA-731 - Fundamentos de Segurança Cibernética**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Segurança de Sistemas: Compilação e Semântica de Execução, Análise de Binários, Ataques do Controle de Fluxo de Programas, Execução de Código Vulnerável, Aleatoriedade de endereçamento de memória, Proteção de Memória com Canários, Programação Orientada a Retornos, Integridade do Controle de Fluxo. Criptografia: Funções de números pseudoaleatórios, Cifradores Simétricos, Funções Hash, Criptografia de Chave Pública; Segurança de Redes: Segurança BGP e DNS, Teoria de Detecção de Ataques de Rede, Sistemas de Prevenção de Intrusão; Segurança Web: Ataques de Injeção, XSS e CSRF; Ataques de Negação de Serviço Distribuído; Segurança em Sistemas Operacionais: Autenticação e Autorização; Segurança em Ambiente de Computação Móvel. Charles P. Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger, Jonathan Margulies. Security in Computing. 5th Edition. Prentice Hall, 2015. Yuri Diogenes, Erdal Ozkaya. Cybersecurity - Attack and Defense Strategies: Infrastructure security with Red Team and Blue Team tactics. Packt 2018. Wenliang Du. Computer Security: a hands-on approach. Ed. Create Space. 2017.

### **CA-732 - Fundamentos de Criptografia**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Segurança de Sistemas: Compilação e Semântica de Execução, Análise de Binários, Ataques do Controle de Fluxo de Programas, Execução de Código Vulnerável, Aleatoriedade de endereçamento de memória, Proteção de Memória com Canários, Programação Orientada a Retornos, Integridade do Controle de Fluxo. Criptografia: Funções de números pseudoaleatórios, Cifradores Simétricos, Funções Hash, Criptografia de Chave Pública; Segurança de Redes: Segurança BGP e DNS, Teoria de Detecção de Ataques de Rede, Sistemas de Prevenção de Intrusão; Segurança Web: Ataques de Injeção, XSS e CSRF; Ataques de Negação de Serviço Distribuído; Segurança em Sistemas Operacionais: Autenticação e Autorização; Segurança em Ambiente de Computação Móvel. Charles P. Pfleeger, Shari Lawrence Pfleeger, Jonathan Margulies. Security in Computing. 5Th Edition. Prentice-Hall, 2015. Yuri Diogenes, Erdal Ozkaya. Cybersecurity - Attack and Defense Strategies: Infrastructure security with Red Team and Blue Team tactics. Packt 2018. Wenliang Du. Computer Security: a hands-on approach. Ed. Create Space. 2017.

### **CA-733 - Operações Cibernéticas e Jogos de Guerra Cibernética**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Ciclo de testes de penetração de sistemas. Reconhecimento passivo e ativo de recursos. Levantamento de vulnerabilidades e mapeamento de métodos de exploração. Métodos de pós-exploração e pivotação. Formalização e relatórios pós-incidentes. Amplo uso de ferramentas: nmap, metasploit, wireshark, burpsuite, John the Ripper, nessus. Montagem de ambientes de jogos de guerra cibernéticas. Kennedy, D. (2011). Metasploit: The Penetration Tester's Guide (1st ed.). No Starch Press. Ramachandran, V. (2011). Raphael Hertzog; Jim O'Gorman. Kali Linux Revealed: Mastering the Penetration Testing Distribution. Ed. Offsec Press. (2017). Simpson, M., Backman, K., Corley, J. (2010). Hands-On Ethical Hacking and Network Defense (2nd ed.). Boston, MA: Course Technology, Cengage Learning.

#### **CA-734 - Segurança em Sistemas Críticos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Sistemas de Infraestruturas Críticas. Sistemas de Controle Industrial - ICS. Arquitetura de Segurança de ICS. Ameaças de ICS: sequestro, malwares e mecanismos de spam. Vulnerabilidades de ICS: ataques em ambiente restrito, fuzzing e DDoS. Técnicas de Análise de Risco para ICS e métricas de garantia de segurança. Ambientes de testbed para infraestruturas críticas. Thames, Lane; Schaefer, Dirk. Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing. Ed. Springer. 2017. Tyson Macaulay; Bryan L. Singer. Cybersecurity for Industrial Control Systems: SCADA, DCS, PLC, HMI, and SIS. Ed. Auerbach Publications. 2012. Roberto Setola; Vittorio Rosato; Elias Kyriakides; Erich Rome. Managing the Complexity of Critical Infrastructures: A Modelling and Simulation Approach. Ed. Springer. 2017.

#### **CA-735 - Inteligência Artificial para Segurança Cibernética**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Segurança de Computadores: Fundamentos da Segurança Cibernética; Representação de conhecimento: Introdução à Ontologias, Formato OWL, Modelagem Conceitual de Ciberconhecimento, Representação de Conhecimento da Semântica da Rede; Aprendizado de Máquina: Introdução a Sistemas de Aprendizado, Inteligência Adaptativa, Processamento de Texto e de Linguagem Natural, Segurança em Sistemas de Aprendizado de Máquina; Aplicações: Identificação de Vulnerabilidades de Software Visadas, Detecção de Ataques de Rede, Detecção de Intrusão de Rede, Análise de Aplicativos. Leslie F. Sikos. AI in Cybersecurity. 1st Edition. Springer, 2018. Yuri Diogenes, Erdal Ozkaya. Cybersecurity - Attack and Defense Strategies: Infrastructure security with Red Team and Blue Team tactics. Packt 2018. Du, Wenliang. Computer Security: A Hands-on Approach. 1st Ed. CreateSpace Independent Publishing Platform. 2017.

#### **CA-741 - Engenharia de Requisitos em Sistemas de Informação Aeronáuticos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Introdução: Requisitos, Tipos de Requisitos, Níveis de Requisitos. Processo de Engenharia de Requisitos Aeronáuticos: Visão Geral do Processo de Engenharia de Requisitos, Levantamento de Requisitos, Análise de Requisitos, Documentação de Requisitos, Verificação e Validação de Requisitos, Gerência de Requisitos, Engenharia de Requisitos em Normas: DO-178C, DO-254, DO-200B e ARP4754A. Linguagens e Métodos Formais para Especificação de Requisitos. Reutilização na Engenharia de Requisitos. POHL, K., RUPP, C. "Requirements Engineering Fundamentals: A Study Guide for the Certified Professional for Requirements Engineering Exam - Foundation Level". Santa Barbara, CA: Rocky Nook, 2017. RIERSON, L. "Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance". Boca Raton, FL:

CRC Press, 2013. LAPLANTE, P.A. “Requirements Engineering for Software and Systems”. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017.

#### **CA-742 – Teste de Software**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Fundamentos do processo de testes. Planejamento de testes. Técnicas de caixa preta: classes de equivalência, Valor de fronteira, Tabelas de decisão, Teste em pares, Transição de estado e análise de domínio. Técnicas de caixa branca: Fluxo de controle e Fluxo de dados. Paradigmas de teste: Teste automatizados e Teste exploratório. Desenvolvimento Baseado em Testes. COPELAND, L. “A Practitioner’s Guide to Software Testing Design”. Norwood, MA: Artech House Publisher, 2007. CRISPIN, L. and GREGORY, J. “Agile Testing”. Boston, MA: Pearson Education Inc., 2009. BLACK, R., VEENENDAAL E., GRAHAM, D. “Foundations of Software Testing”. Hampshire, UK: Cengage Learning EMEA, 2012.

#### **CA- 743 - Projeto de Sistemas de Banco de Dados**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Aplicações práticas de conceitos de Engenharia da Informação e de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados. Modelagem, especificação, implementação e teste de um Projeto de Sistema Banco de Dados, envolvendo: estudo de caso, problemas reais e necessidades de mercado; desenvolvimento ágil, iterativo e incremental; arquiteturas tradicionais (SQL) e não tradicionais (NoSQL); e Big Data, utilizando teorias e práticas básicas de manipulação de dados com características de pelo menos 5 Vs (Volume, Variedade, Velocidade, Veracidade e Valor). EMC2 EDUCATION SERVICES “Data Science and Big Data Analytics: Discovering, Analyzing, Visualizing and Presenting Data”. 1st Ed. New York, NY: Wiley, 2015. DATE, C. J. “Database Design and Relational Theory”. 1st Ed. Newton, MA: O’Reilly Media Inc., 2012. KORTH, H. F., SILBERSHATZ, A., and SUDARSHAN, S. “Sistema de Banco de Dados”, 6a Ed. São Paulo, SP: Elsevier - Campos, 2012.

#### **CA-744 - Arquitetura Orientada a Serviços**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Conceitos de orientação a serviços. Infraestrutura SOA, Serviços Web, Microserviços e Serviços REST. Modelagem, Orquestração e Composição de serviços. Interoperabilidade e serviços semânticos. Desenvolvimento de aplicações orientada a serviços. ERL T. SOA. “Principles of Service Design”. Upper Saddle River, NJ Prentice Hall, 2008. SOMMERVILLE, I. “Engenharia de Software. 10a Edição”. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2018. PAIK, HYE-YOUNG, et al. “Web Service Implementation and Composition Techniques”. Springer International Publishing, 2017.

#### **CA-745 - Engenharia de Software**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Processos de desenvolvimento de software. Engenharia de requisitos. Arquitetura de software. Qualidade, confiabilidade e segurança de software. Verificação e validação: inspeções e testes de software. Gerência de configuração de software. Normas de Certificação de Software. Modelos de capacitação organizacional: CMMI, SPICE e MPS.br. Gerenciamento de projetos de software. SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 10a. ed., São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2019. PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. Engenharia de Software. 8a. ed., McGraw-Hill Bookman, 2016. RIERSON, L. “Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance”. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. RTCA “DO-178C - Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification”. Washington, DC, 2011.

### **CA-751 - Inteligência Artificial**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Visão geral da área. Representação de problemas em espaço de estados. Métodos de busca de soluções. Método minimax, poda alfa-beta e variações. Mecanismos de inferência baseados em lógica de predicados e projeto de sistemas baseados em conhecimento. Planejamento. Aprendizado de máquina: modelos conexionistas, sociais e emergentes. Noção de inferência sob incerteza e redes bayesianas. Aplicações de inteligência artificial. RUSSEL, S.; NORVIG, P., Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2nd Edition. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. LUGER, G., Inteligência Artificial: Estruturas e Estratégias para a Resolução de Problemas Complexos. Porto Alegre: Bookman, 2004. NILSSON, N., Artificial Intelligence: A New Synthesis. San Francisco: Morgan-Kaufmann, 1998.

### **CA-752 - Aprendizado de Máquina e Reconhecimento de Padrões**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Introdução ao aprendizado indutivo. Análise exploratória de dados: estatísticas descritivas e visualização multivariada. Pré-processamentos de dados: limpeza, redução dimensional, transformações. Aprendizado preditivo: k-vizinhos mais próximos, árvores de decisão, modelos Bayesianos, Redes Neurais Artificiais, Máquinas de Vetores de Suporte. Aprendizado descritivo: k-médias, algoritmos hierárquicos. Modelos múltiplos (comitês). Metodologia de avaliação experimental de algoritmos de aprendizado. FACELI, K.; LORENA, A.C.; GAMA, J.; CARVALHO, A.C.P.L.F. (2011) Inteligência Artificial: uma abordagem de Aprendizado de Máquina. Editora LTC. FLACH, P. (2012). Machine learning: the art and science of algorithms that make sense of data. Cambridge University Press. JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. (2013). An introduction to statistical learning. New York: Springer.

### **CA-753 - Representação de Conhecimento e Inferência**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. A linguagem da lógica de primeira ordem. Formas de expressar conhecimento. Resolução. Inferência: Cláusulas de horn, Controle procedimental e lógica de descrições. Regras em sistema de produção. Representação orientada a objetos: Frames e grafos conceituais. Descrições estruturadas. Ontologias: Conceituação e descrição formal. Herança. Defaults. Incerteza na representação de conhecimento. Explicação e diagnóstico. Ações. Planejamento. Dilema de expressividade versus tratabilidade. Web semântica. BRACHMAN, R.J.; LEVESQUE, H.J Knowledge Representation and Reasoning. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2011. RUSSEL, S.; NORVIG, P. Artificial Intelligence - A Modern Approach. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2011. SOWA, J.F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Pacific Grove: Brooks Cole, 2000.

### **CA-754 - Técnicas de Armazenamento e Análise de Dados Massivos**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Conceitos gerais: Análise de dados, Big data, Ciclo de Vida de Atividade de Análise de Dados; Estruturas de Armazenamento: Estrutura Relacional (Modelagem Relacional), Estrutura Dimensional (Modelagem Dimensional, Data Warehousing), Armazenamento não estruturado (NoSQL, Key-Value, Document, Column-Family, Graph), Armazenamento distribuído (MapReduce), Ingestão de dados; Técnicas de Análise: Análise Estatística (Métodos lineares, não-lineares e mistos), Análise Avançada de Dados (K-média, regras de associação, regressão linear, regressão logística, redes Bayesianas, árvores de decisão, análise de séries temporais), Análise de Texto (Análise de documentos e redes

sociais); Visualização de dados: Infográficos, Dashboard, Técnicas de Disseminação. RAJARAMAN, A.; LESKOVEC, J.; ULLMAN, J. Mining of Massive Datasets. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 513 p. BERMAN, J. J. Principles of BigData: Preparing, Sharing, and Analyzing Complex Information. Waltham: MorganKaufmann, 2013. 1ª ed. SADALAGE, P. J.; FOWLER, M. NoSQL Distilled: A Briefguide to the Emerging World of Polyglot Persistence. Crawfordsville: Pearson Education, 2013. 164 p.

### **CA-755 - Elementos de Mecânica dos Fluidos Computacional Aeronáutica**

Requisitos: não há. Duração: 48h. Créditos: 3. Revisão das formulações e equações governantes fundamentais da Mecânica dos Fluidos. Conceito de diferenças finitas; construção de aproximações espaciais temporais de diferenças finitas. Estudo de precisão e de estabilidade de métodos numéricos; análise de estabilidade de Fourier. Métodos de relaxação e sua aplicação à solução de problemas de estado estacionário. Métodos tipo ADI e o conceito de fatoração aproximada; bases de dados multidimensionais e fatoração espacial. Esquemas upwind e dissipação artificial. geração de malhas computacionais, Métodos numéricos aplicados à solução da equação do potencial completo. As equações de Navier-Stokes e as equações de Euler; relações características das equações de Euler. Problemas bem-postos, equações modelo e o estabelecimento correto de condições de contorno. HIRSCH, C., Numerical Computational of Internal and External Flows, Vols. 1 e 2, Wiley, New York, 1990. FLETCHER, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. 1 e 2, SpringerVerlag, New York, 1988. LOMAX, H., PULLIAM, T.H., and ZINGG, D.W., Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 1997.